

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA
Máster Universitario Oficial en
Ingeniería Agronómica



CARACTERIZACIÓN Y CAPACIDAD
AGRÍCOLA DE LOS SUELOS DE LA
DENOMINACIÓN DE ORIGEN
PROTEGIDA GRANADA MOLLAR DE
ELCHE

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Septiembre – 2019

AUTOR: Raúl Castejón del Pino

DIRECTOR/ES: Concepción Paredes Gil
Encarnación Martínez Sabater



MÁSTER EN INGENIERÍA AGRONÓMICA

REFERENCIAS DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

Título: CARACTERIZACIÓN Y CAPACIDAD AGRÍCOLA DE LOS SUELOS DE LA DENOMINACIÓN DE ORIGEN PROTEGIDA GRANADA MOLLAR DE ELCHE.

Title: CHARACTERIZATION AND AGRICULTURAL CAPACITY OF THE SOILS OF THE PROTECTED DESIGNATION OF ORIGIN MOLLAR POMEGRANATE FROM ELCHE.

Modalidad (proyecto/experimental): Experimental

Type (project/research): Research

Autor/Author: Raúl Castejón del Pino

Director/es/Advisor: Concepción Paredes Gil/ Encarnación Martínez Sabater

Convocatoria: Septiembre 2019

Month and year: September 2019

Número de referencias bibliográficas/number of references: 76

Número de tablas/Number of tables: 7

Número de figuras/Number of figures: 28

Palabras clave (5 palabras): Denominación de Origen Protegida Granada Mollar de Elche, cultivo del granado, propiedades físico-químicas del suelo, características climáticas

Key words (5 words): Protected Designation of Origin Mollar Pomegranate from Elche, pomegranate crop, physico-chemical properties of soils, climatic conditions

RESUMEN (mínimo 10 líneas):

Las Denominaciones de Origen Protegidas tienen una gran relevancia para los productos, ya que les confieren una calidad diferenciada y además pueden tener un importante beneficio sobre el territorio amparado. En este estudio se han muestreado 58 suelos de diferentes parcelas de la DOP Granada Mollar de Elche de las comarcas de L'Alicantí, Baix Vinalopó y Vega Baja con el objetivo de contribuir a la zonificación edafológica del área agrícola de las tres comarcas. Los resultados obtenidos nos han permitido confirmar la idoneidad de los suelos para el cultivo del granado, así como remarcar la importancia de preservar adecuados contenidos de materia orgánica en los mismos. Asimismo, es importante destacar que dentro del área de estudio se encontraron parcelas con salinidad elevada que limitarían el cultivo de otras especies más sensibles, teniendo el cultivo de granado un papel fundamental en la reducción de la degradación y erosión de estas zonas.

ABSTRACT (10 lines or more):

The Protected Designations of Origin (PDO) are highly relevant for products, since they provide them with a quality mark and, besides, they may have a major benefit over the covered area. In this study, 58 soils were sampled from different plots of the PDO Mollar Pomegranate from Elche in the regions of L'Alicantí, Baix Vinalopó and Vega Baja, aiming to contribute to the edaphological zoning of the agricultural area of these three regions. The results obtained have allowed us to verify the adequacy of studied soils for the pomegranate crop and emphasize the importance of maintaining adequate content of organic matter in these soils. Likewise, it is important to note that within the area of study we found some plots with a high salinity that would restrict the crop of other more sensitive species, playing the pomegranate crop a key role in the reduction of the degradation and erosion of these zones.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	6
1.1. EL CULTIVO DEL GRANADO	6
1.1.1. Origen, taxonomía y morfología	6
1.1.2. Variedades	7
1.1.3. Importancia económica.....	8
1.1.4. Requerimientos climáticos y edafológicos	10
1.1.5. Técnicas de cultivo y abonado	11
1.1.6. Plagas, enfermedades y fisiopatías	13
1.1.6.1. Plagas.....	13
1.1.6.2. Enfermedades	15
1.1.6.3. Fisiopatías	15
1.1.7. Usos y cualidades	17
1.2. DENOMINACIÓN DE ORIGEN PROTEGIDA GRANADA MOLLAR DE ELCHE	18
1.2.1. Grupo varietal “Mollar de Elche”	18
1.2.2. Consejo Regulador	19
1.2.3. Reglamentación del Consejo Regulador.....	20
1.2.4. Zona de Producción.....	21
1.2.5. El Clima.....	22
1.2.6. El Suelo.....	23
1.2.7. El Agua	24
2. OBJETIVOS	26
3. MATERIAL Y MÉTODOS	27
3.1. DISEÑO EXPERIMENTAL	27
3.2. DESARROLLO EXPERIMENTAL	34
3.3. MÉTODOS ANALÍTICOS	35
3.3.1. Granulometría y textura	35
3.3.2. pH.....	37
3.3.3. Conductividad eléctrica.....	37
3.3.4. Carbono orgánico oxidable	38
3.3.5. Materia orgánica y carbono orgánico	39
3.3.6. Nitrógeno total Kjeldahl.....	39
3.3.7. Fósforo asimilable	41

3.3.8. Potasio y sodio asimilable	43
3.4. MÉTODOS ESTADÍSTICOS	45
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
4.1. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	46
4.1.1. L' Alacantí.....	46
4.1.2. Baix Vinalopó	46
4.1.3. Vega Baja	47
4.2. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS.....	48
4.2.1. Granulometría y textura	48
4.3. PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS SUELOS	51
4.3.1. pH.....	51
4.3.2. Conductividad eléctrica.....	52
4.4. PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS SUELOS.....	54
4.4.1. Materia orgánica	54
4.4.2. Carbono orgánico	55
4.4.3. Nitrógeno Total Kjeldal (NTK)	56
4.4.4. Potasio asimilable	57
4.4.5. Sodio asimilable	59
4.4.6. Fósforo asimilable	60
4.5. ANÁLISIS MULTIVARIANTE	62
5. CONCLUSIONES	65
6. BIBLIOGRAFÍA.....	67

1. INTRODUCCIÓN

1.1. EL CULTIVO DEL GRANADO

1.1.1. Origen, taxonomía y morfología

El granado (*Punica granatum* L.) es originario de Oriente Próximo, que corresponde con el centro de origen IV de Vavilov, incluyendo la península de Anatolia, la Transcaucasia, Irán y el oeste de Turkmenistán. Asimismo, comparte origen con otros frutales como el manzano, el peral, el cerezo, el almendro o la higuera, entre otros (Sánchez-Monge, 1974).

El género *Punica* tiene características propias que indican que pertenece a la familia *Lythraceae*, dentro del orden *Myrtales* (APG, 2016); sin embargo, otros autores afirman que, junto a *P. protopunica*, forma parte de una familia monogénica independiente.

Los árboles de granado, también considerados arbustos, suelen alcanzar una altura de entre 3 y 5 metros, aunque se han descrito individuos de hasta 9 metros, así como variedades enanas de 1-2 metros de altura (Teixeira da Silva y col., 2013; Kahramanoglu y Usanmaz, 2016). Las ramas son alternas y abiertas, de porte llorón, de grosor medio y, en ocasiones con espinas terminales (Agustí, 2010), existiendo diferencias de estos caracteres dependiendo de la variedad. Las hojas son opuestas o sub-opuestas, simples, lisas, enteras, de 2-8 cm de largo, a veces apiñadas en brotes laterales, con peciolo cortos y verdes brillantes (Teixeira da Silva y col., 2013). El sistema radicular, debido a que actualmente los individuos son multiplicados por estacas, es de naturaleza superficial, nudoso, consistente y de color rojizo (López y Moreno, 2015).

La floración del granado depende de las condiciones climáticas: en climas tropicales ocurre casi todo el año, mientras que en los subtropicales, únicamente una vez al año (Stover y Mercure, 2007). En concreto, López y Moreno (2015) describen que en el mediterráneo ocurre desde abril-mayo hasta julio-agosto, dependiendo de las diferentes variedades y las condiciones ambientales del cultivo. Las flores son de color rojo brillante, poseen de 5 a 9 pétalos lanceolados, y el mismo rango de número de sépalos. Según Agustí (2010), los estambres son numerosos, pudiendo superar los 300,

están insertos en el cáliz y agrupados en varios pisos, con filamentos rojizos y las anteras amarillas. El ovario de las flores hermafroditas posee 8 carpelos.

Las flores se pueden encontrar de manera individual, por parejas o en grupos. Además, pueden ser masculinas, hermafroditas y formas intermedias. Las del primer tipo son más pequeñas, con pistilos más cortos, cáliz en forma de campana y un ovario rudimentario, a diferencia de las hermafroditas que tienen un ovario amplio y bien desarrollado. Las flores con formas intermedias presentan diversos grados de degeneración ovárica. (Teixeira da Silva y col., 2013). De forma general, las flores se autofecundan aunque la polinización también puede ser realizada por abejas.

El fruto del granado es denominado balausta, caracterizado por ser una baya globosa coronada por el cáliz carnoso y persistente. Además, el fruto posee corteza gruesa o coriácea y, generalmente, es de color rojizo, aunque existen algunos con tonalidades desde el amarillo claro hasta el morado. Está formado por varias cavidades polispermas, separadas por membranas que contienen las semillas (Agustí, 2010); estas están recubiertas por una testa jugosa denominada arilo, coloreado entre el blanco y el rojo intenso. La media de los frutos de las variedades españolas tienen un peso oscilante entre 350 – 400 g., sólidos solubles totales (SST) entre 12,6 – 15,2 °Brix y acidez entre 0,21 – 0,48, expresado en % de ácido cítrico (Martínez-Nicolás y col., 2016).

1.1.2. Variedades

A nivel mundial, se comercializan numerosas variedades de granado, sin embargo, en las plantaciones de granado en España se emplean básicamente dos: “Mollar de Elche y Wonderful”. Según Vázquez-Araújo y col. (2013) aproximadamente el 80% de los cultivos en España pertenecen a la variedad “Mollar de Elche” y, junto con “Wonderful”, ambas representan más del 90% de su cultivo.

Además de “Mollar de Elche”, existen otras variedades nacionales de menor importancia, como son la Valenciana, que es la segunda más cultivada, así como otras de cultivo más residual como “Blanca”, “Piñonenca” y “Tendral” (López y Moreno, 2015). Además de estos grupos, existen numerosas variedades con nombre local y que bien podrían encuadrarse también en los anteriores grupos (“Casta del Reino”, “San Felipe”,

“Albar”, etc.), cuya importancia se reduce a pequeñas plantaciones o árboles sueltos en huertos familiares (Melgarejo, 2014).

Cambayas Coop V. (2019) describe el grupo varietal “Mollar de Elche” como una variedad población originaria de Elche, caracterizada por presentar frutos de forma redondeada, calibres medios-grandes, color externo rojo-amarillento, dependiendo de las condiciones ambientales, así como arilos dulces y piñón blando. La piel resiste bien el manipulado. El grupo varietal “Valenciana” es descrito como de recolección temprana (Figura 1), empezando su recolección a mitad de agosto. Los frutos son de forma redondeada, calibre medio, semillas dulces, piñón inapreciable, color interno rosa claro y externo rosa intenso. La piel es sensible al manipulado.

Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
VALENCIANA						
	MOLLAR DE ELCHE					
	WONDERFUL					

Figura 1. Calendario de recolección de las variedades más cultivadas de granado en Alicante (Cambayas Coop. V., 2019).

“Wonderful” es la variedad más producida a nivel mundial, existiendo una alta variabilidad genética, con rendimientos y características dispares. De forma general, este grupo varietal es caracterizado por presentar frutos de calibre medio-grande, corona alargada, color externo rojo e interno rojo intenso, piñón semiduro y sabor ácido. La piel permite el manipulado (Martínez y Hernández, 2010). Según López y Moreno (2015) debido a las preferencias de los consumidores, han ido introduciéndose otras variedades de alta productividad y elevados rendimientos, con frutos dulces, como son las variedades “Shani”, “Acco” y “Emek”, procedentes de Israel, así como “Dholka” y “Paper Shell”, procedentes de la India y Estados Unidos, respectivamente.

1.1.3. Importancia económica

El cultivo del granado en España está en auge, según los datos de los últimos años proporcionados por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) mostrados en la Figura 2 y 3, alcanzándose en el 2017 una superficie total de 5.434 hectáreas y 65.165 toneladas de producción (MAPA, 2019a).

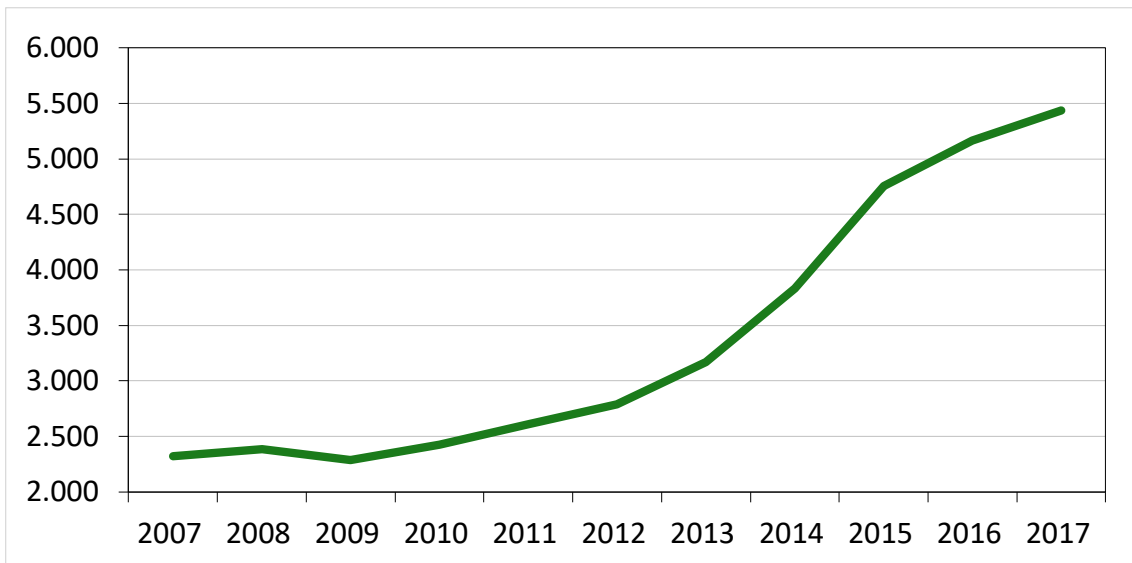


Figura 2. Evolución de la superficie total de granado en España en los últimos años (miles de ha). Fuente: MAPA (2019a).

La Comunidad Valenciana es la primera comunidad autónoma, y con amplia diferencia, en cuanto a superficie en plantación regular (78% del total de España), como de producción (77%). En concreto, la provincia de Alicante tuvo el 72% del total de superficie y el 71% del total de producción nacional en el año 2017 (MAPA, 2019b). Por ello, a partir de estos datos se puede extraer que la producción española se concentra principalmente en la provincia de Alicante, seguido de la Región de Murcia que produce el 14% del total nacional. Los cultivares que representan una mayor producción agrícola en la provincia alicantina son “Mollar de Elche” y “Valenciana” (Bartual y col., 2015).

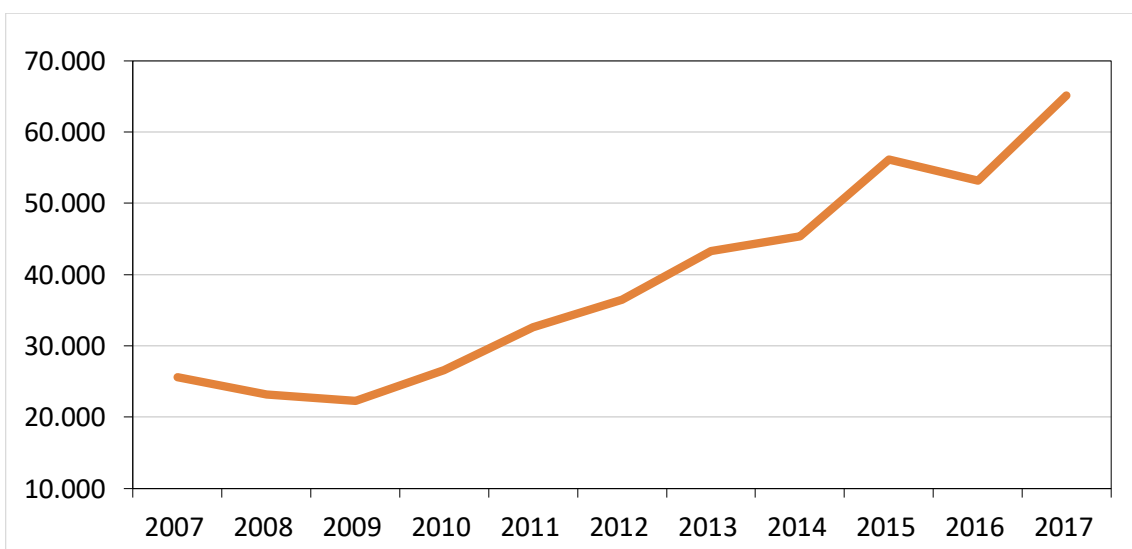


Figura 3. Evolución de la producción de granado en España en los últimos años (t). Fuente: MAPA (2019b).

Según los datos ofrecidos por Bartual y col. (2019), a nivel mundial los países con mayor superficie dedicada a este cultivo y mayor producción son India, China e Irán (Figura 4). Además, es cultivado en Estados Unidos, así como en numerosos países mediterráneos, como Turquía, Marruecos, Túnez, Israel, Grecia, Italia y España, entre otros territorios. Sin embargo, los valores mostrados son una aproximación a la realidad, ya que no existe un registro mundial que reúna los datos de superficie y producción del granado de los principales países productores, probablemente por estar considerado como un frutal subutilizado o “frutal menor”.

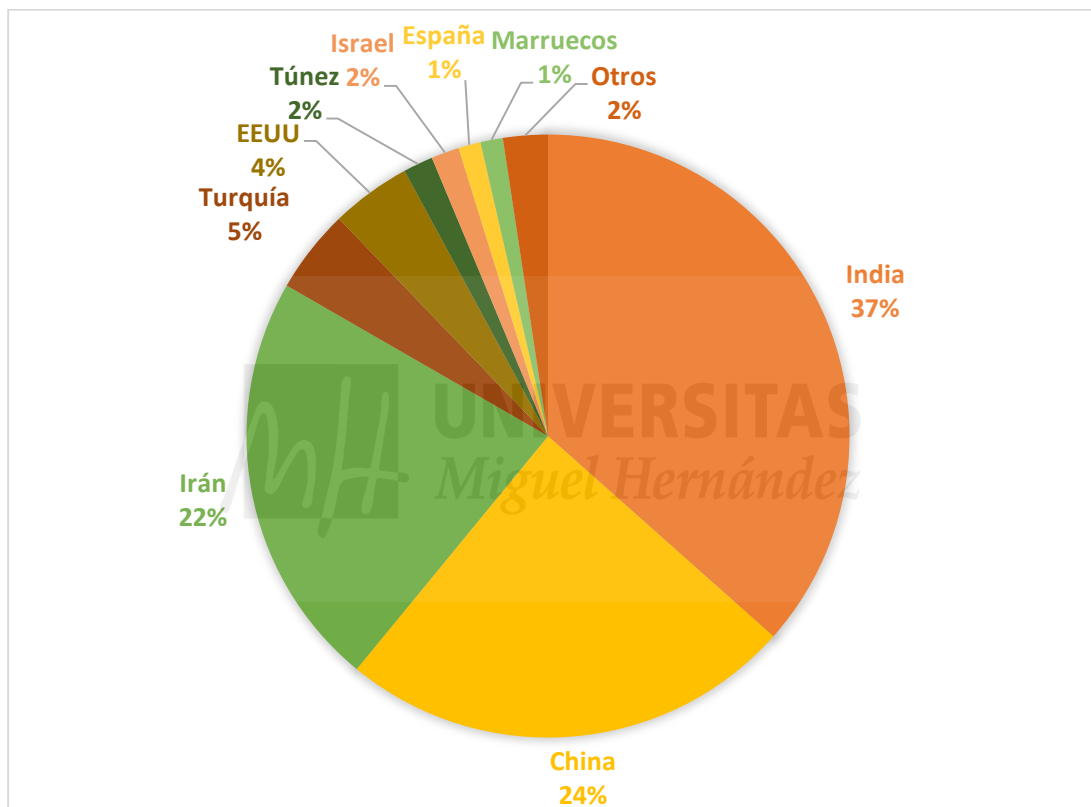


Figura 4. Distribución mundial de la producción del cultivo del granado en porcentaje sobre el total producido. Fuente: Elaboración propia a partir de Bartual y col. 2019.

1.1.4. Requerimientos climáticos y edafológicos

El granado vegeta en climas tropicales, subtropicales e incluso templados, sin embargo, para su óptimo desarrollo y para obtener unos frutos de alta calidad, el mejor clima es el cálido de tipo Mediterráneo y los subtropicales (Melgarejo y Salazar, 2003). En climas templados, la maduración de los frutos no se completa y, en los tropicales, el

exceso de humedad relativa provoca una reducción de la calidad de los frutos (Agustí, 2010).

Se adapta a una gran variedad de suelos, soportando adecuadamente elevados contenidos de caliza activa. Su tolerancia a sequía, asfixia radicular, clorosis férrica y salinidad, llegando a soportar suelos con valores de conductividad eléctrica de hasta 5 dS/m (<http://agrosal.ivia.es/tolerancia.html>), sin mermas en la producción (Maas y Hoffman, 1977), aunque el límite podría ser inferior. Asimismo, su resistencia a bajas temperaturas invernales, hace que esta especie sea productiva en terrenos en los que es difícil cultivar las especies frutales más tradicionales. Sin embargo, cabe mencionar que las condiciones óptimas de suelo para este cultivo son suelos profundos, frescos y ligeramente arcillosos (Agustí, 2010).

Según Melgarejo y Salazar (2003), en comparación con diferentes cultivos frutícolas, el granado solo es menos resistente a la salinidad que la palmera datilera (*Phoenix dactylifera* L.) y, junto con la higuera (*Ficus carica* L.) y el almendro (*Prunus amygdalus* Batsch) se considera la especie cultivada más resistente a la clorosis férrica.

1.1.5. Técnicas de cultivo y abonado

Los marcos de plantación dependen de la calidad del suelo, el agua disponible y del porte de la variedad. Además, deben permitir una adecuada iluminación de los frutos y desarrollar la coloración plenamente, así como asegurar una correcta aireación, mediante separaciones entre árboles lo suficientemente amplias. En plantaciones modernas, la separación entre filas suele ser mayor que entre árboles para permitir la realización de las labores de cultivo. Según Martínez y Hernández (2010), los marcos de cultivo más frecuentes son 6 x 4 m, 6 x 3 m, 5 x 4 m y 5 x 3 m.

La tolerancia a sequía mencionada en el apartado anterior, indica que las necesidades hídricas por parte de este cultivo sean poco cuantiosas. Intrigliolo y col. (2012) las cifra entre 412 y 514 l/m² anuales para el área mediterránea, aunque no existen suficientes estudios en dicha área que puedan confirmar estos valores. Holland y col. (2009) refleja que el riego medio aplicado en Israel oscila entre 5000-6000 m³/ha (500 – 600 l/m²).

El riego en el sureste español se realiza fundamentalmente mediante dos métodos: tradicional por inundación y localizado por goteo. El riego utilizado en las plantaciones modernas habitualmente es por goteo, como consecuencia de un mayor aprovechamiento hídrico, entre otras ventajas. Según la FAO (2019) la eficiencia de riego por inundación es de 40 – 65 %, frente al 90 – 95 % del riego por goteo.

En el granado, habitualmente se realizan dos tipos de podas: en verde y en seco; dentro de esta última se dan tres diferentes: poda de formación, poda de fructificación y poda de rejuvenecimiento.

La estructura más adecuada, contrastada hasta la fecha, para las variedades españolas cultivadas en esta zona, consiste en formar el árbol en vaso, con tres brazos principales sobre un tronco de 30-50 cm de altura (Martínez y Hernández, 2010). Este tipo de poda favorece la iluminación del árbol por la parte superior.

Las necesidades fertilizantes del granado no están suficientemente estudiadas y los datos publicados por diferentes autores tienen alta variabilidad en sus cantidades fertilizantes (Tabla 1). La cantidad de macronutrientes varía según los diferentes autores, como consecuencia de diferentes condiciones climáticas, edafológicas y varietales de los diferentes estudios. Asimismo, la producción varía en consecuencia a estos factores y a la diferencia de insumos.

Tabla 1. Comparativa de estudios de fertilización del granado (UF/ha) según varios autores.

N (UF/ha)	P ₂ O ₅ (UF/ha)	K ₂ O (UF/ha)	Producción (t/ha)	Relación	Fuente
140	70	140	25-30	2 – 1 – 2	López y Moreno (2015)
100	40	80	22	2,5 – 1 – 2	Intrigliolo y col. (2012)
163	128	185	25	1,25 – 1 – 1,5	Fakhour (2012)
218	145	231	25-30	1,5 – 1 – 1,6	Bartual (2012)
167	111	278	25-30	1,5 – 1 – 2,5	Melgarejo y Salazar (2003)

Las diferencias observadas en la tabla anterior hacen que no se pueda dar un dato de fertilización claro en el cultivo del granado. Sin embargo, la media de los estudios puede ser un valor moderadamente fiable: 160 UF/ha de N, 100 UF/ha de P₂O₅ y 185 UF/ha de K₂O para una producción aproximada de 25 t/ha. La relación media que resulta de los datos anteriores es aproximadamente 1,6 – 1 – 1,8.

1.1.6. Plagas, enfermedades y fisiopatías

1.1.6.1. Plagas

Según diferentes autores, las plagas más relevantes en España en el granado son los hemípteros (áfidos y cochinillas) y lepidópteros (Bartual y col., 2014) (Figura 5), aunque también se citan daños en el cultivo causados por ácaros, arañas, escarabajos y nematodos. A continuación, van a ser descritas las principales plagas.



Figura 5. Pulgones sobre hojas de granado (izq.) y cochinillas algodonosas (der.).
Fuentes (URL): <http://craniumbolts.blogspot.com/2016/10/aphids.html> y
https://www.researchgate.net/figure/Planococcus-citri-on-pomegranate_fig2_263658714

Áfidos

Los áfidos o pulgones son un grupo de insectos de la familia de los Hemípteros. Ocasionan dos tipos de daño: el directo, provocado por los adultos y las ninfas que succionan la savia de brotes, hojas tiernas, flores y frutos recién cuajados, y el indirecto, debido a que excretan una sustancia rica en hidratos de carbono, llamada coloquialmente melaza, sobre las que se desarrollan gran cantidad de hongos. Los principales pulgones fitófagos causantes de daños en España en el granado son del género *Aphis*: *A. gossypii* y *A. punicae*.

El pulgón del algodón (*A. gossypii*) es una especie muy polífaga, pudiéndose encontrar principalmente sobre plantas herbáceas, aunque también es frecuente encontrarla sobre especies leñosas. El ciclo reproductivo de esta especie se realiza

únicamente a partir de hembras (partenogénesis). En el sureste español, coloniza brotes y yemas florales, entre abril y junio; aunque también se puede encontrar en otoño (Bartual y col., 2014). Las hojas infestadas por esta plaga se retuercen y, posteriormente son decoloradas y alcanzan tonalidades amarillentas. Los frutos también sufren una pérdida de color, que deprecia su valor comercial. Cuando excretan abundante melaza se puede desarrollar el hongo de la fumagina *Capnodium* sp., que interrumpe la función fotosintética de las hojas, el cual constituye un daño secundario irreparable (López y Moreno, 2015).

El pulgón amarillo verdoso del granado (*A. punicae*) afecta principalmente a flores y frutos en crecimiento, siendo su aparición más tardía que la de *A. gossypii* (Bartual y col., 2014). En el granado, es una especie holocíclica, con machos alados y hembras ápteras de similar aspecto a las de *A. gossypii*. Se pueden encontrar formando densas colonias en el haz, envés y peciolo de las hojas, así como en brotes, yemas, flores y frutos en desarrollo (López y Moreno, 2015).

Cochinillas

La cochinilla algodonosa o cotonet (*Planococcus citri*) es una plaga habitual en el granado en España. Las ninfas y adultos de esta plaga se alimentan succionando la savia de esta planta, ocasionando daños que dan lugar a deformaciones, amarilleo y reducción del vigor de la planta, retrasando el desarrollo normal de la misma. Además, los frutos son manchados por la secreción de melaza, pudiendo aparecer posteriormente el hongo *Cladosporium* sp. (Bartual y col., 2014; López y Moreno, 2015). Esta especie inverna en grietas de la corteza tanto de ramas, tronco y frutos.

Lepidópteros

Los lepidópteros más comunes encontrados en el cultivo del granado en España son las barrenetas *Cryptoblabes gnidiella* y *Ectomyelois ceratoniae*, y el taladro de la madera *Zeuzera pyrina*. Los dos primeros ocasionan mordeduras superficiales en el fruto, penetrando en el interior de forma ocasional; acuden a los frutos en muchas ocasiones atraídos por la melaza secretada por otros insectos. *Z. pyrina* en cambio, se

alimenta de la madera de ramas y tronco. Realiza galerías que, en el caso más extremo puede producir la muerte del árbol.

1.1.6.2. Enfermedades

Las enfermedades que sufre el granado no son muy abundantes, destacando los hongos del género *Alternaria*, que se producen durante la floración y la primeras fases de desarrollo del fruto (Agustí, 2010). Esta enfermedad es denominada coloquialmente corazón negro, como consecuencia de que cuando se produce, los arilos se ennegrecen, el fruto se pudre y su estado no es apto para su consumo. Además, López y Moreno (2015) también describen dos enfermedades más que afectan a *Punica granatum*: el cribado (*Clastosporium carpophilum*) que produce manchas necróticas en la superficie del fruto, y el escaldado del tronco (*Phytophthora* spp.) que provoca la destrucción del sistema vascular.

1.1.6.3. Fisiopatías

Las fisiopatías en el granado en muchas ocasiones poseen mayor importancia que algunas plagas y enfermedades. El albardado y el rajado son las alteraciones fisiológicas que ocurren con mayor frecuencia y en algunas ocasiones pueden alcanzar el 10-15% de la cosecha y, consecuentemente, producir grandes pérdidas económicas (IVIA, 2017).

Albardado

El albardado (Figura 6) es una fisiopatía que sufren los frutos en días calurosos, en los que además la luz les incide directamente. De esta forma, los frutos transpiran más agua de la que reciben, provocando en estos desequilibrios quemaduras en la superficie de los frutos, produciéndose coloraciones de marrones oscuras a negras, e incluso a veces grietas. En estos casos las semillas bajo la zona de corteza afectada han perdido su color o es de menor intensidad, resultando insípidas.

La incidencia del albardado depende del lugar en el que se sitúen en el árbol, ya que los frutos en las zonas superiores están más desprotegidos y la incidencia directa de la luz es mayor. Asimismo, depende de la orientación en la que se sitúen y de la variedad del árbol (Martínez y Hernández, 2010).

Rajado

El rajado, agrietado o cracking (Figura 6) es una fisiopatía que consiste en la rotura y apertura del fruto debido fundamentalmente de un desorden hídrico y/o una insuficiencia nutricional. Representa un serio problema en el cultivo del granado, ya que en años normales y en huertos bien cuidados el porcentaje de frutos agrietados no suele ser superior al 5%, mientras que las peores campañas puede superar el 50% (Melgarejo y Salazar, 2003).

Según Galindo y col. (2014), la sensibilidad de los frutos al déficit hídrico es mayor cuando están en un estado de maduración avanzado, produciéndose una pérdida de turgencia de los mismos. Por este motivo, si con posterioridad a esta circunstancia sucede una lluvia considerable se puede producir un aumento asimétrico de la turgencia del fruto, ya que la turgencia de los arilos, se incrementa en mayor cantidad que la de la epidermis, produciéndose el rajado del fruto. Además, se ha demostrado que insuficiencias de calcio y boro pueden ser responsables del rajado de frutos de granado (Mir y col., 2012). Por lo tanto, aplicaciones de Ca pueden reducir esta fisiopatía hasta la mitad en plantaciones con una afectación normal (Davaranah y col., 2018).



Figura 6. Fisiopatías comunes en el cultivo de granado. Albardado (izq.) y cracking (der.).
Fuentes (URL): <http://onlineresize.club/pictures-club.html> y <https://www.goodeggs.com/sfbay/blossombluff/organic-cracking-pomegranate/526fee603996600200000034>

1.1.7. Usos y cualidades

La principal forma de consumo de los frutos de granada en España es en fresco, ya sea mediante su ingesta individualmente o incorporándola a otros platos. Sin embargo, los efectos asociados a beneficios en la salud de estos frutos hacen que se esté incrementando el interés de los consumidores y se diversifique la oferta de productos. El principal uso industrial de la granada es la fabricación de zumos y néctares, ya que el 80% de los arilos es jugo (Cano-Lamadrid y col., 2019). Se estima que en torno al 10% de la granada producida en España se destina a la fabricación de zumos (López y Moreno, 2015). Además, en España se dan otros usos como son la producción de mermeladas y confituras, helados, vinos, vinagres, licores, leches fermentadas, snacks, arilos en IV gama, entre otras. Asimismo, otros productos no alimentarios como nutracéuticos y cosméticos, como cremas y geles están siendo fabricados a partir de granadas.

El jugo de la granada contiene diferentes compuestos bioactivos, como los taninos hidrolizados y condensados, antocianinas y ácidos fenólicos (Fernandes y col., 2017). Debido a la presencia de estos compuestos, se asocia la granada con efectos antioxidantes, antiinflamatorios, protectores del hígado, antibacterianos y anticancerígenos (Sun y col., 2017).

1.2. DENOMINACIÓN DE ORIGEN PROTEGIDA GRANADA MOLLAR DE ELCHE

La granada “Mollar de Elche” tiene unas características y cualidades que la diferencian del resto de granadas. No existe una estadística que cuantifique las hectáreas productivas de las diferentes variedades en España, sin embargo, la observación indica que la variedad más cultivada en España es precisamente “Mollar de Elche” (Figura 7).



Figura 7. Frutos de granada cv. Mollar de Elche. Fuente (URL): <http://www.granadaselche.com/>

1.2.1. Grupo varietal “Mollar de Elche”

Este grupo varietal está compuesto por un gran número de individuos, caracterizados por su buena productividad, gran calidad organoléptica y época de recolección en el sureste español que oscila entre 25 de septiembre y el 15 de noviembre, lo que hace que sea considerada como de media estación o tardía. Destaca por un buen contenido en azúcares, baja acidez, arilo blando y un color exterior que puede oscilar desde el crema al rojo intenso, en función de la exposición solar que haya tenido el fruto en el árbol. Estas características la hacen especialmente apta para su consumo en fresco.

Bartual y col. (2015) realizaron un estudio en el que caracterizaron un grupo de individuos del grupo varietal “Mollar de Elche” (Tabla 2); analizaron la producción de

zumo (%), la acidez valorable (% ácido cítrico), pH, sólidos solubles, actividad antioxidante (nM AAE/100 mL), antocianos totales (mg/L) y polifenoles totales (mg GAE/L). Este estudio sirve para obtener una aproximación a algunas características organolépticas y químicas de este grupo varietal, ya que los valores varían con los distintos cultivares y con el momento de recolección de los frutos.

Tabla 2. Caracterización de frutos del grupo varietal “Mollar de Elche” (Bartual y col., 2015) y la clasificación subjetiva de los atributos.

Parámetros	“Mollar de Elche”	Calificación
Producción de zumo (%)	68,64	Alto
Acidez valorable (% ácido cítrico)	0,21	Bajo
pH	4,19	Medio-Alto
Sólidos solubles (°Brix)	16,75	Medio-Alto
Actividad antioxidante (nM AAE/100 mL)	20,1	Medio
Antocianos totales (mg/L)	93,6	Bajo-Medio
Polifenoles totales (mg GAE/L)	1650	Bajo-Medio

Asimismo, en un estudio publicado por Cano-Lamadrid y col. (2018) se evaluaron frutos de un cultivar de “Mollar de Elche”, obteniéndose valores de contenido en Ca (7,46 mg/100 g), Mg (6,93 mg/100 g), K (167 mg/100 g), Zn (0,17 mg/100 g) y vitamina C (51,6 mg/100 g).

1.2.2. Consejo Regulador

La Unión Europea reconoció a la Granada Mollar de Elche como Denominación de Origen Protegida el 26 de enero de 2016. De esta forma, se ha conseguido poner en valor una fruta que es un símbolo de identidad de este territorio y uno de los productos estrella de la zona. Este logro ha sido posible gracias al trabajo que durante años han realizado las familias de agricultores de la zona para conservar esta variedad autóctona y a la labor realizada por la Asociación de Productores y Comercializadores de Granadas de Elche desde el año 2008.

Con la obtención de la DOP se reconoce que las granadas de Elche tienen una calidad diferenciada y que la variedad “Mollar” posee unas características únicas debido a la zona geográfica donde se producen y a la experiencia de los agricultores para cuidar este cultivo y obtener una buena producción.

Los principales objetivos del Consejo Regulador se centran en garantizar la calidad de esta granada, defender la variedad y su origen, así como poner en marcha acciones y campañas de promoción para darla a conocer y fomentar su consumo. El logo comercial de la DOP Granada Mollar de Elche se muestra en la Figura 8.

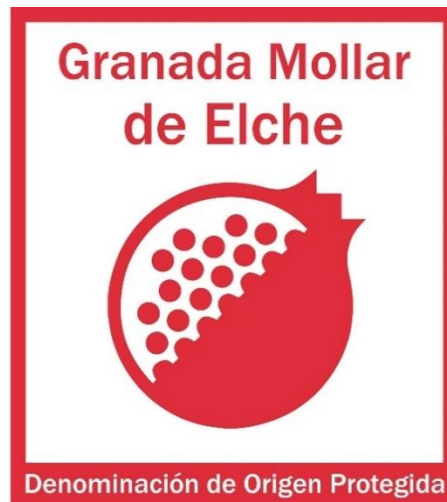


Figura 8. Logo comercial de la DOP Granada Mollar de Elche. Fuente (URL): <http://www.granadaselche.com/>

1.2.3. Reglamentación del Consejo Regulador

El Reglamento del Consejo Regulador se publicó en el número 7807 del Diari Oficial de la Comunitat Valenciana el 16 de junio de 2016, que contenía la ORDEN 12/2016 de 3 de junio de la Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural que aprobaba el Reglamento y Consejo Regulador de la DOP, en el que se mostraban las disposiciones que van a ser reflejadas a continuación de forma literal:

- La protección otorgada por esta denominación de origen protegida será la contemplada en el Reglamento (UE) número 1151/2012, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de noviembre de 2012, sobre los regímenes de calidad de los productos agrícolas y alimenticios.
- El Consejo Regulador es una corporación de derecho público, de las reguladas en la redacción vigente del Decreto 222/2007, de 9 de noviembre, del Consell, por el que se establecen normas relativas a los consejos reguladores u órganos de gestión de las denominaciones de calidad de la Comunitat Valenciana.

- El Consejo Regulador es el ente con atribuciones decisorias en las funciones que este reglamento le encomienda, de acuerdo con lo que determina la legislación vigente.
- Los fines del Consejo Regulador son la gestión de la denominación de origen protegida Granada Mollar de Elche / Granada de Elche y la representación, defensa, garantía y promoción de los productos amparados, así como el desarrollo de los mercados.
- La estructura y el funcionamiento del Consejo Regulador será democrático, rigiendo en todo momento los principios de representación paritaria de los sectores, representatividad de los intereses económicos de los sectores confluyentes, y de autonomía de gestión y organización de los procesos electorales a sus órganos rectores. Además, estará integrado por las personas físicas o jurídicas debidamente inscritas en sus registros que, de forma voluntaria, manifiesten su voluntad de formar parte del mismo.
- El Consejo Regulador está compuesto por el Pleno, el Comité de Certificación y podrá contar con un gerente u otro órgano que se establezca en sus estatutos.
- El Consejo Regulador llevará el Registro de Productores y el Registro de Almacenes e Instalaciones de Acondicionamiento y Envasado.

1.2.4. Zona de Producción

La Denominación de Origen Protegida de la Granada Mollar de Elche ampara a 40 municipios de las comarcas alicantinas del Baix Vinalopó, Vega Baja y L' Alacantí (Figura 9). Estos municipios son:

- **Bajo Vinalopó:** Elche, Santa Pola y Crevillente.
- **Alacantí:** Alicante, San Vicente del Raspeig, Campello, San Juan de Alicante, Muchamiel, Jijona, Agost, Busot, Aguas de Busot y Torremanzanas.
- **Vega Baja:** Orihuela, Callosa de Segura, Albaterra, Catral, San Miguel de Salinas, Granja de Rocamora, San Isidro, Cox, Dolores, Torrevieja, El Pilar de la Horadada, Rojales, Almoradí, Guardamar del Segura, San Fulgencio, Redován, Bigastro, Benejúzar, Los Montesinos, Algorfa, Formentera del Segura, Rafal, Benijófar, Jacarilla, Daya Nueva, Benferri y Daya Vieja.



Figura 9. Comarcas donde se encuentra la zona amparada bajo la DOP Granada Mollar de Elche. Fuente (URL):

<https://fincaagricolavalencia.files.wordpress.com/2014/07/alicante-copia.jpg>

Existen más de 600 productores de las tres comarcas inscritos en el Consejo Regulador para que su producción pueda ser etiquetada y comercializada con el sello de la Denominación de Origen Protegida.

Según datos de Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de 2017, la producción alicantina está en auge, aumentando 5.500 toneladas respecto al año 2016, lo que representa un 13% más. El 50% de esta se comercializó bajo el distintivo de la DOP Granada Mollar de Elche, según datos de ASAJA Alicante (2017). Además, en su Balance Agrario reflejan que la superficie inscrita en la DOP se incrementa anualmente.

1.2.5. El Clima

El clima de las tres comarcas amparadas por la DOP Granada Mollar de Elche se puede considerar según sus rasgos térmicos y pluviométricos, aunque con algunos matices entre ellas, como un clima mediterráneo subtropical seco y semiárido, según la clasificación de Papadakis, ya que la precipitación suele ser escasa e irregular, situándose normalmente entre los 200 – 300 mm anuales, produciéndose las

precipitaciones en muchas ocasiones de forma torrencial. Asimismo, los días soleados al año habitualmente superan las tres centenas.

Las características agroclimáticas de estas zonas limitan el cultivo de algunas especies, lo que implica que el granado, que puede soportar largos periodos de sequía, adquiera una gran relevancia. Además, este clima le confiere a las granadas unas características que hacen de ellas un producto singular.

1.2.6. El Suelo

El suelo de los municipios amparados por la DO Granada Mollar de Elche tiene características muy dispares, como será mostrado en el apartado de Resultados y Discusión.

Como nociones previas, se dispone de un mapa obtenido de AGROSAL, perteneciente al IVIA, que para una profundidad del suelo de 0-50 cm muestra la salinidad del suelo (Figura 10). Este mapa es extraído de un estudio de Paz y col. (2011) en el que indica que el suelo del 98% de la superficie estudiada de la provincia de Alicante posee una conductividad eléctrica de extracto de saturación superior a 2 dS/m, lo que puede suponer una merma de producción en numerosos cultivos con un umbral máximo de pérdida de rendimiento más bajo. En concreto, los autores estipulan que más del 80% de la superficie irrigada de esta zona muestra una pérdida de rendimiento de más del 10%.

La tolerancia a la salinidad del granado hace que sea uno de las pocas especies que pueden ser cultivadas en determinadas zonas especialmente afectadas por esta problemática. Otros cultivos leñosos que también tienen umbrales límites de salinidad altos (>4 dS/m) y son empleados en estas áreas son la higuera, el olivo y la palmera datilera. Asimismo, la alcachofa, el algodón, la remolacha azucarera y diversos cereales como el sorgo, el trigo y la cebada poseen umbrales límites de pérdida de producción superiores a 6 dS/m.

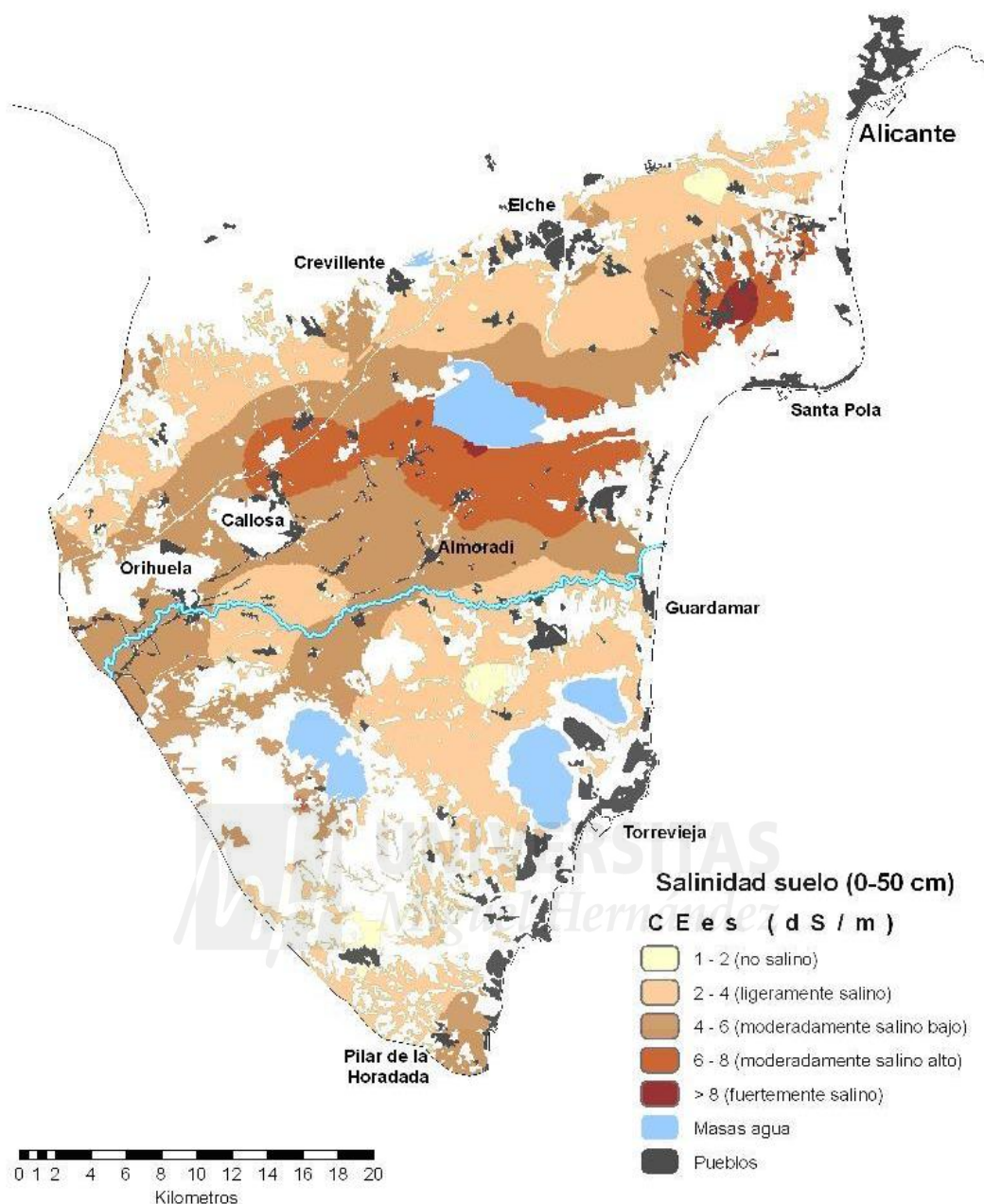


Figura 10. Salinidad del suelo del sur de la provincia de Alicante a 0-50 cm (dS/m). Fuente (URL): http://www.agrosal.ivia.es/imagenes/b_mapa_sal_Guardamar.jpg

1.2.7. El Agua

Además de la climatología y el suelo, el agua es uno de los factores más importantes que condiciona los cultivos agrarios. A continuación, se van a describir las distintas aguas empleadas para los cultivos en el sur de la provincia de Alicante.

En la Figura 10, al norte se puede ver junto a Crevillente el embalse del mismo nombre que almacena el agua procedente del Trasvase Tajo-Segura; esta es el agua de mejor calidad y menor salinidad, aunque también de mayor precio.

Los dos núcleos de suelos con una salinidad más alta, uno en el centro de la imagen con una masa de agua importante, y al noreste otro que aparentemente no tiene masa de agua, estas zonas albergan el Parque Natural del Hondo y el Parque Natural de Las Salinas de Santa Pola, respectivamente. El primero es un reservorio de agua de riego impulsada desde hace más de 100 años de la desembocadura del río Segura en Guardamar, cuya concentración de sales es notable y su uso se limita a cultivos muy tolerantes a la salinidad. Por otra parte, las salinas de Santa Pola utilizan estas masas de agua para obtener sal.

Ambos parques naturales condicionan la forma de cultivo en estas zonas de influencia y protección, lógicamente limitando las labores y los tratamientos fitosanitarios para conservar el entorno específico que allí se ha generado, ya que es zona de nidificación de especies de toda Europa. Los otros dos reservorios de agua al sur de la imagen constituyen los Parques Naturales de las Salinas de la Mata y Torrevieja

2. OBJETIVOS

El objetivo de este proyecto ha sido contribuir a la zonificación edafológica del área agrícola de las comarcas de la Vega Baja, el Baix Vinalopó y L'Alicantí, amparada bajo la Denominación de Origen Protegida (DOP) Granada Mollar de Elche. Para ello, se han planteado los siguientes objetivos específicos:

- Localizar las principales zonas-parajes agrícolas tradicionales dentro de las comarcas de la Vega Baja, el Baix Vinalopó y L'Alicantí.
- Identificar las principales condiciones para el cultivo del granado.
- Describir las características climatológicas más importantes de estas zonas.
- Estudiar las características físicas, físico-químicas y químicas de los suelos de estas zonas, para tipificar los suelos. Esta tipificación se ha llevado a cabo para la búsqueda de los suelos con mejores características para el cultivo del granado.
- Evaluar los resultados obtenidos para recomendar posibles prácticas de manejo agrícola que contribuyan a mejorar el cultivo del granado, tanto en las zonas más aptas como en las más deficitarias.
- Remarcar la importancia del cultivo del granado en las zonas que las condiciones edáficas y el agua disponible limiten el cultivo de otras especies más sensibles.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para este estudio se seleccionaron 58 parcelas de muestreo de cultivo de granado, amparado por la DOP Granada Mollar de Elche, distribuidas en tres comarcas de la provincia de Alicante, en la proporción mostrada en la Tabla 3.

Tabla 3. Parcelas muestreadas de las comarcas de la Vega Baja, el Baix Vinalopó y L’Alicantí.

Comarca	Parcelas muestreadas
Vega Baja	28
Baix Vinalopó	28
L’Alicantí	2

Las parcelas elegidas de la Vega Baja pertenecen a los municipios de Albaterra, San Isidro, Catral, Dolores, Formentera del Segura, Granja de Rocamora, Callosa de Segura, Redován, Orihuela y Torrevieja (Figura 11). Las escogidas del Baix Vinalopó pertenecen a Crevillente y a algunas de las pedanías de Elche (Figura 12). Las parcelas de L’Alicantí pertenecen a la zona del Rebolledo. La localización de las parcelas del estudio se muestra en la Figura 13.



Figura 11. Situación de los municipios de la comarca de la Vega Baja. Fuente: <http://paisajesturisticosvalencianos.com/paisajes/la-vega-baja-del-segura/>

En la Tabla 4 se muestra la descripción de las parcelas muestreadas respecto a código de la parcela, coordenadas UTM del centroide de la parcela, comarca, zona, municipio, polígono, parcela, superficie, altitud, pendiente y producción ecológica. Para el código de la parcela se ha utilizado una numeración para la zona y la muestra. La numeración de la zona se realizó en orden descendente, siendo la zona 1 la perteneciente a L'Alicantí, las zonas 2 – 7 al Baix Vinalopó y el resto a la Vega Baja, agrupándose las parcelas por cercanía y por características edafológicas similares a priori. Por otro lado, el orden de la numeración de las muestras refleja el momento del muestreo, siendo los números inferiores los obtenidos antes y los mayores los últimos en muestrear.



Tabla 4. Situación y descripción de las parcelas muestreadas de la DOP Granada Mollar de Elche.

Fecha muestreo	Código		Coordenadas UTM del centroide		Comarca	Zona	Municipio	Polígono	Parcela	Altitud (msnm)	Superficie (m ²)	Pendiente (%)	Producción ecológica
	Zona	Muestra	X	Y									
08/05/2019	1	1	38,34916	-0,61105238	L'Alicantí	Rebolledo	Alicante	28	55	117	0,91	5	NO
26/03/2019	1	2	38,293866	-0,69472196	L'Alicantí	Rebolledo	Elche	170	86	135	1,30	6	NO
28/03/2019	2	2	38,279886	-0,63354995	Baix Vinalopó	Torrellano	Elche	153	33	78	3,90	1,7	NO
26/03/2019	2	4	38,277677	-0,58733574	Baix Vinalopó	Torrellano	Elche	144	27	42	0,15	2,1	SÍ
26/03/2019	3	2	38,224188	-0,59808615	Baix Vinalopó	Valverde	Elche	118	225	8	0,67	3	NO
28/03/2019	3	4	38,231406	-0,60733163	Baix Vinalopó	Valverde	Elche	115	78	12	2,73	1	NO
28/03/2019	3	5	38,243372	-0,57922649	Baix Vinalopó	Valverde	Elche	125	114	14	0,94	1,2	NO
08/05/2019	3	6	38,21035	-0,61155679	Baix Vinalopó	Valverde	Elche	85	9	6	0,33	0,9	NO
26/03/2019	4	1	38,255736	-0,6478736	Baix Vinalopó	Alzabares	Elche	109	28	52	0,96	1,3	NO
26/03/2019	4	7	38,24479	-0,69066236	Baix Vinalopó	Alzabares	Elche	101	94	56	0,61	1,6	NO
26/03/2019	4	8	38,223916	-0,69956511	Baix Vinalopó	Daires	Elche	63	13	36	0,49	1,1	NO
26/03/2019	4	9	38,228773	-0,73518264	Baix Vinalopó	Matola	Elche	17	124	39	1,00	1,1	NO
08/05/2019	4	10	38,194742	-0,72263398	Baix Vinalopó	Derramador	Elche	32	19	11	0,32	0,7	NO
08/05/2019	4	11	38,210679	-0,74469893	Baix Vinalopó	Puçol	Elche	20	144	9	1,02	1,2	NO
08/05/2019	4	12	38,210583	-0,74143806	Baix Vinalopó	Puçol	Elche	29	122	11	0,65	1,8	NO
28/03/2019	4	13	38,188851	-0,71413052	Baix Vinalopó	Derramador	Elche	33	39	9	1,22	0,9	NO
28/03/2019	5	1	38,212904	-0,65993126	Baix Vinalopó	Asprella	Elche	78	57	14	1,30	0,85	NO

26/03/2019	5	6	38,236926	-0,63446331	Baix Vinalopó	Las Bayas	Elche	92	82	33	0,48	1,2	NO
26/03/2019	5	7	38,236226	-0,63394296	Baix Vinalopó	Las Bayas	Elche	92	81	36	0,51	1,6	NO
26/03/2019	5	8	38,203385	-0,65098082	Baix Vinalopó	Asprella	Elche	79	37	10	0,99	0,7	NO
08/05/2019	5	11	38,225701	-0,62448663	Baix Vinalopó	Las Bayas	Elche	117	103	20	1,88	1,6	NO
26/03/2019	5	12	38,233484	-0,6560688	Baix Vinalopó	Las Bayas	Elche	90	53	31	0,76	1,2	NO
07/03/2019	6	2	38,156614	-0,06828848	Baix Vinalopó	Carrizales	Elche	47	6	16	1,23	2,2	NO
07/03/2019	6	3	38,16478	-0,6717057	Baix Vinalopó	Carrizales	Elche	47	58	7	0,53	2,3	NO
07/03/2019	6	4	38,16588	-0,6954579	Baix Vinalopó	Carrizales	Elche	38	22	11	0,77	1	NO
28/03/2019	7	1	38,17114	-0,81631	Baix Vinalopó	Crevillente-Catral	Crevillente	31	95	10	0,94	0,5	NO
28/03/2019	7	2	38,211983	-0,74400414	Baix Vinalopó	Cachap	Elche	20	146	11	2,38	1	NO
07/03/2019	7	3	38,20342	-0,83252724	Baix Vinalopó	El Realengo	Crevillente	40	163	21	4,22	3,8	NO
07/03/2019	7	4	38,20874	-0,7840369	Baix Vinalopó	El Realengo	Crevillente	22	54	18	0,42	1,1	NO
19/02/2019	7	5	38,203939	-0,80154	Baix Vinalopó	El Realengo	Crevillente	37	57	8	3,12	1	NO
08/05/2019	9	1	38,195434	-0,84383232	Vega Baja	Albatera	Albatera	9	30	9	0,18	2,9	NO
08/05/2019	9	2	38,195593	-0,85362373	Vega Baja	Albatera	Albatera	7	9000	23	2,11	3,5	NO
08/05/2019	9	3	38,176302	-0,86374076	Vega Baja	Albatera	Albatera	15	392	11	0,05	2,1	NO
08/05/2019	9	4	38,189392	-0,87695675	Vega Baja	Albatera	Albatera	23	106	40	0,31	3,4	NO
19/02/2019	10	1	38,216469	-0,9302751	Vega Baja	Los Suizos	Albatera	1	37	153	0,89	11,5	NO
19/02/2019	10	2	38,219599	-0,8894089	Vega Baja	Los Suizos	Albatera	28	44	113	0,86	6,7	NO
19/02/2019	10	3	38,221513	-0,8856277	Vega Baja	Los Suizos	Albatera	21	1	125	0,38	1	NO
19/02/2019	10	4	38,213399	-0,909241	Vega Baja	Los Suizos	Albatera	18	49	139	1,22	6	NO

**CARACTERIZACIÓN Y CAPACIDAD AGRÍCOLA DE LOS SUELOS DE LA
DENOMINACIÓN DE ORIGEN PROTEGIDA GRANADA MOLLAR DE ELCHE**

**3. Material y
métodos**

19/02/2019	10	5	38,220525	-0,9192225	Vega Baja	Los Suizos	Albatera	18	20	174	0,86	7,1	NO
08/05/2019	11	1	38,191861	-0,84023972	Vega Baja	San Isidro	San Isidro	1	60	9	2,96	1,2	NO
19/02/2019	11	3	38,19007	-0,838338	Vega Baja	San Isidro	San Isidro	1	119	7	3,44	1,2	NO
19/02/2019	11	4	38,185558	-0,8393948	Vega Baja	San Isidro	San Isidro	1	147	9	0,55	1,3	NO
28/03/2019	11	7	38,170287	-0,82966705	Vega Baja	San Isidro	San Isidro	4	93	7	0,39	1,2	NO
28/03/2019	11	8	38,163337	-0,86940086	Vega Baja	San Isidro	San Isidro	7	16	9	0,36	1,2	NO
19/02/2019	12	1	38,17902	-0,990385	Vega Baja	Orihuela	Orihuela	12	17	108	0,84	3,9	NO
19/02/2019	12	2	38,179903	-0,9893071	Vega Baja	Orihuela	Orihuela	12	18	108	0,79	2,8	NO
07/03/2019	14	1	38,143796	-0,7294877	Vega Baja	Dolores	Dolores	3	18	9	0,83	0,5	NO
28/03/2019	14	3	38,14423	-0,7790587	Vega Baja	Dolores	Dolores	11	5	6	0,41	2	NO
07/03/2019	14	4	38,143528	-0,76186458	Vega Baja	Dolores	Dolores	14	34	9	0,88	0,4	SÍ
08/05/2019	14	5	38,151667	-0,7078729	Vega Baja	Dolores-Carrizales	Elche	40	66	8	1,32	0,4	NO
08/05/2019	15	2	38,045589	-0,7357778	Vega Baja	Formentera del Segura	Formentera del Segura	2	13	33	3,63	0,7	NO
07/03/2019	16	2	38,143707	-0,84905353	Vega Baja	Lo Cartagena	Callosa de Segura	3	145	10	0,27	0,7	NO
28/03/2019	16	3	38,113189	-0,91918316	Vega Baja	Redován	Redován	5	216	17	0,08	0,7	NO
08/05/2019	16	4	38,134061	-0,80957239	Vega Baja	El Salazar	Catral	15	42	6	1,46	0,4	NO
08/05/2019	16	5	38,134061	-0,80957239	Vega Baja	Catral	Catral	15	42	6	1,46	0,4	NO
08/05/2019	16	6	38,152665	-0,85773244	Vega Baja	Granja de Rocamora	Granja de Rocamora	2	238	15	0,53	1	NO
07/03/2019	16	7	38,134861	-0,8030953	Vega Baja	El Salazar	Catral	15	81	12	0,52	1,2	NO
07/03/2019	17	1	37,997948	-0,7559065	Vega Baja	Torre vieja	Torre vieja	2	293	8	11,43	1	NO

Para el estudio de las condiciones climáticas de las comarcas amparadas bajo la DOP, se han elegido tres estaciones meteorológicas de cada comarca, obteniéndose datos de los últimos 10 años, realizando la media de los resultados mensuales de temperaturas medias, mínimas y máximas y de la precipitación. Los datos se han obtenido de La Asociación Valenciana de Meteorología (AVAMET) a partir de su página web (<https://www.avamet.org/>).

Las estaciones climáticas elegidas (Figura 14) de la comarca de L'Alicantí han sido las del IVIA en Agost, la de Rabassa en Alicante y la de Río Park en Mutxamel; las seleccionadas en la comarca del Baix Vinalopó han sido las del Aeropuerto de Alicante-Elche, la del Algorós en Elche y la del IVIA en Crevillente; por último, en la comarca de la Vega Baja se ha elegido las del IVIA en la Murada (Orihuela), la del IVIA en Almoradí y la del IVIA en el Pilar de la Horadada.

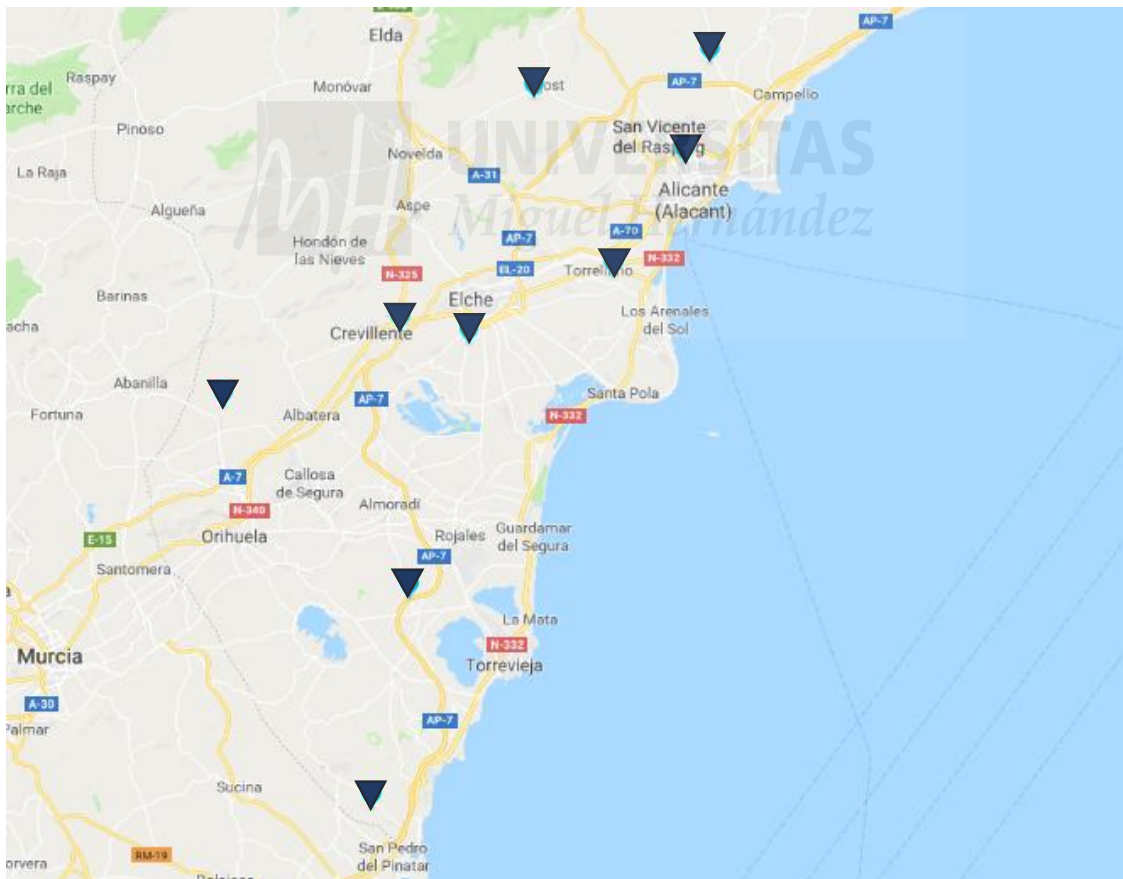


Figura 14. Representación gráfica de las estaciones climáticas elegidas de las comarcas de L'Alicantí, Baix Vinalopó y Vega Baja. Fuente: elaboración propia.

3.2. DESARROLLO EXPERIMENTAL

Para llevar a cabo el muestreo de suelo, cada parcela se dividió en zonas de características uniformes y de superficie inferior a 2 hectáreas. Se tomó el número de submuestras de suelo necesarias en cada zona, para que la muestra fuera lo más representativa posible de toda esta zona. Todas las submuestras se mezclaron en un recipiente, obteniendo un peso final de 1 a 2 kg de suelo, que se conservaron en una bolsa bien cerrada y etiquetada. La toma de muestra se hizo con un equipo tomamuestras a la profundidad de 0 - 30 cm y en la zona del bulbo húmedo, dentro de un radio de 25 cm respecto del gotero (Figura 15).

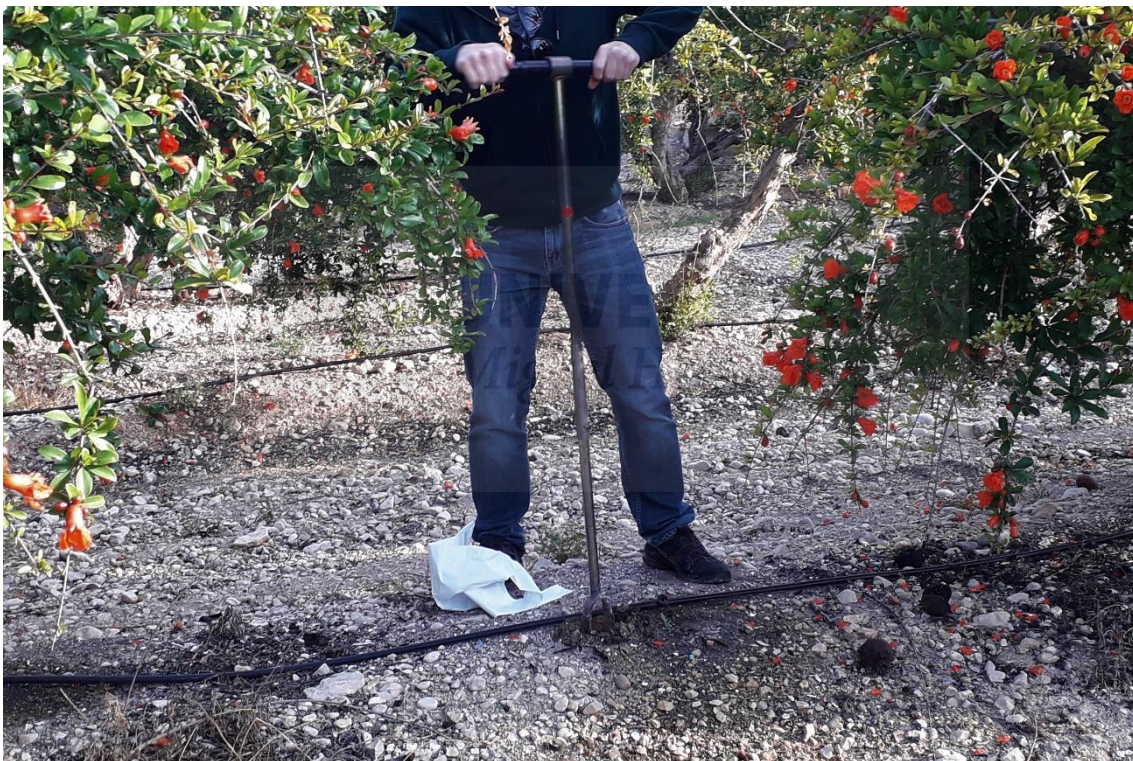


Figura 15. Toma de muestra de suelo mediante el equipo tomamuestras.

3.3. MÉTODOS ANALÍTICOS

3.3.1. Granulometría y textura

La determinación se basa en la relación entre la concentración de partículas en una suspensión acuosa y la densidad de dicha suspensión a una temperatura y en un tiempo dado. Midiendo la densidad de la suspensión a diferentes tiempos de sedimentación, se determina la distribución de las partículas, según tamaños. La concentración de sólidos totales en suspensión (g/L), indicada por la escala del densímetro a los cuarenta segundos después de la agitación corresponde a partículas de diámetro $<20 \mu\text{m}$ (arcilla + limo) y a las dos horas corresponde a partículas de diámetro $<2 \mu\text{m}$ (arcilla) (Porta, 1986).

Reactivos y material

- ✓ Densímetro Bouyoucos
- ✓ Peróxido de hidrógeno al 30%
- ✓ Hexametafosfato de sodio (calgón) (1L) (Pesar 37 g de hexametafosfato de sódico y 7,94 g de carbonato de sodio, disolver y enrasar a 1 L).
- ✓ Permanganato de potasio 0,1 N (1L) (Pesar 15,803 g de permanganato de potasio, disolver y enrasar a un 1 L).

Procedimiento

a. Destrucción de la materia orgánica

Pesar con exactitud de 40 gramos de suelo tamizado a 2 mm y seco al aire. Colocar en un vaso de precipitados de 800 mL y añadir 20 mL de agua oxigenada al 30% y 150 mL de agua desionizada, agitar frecuentemente con una varilla de vidrio. Cubrir el vaso con vidrio de reloj. Verificar por la efervescencia que se produce que hay exceso de agua oxigenada, en caso contrario añadir otros 20 mL. En el caso de producirse mucha espuma, romper ésta, añadiendo unas goas de alcohol. Para suelos con mucha materia orgánica, dejar reaccionar toda una noche con el agua oxigenada, antes de aportar calor. Calentar a 80°C en placa calefactora o baño de arena. Durante este tratamiento térmico, se debe evitar la ebullición y la consistencia pastosa, para ello, añadir agua si fuera necesario. Cuando ha cesado la efervescencia, eliminar el exceso de agua oxigenada calentando unas dos horas más. La desaparición de agua oxigenada se comprueba,

mediante la persistencia del color que experimenta el permanganato potásico 0,1 N al añadir unas gotas de este reactivo. A continuación, dejar enfriar.

b. Dispersión

Pasar la muestra contenida en el vaso, a través de un embudo, a una botella de plástico de boca ancha, provista de tapón de rosca y de un litro de capacidad, lavando las paredes del vaso con porciones de agua desionizada no sobrepasando los 400-600 mL y procurando arrastrar toda la muestra de suelo. A continuación añadir exactamente 10 mL de disolución dispersante de hexametafosfato sódico (calgón) y agitar durante 2 horas en un agitador rotativo.

c. Sedimentación

Transcurrido el tiempo de agitación, trasvasar el contenido de la botella a una probeta de 1000 mL provista de tapón, lavando bien las paredes con agua desionizada. Enrasar a un litro y agitar la probeta, con movimiento periódicos de inversión para la homogeneización completa de la suspensión. Deja reposar la probeta sobre una mesa nivelada y mediante un cronómetro, medir los tiempos de sedimentación. Paralelamente, realizar un ensayo en blanco, consiste en colocar en otra probeta de 1000 mL la misma cantidad de disolución dispersante de hexametafosfato sódico que la añadida la muestra (10 mL) y desionizada hasta un litro.

d. Medida de la densidad

Agitar la probeta, con movimiento de inversión durante 1 minuto y dejar reposar sobre una mesa nivelada. A continuación, accionar el cronómetro e introducir cuidadosamente, el densímetro y la temperatura de la suspensión. Seguir el mismo procedimiento para la muestra en blanco. Sacar el densímetro de la suspensión y dejar sedimentar ésta. A las dos horas del cese de la agitación, introducir de nuevo el densímetro y tomar la segunda lectura de la densidad y de la temperatura. Proceder de igual forma para la muestra en blanco. Para calcular los porcentajes de arena, limo y arcilla se utiliza la siguiente ecuación:

$$X(\%) = \frac{(d - d_0) + (T - 20) \times 0,36}{P} \times 100$$
$$Y(\%) = \frac{(d' - d_0') + (T' - 20) \times 0,36}{P} \times 100$$

% arena = $100 - x$

% limo = $x - y$

% arcilla = y

Donde:

P= peso de muestra de suelo seco y tamizado (g)

X= Porcentaje de limo + arcilla

Y= porcentaje de arcilla

d=Densidad de la suspensión (g/L) a los 40 segundos

d´=Densidad de la suspensión (g/L) a las 2 horas

d₀=Densidad de la suspensión (g/L) en el blanco a los 40 segundos

d´₀=Densidad de la suspensión (g/L) en el blanco a las 2 horas

T= temperatura de la suspensión cuando se realiza la lectura del densímetro a los 40 segundos

T´= temperatura de la suspensión cuando se realiza la lectura del densímetro a las 2 horas.

Para la determinación de la clase textural se utiliza el diagrama triangular de texturas (criterio USDA). En este diagrama se representan los porcentajes de las fracciones granulométricas, arena, arcilla y limo en los lados de un triángulo equilátero, siguiendo el sentido de las agujas del reloj.

3.3.2. pH

Pesar 10 g de suelo seco al aire y tamizado a 2 mm \varnothing , añadirles 25 mL de agua desionizada y agitar durante 10 minutos. Dejar reposar durante 30 minutos. Agitar la suspensión suelo-agua inmediatamente antes de introducir los electrodos, pero no durante la medida. Introducir el electrodo combinado de pH y la sonda de temperatura y medir el pH con el pH-metro previamente calibrado (MAPA, 1994).

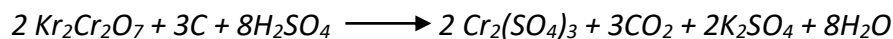
3.3.3. Conductividad eléctrica

Pesar 5 g de suelo seco al aire y tamizado a 2 mm \varnothing , añadirles 25 mL de agua desionizada y agitar durante 30 minutos, a continuación, dejar reposar unos minutos. Después, filtrar la suspensión a través de papel de filtro, desechando las primeras porciones turbias. Finalmente, medir la conductividad eléctrica en el extracto acuoso obtenido introduciendo la célula de conductividad y la sonda de temperatura (MAPA, 1994).

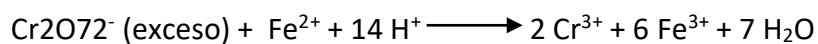
3.3.4. Carbono orgánico oxidable

La determinación del carbono orgánico del suelo se basa en la oxidación parcial del carbono con dicromato potásico en medio ácido sulfúrico. El exceso de dicromato que no ha reaccionado se determina por valoración con sulfato de amonio y hierro (II) hexahidratado (sal de Mohr), utilizando ferroína como indicador, método Walkley-Black, (1934) modificado por Yeomans y Bremner (1989).

1ª Etapa. Oxidación del carbono orgánico



2ª Etapa. Valoración del exceso de dicromato



Reactivos

- ✓ Ácido sulfúrico concentrado
- ✓ Ácido fosfórico concentrado
- ✓ Dicromato de potasio 1N (Pesar 49,05 g de dicromato de potasio y disolver y enrasar a 1L)
- ✓ Ferroína (Pesar 1,48 g de ortofenantrolina monohidrato y 2,07 g de sulfato de hierro (II) heptahidrato, a continuación, disolver y enrasar a 100 mL)
- ✓ Sal de Mohr (sulfato ferroso de amonio) 0,5 N (Disolver 196,1g de sulfato de amonio y hierro (II) hexahidrato en 800 mL de agua desionizada que contenga 20 mL de ácido sulfúrico concentrado. A continuación, enrasar a 1 L con agua desionizada en matraz aforado)

Procedimiento

Pesar, con precisión de 1 mg, 1 g de suelo seco al aire y tamizado a 2 mm \emptyset e introducirlo en un matraz Erlenmeyer de 250 mL. Añadir 10 mL de dicromato potásico. Agitar el matraz con la mano, mediante movimientos de giro de muñeca. A continuación, añadir lentamente 20 mL de ácido sulfúrico concentrado y se agita suavemente. Se deja reposar durante 30 minutos y se le añaden 200 mL de agua desionizada. Se deja enfriar y se le añade 10 mL ácido fosfórico concentrado y 0,2 mL (4 ó 5 gotas) de ferroína. Se valora con sulfato ferroso de amonio 0,5 N hasta observar un viraje de color verde a pardo rojizo. Paralelamente, se realiza una determinación en blanco. Para ello, se

procede de igual manera que con la muestra, pero sin la misma, es decir, sustituyéndola por agua desionizada, añadiendo los mismos reactivos y valorando también con Sal de Mohr. El blanco también se utiliza para determinar la normalidad exacta de la disolución de sulfato ferroso amónico. El carbono orgánico oxidable se calcula mediante la siguiente expresión:

$$C \text{ organico oxidable (\%)} = \frac{(Vb - Vm) \times N \times 0,3}{P}$$

Donde:

Vb= Volumen de sal de Mohr gastado por el blanco (mL)

Vm= Volumen de sal de Mohr gastado por la muestra (mL)

N= Normalidad de la sal de Mohr

P= peso seco de muestra (g)

3.3.5. Materia orgánica y carbono orgánico

El contenido de materia orgánica se calcula multiplicando el porcentaje de carbono orgánico por el coeficiente de Van Bemmelen (1,724). Para el cálculo del porcentaje de carbono orgánico se multiplica el porcentaje de carbono orgánico oxidable por el factor de recuperación de la técnica seguida, que en este caso es de 1,29 (MAPA, 1994).

$$\text{Carbono orgánico (\%)} = \text{Carbono orgánico oxidable} \times 1,29$$

$$\text{Materia orgánica (\%)} = \text{Carbono orgánico (\%)} \times 1,724$$

3.3.6. Nitrógeno total Kjeldahl

El método de Kjeldahl para muestras sólidas consiste en la transformación de nitrógeno orgánico en amoniacal mediante digestión de la muestra con ácido sulfúrico, sulfato de potasio, sulfato de cobre (II) y selenio. En una segunda etapa, el amoniaco formado es destilado en medio básico, mediante arrastre de vapor, recogiendo el destilado en una disolución de ácido bórico-indicador. Posteriormente, se determina el amoniaco por valoración con un ácido mineral patrón.

Material y reactivos

- ✓ Bloque digestor

- ✓ Equipo de destilación con arrastre de vapor
- ✓ Ácido sulfúrico concentrado
- ✓ Mezcla catalizadora (Mezclar 9,5 g de selenio, 66,7 g de sulfato de potasio y 23,8 g de sulfato de cobre (II) pentahidrato hasta homogeneizar bien la mezcla, mediante molienda, en un mortero)
- ✓ Disolución de hidróxido de sodio al 40% (Pesar 40 g de hidróxido de sodio y disolver en 60 mL de agua desionizada)
- ✓ Disolución indicadora mixta (Disolver 0,015 g de verde de bromocresol y 0,030 g de rojo de metilo en 100 mL de etanol. Preparar mensualmente)
- ✓ Disolución indicadora de ácido bórico (Disolver 20 g de ácido bórico en unos 600 mL de agua desionizada, añadir 10 mL de disolución indicadora mixta y enrasar a 1 L con agua desionizada. Preparar mensualmente)
- ✓ Disolución normalizada de ácido clorhídrico 0,05N (Tomar 4,3 mL de ácido clorhídrico concentrado y enrasar a 1L en matraz aforado con agua desionizada. A continuación, normalizar esta disolución con carbonato de sodio)

Procedimiento

a. Digestión de la muestra

Pesar, con precisión 1 mg, 1,5 g de suelo seco al aire, tamizado a 2 mm ϕ y molido e introducirlo en un matraz Kjeldahl de 100 mL. Se añade a continuación 1,5 g de la mezcla catalizadora y 10 mL de ácido sulfúrico concentrado. Se coloca un pequeño embudo en la boca del tubo y se calienta en un bloque digestor durante 2 horas con una rampa de temperaturas hasta 300°C (hasta la aparición de una coloración verde-azulada). Se deja enfriar y posteriormente se lava el tubo y el embudo con agua desionizada, diluyendo la muestra hasta unos 20 mL.

b. Destilación y valoración

Se deposita la muestra digerida en el equipo de destilación y se añade 40 mL de hidróxido de sódico al 40% hasta su neutralización. A continuación, se destila con arrastre de vapor, recogiendo el amoníaco destilado en un erlenmeyer de 100 mL que contenga 15 mL de disolución indicadora de ácido bórico. El proceso finaliza cuando se ha recogido un volumen de unos 75 mL de destilado. Se valora el amoníaco recogido en

la disolución indicadora de ácido bórico con la disolución de ácido clorhídrico 0,05 N hasta que la disolución vire de verde a rosa. Paralelamente, se realiza una determinación en blanco, para ello introducir en un matraz Kjeldahl 1,5 g de mezcla catalizadora y 10 mL de ácido sulfúrico concentrado y proceder de igual forma que se indicó anteriormente.

El contenido de nitrógeno total Kjeldahl en una muestra sólida se determina mediante la siguiente expresión:

$$Nt (\%) = \frac{(V - V') \times N \times 1,4}{P}$$

Donde:

V= disolución de HCl gastado para valorar la muestra (mL)

V'= disolución de HCl gastado para valorar el blanco (mL)

N= normalidad del HCl

P=peso de la muestra seca (g)

3.3.7. Fósforo asimilable

Esta determinación se basa en la extracción con bicarbonato de sodio del fósforo asimilable del suelo y posterior determinación mediante espectrofotometría V-UV. Los iones fosfato forman con el molibdato de amonio en medio ácido fosfomolibdato de amonio, compuesto que es reducido, con ácido ascórbico, formándose un complejo de color azul, medible a una longitud de onda de 882 nm. La medida de la radiación absorbida en un espectrofotómetro V-UV es proporcional a la concentración de fósforo en el extracto (Olsen y col., 1954).

Reactivos

- ✓ Hidróxido de sodio 1N (Pesar 40 g de hidróxido de sodio y disolver y enrasar a 1 L con agua desionizada en un matraz aforado)
- ✓ Hidrógenocarbonato de sodio 0,5M (Disolver 42 g de hidrógeno carbonato de sodio en 800 mL de agua desionizada. Ajustar el pH de esta disolución hasta 8,5 mediante la adición de hidróxido de sodio 1N y enrasar a 1L con agua desionizada en matraz aforado. El pH de la disolución debe de comprobarse cada vez que se realice el ensayo)

- ✓ Ácido sulfúrico 5N (Tomar 70 mL de ácido sulfúrico concentrado y añadir con precaución a 300mL de agua desionizada y enrasar a 500mL en matraz aforado)
- ✓ Ácido sulfúrico 1,5M (Tomar 80 mL de ácido sulfúrico concentrado, añadir con precaución a 600 mL de agua desionizada y enrasar a 1L en matraz aforado)
- ✓ Disolución de Molibdato de amonio (Pesar 6 g de molibdato de amonio tetrahidrato y disolver en 125 mL de agua desionizada. También, pesar 0,1454 g de tartrato de antimonio y potasio hemihidrato y disolver en 50 mL de agua desionizada. Añadir estas dos disoluciones a un vaso de precipitados que contenga 500 mL de ácido sulfúrico 5N y enrasar a 1L con agua desionizada en matraz aforado)
- ✓ Disolución de ácido ascórbico (Pesar 1,056 g de ácido ascórbico y disolver en 200 mL de la disolución de molibdato de amonio. Este reactivo debe prepararse con una antelación inferior a 24 horas)

Procedimiento

a. Extracción

Pesar con precisión de 1 mg, 2,5 g de suelo seco al aire y tamizado a 2 mm ϕ , introducirlos en un bote de plástico de 100 mL, añadir 0,5 g de carbón activo (solo en el caso de suelos con coloración intensa, debida a la materia orgánica extraída), y 50 mL de disolución extractora de bicarbonato de sodio 0,5 M. Agitar durante media hora en agitador rotativo. A continuación, dejar reposar unos minutos para eliminar el exceso de CO₂ y filtrar la suspensión a través de filtro Whatman nº 40 o similar, despreciando las primeras porciones más turbias.

b. Preparación de la curva de calibrado

Para preparar una curva de calibrado de fósforo en el rango 0-1 mg/L, introducir en vasos de precipitado de 100 mL, volúmenes de 0, 1, 2, 3, 4 y 5 mL de la disolución patrón de fósforo de 10 mg/L. Añadir en cada vaso, 10 mL de la disolución extractora de bicarbonato de sodio 0,5 M; ajustar el pH a 5 con la disolución de ácido sulfúrico 1,5 M, esperar algún tiempo para que se desprendan las burbujas de CO₂ y a continuación, pasar a matraces aforados de 50 mL. Adicionar a cada uno de ellos, 8 mL de la disolución

de ácido ascórbico y enrasar con agua desionizada. Las concentraciones resultantes serán respectivamente, de 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 y 1 mg/L de fósforo.

c. Preparación de la muestra

Introducir 5 mL de filtrado en un vaso de 100 mL, ajustar el pH a 5 usando la disolución de ácido sulfúrico 1,5 M y esperar algún tiempo para que se desprendan las burbujas de CO₂. Pasar a un matraz aforado de 50 mL; añadir 8 mL de la disolución de ácido ascórbico y enrasar con agua desionizada hasta 50 mL.

d. Determinación

Medir en el espectrofotómetro V-UV y a una longitud de onda de 882 nm, las absorbancias de cada uno de los patrones de la curva de calibrado y de la muestra frente a un blanco, 15 minutos después y antes de 24 horas del inicio de la reacción.

El contenido en fósforo asimilable en una muestra de suelo se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{mg P/kg suelo} = \frac{C \times V_f \times V}{V_{\text{ext}} \times P}$$

Donde:

C= concentración obtenida en la lectura espectrofotométrica (mg/L)

V_f= Volumen final de disolución (mL)

V= volumen de disolución de extractante (mL)

V_{ext}= Volumen de extracto (mL)

P= Peso de la muestra de suelo (g)

3.3.8. Potasio y sodio asimilable

El contenido en potasio y sodio asimilables se determina mediante extracción del suelo con agitación, con una disolución de acetato de amonio 1 N a pH 7 (Knudsen y col., 1982) y posteriormente, se determinan en el extracto obtenido, mediante fotometría de llama.

Reactivos

- ✓ Ácido clorhídrico 1:1 (Tomar 50 mL de ácido clorhídrico concentrado y verter con precaución en un vaso de precipitados que contenga 50 mL de agua desionizada).
- ✓ Acetato de amonio 1 N pH 7 (Pesar 77,08 g de acetato de amonio y disolver en 800 mL de agua desionizada. Ajustar el pH de la disolución hasta 7 mediante adición de ácido clorhídrico 1:1 y enrasar a 1 L con agua desionizada. El pH de la disolución debe comprobarse cada vez que se realice el ensayo).

Procedimiento

a. Extracción

Pesar, con precisión de 1 mg, 2 g de suelo seco al aire y tamizado a 2 mm ϕ e introducirlos en un bote de plástico resistente de 50 mL. Añadir 20 mL de disolución extractora de acetato de amonio 1 N y agitar durante 30 minutos, en un agitador rotativo. A continuación, centrifugar a 2500 rpm durante 5 minutos y filtrar usando doble filtro. El sodio y el potasio asimilables se miden en el extracto anterior mediante fotometría de llama. El contenido de estos elementos asimilables en una muestra de suelo se calcula mediante la siguiente expresión:

$$M \text{ (mg/kg suelo)} = \frac{C \times 20 \times d}{P}$$

Donde:

C= concentración obtenida en la lectura espectrométrica por fotometría de llama (mg/L)

d= factor de dilución

20= volumen de la disolución extractora de acetato de amonio (mg/L)

P = peso de muestra de suelo (g)

3.4. MÉTODOS ESTADÍSTICOS

En los resultados obtenidos en cada uno de los parámetros determinados en el suelo se realizaron estadísticos descriptivos tales como, la media, la desviación del estándar y el intervalo de variación.

Por otra parte, el tratamiento estadístico empleado para analizar la relación entre las parcelas y las propiedades del suelo estudiadas fue el análisis de factores principales (AFP). AFP se aplicó, en todos los parámetros estudiados, a los valores medios obtenidos de las tres repeticiones que se realizaron en cada determinación. Para el AFP se utilizó el método de rotación mediante normalización Varimax. Los parámetros considerados en este análisis estadístico fueron: pH, conductividad eléctrica, los porcentajes de materia orgánica, carbono orgánico, arena, limo y arcilla y los contenidos de nitrógeno total Kjeldahl y de potasio, sodio y fósforo asimilables. Para el análisis de datos procedentes del estudio se usó el Programa estadístico SPSS Statistics versión 25.



4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

4.1.1. L' Alacantí

En la comarca de L'Alacantí la precipitación anual media de la última década se sitúa en los 255 mm, siendo el mes más caudaloso septiembre (43 mm) y el menos julio (2 mm). Las temperaturas máximas se producen en los meses de julio y agosto y las mínimas en los meses de diciembre, enero y febrero (Figura 16).

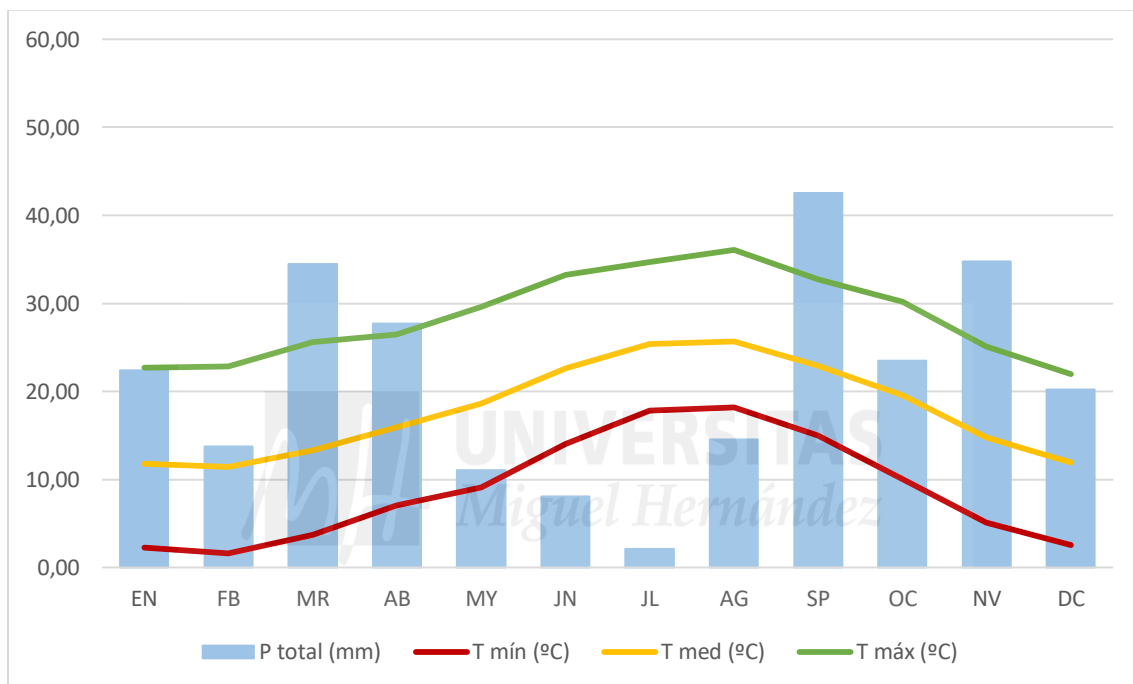


Figura 16. Pluviometría anual y temperaturas medias, mínimas y máximas de la comarca de L'Alacantí (2009-2018). Fuente: AVAMET (2019).

4.1.2. Baix Vinalopó

En la comarca del Baix Vinalopó la precipitación anual media de la última década se sitúa en los 275 mm, siendo el mes más caudaloso noviembre (61 mm) y el menos julio (1 mm). Las temperaturas máximas se producen en el mes de agosto y las mínimas en los meses de diciembre, enero y febrero (Figura 17).

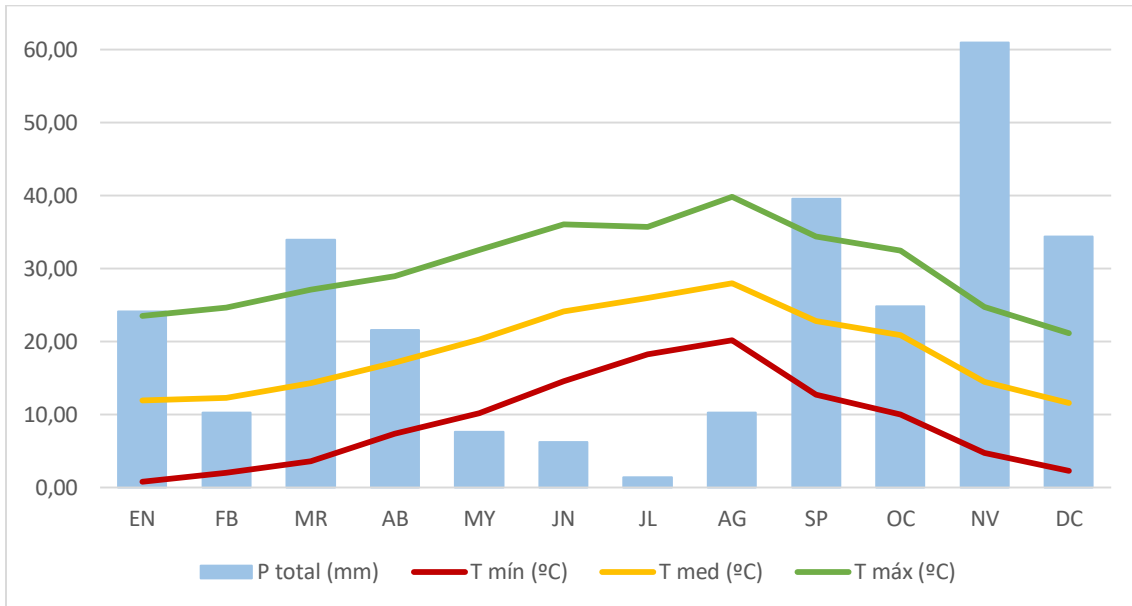


Figura 17. Pluviometría anual y temperaturas medias, mínimas y máximas de la comarca del Baix Vinalopó (2009-2018). Fuente: AVAMET (2019).

4.1.3. Vega Baja

En la comarca de la Vega Baja la precipitación anual media de la última década se sitúa en los 289 mm, siendo los meses más caudalosos marzo, septiembre, noviembre y diciembre, con precipitaciones entre 42 y 44 mm, y julio el mes con menor precipitación (1 mm). Las temperaturas máximas se producen en los meses de julio y agosto y las mínimas en los meses de diciembre, enero y febrero (Figura 18).

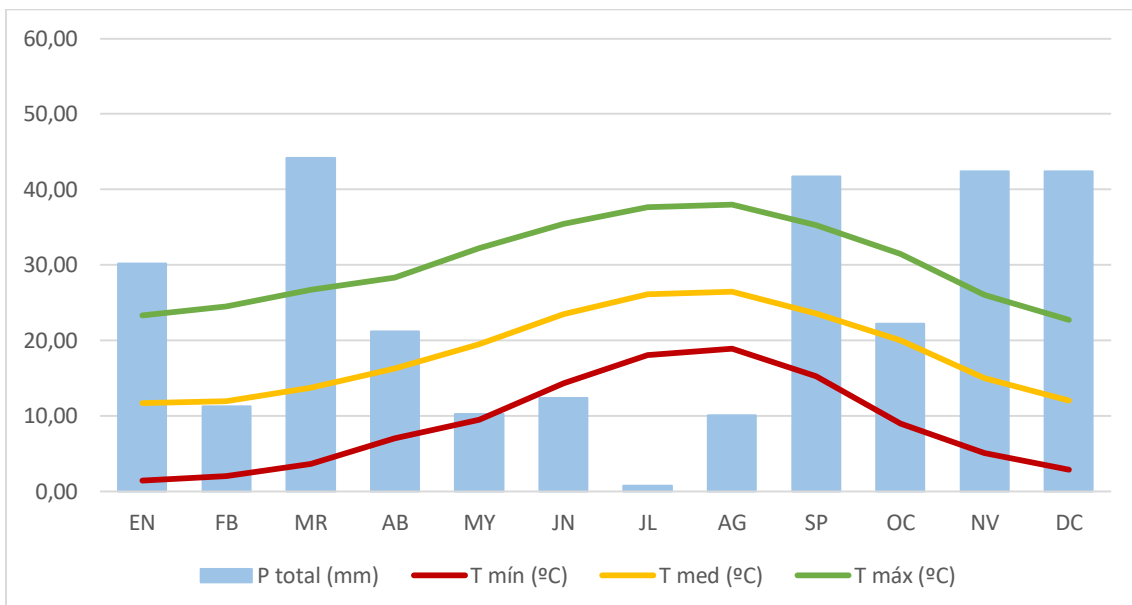


Figura 18. Pluviometría anual y temperaturas medias, mínimas y máximas de la comarca de la Vega Baja (2009-2018). Fuente: AVAMET (2019).

4.2. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS

4.2.1. Granulometría y textura

Los porcentajes de arena, limo y arcilla, así como la clase textural son mostrados en la Tabla 5. La mayor parte de los suelos han presentado dos texturas finas: Arcillosa y Franco-arcillosa (USDA, 2019). Asimismo, han resultado otras texturas puntuales como Franca, Franco-arcillo-arenosa, Franco-arenosa, Franco-limosa, Arcillo-limosa y Arcillo-arenosa, destacando la zona 10 (Z10) generalmente como Franco-arenosa y Franco-arcillo-arenosa y la Z5 y Z11 como Franco-arcillo-arenosa y Franco-limosa en su mayoría, respectivamente.

Tabla 5. Porcentaje de arena, limo y arcilla y clase textural de las parcelas muestreadas.

Muestra	% Arena	% Limo	% Arcilla	Clase textural
Z1-1	34	35	31	Franco-arcillosa
Z1-2	55	20	25	Franco-arcillo-arenosa
Z2-2	44	27	29	Franco-arcillosa
Z2-4	35	29	36	Franco-arcillosa
Z3-2	34	36	30	Franco-arcillosa
Z3-4	45	20	35	Franco-arcillosa
Z3-5	31	28	40	Franco-arcillosa
Z3-6	21	43	36	Franco-arcillosa
Z4-1	32	30	38	Franco-arcillosa
Z4-7	29	25	46	Arcillosa
Z4-8	31	27	41	Arcillosa
Z4-9	34	26	40	Franco-arcillosa
Z4-10	32	33	35	Franco-arcillosa
Z4-11	36	31	34	Franco-arcillosa
Z4-12	16	42	42	Arcillo-limosa
Z4-13	29	31	40	Franco-arcillosa
Z5-1	53	23	24	Franco-arcillo-arenosa
Z5-6	54	25	21	Franco-arcillo-arenosa
Z5-7	54	25	21	Franco-arcillo-arenosa
Z5-8	20	36	44	Arcillo-limosa
Z5-11	27	35	39	Franco-arcillosa
Z5-12	45	24	31	Franco-arcillosa
Z6-2	39	20	41	Arcillosa
Z6-3	45	14	41	Arcillo-arenosa
Z6-4	4	35	61	Arcillosa

Tabla 5. Porcentaje de arena, limo y arcilla y clase textural de las parcelas muestreadas (continuación).

Muestra	% Arena	% Limo	% Arcilla	Clase textural
Z7-1	13	30	57	Arcillosa
Z7-2	31	28	40	Franco-arcillosa
Z7-3	26	40	34	Franco-arcillosa
Z7-4	39	35	26	Franca
Z7-5	18	76	6	Franco-limosa
Z9-1	46	41	14	Franco-arenosa
Z9-2	28	31	41	Arcillosa
Z9-3	8	28	64	Arcillosa
Z9-4	39	33	27	Franca
Z10-1	46	27	27	Franco-arcillo-arenosa
Z10-2	34	35	31	Franco-arcillosa
Z10-3	57	20	23	Franco-arcillo-arenosa
Z10-4	48	47	4	Franco-arenosa
Z10-5	46	50	4	Franco-arenosa
Z11-1	18	38	44	Arcillosa
Z11-3	16	80	4	Franco-limosa
Z11-4	27	69	4	Franco-limosa
Z11-7	29	62	9	Franco-limosa
Z11-8	15	36	49	Arcillo-limosa
Z12-1	41	27	32	Franco-arcillosa
Z12-2	36	30	34	Franco-arcillosa
Z14-1	15	38	46	Arcillosa
Z14-3	14	37	49	Arcillo-limosa
Z14-4	11	21	69	Arcillosa
Z14-5	11	32	57	Arcillosa
Z15-2	8	38	54	Arcillosa
Z16-2	24	32	44	Arcillosa
Z16-3	24	34	42	Arcillosa
Z16-4	13	32	55	Arcillosa
Z16-5	11	30	60	Arcillosa
Z16-6	13	28	59	Arcillosa
Z16-7	13	41	46	Arcillo-limosa
Z17-1	27	37	35	Franco-arcillosa

Los valores medios de arena, limo y arcilla han sido respectivamente, 30-34-36 (Tabla 6), encontrándose una desviación estándar de entorno al 15%, para los tres valores. Se podría decir que existe un equilibrio entre arena, limo y arcilla. Sin embargo,

el intervalo de variación es bastante amplio para los tres parámetros, mostrándose suelos puntuales con unas características muy dispares.

Tabla 6. Porcentajes medios de arena, limo y arcilla e intervalo de variación de los suelos estudiados.

	% Arena	% Limo	% Arcilla
Media	30 (14)	34 (13)	36 (16)
Intervalo de variación	1-58	12-80	4-69

Desviación estándar entre paréntesis.

La textura de un suelo indica su fertilidad y capacidad de retención hídrica potenciales (Sharma y col., 2015). Las texturas ideales son las francas, al tener un equilibrio entre sus componentes. En este caso, las texturas mayoritarias, Franco-arcillosa y Arcillosa, denotan suelos plásticos, difíciles de trabajar y poco permeables, aunque retienen gran cantidad de agua y nutrientes, lo que los hace más fértiles (García-Serrano y col., 2010; Gisbert y col., 2010; Andrades y Martínez, 2014).

El granado se adapta a mayor variedad de suelos que la mayoría de especies frutales, tolerando suelos con poco drenaje (Melgarejo y Salazar, 2003). Asimismo, Marathe y col. (2018) en un estudio comparativo de cultivo de granado en suelos con diferentes clases texturales, indicaron que las plantas cultivadas en los suelos arcillosos fueron las que tuvieron mejores resultados para floración, crecimiento y absorción nutricional con la finalidad de obtener un fruto de calidad.

4.3. PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS SUELOS

4.3.1. pH

La mayoría de los suelos estudiados han tenido valores de pH (extracto 1:2,5 p/v) entre 7,8 y 9, clasificándose como moderadamente básicos o ligeramente alcalinos (Porta y col., 2003). El valor medio de las parcelas ha sido de 8,51 (Figura 19). En concreto, los suelos de la comarca de L’Alicantí, pertenecen al rango de suelos moderadamente básicos, los del Baix Vinalopó mayoritariamente son ligeramente alcalinos, mientras que los de la Vega Baja se encuentran divididos entre moderadamente básicos (Z9, Z10, Z11, Z12, Z15 y Z17) y ligeramente alcalinos (Z14 y Z16).

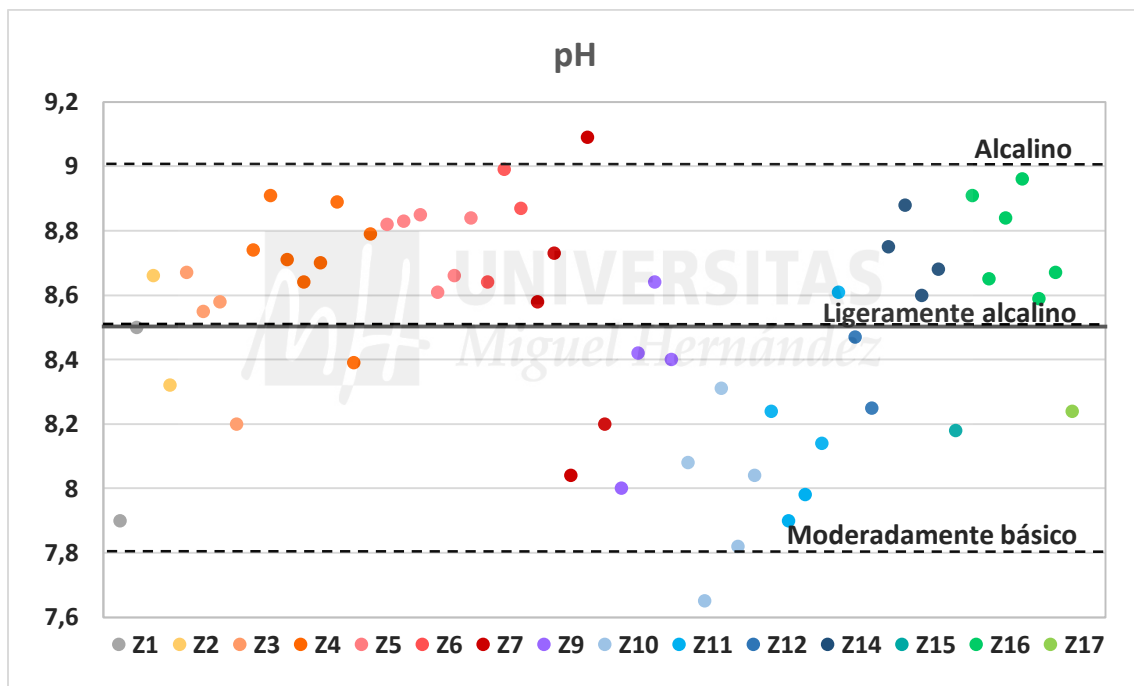


Figura 19. Valores de pH de las diferentes zonas muestradas de la DOP Granada Mollar de Elche. La línea sólida indica el valor medio obtenido.

Estos tipos de suelos básicos se caracterizan por ser pobres en materia orgánica y tener gran cantidad de bases de cambio. El alto contenido en carbonato cálcico bloquea la adsorción de P y de la mayor parte de micronutrientes como Mn, B, Cu y Zn, así como genera la carencia inducida del Fe, denominada “clorosis férrica”, que sucede en el granado en suelos básicos calcáreos. Otros elementos como S, Ca, Mg y Mo en suelos con valores de pH altos están altamente disponibles, lo que puede generar toxicidad

para las plantas (Saña y col., 1996; García-Serrano y col., 2010; Mirzapour y Khoshgoftarmanesh, 2013; Penn y Camberato, 2019).

La adición progresiva de enmiendas orgánicas al suelo podría rectificar en cierta medida los valores altos de pH. Mohamed y col. (2018) estudiaron que el efecto de la aplicación de fertilizantes orgánicos al suelo genera una acidificación del mismo, así como la mejora de otras propiedades físicas del suelo. Además, aporta los nutrientes necesarios, junto con otros fertilizantes biológicos y minerales, para el correcto desarrollo del granado.

4.3.2. Conductividad eléctrica

Los valores obtenidos de conductividad eléctrica (extracto 1:5 p/v) han indicado que los suelos del este estudio son mayoritariamente no salinos o ligeramente salinos (Cros, 1983), obteniéndose generalmente valores inferiores a 0,65 dS/m y un valor medio total de 0,74 dS/m. Sin embargo, 4 parcelas puntuales de la Vega Baja han resultado salinas (Figura 20) y 8 parcelas de diferentes zonas han resultado como muy salinas (Figura 21).

La salinidad reduce el crecimiento vegetal debido a efectos osmóticos e iónicos que se producen en la disolución del suelo, siendo los efectos más perjudiciales la toxicidad iónica, déficit hídrico y desequilibrio nutricional (Marschner, 1995). El granado se considera moderadamente tolerante a la salinidad (Allen y col., 1998), lo que lo hace un cultivo óptimo en suelos salinos y muy salinos, donde la conductividad eléctrica del agua de riego es alta, como los obtenidos en el presente estudio, en los que no sería posible el cultivo de otras especies frutales más sensibles.

Almeida y col. (2019) afirman que las plántulas de granado son tolerantes a salinidades de agua de riego superiores a 6 dS/m. Sun y col. (2018) estudiaron el efecto de la aplicación de aguas de riego con 10 dS/m y 15 dS/m durante 7 semanas consecutivas, resultando una leve reducción del crecimiento y no observándose apenas daño foliar. Lo que indica que el uso moderado de agua de riego con una salinidad muy alta puede no afectar significativamente al crecimiento vegetativo. En cuanto a la calidad del fruto, Centofanti y col. (2017) afirman que los frutos cultivados con aguas de

riego altamente salinas tienen un menor tamaño pero mayores concentraciones de compuestos fenólicos.

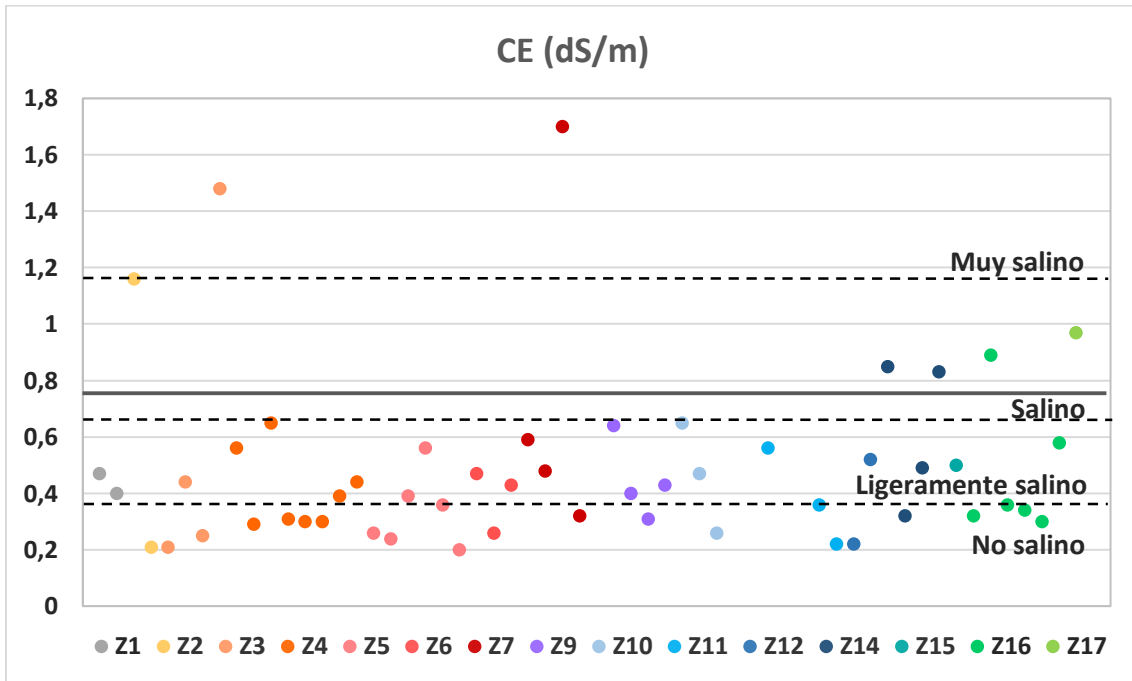


Figura 20. Valores de CE de las diferentes zonas muestreadas de la DOP Granada Mollar de Elche (Rango 0 – 1,8 dS/cm). La línea sólida indica el valor medio obtenido.

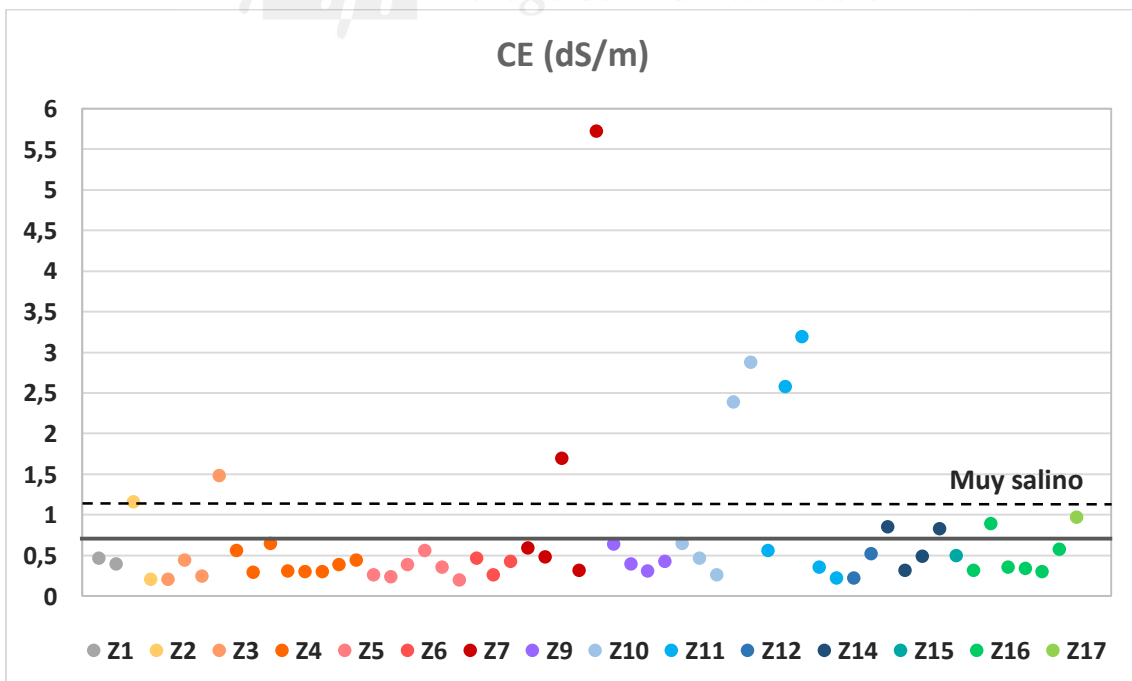


Figura 21. Valores de CE de las diferentes zonas muestreadas de la DOP Granada Mollar de Elche (Rango 0 – 6 dS/cm). La línea sólida indica el valor medio obtenido.

4.4. PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS SUELOS

4.4.1. Materia orgánica

Las parcelas muestreadas, generalmente, han obtenido unos valores de materia orgánica entre 1,5 y 2,5%, considerándose los suelos como pobres, así como un gran número han resultado como muy pobres (Yáñez, 1989) (Figura 22). El valor medio de materia orgánica de los suelos estudiados fue de 1,91%. La mayoría de los suelos del Baix Vinalopó se sitúan por debajo de este valor, mientras que unos pocos de la Vega Baja se pueden clasificar como normales y excesivos en cuanto a % de materia orgánica. Las parcelas ecológicas han obtenido valores cercanos a la media; sin embargo, el número de parcelas ecológicas estudiadas ha sido muy reducido (2), por lo que no se pueden extraer conclusiones al respecto.

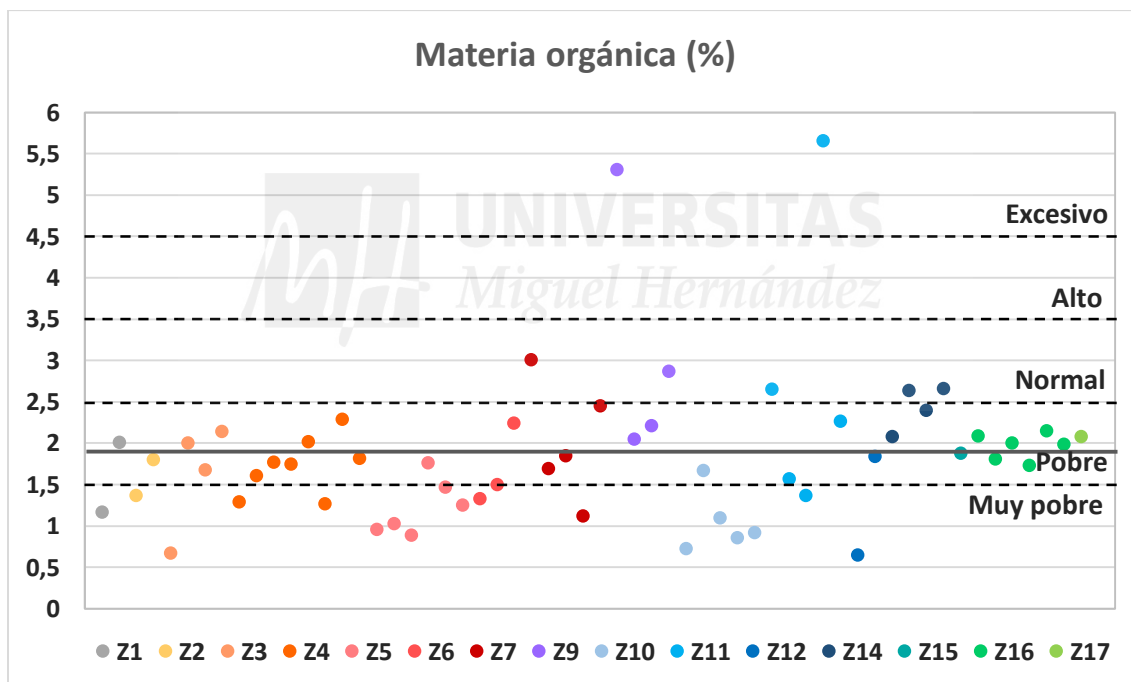


Figura 22. Valores de materia orgánica (%) de las diferentes zonas muestreadas de la DOP Granada Mollar de Elche. La línea sólida indica el valor medio obtenido.

En la zona mediterránea son comunes los suelos cultivados pobres en materia orgánica debido a las condiciones climáticas y a la intensificación de los cultivos. El granado se adapta a diferentes condiciones edáficas y, aunque prefiere suelos con un buen contenido de materia orgánica, se desarrolla de forma correcta en suelos pobres en la misma (Mir y col., 2012).

La incorporación de diferentes fertilizantes orgánicos como compost, vermicompost, estiércol y distintos abonos verdes ha demostrado ser una práctica útil para aumentar el contenido de materia orgánica en suelos cultivados de granado, teniendo una importante influencia en la mejora de la fertilidad del suelo (Marathe y col., 2017; Mohamed y col., 2018). La adición de fertilizantes orgánicos puede aumentar la capacidad de intercambio catiónico y mejorar la calidad del suelo a través de su aptitud para aportar nutrientes al cultivo, facilitando su adsorción junto con la arcilla. Además, favorece la proliferación de microorganismos aerobios y la respiración radicular, causando un efecto positivo sobre las propiedades físicas del suelo al mejorar la permeabilidad y la capacidad de retención hídrica y disminuir la densidad aparente y la erosión del suelo (García-Serrano, 2010). Marathe y col. (2017) indican que los requerimientos nutricionales del granado pueden ser cubiertos mediante la aplicación exclusiva de fertilizantes orgánicos.

4.4.2. Carbono orgánico

La mayor parte de las parcelas estudiadas han obtenido un valor de carbono orgánico considerado como pobre (0,87 - 1,45%), según Yáñez (1989) para suelos con >30% de arcilla, obteniéndose un valor medio de 1,1% de carbono orgánico en las parcelas del estudio (Figura 23). Sin embargo, el contenido de numerosas parcelas ha sido inferior a este rango, pudiéndose considerar como muy pobre. Un número muy reducido ha resultado como normal y excesivo. La mayoría de las parcelas de la Vega Baja se encuentran ligeramente por encima de la media (excepto las de la zona 10 y algunas de la 11 y 12), en contraposición a las parcelas del Baix Vinalopó.

Estas zonas con bajo contenido en carbono orgánico presentan un elevado potencial para el almacenamiento de carbono, a través de prácticas de manejo agrícola derivadas del cultivo agroecológico, tales como: la reducción del laboreo, la siembra de cultivos de cobertura o la adición de enmiendas orgánicas (Freibauer y col., 2004; Buyer y col., 2017; Silva y col., 2018). Con ello se mejorarían las propiedades físico-químicas del suelo y se aumentaría la biomasa microbiana en los suelos cultivados de granado (Marathe y col., 2017).

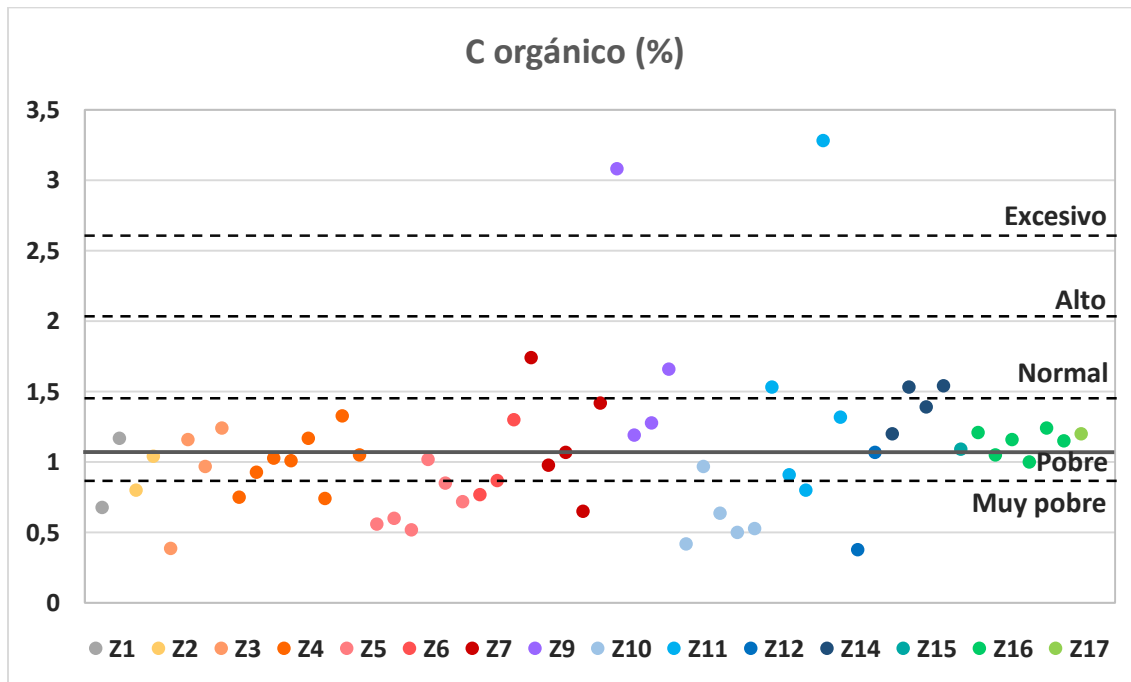


Figura 23. Valores de carbono orgánico (%) de las diferentes zonas muestradas de la DOP Granada Mollar de Elche. La línea sólida indica el valor medio obtenido.

4.4.3. Nitrógeno Total Kjeldal (NTK)

Los valores de NTK de las parcelas muestradas oscilan generalmente entre 1000 - 2000 mg/kg ms, que corresponde con el nivel normal de este nutriente en suelos para uso agrícola (Cobertera, 1993) (Figura 24). Sin embargo, numerosas muestras han resultado como pobres (500 - 1000 mg/kg ms), en concreto la mayoría de las parcelas de las zonas 5, 6, 10 y 12. El valor medio de NTK en los suelos estudiados ha sido de 1190 mg/kg ms, considerándose como normal.

El nitrógeno es uno de los constituyentes principales de los compuestos orgánicos vegetales, considerado en fertilización vegetal como un macronutriente. Interviene en la multiplicación celular y se considera factor de crecimiento de las plantas (García-Serrano, 2010), de modo que una cantidad apropiada de nitrógeno influye notablemente en el correcto desarrollo del cultivo y en la obtención de una producción cuantiosa y de calidad.

El N es almacenado en los órganos leñosos del granado hasta que comienza la brotación, cuando es traslocado hasta los órganos en crecimiento. La mayor parte de la absorción de N por el granado ocurre desde antes de la realización de la poda invernal,

cuando el árbol está en reposo, hasta la floración, seguido del periodo de maduración del fruto en el que el árbol realiza el segundo periodo de brotación (Maity y col., 2019). Entre el 20 - 40 % del N anual requerido por el follaje puede ser proporcionado por reservas en el tronco y raíces, suministrado mayormente después de la floración (Bates y col., 2002; Maity y col., 2019). Por lo tanto, el mantenimiento de un adecuado nivel de N en el suelo durante todo el año mediante la adición de fertilizantes orgánicos, entre otros, es esencial para obtener buenas producciones y preservar la salud del agrosistema (Oldfield y col., 2018). Pese a ello, se ha de tener en cuenta el límite máximo de aplicación de 170 kg N/ha de fertilizantes orgánicos establecido en el Real Decreto 261/1996, ya que la zona de estudio está incluida dentro de las zonas vulnerables de contaminación de aguas por nitratos procedentes de fuentes agrarias.

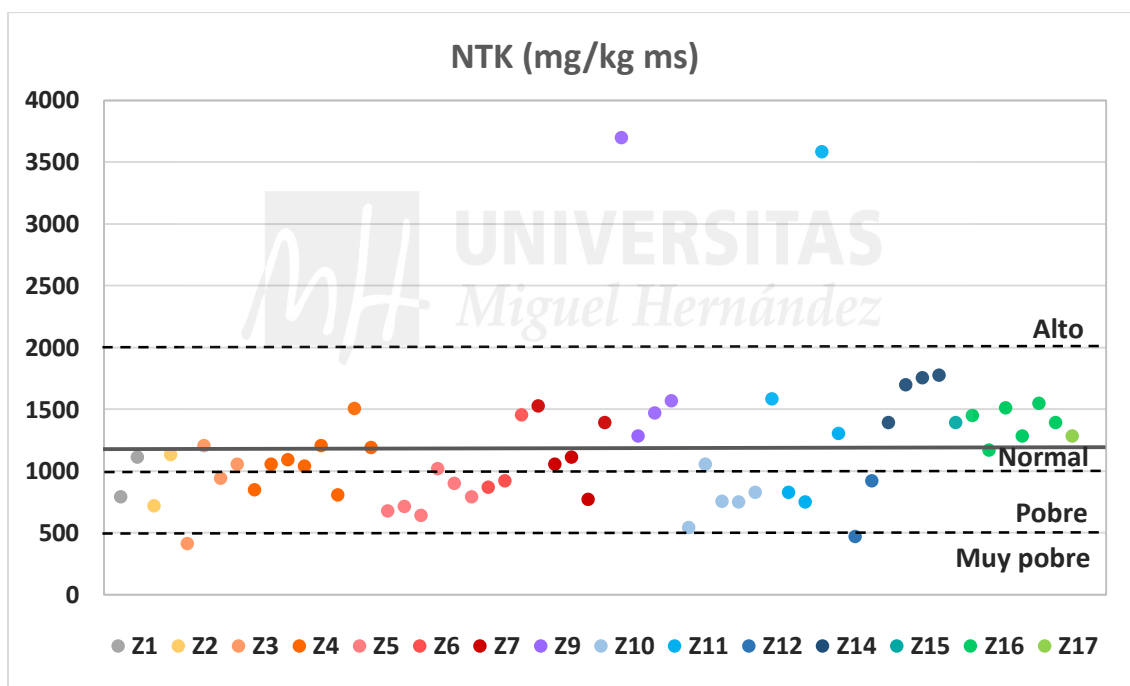


Figura 24. Valores de NTK (mg/kg ms) de las diferentes zonas muestreadas de la DOP Granada Mollar de Elche. La línea sólida indica el valor medio obtenido.

4.4.4. Potasio asimilable

El potasio asimilable de la mayoría de las parcelas estudiadas se clasifica como alto (280 - 800 mg/kg) (Sela, 2019), con un valor medio de 474 mg/kg para los suelos de este estudio (Figura 25). En cambio, la mayoría de las muestras de la Z9 se clasifican entre adecuadas (280 - 175 mg/kg) y bajas (< 175 mg/kg), así como otras parcelas puntuales. Únicamente 5 parcelas de diferentes zonas han resultado como excesivas.

El potasio en la planta es un elemento muy móvil y juega un papel múltiple: mejora la actividad fotosintética; aumenta la resistencia de la planta a sequía, heladas, plagas y enfermedades; promueve la síntesis de lignina, favoreciendo la rigidez y estructura de las plantas; fomenta la formación de glúcidos en las hojas a la vez que participa en la formación de proteínas; y aumenta el tamaño de los frutos (García-Serrano, 2010). La mayor parte de la absorción de K por el granado ocurre desde antes de la realización de la poda invernal, cuando el árbol está en reposo, hasta la floración. Asimismo, en el periodo de maduración del fruto también existe una gran absorción (Maity y col., 2019). La presencia de alto contenido de materia orgánica puede solubilizar el K mediante la producción de ácidos orgánicos durante el proceso de descomposición (Marathe y col., 2018).

Según García-Serrano y col. (2010) los suelos con exceso de K pueden presentar problemas de salinidad y carencias de magnesio por el antagonismo K/Mg. En estos casos puede ser recomendable suprimir el abonado hasta que un análisis posterior indique un cambio de condiciones. Pese a ello, según Maity y col. (2019) mediante la cosecha del granado se extraen alrededor de 32 kg K/ha, pudiendo alcanzar los 40 kg K/ha si las podas del cultivo son extraídas de la parcela.

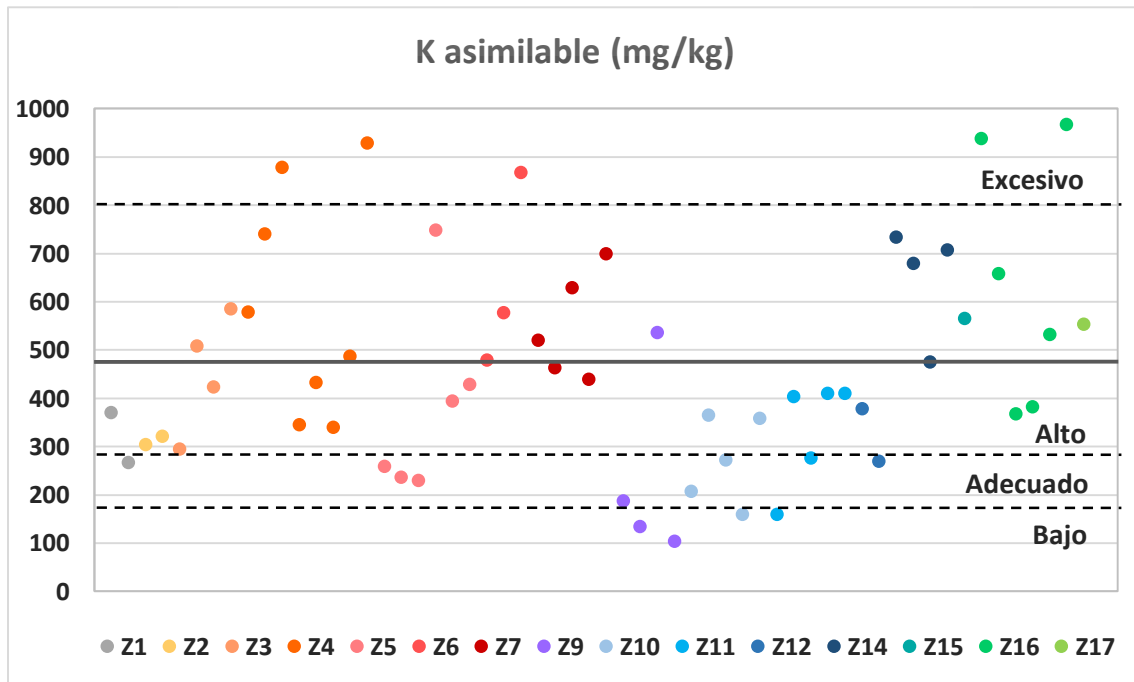


Figura 25. Valores de K asimilable (mg/kg) de las diferentes zonas muestreadas de la DOP Granada Mollar de Elche. La línea sólida indica el valor medio obtenido.

4.4.5. Sodio asimilable

El valor medio de las parcelas estudiadas ha sido de 705 mg Na/kg. El valor máximo obtenido ha sido de 3194 mg/kg, siendo muy superior al resto de muestras, que oscilan entre 230 y 1225 mg/kg (Figura 26). No se ha encontrado una clasificación para interpretar los datos obtenidos de Na asimilable, sin embargo, se presupone que el contenido de algunas parcelas es excesivo para el desarrollo de numerosos cultivos.

El sodio no es un nutriente esencial para las plantas. Altos niveles de sodio pueden influir negativamente en la estructura y permeabilidad del suelo, así como en el correcto desarrollo vegetal (Horneck y col., 2011). Según El-Khawaga y col., (2013), el riego con alto contenido en Na reduce el crecimiento, la floración y el rendimiento del cultivo, al igual que puede producir una mayor incidencia de cracking en el fruto del granado. Sin embargo, el granado es ampliamente cultivado en regiones áridas y semiáridas por su exigencia de clima cálido y su adaptabilidad para tolerar suelos altamente alcalinos (Teixeira da Silva y col., 2013). El granado tiene la capacidad de minimizar el transporte de Na a los brotes en crecimiento, cuando la concentración es alta en el suelo, para evitar el daño foliar (Sun y col., 2018). Según Karimi y Hassanpour (2017) las raíces del granado pueden almacenar gran cantidad de Na evitando daños en otros órganos.

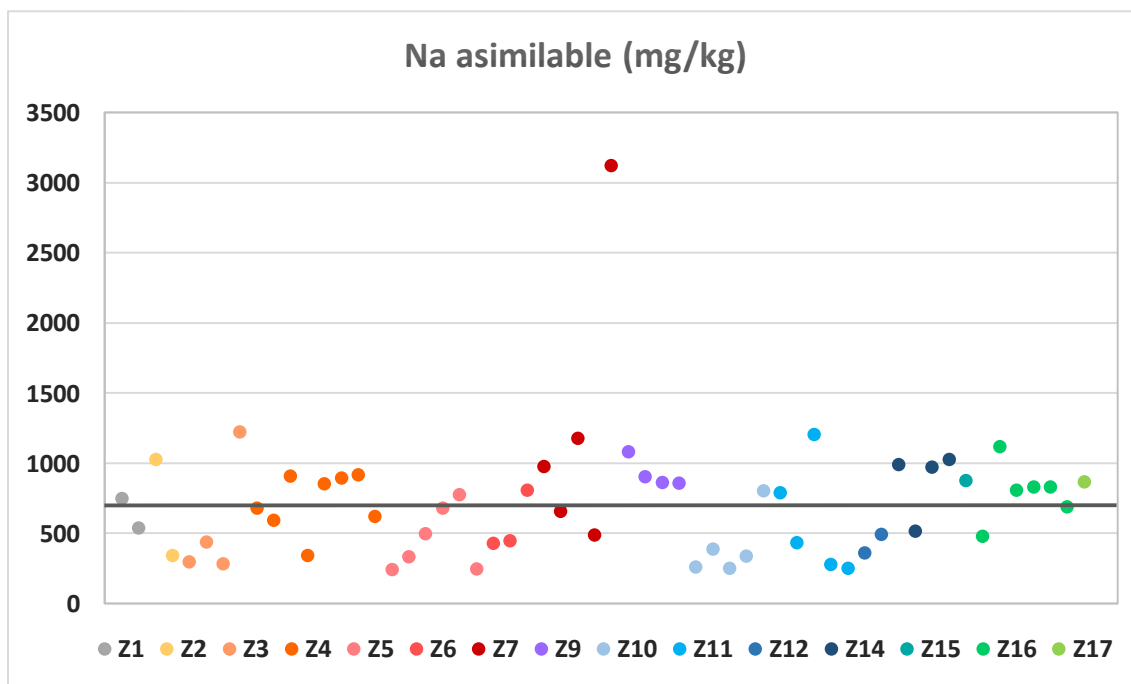


Figura 26. Valores de Na asimilable (mg/kg) de las diferentes zonas muestreadas de la DOP Granada Mollar de Elche. La línea sólida indica el valor medio obtenido.

4.4.6. Fósforo asimilable

El valor medio de las parcelas estudiadas ha sido de 59 mg P/kg, considerado como alto (Yáñez, 1989) para suelos con >30% de arcilla y de regadío intensivo (Figura 27). Sin embargo, la clasificación de las mismas en un rango mayoritario es compleja, ya que no hay un intervalo predominante. La mayoría de las parcelas de las zonas 2, 4, 5 y 9 se clasifican como altas (51 - 70 mg/kg) o muy altas (> 70 mg/kg) y las de las zonas 10, 11 12 y 17 como bajas (20 - 36 mg/kg) o muy bajas (< 20 mg/kg), teniendo el resto valores irregulares.

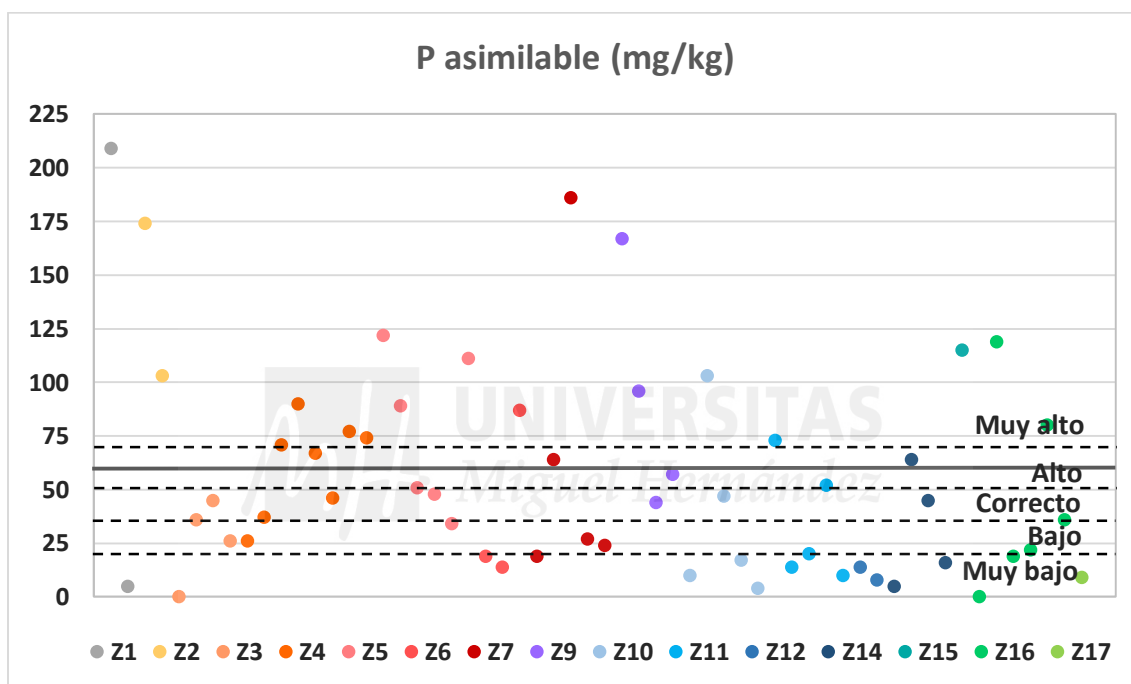


Figura 27. Valores de P asimilable (mg/kg) de las diferentes zonas muestreadas de la DOP Granada Mollar de Elche. La línea sólida indica el valor medio obtenido.

El P estimula el desarrollo de las raíces y favorece la floración y cuajado de los frutos, interviniendo en el transporte, almacenamiento y transferencia de energía, además de formar parte de fosfolípidos, enzimas, etc. Asimismo, es considerado factor de precocidad, ya que activa el desarrollo inicial de los cultivos y favorece la maduración (García-Serrano, 2010). Además, el P es un elemento muy móvil en la planta y, el crecimiento de esta es altamente dependiente de las reservas acumuladas de P en los órganos leñosos que, en la fase previa a la floración, disminuyen su concentración como consecuencia de su movilización hasta el follaje. Las mayores extracciones de P ocurren en el periodo de maduración del fruto (Maity y col., 2019).

Algunos suelos con insuficientes concentraciones de P tienen potencial para incorporar P debido a que muchos de ellos tienen un alto contenido en arcilla (Marathe y col., 2018). Sin embargo, es necesario establecer una correlación entre P asimilable y pH para asegurarnos que los bajos valores de este no son debidos a pH muy altos, ya que en suelos alcalinos el P puede encontrarse insoluble en forma de fosfatos cálcicos cristalizados (Saña y col., 1996).



4.5. ANÁLISIS MULTIVARIANTE

El análisis de factores principales (AFP) se aplicó a todos los parámetros analizados (n=11), indicados en el apartado de material y métodos. En el modelo propuesto, el valor obtenido de KMO (Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin) fue superior a 0,5 (KMO = 0,549) y el P-valor fue de 0,000 para la prueba de esfericidad de Barlett. Adicionalmente, ninguna de las variables consideradas presentó un valor de extracción < 0,5. Todo esto indicó que el modelo considerado fue el adecuado.

Mediante el establecimiento de 3 factores principales, el modelo fue capaz de explicar el 76,526 % de la variabilidad, según la siguiente contribución de cada factor principal: Factor 1: 32,722 %; Factor 2: 26,024 % y Factor 3: 17,780 %. En la Tabla 7 se muestra la matriz de componentes rotados.

Tabla 7. Matriz de componentes rotados.

	Factores		
	1	2	3
Varianza explicada	32,722	26,024	17,780
Varianza acumulada	32,722	58,746	76,526
Corg	0,973	0,113	0,106
MO	0,973	0,113	0,108
NTK	0,969	0,069	0,109
P_{asim}	0,295	-0,113	-0,260
CE	-0,152	0,954	0,011
Limo	0,180	0,894	0,008
Na_{asim}	0,144	0,683	0,403
pH	-0,199	-0,596	0,490
Arena	-0,283	-0,186	-0,821
K_{asim}	0,005	0,035	0,807
Arcilla	0,113	-0,558	0,731

Corg: carbono orgánico; MO: materia orgánica; NTK: nitrógeno total Kjeldal; P_{asim}: fósforo asimilable; CE: conductividad eléctrica; Na_{asim}: sodio asimilable; K_{asim}: potasio asimilable.

Se representan en sombreado las diferentes variables agrupadas en cada componente, en función de su mayor valor absoluto. Este valor es directamente proporcional a la capacidad del componente principal para explicar la variabilidad

observada en esa variable concreta, agrupándose en cada componente principal, aquellas variables que poseen comportamientos similares entre sí, permitiendo por tanto este modelo reducir las variables.

En el factor principal 1 se agruparon las variables Carbono orgánico (Corg), Materia orgánica (MO), Nitrógeno total Kjeldal (NTK) y Fósforo asimilable (P_{asim}) (Tabla 7). Todas estas variables se correlacionaron de forma positiva, indicando que un aumento del contenido de MO de los suelos conlleva a un aumento de los macronutrientes principales, tales como nitrógeno y fósforo.

En el factor principal 2 se agruparon las variables Conductividad eléctrica (CE), Limo, Sodio asimilable (Na_{asim}) y pH. Todas las variables se correlacionaron de forma positiva entre ellas, excepto el pH que estuvo correlacionado de forma negativa con los otros parámetros agrupados en el factor principal 2 (Tabla 7). La correlación directa entre la CE y el Na_{asim} indicó que este ión contribuyó en gran medida a la salinidad de los suelos.

En el factor principal 3 se asociaron las variables Potasio asimilable (K_{asim}), Arcilla y Arena, siendo negativa la correlación de esta última variable con las otras dos (Tabla 7). Esta correlación inversa de la Arena con la Arcilla muestra la relación que existe entre estas fracciones del suelo, de manera que el aumento de las fracciones más gruesas conlleva a la disminución de las fracciones más finas. Por otra parte, también se observó que la Arcilla estuvo correlacionada con el contenido de K_{asim} , debido posiblemente a la mayor retención de este nutriente en los sitios de intercambio catiónico de las arcillas que en los de la MO, debido al bajo contenido de MO de los suelos estudiados.

La Figura 28 muestra los resultados del AFP basado en los datos obtenidos de los parámetros estudiados en los suelos muestreados. En general, todas las parcelas estudiadas se agruparon, indicando una aptitud similar para el cultivo del granado. Solo algunas parcelas de las zonas 3, 7, 9, 10 y 11 se separaron del resto del grupo. Las parcelas Z3-6, Z7-3, Z7-5, Z10-4, Z10-5, Z11-3 y Z11-4 tuvieron en común altos valores de conductividad eléctrica. Sin embargo, las parcelas Z9-1 y Z11-7 se diferenciaron del resto por los altos contenidos de materia orgánica, carbono orgánico y nitrógeno total Kjeldal.

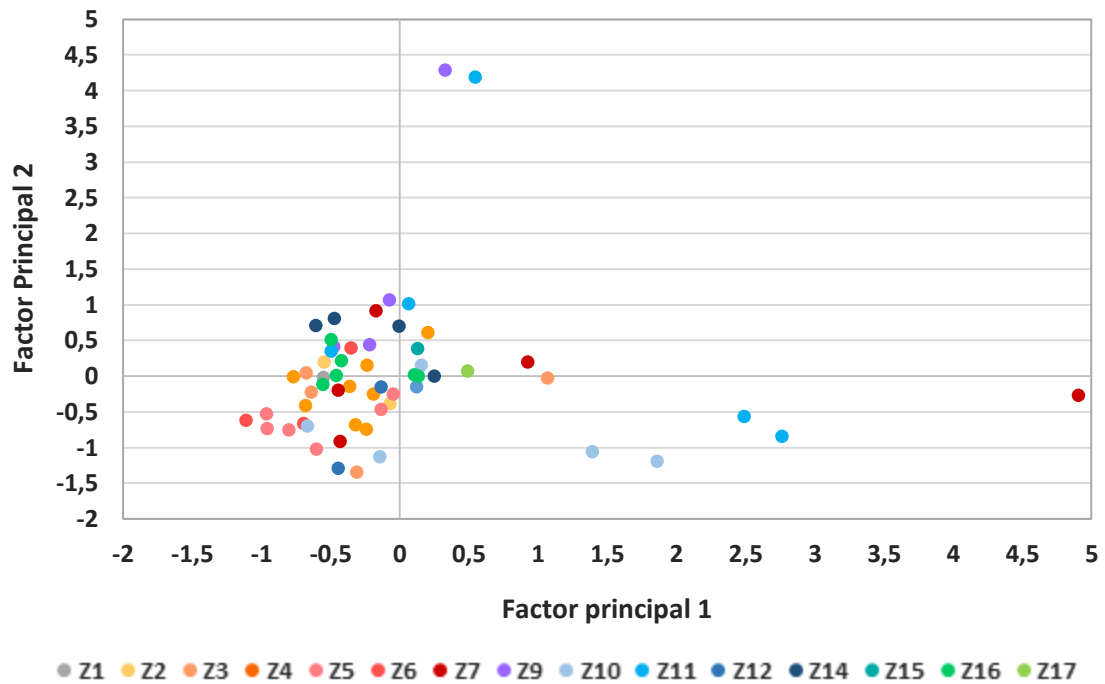


Figura 28. Resultados del Análisis de Factores Principales basado en los datos obtenidos de los parámetros estudiados en las parcelas muestreadas dentro de las diferentes zonas de la comarca de La Marina Alta.



5. CONCLUSIONES

Del trabajo realizado se pueden extraer las siguientes conclusiones:

Mediante el estudio de las **características climáticas** de las comarcas amparadas bajo la DOP Granada Mollar de Elche de los últimos 10 años, se halló que la precipitación fue similar en las 3 comarcas, siendo la Vega Baja la que registró una mayor precipitación media anual (289 mm). Las temperaturas máximas y mínimas también fueron semejantes, alcanzándose las temperaturas más altas en el Baix Vinalopó y las más bajas en L'Alicantí.

Las **clases texturales** de las parcelas estudiadas resultaron dispares, aunque con presencia mayoritaria de las Arcillosas y Franco-arcillosas; siendo estas óptimas para el cultivo del granado y para el desarrollo de un fruto de calidad debido a su mayor capacidad de retención hídrica y nutricional.

En cuanto al **pH** de los suelos, estos fueron clasificados mayormente como moderadamente básicos o ligeramente alcalinos, aunque existieron diferencias entre las comarcas. Como consecuencia de estos valores, tanto el P como numerosos micronutrientes se encuentran insolubles, por ello se recomienda la adición de materia orgánica para reducir la alcalinidad de los suelos. De forma general, la **CE** fue moderada, clasificándose los suelos como no salinos o ligeramente salinos. No obstante, algunos suelos resultaron salinos o muy salinos, donde se pueden producir toxicidades iónicas, déficits hídricos y desequilibrios nutricionales para la mayoría de plantas cultivadas; sin embargo, estos suelos pueden ser aptos para el cultivo del granado.

Los suelos muestreados resultaron pobres en cuanto al contenido de **materia orgánica y carbono orgánico oxidable**, como sucede usualmente en el sureste español, teniendo efectos negativos sobre la conservación y la fertilidad del suelo. De modo que la adición de fertilizantes orgánicos estabilizados, entre otras acciones, podría ser una práctica agrícola aconsejable.

Respecto al contenido en macronutrientes del suelo, el **NTK** de la mayoría de las parcelas fue calificado como normal, aunque numerosas tuvieron resultados pobres. El **K asimilable** generalmente fue alto y el **P asimilable** tuvo unos valores muy dispares entre las distintas muestras. En consecuencia, un contenido adecuado de los mismos es

esencial para el correcto desarrollo del cultivo, la obtención de una producción cuantiosa y unos frutos de una calidad apropiada.

El **análisis multivariante** indicó que el aumento del contenido de MO de los suelos genera un incremento de los macronutrientes. Asimismo, reflejó que los valores altos de CE son producidos en gran medida a elevados contenidos en Na asimilable. Por último, el alto contenido en arcilla estuvo relacionada positivamente con elevados contenidos de K asimilable.

Como conclusión final, se puede extraer que las parcelas estudiadas amparadas bajo la Denominación de Origen Granada Mollar de Elche, pertenecientes a las comarcas de L'Alicantí, Baix Vinalopó y Vega Baja son aptas para el cultivo del granado, sabiendo que las condiciones climáticas son óptimas. Estas tienen potencial para la obtención de cosechas notables y de calidad, aunque resulta primordial el establecimiento y mantenimiento de un correcto contenido de materia orgánica. Asimismo, existen zonas en estas comarcas con condiciones edafológicas extremas en las que el granado es uno de los escasos cultivos viables.



6. BIBLIOGRAFÍA

- Agustí, M. (2010).** Fruticultura. 2ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa. 17(4): 431-441.
- Allen, R., Pereira, L., Raes, D., Smith, M. (1998).** FAO Irrigation and drainage. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 56: 26-40.
- Almeida, J. P. N. de, Mendonça, V., Alves, A. A., Cardoso, R., Costa, L. P., Silva, F. S. O. (2019).** Morphometric responses and tolerance of pomegranate seedlings irrigated with saline water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 23(5): 341-346.
- Andrades, M. y Martínez M. E. (2014).** Fertilidad del suelo y parámetros que la definen. Material Didáctico. Agricultura y Alimentación. Universidad de la Rioja.
- APG (2016).** The Angiosperm Phylogeny Group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV, *Botanical Journal of the Linnean Society*. 181(1): 1-20.
- ASAJA Alicante (2017).** La Agricultura Alicantina en 2017. Balance Agrario. <http://alicanteasaja.com/images/anuarios/BALANCE%20AGRARIO%202017%20DEFINITIVO.compressed.pdf>
- AVAMET (2019).** Asociación Valenciana de Meteorología. (Fecha de acceso 26/07/2019). Sitio web: <https://www.avamet.org/>
- Bartual, J., Cano-Lamadrid, M., Molina, M. A. (2019).** La DOP Granada Mollar de Elche. Diferenciación en el contexto internacional. Distribución y consumo. 3: 48-53.
- Bartual, J., Palou, L., Pérez-Gago, M. (2015).** Characterization of fruit traits from 'Mollar de Elche' pomegranate progenies. *Acta Horticulturae*. 1106: 25-30.
- Bartual, J. Lozoya, A., Ortiz, M. (2014).** Plagas del granado en España. *Phytoma España*. Frutales. Transferencia Tecnológica. 261: 28-34
- Bartual, J. (2012).** Conferencia: Riego y fertilización en granado. IVIA.
- Bates, T. R., Dunst, R. M., Joy, P. (2002).** Seasonal dry matter, starch and nutrient distribution in 'Concord' grapevine roots. *HortSci*. 37: 313-316.
- Buyer, J. S., Baligar, V. C., He, Z., Arévalo-Gardini, E. (2017).** Soil microbial communities under cacao agroforestry and cover crop systems in Peru. *Applied Soil Ecology*. 120: 273-280.
- Cambayas coop. V. (2019).** Productos agrícolas: Granadas. (Fecha de acceso 10/06/2019) <https://www.cambayas.com/productos.php?seccion=granadas>
- Cano-Lamadrid, M., Turkiewicz, I., Tkacz, K., Sánchez-Rodríguez, L., López-Lluch, D., Wojdyło, A., Sendra, E., Carbonell-Barrachina, A. (2019).** A Critical Overview of Labeling Information of Pomegranate Juice-Based Drinks: Phytochemicals Content and Health Claims. *Journal of Food Science*.

- Cano-Lamadrid, M., Nowicka, P., Hernandez, F., Carbonell-Barrachina, A., Wojdyło, A. (2018).** Phytochemical composition of smoothies combining pomegranate juice (*Punica granatum* L.) and Mediterranean minor crops purées (*Ficus carica*, *Cydonia oblonga*, and *Ziziphus jujube*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 98(15): 5731-5741.
- Centofanti, T., Banuelos, G., Wallis, C. (2017).** Fruit quality of pomegranate grown in arid environment and irrigated with saline water. *Sustainable Water Resources Management*. 4(4): 951-964.
- Cobertera, E. (1993).** Edafología Aplicada: Suelos, Producción Agraria, Planificación Territorial e Impactos Ambientales. Ed. Catedra. pp 326.
- Cros, S. A. (1983).** Manual de suelos vegetales y aguas de riego. Servicio Agronómico.
- Davarpanah, S., Tehranifar, A. Abadía, J., Val, J., Davarynejad, G., Aran, M., Khorassani, R. (2018).** Foliar calcium fertilization reduces fruit cracking in pomegranate (*Punica granatum* cv. Ardestani). *Scientia Horticulturae*. 230: 86-91.
- de Paz, J. M., Visconti, F., Rubio, J. L. (2011).** Spatial evaluation of soil salinity using the WET sensor in the irrigated area of the Segura river lowland. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 174: 103-112. .
- El-Khawaga, A.S., Zaeneldeen, E.M.A., Yossef, M. A. (2013).** Response of three pomegranate cultivars (*Punica granatum* L.) to salinity stress. *Middle East J. Agr. Res.* 1(1): 64-75.
- Fakhour S. (2012).** La culture du grenadier dans la région du Tadla (Maroc). In: Melgarejo P. (ed.), Valero D. (ed.). II International Symposium on the Pomegranate. CIHEAM/ Universidad Miguel Hernández. Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens. 103: 147-149
- FAO (2019).** III. Factores que se deben considerar para seleccionar el sistema de riego más adecuado.
- Fernandes, L., Pereira, J. A., López-Cortés, I., Salazar, D. M., González-Álvarez, J., & Ramalhosa, E. (2017).** Physicochemical composition and antioxidant activity of several pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars grown in Spain. *European Food Research and Technology*. 243(10): 1799-1814.
- Freibauer, A., Rounsevell, M. D. A., Smith, P., Verhagen, J. (2004).** Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe. *Geoderma*. 122: 1-23.
- Galindo, A., Rodríguez-Hernández, P., Collado, J., Cruz-Pérez, Z., Torrecillas, E. Ondoño, S., Corell, M., Moriana, A., Torrecillas, A. (2014).** Rainfall intensifies fruit peel cracking in water stressed pomegranate trees. *Agricultural and Forest Meteorology*. 194: 29-35.

- García-Serrano, P., Lucena, J. J., Ruano, S., Nogales, M., (2010).** Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Parte I: El suelo, los nutrientes, los fertilizantes y la fertilización. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, España, 120 pp.
- Giménez, M. (2010).** Fertirrigación del granado. I Jornadas Nacionales sobre el granado. pp 43-49.
- Gisbert, J. M., Ibáñez, S., Moreno, H. (2010).** La textura de un suelo. Universitat Politècnica de València (UPV). Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.
- Holland, D., Hatib, K., Bar-Yàakov, I., (2009).** Pomegranate: botany, horticulture and breeding. Hort. Rev. 35: 127-191.
- Horneck, D. A., Sullivan, D., Owen, J. S., Hart, J. M. (2011).** Soil Test Interpretation Guide. Oregon State University Extension.
- Intrigliolo, D., Bonet, L., Nortes, P., Puerto, H., Nicolás, E., Bartual, J. (2012).** Pomegranate trees performance under sustained and regulated deficit irrigation. Irrigation Science. 31(5): 959-970.
- IVIA (2017).** Programa de obtención de nuevas variedades de granado.
- Kahramanoglu, I. y Usanmaz, S. (2016).** Pomegranate Production and Marketing. CRC Press Taylor & Francis Group.
- Karimi, H. R. y Hassanpour, N. (2017).** Effects of Salinity, Rootstock and Position of Sampling on Macro Nutrient Concentration of Pomegranate Cv. Gabri. Journal of Plant Nutrition. 40(16): 2269-2278.
- Khayyat, M., Tehranifar, A., Davarynejad, G. H., Sayyari-Zahan, M. H. (2014).** Vegetative growth, compatible solute accumulation, ion partitioning and chlorophyll fluorescence of 'Malas-Saveh' and 'Shishe-Kab' pomegranates in response to salinity stress. Photosynthetica. 52(2): 301-312.
- Knudsen, D., Peterson, G. A., Partt, P. F. (1982).** Lithium, Sodium and Potassium. ASA-SSSA (Eds.). Methods of soil analysis. Madison. 2: 225-246.
- López, M. Y. y Moreno, A. (2015).** El granado: variedades, técnicas de cultivo y usos. Mundi-Prensa. 118 pp.
- Maity, A., Sarkar, A., Babu, D. (2019).** Guidelines for fertilizer use in pomegranate orchards based on seasonal uptake and partitioning of nutrients. Scientia Horticulturae. 252: 138-148.
- MAPA (2019a).** Anuario de estadística 2016. Parte 3ª. Cap. 13. 9. Granada. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (Fecha de acceso: 02/07/2019). https://www.mapa.gob.es/estadistica/pags/anuario/2016/CAPITULOSPDF/CAPITULO13/pdfc13_9.14.1.pdf

- MAPA (2019b).** Anuario de estadística 2016. Parte 3ª. Cap. 13. 9. Granada. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (Fecha de acceso: 02/07/2019). https://www.mapa.gob.es/estadistica/pags/anuario/2016/CAPITULOSPDF/CAPITULO13/pdfc13_9.14.2.pdf
- MAPA (1994).** Métodos oficiales de análisis. Volumen III. Ed. Secretaría Técnica General, Madrid.
- Marathe, R. A., Sharma, J., Murkute, A. (2018).** Innovative soil management for sustainable pomegranate cultivation on skeletal soils. *Soil Use and Management*.
- Marathe, R. A., Sharma, J., Murkute, A., Babu, D. (2017).** Response of nutrient supplementation through organics on growth, yield and quality of pomegranate. *Scientia Horticulturae*. 214: 114-121.
- Marschner, H. (1995).** Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed, Academic Press. London, UK. 889 pp.
- Martínez, J. J y Hernández, Fca. (2010).** Material vegetal y técnicas de cultivo. I Jornadas Nacionales sobre el granado. pp 29-41.
- Martínez-Nicolás, J. J., Melgarejo, P., Legua, P., García-Bartual, F., Hernandez, F. (2016).** Genetic diversity of pomegranate germplasm collection from Spain determined by fruit, seed, leaf and flower characteristics. *PeerJ*. 4: 1-20.
- Mass E. V. y Hoffman G. J., (1977).** Crop salt tolerance: Current assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*. 103: 115-134.
- Melgarejo, P. (2014).** La fruticultura del siglo XXI en España. Ed. Cajamar Caja Rural. Serie Agricultura. Frutales de clima mediterráneo. Granada. pp 225-240.
- Melgarejo, P. y Salazar D. M. (2003).** Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas (Vol. II). Algarrobo, granado y jinjolero. 1ª edición. Cap II. El granado. pp 167-365.
- Mir, M. M., Umar, I., Mir, S. A., Rehman, M. U., Rather, G. H., Bandy, S. A., (2012).** Quality evaluation of pomegranate crop –A review. *Int. J. Agric. Biol*. 14: 658-667.
- Mirzapour, M. H. y Khoshgoftarmanesh, A. H. (2013).** Effect of soil and foliar application of iron and zinc on quantitative and qualitative yield of pomegranate, *Journal of Plant Nutrition*. 36(1): 55-66
- Mohamed, A. S., Shohba, N. E. A., Abou-Taleb, S. A., Abbas, M. S., Soliman, A. S. (2018).** Beneficial effects of Bio-Organic fertilizers as a partial replacement of chemical fertilizers on productivity and fruit quality of Pomegranate trees. 15(4): 4603-4616.
- Oldfield, E., Bradford, M., Wood, S. (2018).** Global meta-analysis of the relationship between soil organic matter and crop yields. *SOIL Discussions*. 5(1): 15-35.

- Olsen, S. R., Xole, C. V., Watanabe, F. S., Dean, L. A. (1954). Estimation of available phosphorous in soils by extraction with sodium bicarbonate. US Department of Agriculture. Circular 939.
- Orden 12/2016, de 3 de junio, de la Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural, por la que se aprueba el Reglamento de la denominación de origen protegida Granada Mollar de Elche/Granada de Elche y de su Consejo Regulador.
- Penn, C. y Camberato, J. (2019). A Critical Review on Soil Chemical Processes that Control How Soil pH Affects Phosphorus Availability to Plants. *Agriculture*. 9(6): 1-18.
- Porta J., López-Acevedo, M, Roquero, C. (2003). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Porta, J., López-Acevedo, M., Rodríguez, R. (1986). *Técnicas y Experimentos en Edafología*. Ed. Col.legi Oficial d'Enginyers Agrònoms de Catalunya, Barcelona.
- Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias.
- Sánchez-Monge, E. (1974). *Fitogenética (mejora de plantas)*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias-Ministerio de Agricultura. Madrid. 456 pp.
- Saña, J., Moré, J. C., Cohí, A. (1996) *La gestión de la fertilidad de los suelos*. Ed. Ministerio de Agricultura. 277 pp.
- Sela, G. (2019). *Guía de interpretación de análisis de suelos*. Disponible en la web: <https://www.smart-fertilizer.com/es/articulos/soil-test-interpretation> (Fecha de acceso 26/07/2019).
- Sharma, S., Kumar, P., Kumar-Bhardwaj, S., Chandel, A. (2015). Agronomic performance, nutrient cycling and microbial biomass in soil as affected by pomegranate based multiple crop sequencing. *Scientia Horticulturae*. 197: 504-515.
- Shaygannia, E., Bahmani, M., Zamanzad, B., Rafieian-Kopaei, M. (2016). A Review Study on *Punica granatum* L. *J Evid Based Complementary Altern Med*. 21(3): 221-227.
- Silva, L. A., Telles, O. V., Queiroz, C., Pereira, M. G., da Costa, F. (2018). Evolution and accumulation of C-CO₂ in biogenic and physiogenic aggregates of different agroecological management systems. *Acta Agronómica*. 67(4): 494-500.
- Stover, E. y Mercure, E. W., (2007). The pomegranate: a new look at the fruit of paradise. *HortScience* 42(5): 1088-1092.
- Sun, Y., Niu, G., Masabni, J., Ganjegunte, G. (2018). Relative Salt Tolerance of 22 Pomegranate (*Punica granatum*) Cultivars. *HortScience*. 53(10): 1513-1519.

- Sun, Y. Q., Xin, T., Men, X. M., Xu, Z. W., Tian, W. (2017).** In vitro and in vivo antioxidant activities of three major polyphenolic compounds in pomegranate peel: Ellagic acid, punicalin, and punicalagin. *Journal of Integrative Agriculture*. 16(8): 1808-1818.
- Teixeira da Silva, J. A., Rana, T. S., Narzary, D., Verma, N., Meshram, D. T., Ranade, S. A. (2013).** Pomegranate biology and biotechnology: a review. *Sci Hortic (Amsterdam)*. 160: 85-107.
- USDA (2019).** Soil texture Calculator. Natural Resources Conservation Service Soils. United States Department of Agriculture. Enlace web: https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/?cid=nrcs142p2_054167
- Vázquez-Araújo, L., Nuncio-Jáuregui, N., Cherdchu, P., Hernandez, F., Chambers, E., Carbonell-Barrachina, A. (2013).** Physicochemical and descriptive sensory characterization of Spanish pomegranates: Aptitudes for processing and fresh consumption. *International Journal of Food Science & Technology*. 49(7): 1663-1672
- Walkley, A. y Black, I. A. (1934).** An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.*, 37: 29-38.
- Yáñez, J. (1989).** Análisis de suelos y su interpretación. *Horticultura*, 49: 75-89.
- Yeomans, J. y Bremner, J. M., (1989).** A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 19: 1467-1476.