

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE**  
**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA**  
**GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y AGROAMBIENTAL**



**“INTERPRETACION FOLIAR EN EL CULTIVO DEL PISTACHO  
CON RANGOS DE NORMALIDAD”**

**TRABAJO FIN DE GRADO**  
**Enero-2020**

Alumna: Laura Sánchez Valverde  
Tutor: D. Rafael Martínez Font  
Cotutor: D. Helenio Gimeno Pérez



### **Identificaciones:**

Alumna: Laura Sánchez Valverde

Título: Interpretación foliar en el cultivo del pistacho con Rangos de Normalidad

Tutor del TFG: D. Rafael Martínez Font

Cotutor: D. Helenio Gimeno Pérez

Año: enero 2020

Titulación: Grado de Ingeniería Agroalimentaria y Agroambiental

### **Palabras Clave:**

Especie vegetal: pistacho (*Pistacia vera*)

Variedad: *Kerman*, *Larnaka*

Patrón: *Cornicabra* (*Pistacia terebinthus*)

Termino municipal: Tembleque (Toledo, Castilla la Mancha)

Tratamiento: estadístico

Tipo de proyecto: investigación aplicada

Otras palabras específicas: *análisis foliar*, *rango de normalidad*

### **Resumen:**

El objetivo del presente trabajo fin de grado es obtener las normas de interpretación foliar con Rangos de Normalidad (RN) en el cultivo del pistacho (*Pistacia vera* L.), para los cultivares *Kerman* y *Larnaka* injertados sobre el patrón *Cornicabra* (*Pistacia terebinthus*).

### **Abstract:**

The objective of the Bachelor's degree dissertation is to obtain the norms of foliar interpretation with Ranges of Normality (RN), in the pistachio cultivation (*Pistacia vera* L.) for the *Kerman* and *Larnaka* cultivars grafted onto *Cornicabra* rootstock (*Pistacia terebinthus*).

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradecer a mi tutor D. Rafael Martínez Font por su tiempo, ayuda y conocimientos aportados.

A los profesores/as que me han transmitido muchos de sus conocimientos y de los que me llevo su amistad y un grato y cariñoso recuerdo.

Agradecer a un amigo y antiguo alumno de la escuela Helenio Gimeno Pérez por su iniciativa y ayuda recibida para realizar este TFG.

A D. Luis Antonio Santiago Vega por permitirme hacer uso de su finca de pistachos para realizar el presente TFG.

A mi madre y a mi marido, por la ayuda recibida y la confianza depositada durante estos duros cuatro años de grado, sin su apoyo no hubiera sido posible.

A mi padre, porque allá donde esté me ha mandado las fuerzas para afrontar este reto.

Por último, quiero mencionar a mi compañera, amiga y confidente Sofía Pardo Pina, gracias por tantos momentos vividos.

## ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS .....	7
ÍNDICE DE FIGURAS .....	8
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS .....	9
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>10</b>
<b>1.1 ORIGEN Y ANTECEDENTES.....</b>	<b>10</b>
1.1.1 EN EL MUNDO .....	10
1.1.2 EN EUROPA .....	10
1.1.3 EN LA PENÍNSULA IBÉRICA.....	10
<b>1.2 IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL PISTACHO .....</b>	<b>11</b>
1.2.1 IMPORTANCIA ECONÓMICA EN EL MUNDO.....	11
1.2.2 IMPORTANCIA ECONÓMICA EN EUROPA.....	12
1.2.3 IMPORTANCIA ECONÓMICA EN ESPAÑA.....	14
<b>1.3 DESCRIPCIÓN DEL CULTIVO .....</b>	<b>14</b>
<b>1.4 EL ANÁLISIS FOLIAR .....</b>	<b>25</b>
1.4.1 ANTECEDENTES DEL ANÁLISIS.....	28
1.4.2 RANGO DE NORMALIDAD (RN) .....	29
<b>2 OBJETIVOS DEL TRABAJO .....</b>	<b>30</b>
<b>2.1 OBJETIVOS.....</b>	<b>30</b>
<b>2.2 PLAN DE TRABAJO .....</b>	<b>30</b>
<b>3 MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>	<b>31</b>
<b>3.1 MATERIAL .....</b>	<b>31</b>
3.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA.....	31
3.1.2 MATERIAL VEGETAL .....	32
3.1.3 PATRÓN .....	34
<b>3.2 MÉTODOS.....</b>	<b>35</b>
3.2.1 TOMA DE MUESTRAS FOLIARES.....	35
3.2.2 ESTADÍSTICA BÁSICA.....	38
3.2.3 PROGRAMA ESTADÍSTICO EMPLEADO.....	38
3.2.4 METODOLOGÍA .....	38
<b>4 RESULTADOS Y DISCUSION .....</b>	<b>40</b>

<b>4.1</b>	<b>COMPARACIÓN ENTRE VARIEDADES</b> .....	41
4.1.1	ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL NITRÓGENO .....	42
4.1.2	ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL FÓSFORO.....	44
4.1.3	ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL POTASIO.....	46
4.1.4	ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL CALCIO.....	48
4.1.5	ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL MAGNESIO .....	50
4.1.6	ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL HIERRO .....	52
4.1.7	ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL ZINC .....	53
4.1.8	ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL MANGANESO .....	55
4.1.9	ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL COBRE .....	56
4.1.10	ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL BORO.....	58
4.1.11	ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL SODIO.....	60
<b>4.2</b>	<b>RANGOS DE NORMALIDAD</b> .....	62
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	66
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	67
	<b>ANEXOS</b> .....	69



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Evolución de la producción total de pistacho (toneladas) en España por Comunidades Autónomas (2011-2017) (Mapama, 2017).....	24
<b>Tabla 2.</b> Superficie (ha) por CCAA en producción en el último año (Mapama 2018). .....	24
<b>Tabla 3.</b> Interpretación de análisis foliar para el pistacho en plantaciones de California (Couceiro López, <i>et al.</i> , 2017).....	29
<b>Tabla 4.</b> Distribución de las muestras. ....	39
<b>Tabla 5.</b> Resultados de los ANOVAS realizados por elementos. ....	41
<b>Tabla 6.</b> ANOVA para Nitrógeno por variedad.....	42
<b>Tabla 7.</b> Pruebas de Rangos Múltiples para Nitrógeno por variedad. ....	42
<b>Tabla 8.</b> Resumen Estadístico para Nitrógeno. ....	43
<b>Tabla 9.</b> ANOVA para Fósforo por variedad. ....	44
<b>Tabla 10.</b> Pruebas de Rangos Múltiples para Fósforo por variedad. ....	44
<b>Tabla 11.</b> Resumen Estadístico para Fósforo. ....	45
<b>Tabla 12.</b> ANOVA para Potasio por variedad. ....	46
<b>Tabla 13.</b> Pruebas de Rangos Múltiples para Potasio por variedad. ....	46
<b>Tabla 14.</b> Resumen Estadístico para Potasio. ....	47
<b>Tabla 15.</b> ANOVA para Calcio por variedad. ....	48
<b>Tabla 16.</b> Pruebas de Rangos Múltiples para Calcio por variedad.....	48
<b>Tabla 17.</b> Resumen Estadístico para Calcio.....	49
<b>Tabla 18.</b> ANOVA para Magnesio por variedad. ....	50
<b>Tabla 19.</b> Pruebas de Rangos Múltiples para Magnesio por variedad.....	50
<b>Tabla 20.</b> Resumen Estadístico para Magnesio. ....	51
<b>Tabla 21.</b> ANOVA para Hierro por variedad.....	52
<b>Tabla 22.</b> Resumen Estadístico para Hierro. ....	53
<b>Tabla 23.</b> ANOVA para Zinc por variedad.....	53
<b>Tabla 24.</b> Resumen Estadístico para Zinc.....	54
<b>Tabla 25.</b> ANOVA para Manganeso por variedad. ....	55
<b>Tabla 26.</b> Resumen Estadístico para Manganeso. ....	56
<b>Tabla 27.</b> ANOVA para Cobre por variedad. ....	56
<b>Tabla 28.</b> Resumen Estadístico para Cobre.....	57
<b>Tabla 29.</b> ANOVA para Boro por variedad. ....	58
<b>Tabla 30.</b> Pruebas de Rangos Múltiples para Boro por variedad.....	58
<b>Tabla 31.</b> Resumen Estadístico para Boro.....	59
<b>Tabla 32.</b> ANOVA para Sodio por variedad. ....	60
<b>Tabla 33.</b> Resumen Estadístico para Sodio. ....	61
<b>Tabla 34.</b> Cálculo de los intervalos en los Rangos de Normalidad.....	62
<b>Tabla 35.</b> Resumen de resultados de la desviación estándar y de la media.....	62
<b>Tabla 36.</b> Estándares de análisis foliar para determinar el estado nutricional del pistacho, variedad Kerman. (Basado en hojas maduras de ramas no fructíferas). ....	63
<b>Tabla 37.</b> Estándares de análisis foliar para determinar el estado nutricional del pistacho, variedad Larnaka. (Basado en hojas maduras de ramas no fructíferas). ....	63
<b>Tabla 38.</b> Comparativa entre variedad Kerman y Larnaka nacionales.....	64
<b>Tabla 39.</b> Comparativa entre Kerman Español y Kerman California .....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Evolución de la producción mundial de pistacho (1997-2017) (Faostat, 2017). .....	11
<b>Figura 2.</b> Principales países productores de pistacho (2017) (Faostat, 2017). .....	11
<b>Figura 3.</b> Producción de pistachos por continentes (2017) (Faostat, 2017). .....	12
<b>Figura 4.</b> Producción de pistacho en Europa (1997-2017) (Faostat, 2017). .....	12
<b>Figura 5.</b> Principales países europeos productores de pistacho (2017) (Faostat, 2017). .....	13
<b>Figura 6.</b> Principales países europeos con mayor superficie destinada al pistacho (2017) (Faostat, 2017). .....	13
<b>Figura 7.</b> Evolución de la producción de pistacho en España (1997-2017) (Faostat, 2017). .....	23
<b>Figura 8.</b> Principales Comunidades Autónomas productoras de pistacho (toneladas) en España (Mapama, 2017). .....	25
<b>Figura 9.</b> Partes del fruto del Pistacho antes de iniciarse el desarrollo del grano y una vez maduro (Couceiro López, <i>et al.</i> , 2017). .....	18
<b>Figura 10.</b> Horas-frío (Martínez Valero, 1981) .....	20
<b>Figura 11.</b> Necesidades de agua para máxima producción en pistacho. (Gimeno Pérez H. , 2013). .....	21
<b>Figura 12.</b> Comparativa del consumo de agua entre cultivos (Gimeno Pérez H. , 2013) .....	22
<b>Figura 13:</b> Adaptación de la curva de Prevot (Prevoty, 1956). .....	27
<b>Figura 14.</b> Recomendaciones para la selección de muestras, Sistema Siddra de Fertiberia. ....	36
<b>Figura 15.</b> Diagrama de caja para Nitrógeno. ....	43
<b>Figura 16.</b> Diagrama de caja para Fósforo. ....	45
<b>Figura 17.</b> Diagrama de caja para Potasio. ....	47
<b>Figura 18.</b> Diagrama de caja para Calcio. ....	49
<b>Figura 19.</b> Diagrama de caja para Magnesio. ....	51
<b>Figura 20.</b> Diagrama de caja para Hierro. ....	52
<b>Figura 21.</b> Diagrama de caja para Zinc. ....	54
<b>Figura 22.</b> Diagrama de caja para Manganeso. ....	55
<b>Figura 23.</b> Diagrama de caja para Cobre. ....	57
<b>Figura 24.</b> Diagrama de caja para Boro. ....	59
<b>Figura 25.</b> Diagrama de caja para Sodio. ....	60

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>Fotografía 1.</b> Aspecto general de un pistachero <i>Larnaka</i> con 8 años de injerto (Elaboración propia).....	14
<b>Fotografía 2.</b> <i>Larnaka</i> sobre pie de <i>Cornicabra</i> (Elaboración propia).....	15
<b>Fotografía 3.</b> Brotación (Elaboración propia). ....	16
<b>Fotografía 4.</b> Hojas con fruto (Elaboración propia). ....	16
<b>Fotografía 5.</b> Flor hembra variedad <i>Kerman</i> (Izq.), flor macho variedad “Peters” (Dcha.). ....	17
<b>Fotografía 6.</b> Desarrollo del fruto del pistacho (Ferguson, 2008). ....	18
<b>Fotografía 7.</b> Parcela (Elaboración propia). ....	32
<b>Fotografía 8.</b> Árbol y fruto de la variedad <i>Larnaka</i> (Elaboración propia).....	33
<b>Fotografía 9.</b> Árbol y fruto de la variedad <i>Kerman</i> (Elaboración propia). ....	33
<b>Fotografía 10.</b> Diferencia de hoja y fruto de <i>Kerman</i> y <i>Larnaka</i> (Elaboración propia).....	34
<b>Fotografía 11.</b> Engrosamiento producido por la unión de pie <i>Cornicabra</i> con <i>Kerman</i> (Elaboración propia).....	35
<b>Fotografía 12.</b> Bolsa contenedora de hojas (Elaboración propia). ....	37
<b>Fotografía 13.</b> Etiquetado de las bolsas (Elaboración propia). ....	37



# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 ORIGEN Y ANTECEDENTES

### 1.1.1 EN EL MUNDO

Los pistachos han formado parte de la dieta humana desde, al menos, finales del paleolítico. Las evidencias arqueológicas ponen de manifiesto que, en el periodo neolítico (12.000 a 4.000 a.C.) los humanos aprovechaban los frutos de especies que no se cultivarían hasta miles de años después, como higos, almendras, olivas, uvas y pistachos. Existen referencias de que al sur de Anatolia (Turquía), sobre el año 7.000 a.C., sus habitantes recolectaban trigo, cebada, guisantes, manzanas, pistachos, almendras y bellotas (Mazón, 1999). El cultivo del pistachero está localizado, principalmente, en el Oriente Medio (Irán, Turquía, Siria), Mediterráneo (Grecia, Túnez, Sicilia) y California. En California, el pistachero ha tenido una importante expansión en las dos últimas décadas (Couceiro López, *et al.*, 2013).

### 1.1.2 EN EUROPA

Su introducción en Europa comienza a desarrollarse tanto en Sicilia como en la Península Ibérica durante la dominación árabe (711-1031 d.C.) (Couceiro López, *et al.*, 2017).

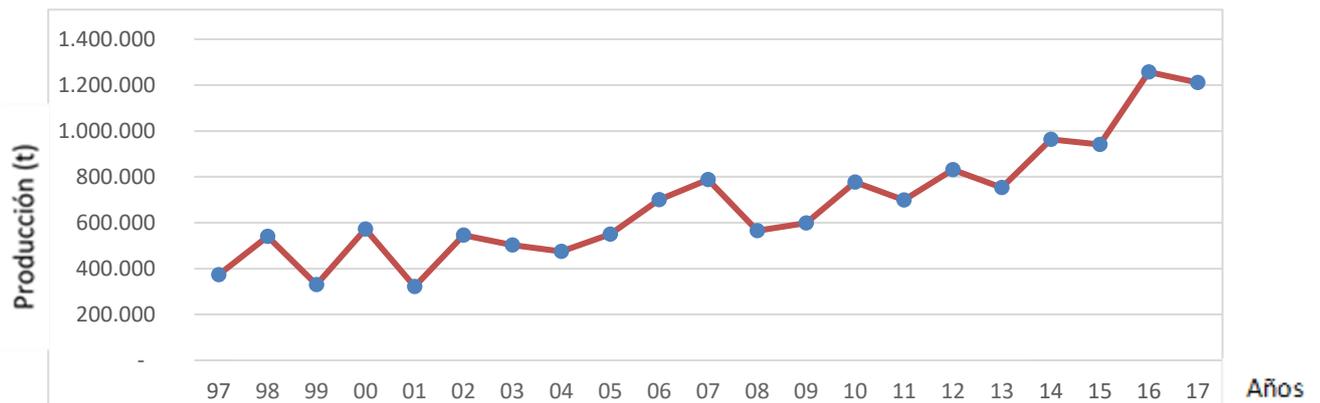
### 1.1.3 EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

Su introducción en la península ibérica fue gracias a los romanos, pero en Andalucía con la presencia de los árabes es cuando se cultiva. Tras la reconquista, los cristianos fueron eliminando progresivamente los árboles machos porque vieron que eran improductivos. Bajo este desconocimiento de eliminar machos, consiguieron que las hembras tampoco fueran productivas, por lo que se llegó a la circunstancia de desaparecer la especie (*Pistacia vera* L.) de la península definitivamente (Couceiro López, *et al.*, 2017).

## 1.2 IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL PISTACHO

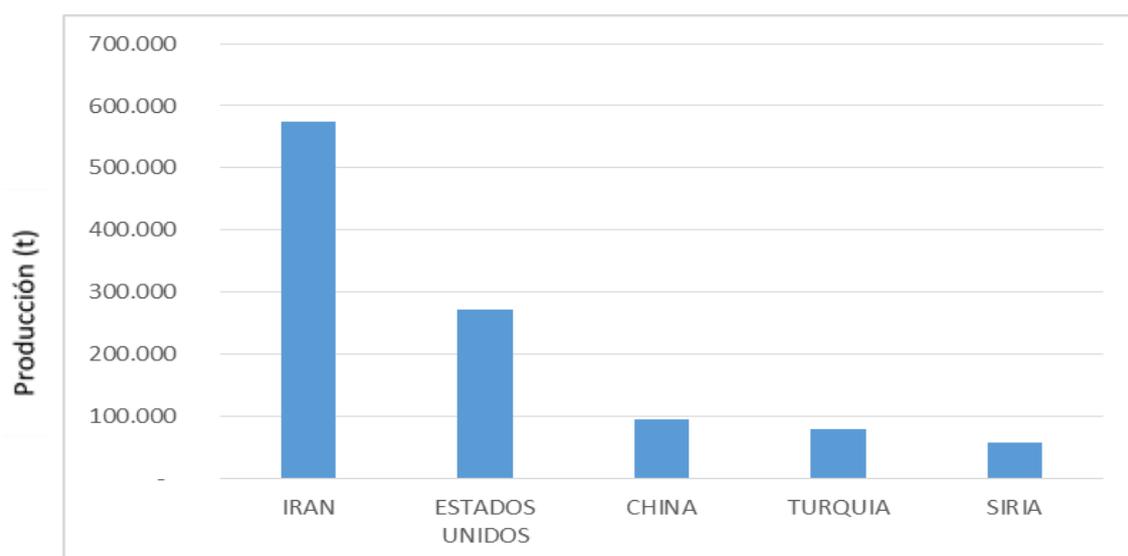
### 1.2.1 IMPORTANCIA ECONÓMICA EN EL MUNDO

La producción de pistacho está extendida por todo el mundo. Como se observa en la Figura 1, existe un incremento en la producción mundial desde 1997, con una producción inicial de 372.587 toneladas, para alcanzar un máximo de 1.210.360 toneladas en el 2017 (Faostat, 2017).



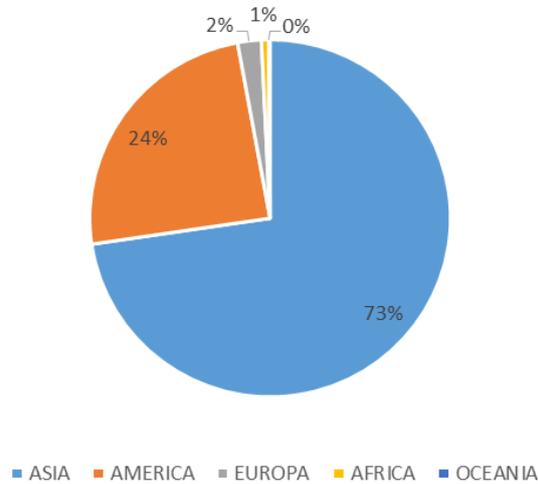
**Figura 1.** Evolución de la producción mundial de pistacho (1997-2017) (Faostat, 2017).

Los principales países productores de pistacho en 2017, según se observa en la Figura 2, son: Irán con 574.987 t, Estados Unidos con 272.291 t, China con 95.294 t, Turquía con 78.000 t y Siria con 56.508 t.



**Figura 2.** Principales países productores de pistacho (2017) (Faostat, 2017).

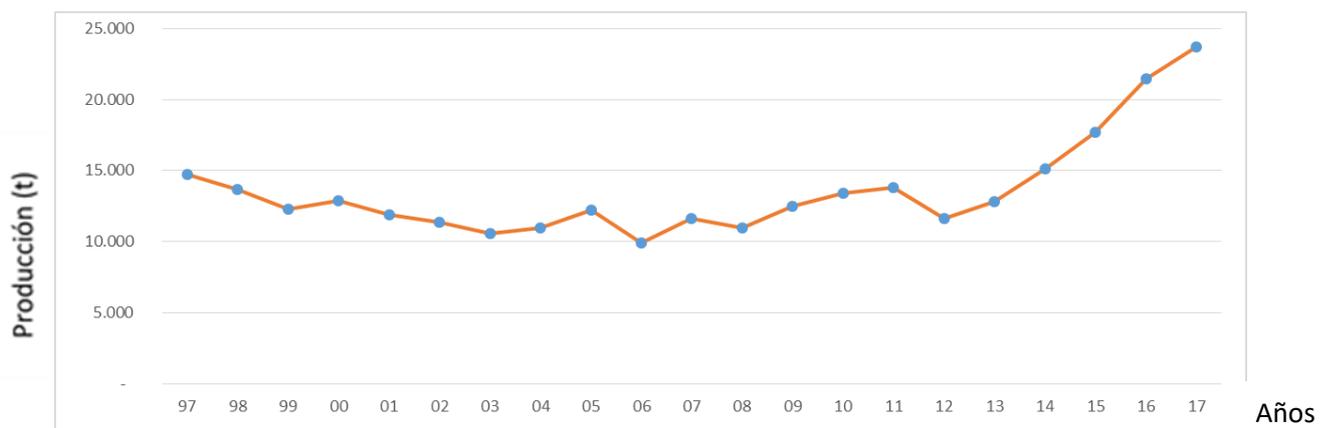
Clasificando la producción de pistacho por continentes (Figura 3), Asia ocupa un 73% de la producción mundial en 2017, seguido de América (24%), en tercer lugar, Europa (2%), en cuarto puesto África (1%) y por último lugar Oceanía (0%).



**Figura 3.** Producción de pistachos por continentes (2017) (Faostat, 2017).

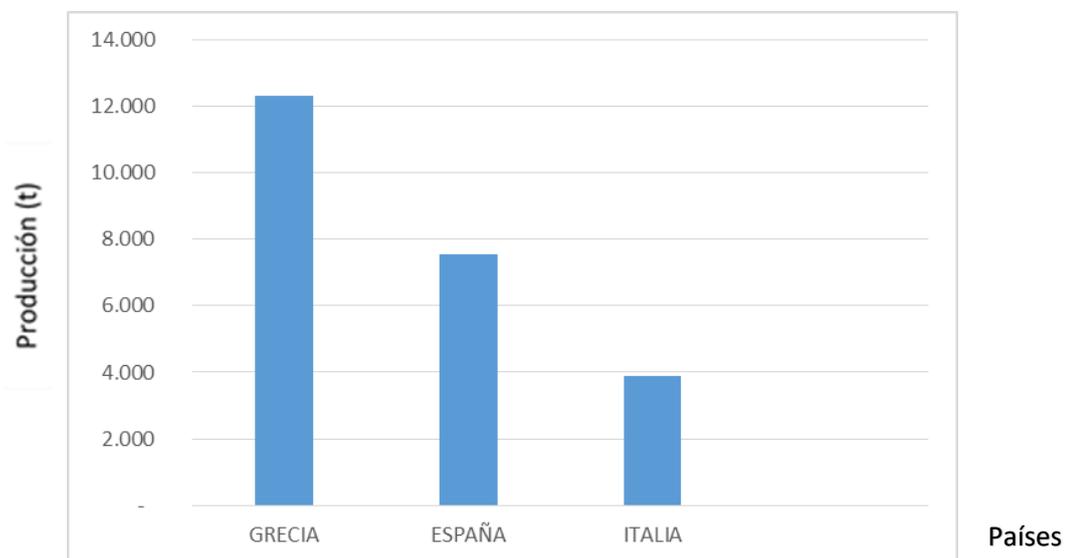
### 1.2.2 IMPORTANCIA ECONÓMICA EN EUROPA

En cuanto a Europa, muestra un aumento desde 1997 hasta 2017. Según la FAO (2017), se observa un aumento de la producción de pistacho respecto al año 1997. Su comienzo fue con un descenso, partiendo de 14.704 t, y llegando a un mínimo de 9.915 t en 2006. Pero poco a poco ha ido en aumento hasta llegar a las 23.718 t en 2017.



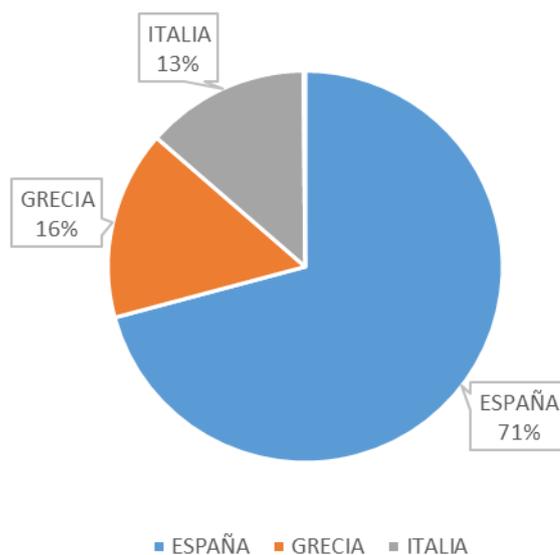
**Figura 4.** Producción de pistacho en Europa (1997-2017) (Faostat, 2017).

Por países (Figura 5), el principal productor de Europa en el año 2017 fue Grecia, cuya producción ascendió a 12.300 t, siguiéndole España con 7.545 t y ocupando el tercer lugar Italia con 3.873 t.



**Figura 5.** Principales países europeos productores de pistacho (2017) (Faostat, 2017).

Actualmente, según datos de Faostat (2017), es necesario destacar que España encabeza la lista europea de superficie dedicada a este cultivo, con 20.415 ha, aunque no sea la primera en volumen de producción. En esta lista de superficie empleada, tras España se encuentra Grecia (4.500 ha), Italia (3.870 ha) y Chipre (43 ha), (ver Figura 6).



**Figura 6.** Principales países europeos con mayor superficie destinada al pistacho (2017) (Faostat, 2017).

### 1.3 DESCRIPCIÓN DEL CULTIVO

El pistacho (*Pistacia vera* L) pertenece a la familia de las Anacardiáceas, que engloba más de 70 géneros, unas 500 especies leñosas.

Clasificación botánica:

Reino: ***Plantae***

Orden: ***Sapindales***

Subreino: ***Tracheobionta***

Familia: ***Anacardiaceae***

División: ***Magnoliopsida***

Género: ***Pistacia***

Subclase: ***Rosidae***

Especie: ***Pistacia vera*, L.**

**Árbol:** caducifolio, similar al almendro, que puede llegar a alcanzar los 10 m de altura (Fotografía 1), con flores masculinas y femeninas separadas en árboles diferentes. Posee una copa abierta con ramificación abundante que, inicialmente, tiende a inclinarse con el peso de ramas y frutos debido a su gran dominancia apical (Couceiro López J. , *et al.*, 2013)

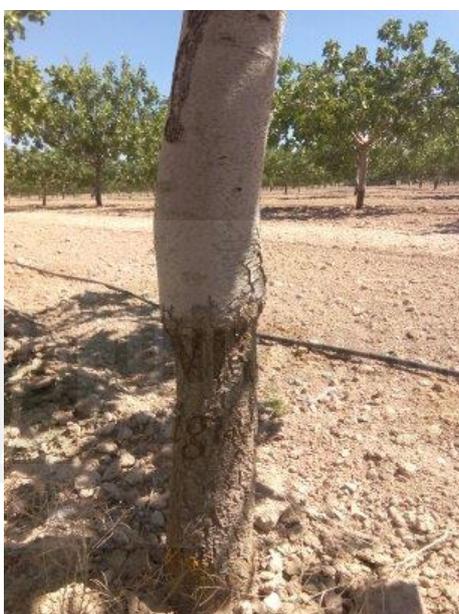
Su desarrollo es lento y suele ser una especie longeva (entre 150 y 300 años). Se conocen casos en Irán y Siria de algunos ejemplares que superan los 1.000 años (Couceiro López, *et al.*, 2017).



**Fotografía 1.** Aspecto general de un pistachero *Larnaka* con 8 años de edad (Elaboración propia).

**Raíz:** su sistema radicular es pivotante y superficial. Penetra a gran profundidad buscando agua y sales nutritivas. Por esta razón puede tener éxito en suelos y climas donde otras especies no prosperan. Cuando las raíces superficiales son numerosas, el árbol es más vigoroso y desarrolla bien su copa, dando una mayor fructificación y con regularidad. Esto dependerá de la disponibilidad de agua y nutrientes (ASAJA-Cuenca, 2006).

**Tallo:** en plantaciones comerciales los árboles se dirigen sobre un solo tronco. El color de la corteza es de color gris claro, y su madera es dura y de grano fino (Couceiro López, *et al.*, 2017).



**Fotografía 2.** *Larnaka* sobre pie de *Cornicabra* (Elaboración propia).

**Ramas y brotes:** en condiciones agrícolamente adecuadas, las ramas son largas con brotes, formando ángulos de inserción amplios, produciendo copas grandes y abiertas (Couceiro López, *et al.*, 2017).



**Fotografía 3.** Brotación (Elaboración propia).

**Hojas:** son pinnadas, con 3 o 5 folíolos ovales y redondeados en el ápice. De color verde oscuro en el haz y más pálidas en el envés. El follaje se torna rojo-anaranjado en otoño, antes de su caída, y resulta de gran interés ornamental. Suele ser de gran tamaño en los cultivares masculinos (ASAJA-Cuenca, 2006).



**Fotografía 4.** Hojas con fruto (Elaboración propia).

**Flores:** las flores nacen sobre ramas laterales de un año, antes de que broten las hojas. Como se ha dicho antes, las flores masculinas y femeninas se encuentran en pies diferentes. Son pequeñas, apétalas y se encuentran agrupadas en inflorescencias axilares en forma de racimos. Estas inflorescencias se abren de forma escalonada, con una duración de floración que depende de cada cultivar (Valseco, 2009).

Las flores femeninas son de mayor tamaño que las masculinas. Poseen 2 brácteas, cáliz con 2-5 lóbulos, 1 ovario súpero, ovoide, con un óvulo y estilo terminal. Las inflorescencias femeninas, presentan una morfología parecida a las inflorescencias masculinas, pero con mayor ramificación. Se componen de entre 150 a 260 flores dispuestas en racimos compuestos. La longitud media del racimo es de 75 mm.

Las flores masculinas poseen también 2 brácteas, cáliz con 5 lóbulos y 2-8 estambres con filamentos cortos. Se componen de 450-500 flores agrupadas en racimos compuestos. La longitud media de estos racimos en desarrollo es de 65 mm (Couceiro López, *et al.*, 2017).

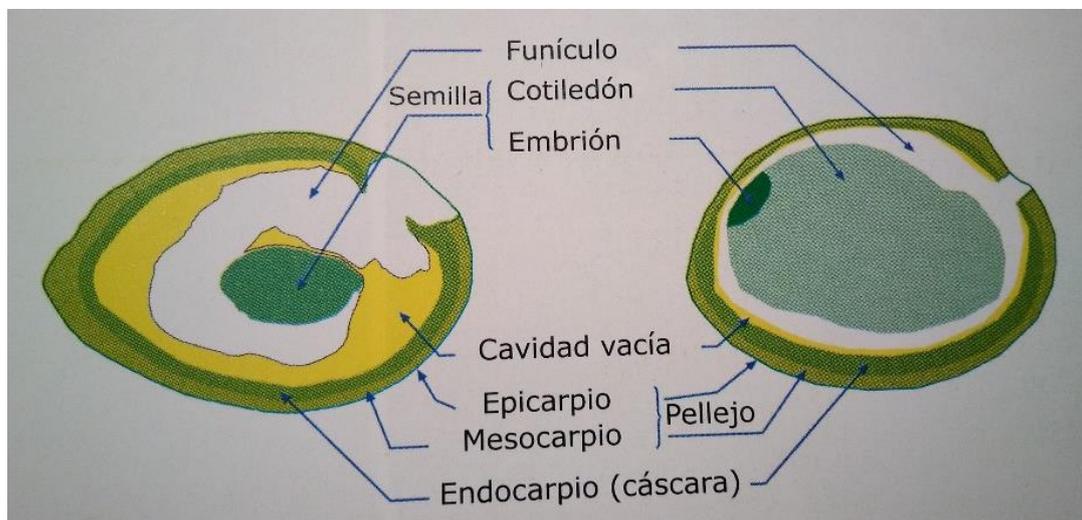


**Fotografía 5.** Flor hembra variedad *Kerman* (Izq.), flor macho variedad *Peters* (Dcha.) (Ferguson, 2008).

**FRUTO:** es la parte comestible; drupa monosperma rica en aceite de 0,2 a 2,5 cm de longitud, ovalada, seca, con cascara dura y lisa. La semilla es la parte comestible, compuesta por dos cotiledones voluminosos de coloración verde o verde amarillenta con tegumento rojizo. Su peso es aproximadamente de 1,40 gramos. En el árbol se puede observar un mayor o menor número de frutos abiertos, vacíos o cerrados dependiendo de muchos factores (ASAJA-Cuenca, 2006).

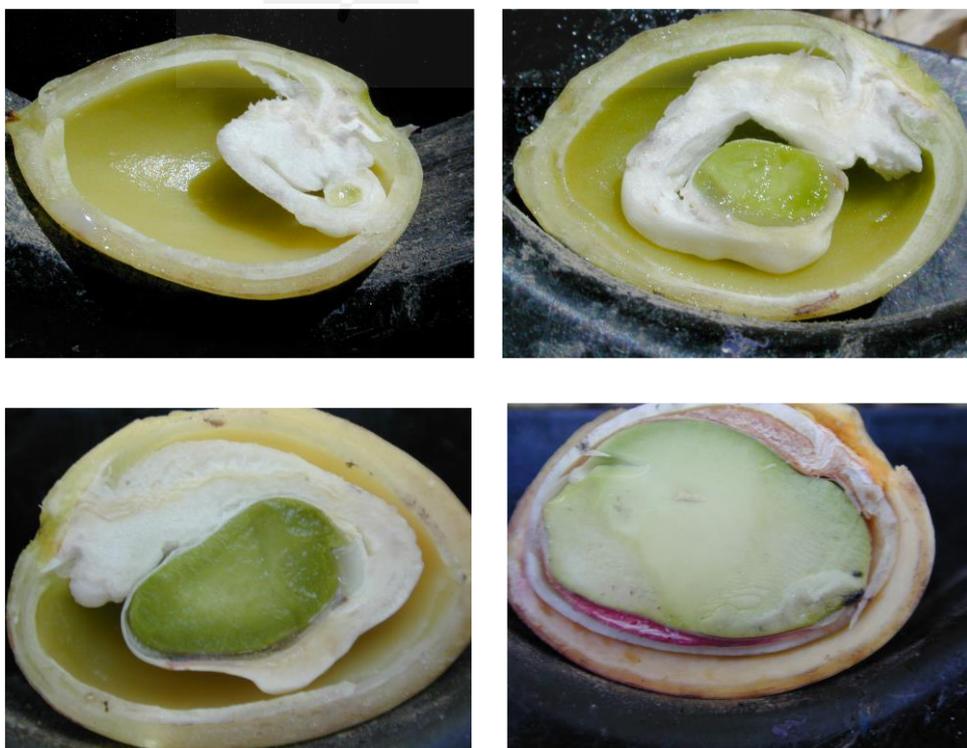
El pellejo o parte externa que rodea la cascara, se compone de epicarpio y mesocarpio que recubre el endocarpio o cáscara dura que, a su vez, encierra la semilla. En los frutos inmaduros este pellejo es de color amarillo, tornándose

rosado cuando alcanza la madurez y separándose fácilmente de su endocarpio (Couceiro López, *et al.*, 2017).



**Figura 7.** Partes del fruto del Pistacho antes de iniciarse el desarrollo del grano y una vez maduro (Couceiro López, *et al.*, 2017).

MH UNIVERSITAS Miguel Hernández



**Fotografía 6.** Desarrollo del fruto del pistacho (Ferguson, 2008).

**VARIETADES:** se describen a continuación las variedades más importantes en nuestro país, aunque existen otras muchas variedades:

Variedades Femeninas: *Kerman, Mateur, Larnaka, Napoletana*.

Variedades Masculinas: *Peters, C-Especial*

(ASAJA-Cuenca, 2006)

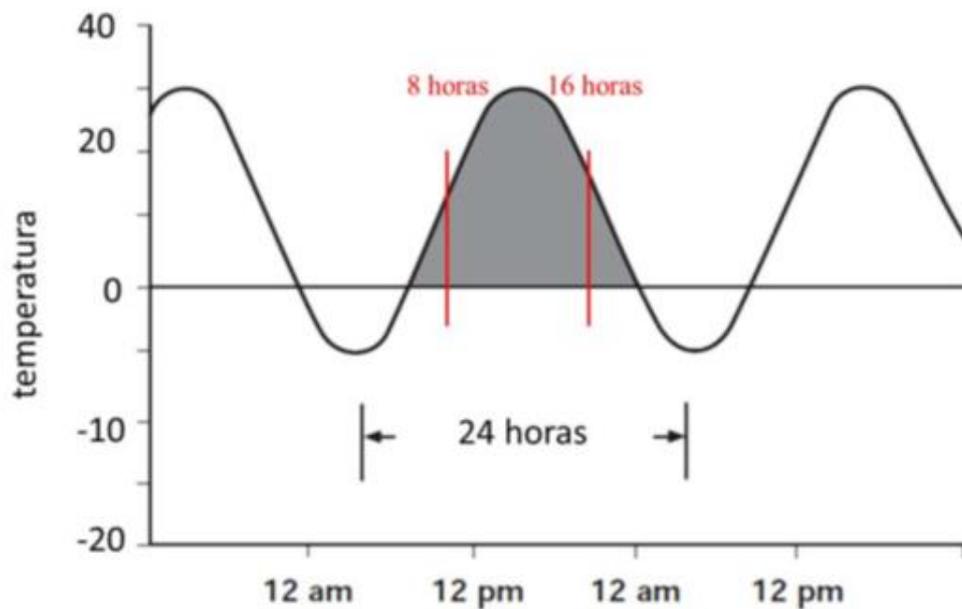
**PATRONES:** se utilizan varias especies del género *Pistacia* en función de las zonas y las condiciones del cultivo. Dos de las especies de patrones utilizadas en España serían *Pistacia terebinthus*, muy extendida en la Península Ibérica y Baleares, y *Pistacia atlántica* espontánea en islas Canarias (Ignasi Batle, 1999).

**REQUERIMIENTOS:** este árbol se desarrolla y produce bien en climas continentales y calurosos. El pistacho es tolerante tanto a altas como a bajas temperaturas.

Necesidades Climáticas: el pistacho necesita acumular frío (horas-frío) en otoño-invierno para poder florecer, y acumular calor (unidades de calor o grados-día o grados-hora) en primavera-verano para poder madurar. Las necesidades climáticas del pistacho son, según diversos autores, de 900 horas-frío y entre 2.200 y 2.800 grados-día de crecimiento.

Hay diversas metodologías para calcular tanto las horas-frío como los grados-día de crecimiento. Con la metodología de Martínez-Valero (ver figura 8), el intervalo de cálculo se sitúa entre 8 horas y las 16 horas (Martínez Valero, 1981).

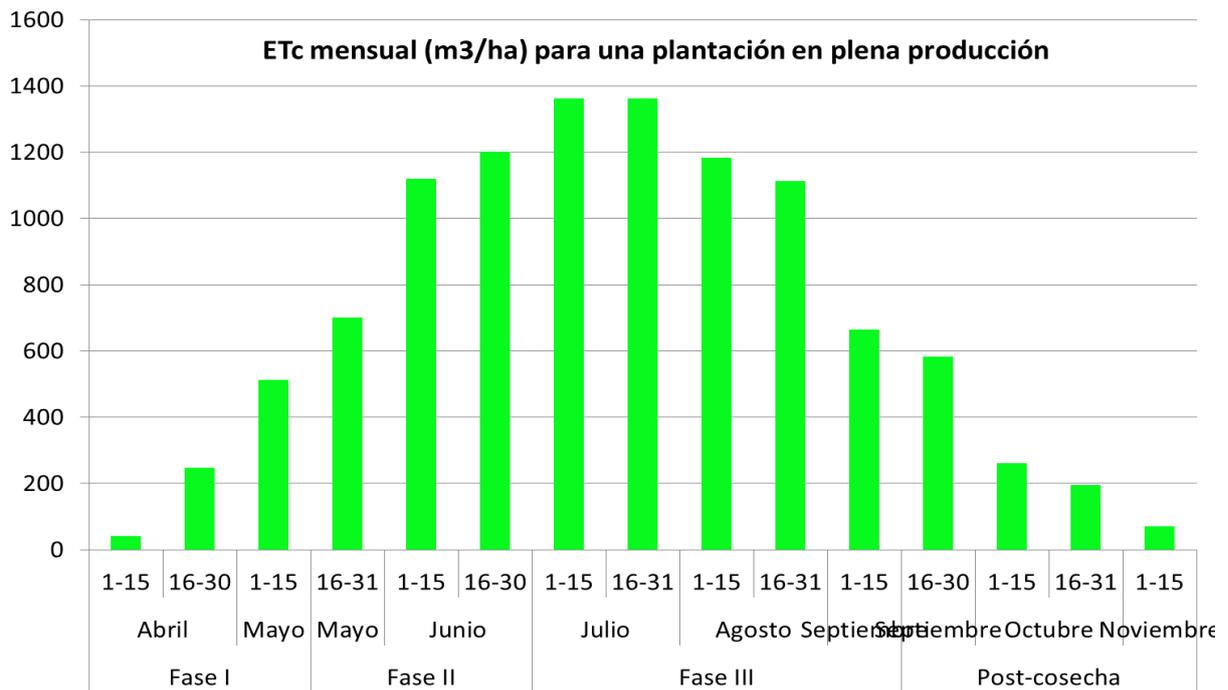
Para el cálculo de las horas-frío se toma desde el 1 de noviembre y hasta el 1 de abril del año siguiente. En el supuesto de utilizar grados-hora, podemos estimar la fecha de floración aproximada. Para ello comenzamos a contar los grados-hora desde el momento en el que se alcanzan las 900 horas-frío, y el día que se sobrepasen los 11,5 grados-hora, es la fecha estimada de floración (Küden, Polat, & Kasha, 1995). Si en lugar de tomar la fecha de inicio del conteo como 1 de abril, tomamos el momento en que superan las 900 horas-frío, posiblemente cubramos las necesidades de calor todos los años. Como caso más limitante, para el cálculo de grados-hora tomamos desde el 1 de abril hasta maduración.



**Figura 8.** Horas-frío (Martínez Valero, 1981)

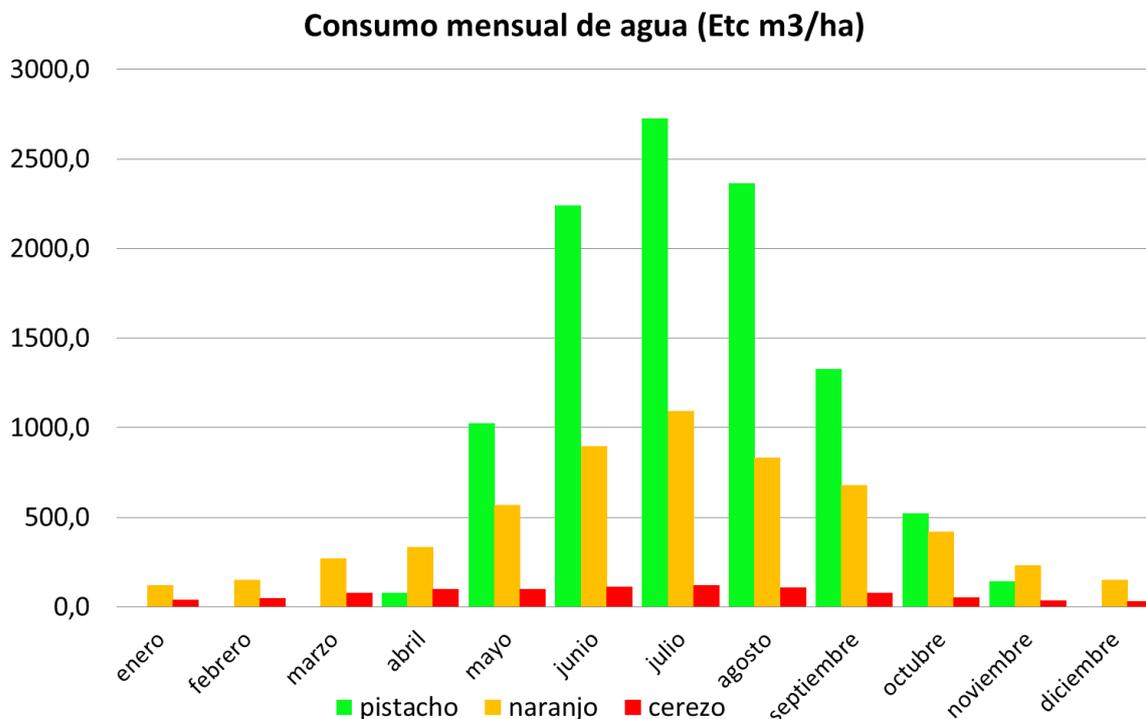
Necesidades Hídricas: muchas veces desconocemos el potencial productivo de una planta, como ha sido el caso del olivo o del almendro, considerándolos la mayoría de las veces cultivos de secano por su gran rusticidad. Estos cultivos tienen un potencial productivo realmente impresionante con un aporte hídrico adecuado.

El pistachero es una planta muy rústica, resistente a condiciones extremas de sequía y resistente a la salinidad casi tanto como la palmera datilera. Tiene años muy productivos (“ON”) y años menos productivos (“OFF”). Hay que tener en cuenta que esta resistencia es a costa de la producción, por tanto, para conseguir una buena producción media (“ON/OFF”), hay que considerar realizar un aporte hídrico adecuado. Una plantación adulta de pistachos puede llegar a consumir hasta 12.000 m<sup>3</sup>/ha, tal como se puede apreciar en la figura 9 (Gimeno Pérez H. , 2013).



**Figura 9.** Necesidades de agua para máxima producción en pistacho. (Gimeno Pérez H. , 2013).

Para el cálculo de las necesidades hídricas, hay que tomar el valor medio de la ETo de la estación más cercana. Si se tiene la idea preconcebida de que el pistacho es un cultivo de secano, esto puede parecer una barbaridad, pues el cultivo del pistacho puede llegar a consumir el doble de agua que un cultivo de naranjo o hasta diez veces más que un cultivo de cerezo (ver figura 10). Se puede realizar el Riego Deficitario Controlado (RDC), aunque sería más lógico realizar un riego al 100% para llegar al máximo de producción y en años sucesivos ir ensayando con el RDC (Gimeno Pérez H. , 2013).



**Figura 10.** Comparativa del consumo de agua entre cultivos (Gimeno Pérez H. , 2013)

**Humedad:** la humedad ambiental afecta especialmente a este cultivo, sobre todo a medio y largo plazo. Es un factor menor para otros frutales, pero no para el pistachero. En términos generales, la humedad media ambiental de la zona de plantación debe ser lo más baja posible durante los meses de verano (Couceiro López, *et al.*, 2017).

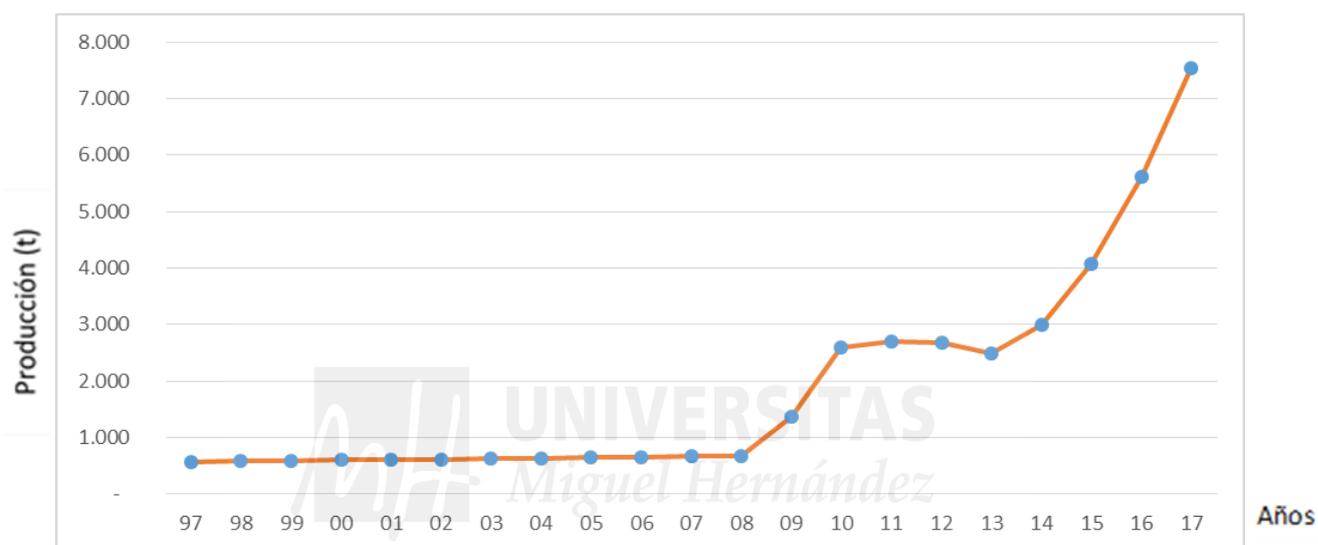
**Precipitaciones:** el exceso de lluvia primaveral puede perjudicar la cosecha de ese año, al dificultar una buena polinización por un efecto de *lavado del polen*. La pérdida de polen se produce tanto en los árboles que lo producen como del existente en suspensión en la atmósfera (Couceiro López, *et al.*, 2017).

**Suelo:** el pistachero prefiere los suelos de textura media (francos ó franco-arenosos), con pH comprendido entre 6 y 8, fructificando con más dificultad en texturas arcillosas superiores al 35%. Los suelos excesivamente arenosos tampoco son adecuados para este cultivo, al no tener suficiente capacidad de retención de agua y nutrientes. La profundidad debe estar comprendida entre 30-80 cm de media. A mayor profundidad, mayor producción y mayor número de años produciendo (Couceiro López, *et al.*, 2017).

### 1.3.1 IMPORTANCIA ECONÓMICA EN ESPAÑA

La mayoría de las plantaciones españolas son jóvenes, menores de 20 años. El cultivo de pistacho en España está siendo cada vez más implantado. A partir de los años 80 el pistacho vuelve a tener interés agronómico sobre todo en zonas de clima continental.

Haciendo un balance desde 1997 hasta 2017, según la FAO (2017), la producción de pistacho ha ido claramente en aumento respecto los primeros años (1997-2008), cuando la producción era prácticamente insignificante.



**Figura 11.** Evolución de la producción de pistacho en España (1997-2017) (Faostat, 2017).

El pistachero presenta un interés potencial para amplias áreas españolas. Por sus exigencias en medio ambiente (especie típicamente mediterránea) y sus características agronómicas y comerciales, esta especie puede constituir, en determinadas condiciones, una posible alternativa a algunos cultivos que en la actualidad son social y económicamente muy importantes en España, como olivo, almendro y viña (Mapama, 2017).

**Tabla 1.** Evolución de la producción total de pistacho (toneladas) en España por Comunidades Autónomas (2011-2017) (Mapama, 2017).

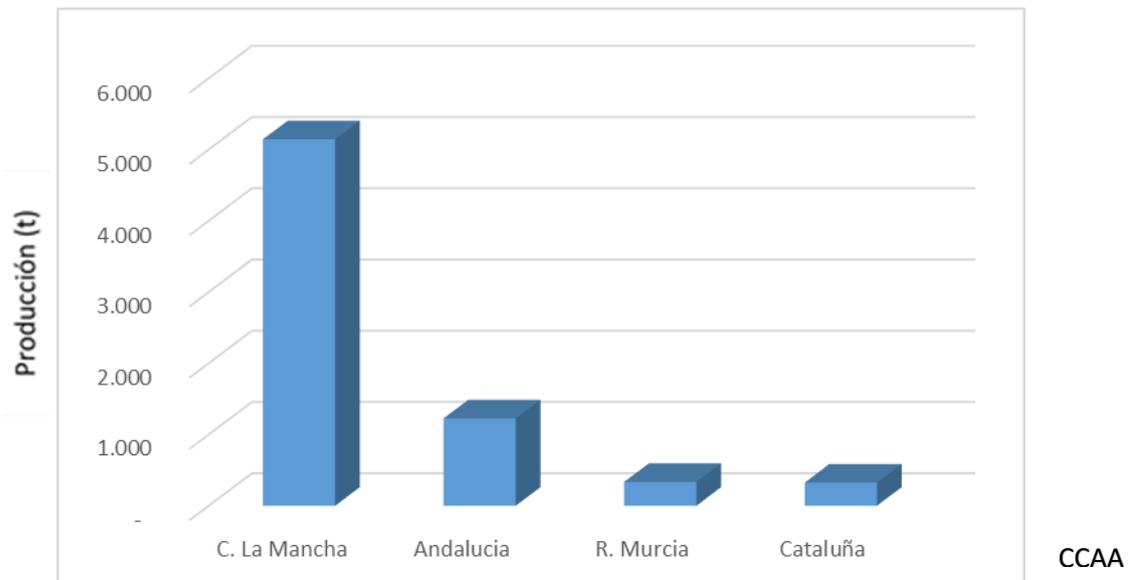
Años	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Andalucía	146	234	320	587	822	782	1.226
Extremadura	106	107	168	108	219	138	277
R. Murcia	52	-	90	77	131	179	334
C. Valenciana	-	-	2	3	6	6	10
C. La Mancha	2.091	2.008	1.693	2.843	3.130	4.006	5.143
Madrid	1	1	1	1	22	36	36
C. León	35	54	12	107	115	126	148
Cataluña	277	277	203	322	311	335	325
Aragón	-	-	-	-	-	2	38
Navarra	-	-	-	4	8	8	8
ESPAÑA	2.708	2.681	2.489	4.052	4.764	5.618	7.545

El cultivo de pistacho ocupa en España una superficie de 8.802 ha en 2017, de las cuales su principal productor es Castilla la Mancha, con una superficie 6.511 ha.

**Tabla 2.** Superficie (ha) por CCAA en producción en el último año (Mapama 2018).

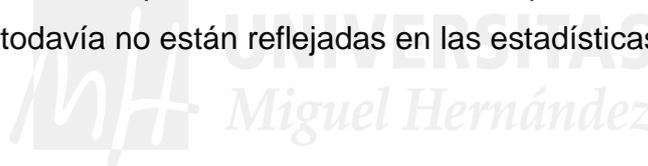
Año 2017	
Andalucía	1.190
Extremadura	122
R. Murcia	265
C. Valenciana	25
C. La Mancha	6.511
Madrid	50
C. León	255
Cataluña	337
Aragón	39
Navarra	8
ESPAÑA	8.802

El estudio de este apartado se basa en datos recogidos del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Actualmente, la Comunidad de Castilla La Mancha es la primera productora de pistacho de España, con una producción de 5.143 t en 2017 (Tabla 1).



**Figura 12.** Principales Comunidades Autónomas productoras de pistacho (toneladas) en España (Mapama, 2017).

Como se observa en la figura 11, existe un incremento significativo en la producción de pistacho, que irá en aumento en los próximos años ya que hay superficies que todavía no están reflejadas en las estadísticas oficiales.



#### 1.4 EL ANÁLISIS FOLIAR

El análisis foliar es la herramienta con la cual se determina la concentración de los elementos nutritivos de los cultivos, ya que las hojas de las plantas son el centro metabólico de éstas, y las alteraciones nutricionales son más acusadas en las hojas que en el resto de órganos vegetales.

Así, el procedimiento para realizar un correcto diagnóstico foliar se inicia con una toma de muestras en campo realizada de forma correcta, y finalizada con una recomendación racional de la fertilización (Rodríguez & Rodríguez, 2000).

El análisis foliar fue definido por (Ulrich, 1948) como la herramienta para solucionar problemas nutricionales de las plantas cultivadas.

La nutrición y la fertilización son factores importantes para determinar la cantidad y calidad de la cosecha. Uno de los principales objetivos de la nutrición mineral

es incrementar la eficiencia de la nutrición. Para ello es necesario determinar el impacto limitante de un nutriente en el cultivo (Mourao, 2004).

El análisis foliar está considerado como el método más directo para evaluar el estado nutricional de las plantas, siendo necesario definir correctamente la toma de muestras foliares (Hallmark, 1991).

El método general del diagnóstico vegetal incluye la adquisición de datos, que implica el muestreo y preparación de muestras para su análisis en laboratorios y la posterior interpretación de los resultados analíticos (Cadahia, 2005). Para la interpretación se requiere del uso de referencias o normas. Si se dispone de estas normas, una simple comparación de los resultados frente a las normas puede ser suficiente para completar el diagnóstico.

Para detectar problemas nutricionales, se utilizan técnicas de interpretación cualitativas como el diagnóstico visual, aunque tienen el problema de que una vez los síntomas son visibles, la reducción de cosecha ya se ha producido (Lucena, 1997). Las técnicas de interpretación cuantitativas son mucho más apropiadas, y dentro de ellas, el análisis foliar es la más importante de ellas (Lucena, 1997).

Los sistemas estáticos de interpretación, como los *Rangos de Normalidad*, comparan los niveles foliares de un elemento concreto respecto a la norma (Lucena, 1997). Los sistemas dinámicos de interpretación emplean métodos estadísticos, pudiendo abarcar desde una correlación de un solo elemento y su norma, hasta relaciones entre varios elementos.

El método de análisis debe seguir el procedimiento descrito en los Métodos Oficiales del Ministerio de Agricultura (Cadahia, 2005).

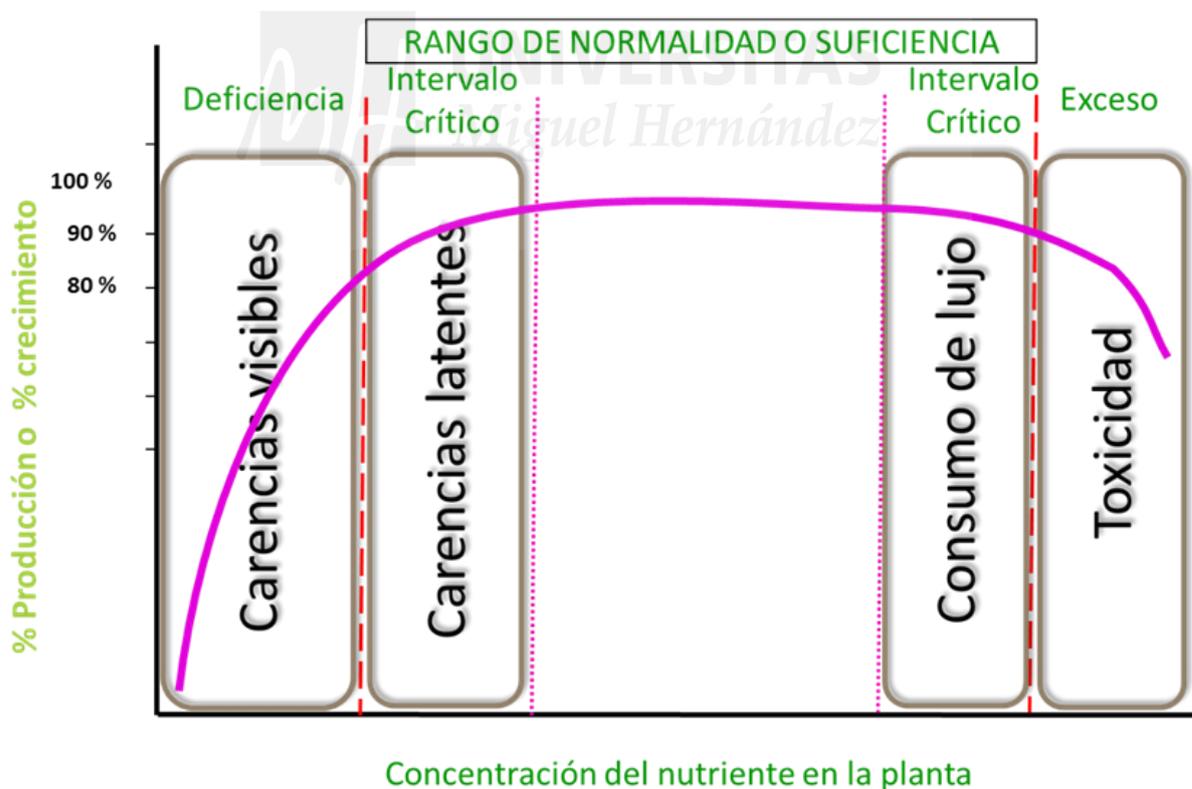
Una vez analizadas las muestras, es fundamental interpretar correctamente los resultados analíticos. Existen multitud de métodos o sistemas de interpretación foliar, aunque los sistemas de interpretación foliar más utilizados son los siguientes:

- Rangos de Normalidad o suficiencia (*RN*)
- Índices de Desviación Estándar (*IDS*)

- Sistemas Integral de Diagnóstico y Recomendaciones (*DRIS*)
- Sistemas Integral de Diagnóstico y Recomendaciones Modificado (*M-DRIS*)
- Diagnóstico de la Composición de Nutrientes (*CND*)

Dentro de estos, los métodos de interpretación más utilizados e importantes para diagnosticar el estado nutricional de las plantas son: el *Rango de Normalidad o suficiencia (RN)* y el *Sistema Integral de Diagnóstico y Recomendaciones (DRIS)*.

El *Rango de Normalidad (RN)* es el método tradicional que se define como “el rango de valores dentro de los cuales la planta obtiene sus máximos rendimientos”. Cuando el nivel de un elemento se encuentra por encima de dicho rango, éste se interpreta como excesivo o tóxico; y cuando se encuentra por debajo de dicho rango, se interpreta como un nivel de carencia del elemento (Cadahia, 2005).



**Figura 13:** Adaptación de la curva de Prevot (Prevoty, 1956).

Uno de los defectos del método de *Rangos de Normalidad* es su manejo en cultivos anuales. En estos, los periodos de muestreo foliar son muy cortos, y muchas veces son realizados demasiado tarde. Por tanto, ya no se podrán solucionar los problemas nutricionales detectados a través de la fertilización, puesto que ha finalizado el ciclo del cultivo (Walworth & Summer, 1987). Para solventar este problema es necesario obtener muestras foliares de diferentes estados fenológicos, con el fin de obtener referencias nutricionales para todos los periodos (Mourao, 2004).

#### 1.4.1 ANTECEDENTES DEL ANÁLISIS

La coyuntura agraria europea, y en especial la española, están potenciando los sistemas de Producción Integrada (P.I.), buscando un equilibrio entre la racionalización de los medios de producción y la productividad de las explotaciones. Contemplan como práctica previa el análisis del conjunto suelo-agua-planta, de tal forma que se determinen las necesidades de nutrientes minimizando el impacto ambiental (Couceiro López, *et al.*, 2017)

A día de hoy, no existe una tabla de interpretación foliar para el cultivo del pistacho en España (siendo este, el cometido del trabajo). Pero sí que existen datos sobre las plantaciones comerciales de pistacho en California (Couceiro López, *et al.*, 2017). (ver tabla 3).

**Tabla 3.** Interpretación de análisis foliar para el pistacho en plantaciones de California (Couceiro López, et al., 2017).

ELEMENTO	VALOR CRITICO	INTERVALO NORMAL
Nitrógeno (N)	1,8 (%)	2,2 - 2,5
Fósforo (P)	0,14 (%)	0,14 - 0,17
Potasio (K)	1,6 (%)	1,8 - 2
Calcio (Ca)	1,3 (%)	1,3 - 4
Magnesio (Mg)	0,6 (%)	0,6 - 1,2
Boro (B)	90 (ppm)	150 - 250
Cobre (Cu)	4 (ppm)	6,0 - 10,0
Manganeso (Mn)	30 (ppm)	30 - 80
Zinc (Zn)	7 (ppm)	10,0 - 15,0
Cloro (Cl)		0,1 - 0,3

#### 1.4.2 RANGO DE NORMALIDAD (RN)

El método tradicional más extendido es el de los *Rangos de Normalidad (RN)* o *suficiencia (RS)*. Esta norma presenta para cada cultivo unas tablas, en las cuales se interpretan máximos y mínimos necesarios de cada nutriente. Dentro de estos valores la planta obtiene sus máximos rendimientos (Cadahia, 2005).

Para el cultivo de pistachos, en España no existen normas o tablas de interpretación de *RN*. Para elaborar unas normas de diagnóstico a emplear en los *Rangos de Normalidad*, se emplea una base de datos foliares de una muestra extraída de una población de referencia (Sumner, 1987).

Los *Rangos de Normalidad*, comparan los niveles foliares de un elemento concreto respecto a la norma. Es por lo que se denominan sistemas estáticos de interpretación (Lucena, 1997).

## **2 OBJETIVOS DEL TRABAJO**

### **2.1 OBJETIVO**

El cultivo del pistacho en España está en aumento. Para obtener mayores producciones y rendimientos es necesario que las plantaciones estén equilibradas nutricionalmente. Por lo que es necesario conocer dichos equilibrios.

El objetivo del presente trabajo es obtener las normas de interpretación foliar con *Rangos de Normalidad (RN)* en el cultivo del pistacho (*Pistacia vera* L.) para los cultivares *Kerman* y *Larnaka*.

### **2.2 PLAN DE TRABAJO**

Para la ejecución de este estudio se han seleccionado las variedades *Kerman* y *Larnaka*. Las muestras foliares de estas variedades se recolectaron el 10 de junio, 10 de julio y 10 de agosto de 2018. Estos muestreos foliares se enviaron al Laboratorio Agronómico de Fertiberia, donde se realizaron dichos análisis.

Con los resultados analíticos de las muestras se realizó un estudio estadístico de cada nutriente para, posteriormente, obtener las normas de interpretación foliar adaptadas a cada variedad.

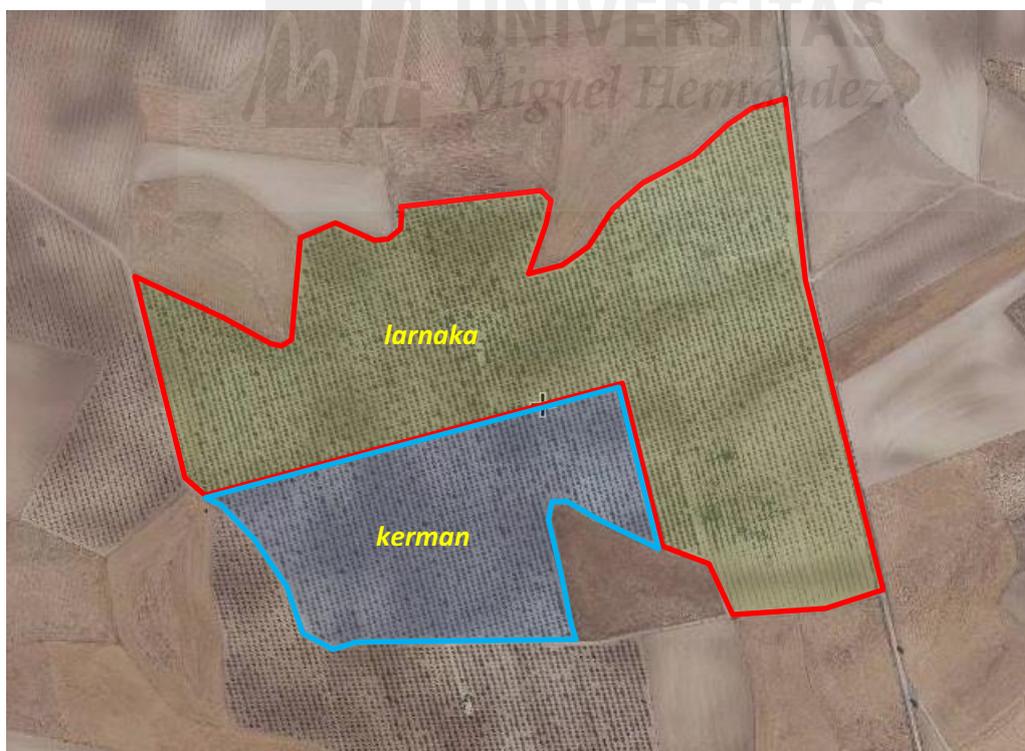
### 3 MATERIAL Y MÉTODOS

El muestreo es uno de los pasos más importantes para el diagnóstico de nutrición, ya que la variabilidad en el programa de análisis recae en este paso. Hay que seguir el protocolo del *Sistema Siddra* (Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendaciones de Abonado), es una aplicación informática desarrollada por Fertiberia en colaboración con las Universidades de Alicante (UA), Miguel Hernández (UMH) y la Politécnica de Valencia (UPV), siendo indispensable que las muestras obtenidas fuesen representativas de la población muestreada.

#### 3.1 MATERIAL

##### 3.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA

La parcela objeto de estudio está situada en el Término Municipal de Tembleque, en la provincia de Toledo (Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha). Ocupa una superficie total de 30,95 ha, de las cuales 22,09 ha son de la variedad *larnaka* y 8,86 ha son de la variedad *kerman*. (ver anexo I)



**Fotografía 7.** Plano de la parcela. (Sigpac V 3.5)

Hay plantado 7.679 pistachos, siendo 2.081 de la variedad *Kerman* y 5.598 de la variedad *Larnaka*, injertados ambas variedades sobre pie *Cornicabra* (*Pistacia*

*therebinthus*). El marco de plantación es de 7 x 5,5 m. Diámetro de la copa 5,5 metros. La textura del suelo es franco-arcillosa.

Sistema de riego localizado de alta frecuencia, con 2 tuberías porta emisores por línea de plantación, con 8 emisores por árbol con un caudal de 3,8 L/h por emisor.

Las dosis de riego (hora/día) se resumen en:

8 emisores x 3,8 l/h = 30,4 l/h pistacho
--

30,4 l/h x 7.679 pistachos = 233.441,6 l/h total
--



**Fotografía 8.** Parcela (Elaboración propia).

### 3.1.2 MATERIAL VEGETAL

#### 3.1.2.1 Variedades

##### 3.1.2.2 LARNAKA

Esta variedad es de las más productivas, y presenta una buena proporción de frutos cuajados. Es una variedad temprana. Su fruto es mediano (21x12x12 mm) y tiene bajas necesidades de horas de frío (750 HF) (ASAJA-Cuenca, 2006).



**Fotografía 9.** Árbol y fruto de la variedad *Larnaka* (Fuente propia).

### 3.1.2.3 *KERMAN*

Es la variedad más empleada, de buena calidad y tamaño de frutos. Es una variedad tardía, pero su floración únicamente se retrasa 15 días respecto a otras variedades más tempranas. Por ello, en superficies de cultivo grandes como nuestro caso, es recomendable diversificar las variedades a plantar para conseguir un escalonamiento de la cosecha. Sus frutos maduran en la primera quincena de septiembre.

*Kerman* tiene una excelente calidad y rendimiento, fácil desprendimiento del árbol durante su recolección, tamaño por encima de la media, desprendimiento de la cascara sin dificultad y fácil apertura. Requiere alrededor de 1.000 horas de frío invernal (Tecnología y Servicios Agrarios, S.A., 2011).



**Fotografía 10.** Árbol y fruto de la variedad *Kerman* (Fuente propia).



**Fotografía 11.** Diferencia de hoja y fruto de *Kerman* y *Larnaka* (Fuente propia).

### 3.1.3 PATRÓN

#### 3.1.3.1 CORNICABRA

La característica más importante es su rusticidad y excelente adaptación a suelos pobres, rocosos y calizos. Tiene un vigor moderado, pero posee buena afinidad con la mayor parte de las variedades. Cuando se utiliza como pie o portainjerto suele aparecer un engrosamiento en la zona de unión, debido a la diferencia de vigor con el cultivo. En productividad, estaría en segundo lugar, por debajo de *P. atlántica* (ASAJA-Cuenca, 2006).



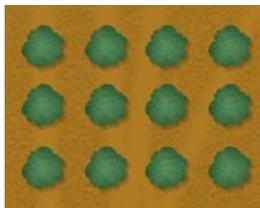
**Fotografía 12.** Engrosamiento producido por la unión de pie *Cornicabra* con *Kerman* (Fuente propia).



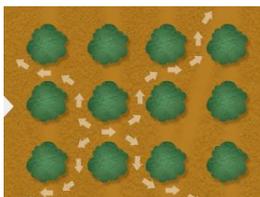
### 3.2 MÉTODOS

#### 3.2.1 TOMA DE MUESTRAS FOLIARES

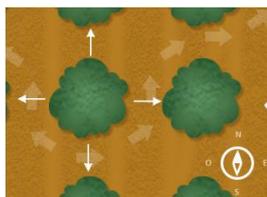
Basado en el Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendaciones de Abonado de Fertiberia (Sistema Siddra), se realizó el muestreo siguiendo las siguientes recomendaciones:



Dónde: se dividió la parcela en unidades de muestreo con características homogéneas.



Cómo: una vez delimitada la unidad de muestreo, se procedió a tomar las hojas de cada muestra. Se tomaron hojas en cuatro orientaciones (norte, sur, este, oeste)



Cuánto: se rellenaron al menos la mitad de cada sobre-muestra proporcionado por Fertiberia.

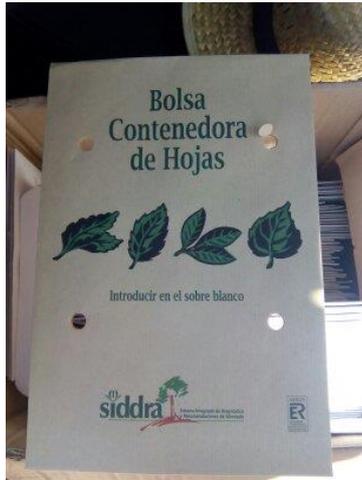


Qué: la muestra debe contener hojas enteras, con peciolo incluido. Se deben coger hojas sanas, libres de plagas y enfermedades, y sin haber sido tratadas recientemente.

**Figura 14.** Recomendaciones para la selección de muestras, Sistema Siddra de Fertiberia (Fertiberia, S.A., 2014).

A tener en cuenta:

- No se deben mezclar variedades.
- Es necesario contar con un peso seco de unos 20 gramos, que se corresponden con 200 gramos de peso fresco.
- El número de hojas que compondrá cada muestra será como mínimo de 100, menor para cultivos con hojas muy grandes.
- El tamaño de las hojas muestreadas debe ser similar para conseguir muestras lo más homogéneas posibles.
- El transporte de la muestra se realizará con bolsas de papel poroso y perforado, para así facilitar la evaporación de la humedad y con el fin de no provocar deterioros en las hojas por podredumbres.
- Cada bolsa con su muestra será etiquetada, y para poder identificarla se rellenará el cuestionario adjunto a cada sobre de análisis, dónde figurará además la fecha en la que se recogió la muestra y la finca de procedencia.
- Antes de enviar las muestras al Laboratorio Agronómico hay que introducir los cuestionarios. En la introducción de los cuestionarios deberá identificarse claramente la muestra como nuevo cultivo para el Sistema Siddra.



**Fotografía 13.** Bolsa contenedora de hojas (Elaboración propia).



**Fotografía 14.** Etiquetado de las bolsas (Elaboración propia).

El número de hojas por cada submuestra estaba comprendido entre 100-150 hojas, obteniéndose 30 muestras para cada variedad estudiada. Las muestras obtenidas fueron enviadas al laboratorio agronómico de Fertiberia para sus análisis. El número total de muestras para este estudio fue de 60 muestras, treinta para cada variedad.

Los elementos determinados en los análisis foliares fueron: Nitrógeno total (%), Fósforo total (%), Potasio total (%), Calcio total (%), Magnesio total (%), Hierro (ppm), Zinc (ppm), Manganeso (ppm), Cobre (ppm), Boro (ppm) y Sodio (ppm).

### 3.2.2 ESTADÍSTICA BÁSICA

Los parámetros estadísticos empleados son básicos para explicar y comprender los distintos métodos de interpretación. Entre ellos destacan la Normalidad y el Teorema Central del Límite.

La herramienta estadística más utilizada permite la separación de diversas fuentes de variación. Esta es el análisis de la varianza (ANOVA) (Massart et al., 1997). El objetivo del ANOVA es comparar los diversos valores medios para determinar si alguno de ellos difiere significativamente del resto.

### 3.2.3 PROGRAMA ESTADÍSTICO EMPLEADO

Para la realización de este TFG se empleó el programa de análisis bioestadístico Statgraphics X64 y el paquete Microsoft Excel 2010. Con estos programas se han realizado el análisis de datos estadísticos procedentes del laboratorio, y se ha procesado la información generada para su posterior estudio y análisis. Las posibilidades de cálculo estadístico que ofrecen estos programas son entre otras, la estadística básica, comparación de medias, análisis de varianza y comparación de rangos múltiples.

Aplicando el programa Excel, se han calculado las diferentes fórmulas correspondientes para obtener los *Rangos de Normalidad (RN)* para cada variedad estudiada.

### 3.2.4 METODOLOGÍA

Los resultados analíticos obtenidos de las muestras foliares fueron depurados y tratados estadísticamente para su evaluación e interpretación.

La estadística básica aplicada fue un análisis de varianza (ANOVA) y un contraste de Rangos Múltiples para cada variedad y cada elemento nutritivo (11 elementos).

Se realizaron los siguientes análisis de varianza y contraste de Rango Múltiple con los siguientes tamaños muestrales:

Entre variedades, 60 muestras repartidas de la siguiente manera:

- 30 muestras de *Kerman*
- 30 muestras de *Larnaka*

**Tabla 4.** Distribución de las muestras.

Variedad	Fecha	Número de muestras
<i>KERMAN</i>	10-junio	10
	10-julio	10
	10-agosto	10
<b>Total <i>KERMAN</i></b>		<b>30</b>
<i>LARNAKA</i>	10-junio	10
	10-julio	10
	10-agosto	10
<b>Total <i>LARNAKA</i></b>		<b>30</b>
<b>Total general</b>		<b>60</b>

#### **4 RESULTADOS Y DISCUSION**

Descrita la metodología con la cual se realizó el estudio, estos son los resultados y la discusión de los mismos.

Realizado el estudio de varianza (ANOVA), se observa diferencias significativas entre variedades. Al existir diferencias significativas entre las variedades, se realizó el contraste de Rango Múltiple para comprobar dónde se encontraban las diferencias significativas.

El estudio estadístico básico de los distintos nutrientes muestra la media de cada variedad y su error estándar, junto con el intervalo de cada muestra, límite máximo y mínimo. Cuando se ha observado que existen diferencias significativas entre variedades y los elementos nutritivos, se realiza el estudio estadístico de cada elemento respecto a cada variedad.

Los elementos que obtuvieron diferencias significativas en el estudio de comparación entre variedades fueron estudiados estadísticamente por separados, relacionando cada elemento nutritivo con las diferentes variedades y relacionándose las variedades entre ellas.

Los resultados del estudio estadístico de los elementos nutritivos (ANOVA), mostraron diferencias significativas. Se realizó la prueba de Rangos Múltiples, determinando qué medias son diferentes dentro de cada elemento y entre variedades. El resultado se presenta en una tabla de comparación múltiple donde se determinan qué medias son significativamente diferentes de otras. Los resultados del estudio estadístico de cada elemento son mostrados en tablas, donde se representa la Media y el Análisis Varianza.

El Rango de Normalidad de un nutriente en hoja representa el intervalo donde se encuentra la mayoría de la población. En este estudio no se encontró esta normalidad, ya que no se encontraron los elementos estudiados en un mismo intervalo.

Con este estudio se demuestra que existen diferencias significativas entre las distintas variedades para la mayoría de los elementos nutritivos. Por lo tanto, para realizar una correcta interpretación de análisis foliar en el cultivo del pistacho, sería correcto el uso de interpretaciones analíticas para las distintas

variedades, aun cuando estas pertenecen a un mismo grupo de clasificación. Por lo tanto, se obtienen nuevos Rangos de Normalidad para cada una de las variedades estudiadas (*Kerman* y *Larnaka*).

#### 4.1 COMPARACIÓN ENTRE VARIEDADES

En este apartado se realiza en primer lugar la tabla ANOVA, que descompone la varianza de los datos en dos componentes. Un componente entre grupos y un componente dentro de cada grupo. Además, se obtiene el *Valor-P* de la *Razón F*; si este valor es inferior a 0,05, hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias de las variables a un nivel de confianza del 95%, debiendo realizar los *Test de Rangos Múltiples*. En caso contrario, no existirían diferencias significativas, no siendo necesario realizar el *Test de Rangos Múltiples*.

**Tabla 5.** Resultados de los ANOVAS realizados por elementos.

Elemento Nutritivo	Resultado ANOVA
Nitrógeno (N)	SIG.
Fósforo (P)	SIG.
Potasio (K)	SIG.
Calcio (Ca)	SIG.
Magnesio (Mg)	SIG.
Hierro (Fe)	NO SIG.
Zinc (Zn)	NO SIG.
Manganeso (Mn)	NO SIG.
Cobre (Cu)	NO SIG.
Boro (B)	SIG.
Sodio (Na)	NO SIG.

Al existir diferencias significativas entre las variedades estudiadas, se realizó el *Contraste de Rango Múltiple*, comprobando dónde estaban las diferencias significativas.

Posteriormente se realiza una estadística básica de los distintos nutrientes respecto a las dos variedades (*Kerman* y *Larnaka*), mostrándose la *media* para

cada variedad y el *error estándar* de cada *media*, que es la media de su variedad en la muestra. Así mismo se muestra el intervalo que incluye cada media. Es decir, el límite máximo y mínimo de las medias.

#### 4.1.1 ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL NITRÓGENO

En el estudio estadístico del nitrógeno respecto a las dos variedades, se realizó un análisis de varianza de un factor, obteniéndose diferencias significativas entre variedades.

**Tabla 6.** ANOVA para Nitrógeno por variedad.

Fuente	Suma de cuadros	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1,92	1	1,92	34,37	0,00
Intra grupos	3,24	58	0,06		
Total (Corr.)	5,16	59			

La tabla ANOVA descompone la varianza de Nitrógeno en dos componentes: un componente “entre-grupos” y un componente “dentro-de-grupos”. La *Razón-F*, que en este caso es igual a 34,37, es el cociente entre el estimado “entre-grupos” y el estimado “dentro-de-grupo”. Puesto que el *Valor-P* de la *prueba-F* es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Nitrógeno entre variedades, con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, se realiza la prueba de Rangos Múltiples.

**Tabla 7.** Pruebas de Rangos Múltiples para Nitrógeno por variedad.

Variedad	Casos	Media	Grupos Homogéneos
<i>Kerman</i>	30	2,61	X
<i>Larnaka</i>	30	2,25	X
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
<i>Kerman-Larnaka</i>	*	0,36	0,12

\*indica una diferencia significativa

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar qué medias son significativamente diferentes de otras. El (\*) indica que se encuentran

diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. No existen diferencias estadísticamente significativas si se encuentra alineada la columna de las  $X$ 's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (*LSD*) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0%.

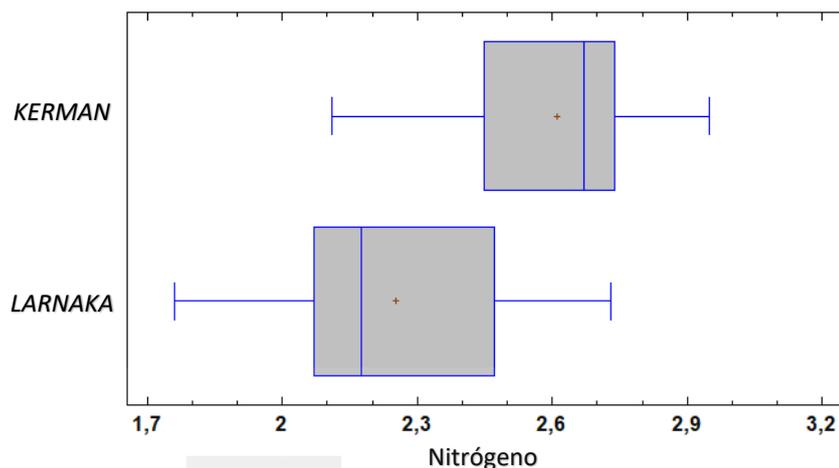


Figura 15. Diagrama de caja para Nitrógeno.

Tabla 8. Resumen Estadístico para Nitrógeno.

Variedad	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente variación	Mínimo	Máximo
<i>Kerman</i>	30	2,61	0,22	8,54%	2,11	2,95
<i>Larnaka</i>	30	2,25	0,25	11,06%	1,76	2,73
<b>TOTAL</b>	60	2,43	0,30	12,16%	1,76	2,95

La tabla 8 muestra las diferencias estadísticas para el nitrógeno para cada uno de los dos niveles de variedad. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar los promedios de los dos niveles.

#### 4.1.2 ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL FÓSFORO

En el estudio estadístico del Fósforo respecto a las dos variedades, se realizó un análisis de varianza de un factor, obteniéndose diferencias significativas entre variedades.

**Tabla 9.** ANOVA para Fósforo por variedad.

Fuente	Suma de cuadros	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,01	1	0,01	20,83	0,00
Intra grupos	0,03	58	0,00		
Total (Corr.)	0,04	59			

La tabla ANOVA descompone la varianza de Fósforo en dos componentes: un componente “entre-grupos” y un componente “dentro-de-grupos”. La *Razón-F*, que en este caso es igual a 20,83, es el cociente entre el estimado “entre-grupos” y el estimado “dentro-de-grupo”. Puesto que el *Valor-P* de la *prueba-F* es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Fósforo entre variedades, con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, se realiza la prueba de Rangos Múltiples.

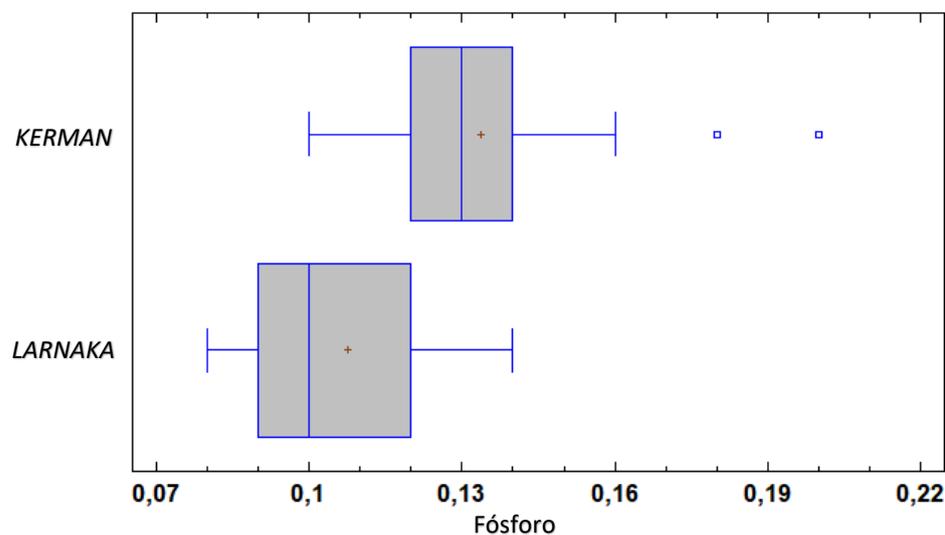
**Tabla 10.** Pruebas de Rangos Múltiples para Fósforo por variedad.

Variedad	Casos	Media	Grupos Homogéneos
<i>Kerman</i>	30	0,13	X
<i>Larnaka</i>	30	0,11	X
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
<i>Kerman-Larnaka</i>	*	0,03	0,01

\*indica una diferencia significativa

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar qué medias son significativamente diferentes de otras. El (\*) indica que se encuentran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. No existen diferencias estadísticamente significativas si se encuentra alineada la columna de las X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las

medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (*LSD*) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0%.



**Figura 16.** Diagrama de caja para Fósforo.

**Tabla 11.** Resumen Estadístico para Fósforo.

Variedad	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente variación	Mínimo	Máximo
<i>Kerman</i>	30	0,13	0,03	18,79%	0,1	0,2
<i>Larnaka</i>	30	0,11	0,02	17,19%	0,08	0,14
<b>TOTAL</b>	60	0,12	0,03	21,13%	0,08	0,2

La tabla 11 muestra las diferencias estadísticas para el fósforo para cada uno de los dos niveles de variedad. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar los promedios de los dos niveles.

### 4.1.3 ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL POTASIO

En el estudio estadístico del Potasio respecto a las dos variedades, se realizó un análisis de varianza de un factor, obteniéndose diferencias significativas entre variedades.

**Tabla 12.** ANOVA para Potasio por variedad.

Fuente	Suma de cuadros	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	15,18	1	15,18	178,30	0,00
Intra grupos	4,94	58	0,09		
Total (Corr.)	20,12	59			

La tabla ANOVA descompone la varianza de Potasio en dos componentes: un componente “entre-grupos” y un componente “dentro-de-grupos”. La Razón-F, que en este caso es igual a 178,30, es el cociente entre el estimado “entre-grupos” y el estimado “dentro-de-grupo”. Puesto que el Valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Potasio entre variedades, con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, se realiza la prueba de Rangos Múltiples.

**Tabla 13.** Pruebas de Rangos Múltiples para Potasio por variedad.

Variedad	Casos	Media	Grupos Homogéneos
<i>Kerman</i>	30	1,96	X
<i>Larnaka</i>	30	0,95	X
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
<i>Kerman-Larnaka</i>	*	1,01	0,15

\*indica una diferencia significativa

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar qué medias son significativamente diferentes de otras. El (\*) indica que se encuentran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. No existen diferencias estadísticamente significativas si se encuentra alineada la columna de las X`s. El método empleado actualmente para discriminar entre las

medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0%.

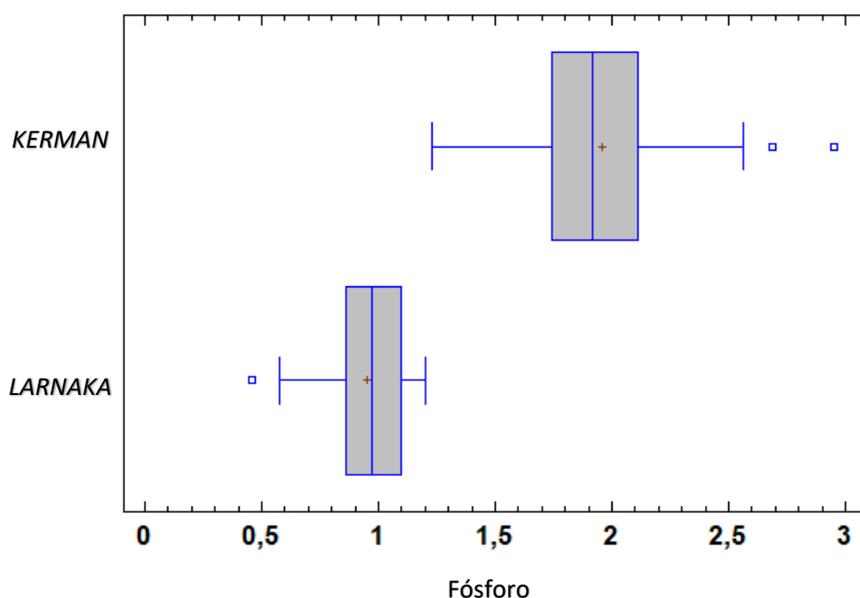


Figura 17. Diagrama de caja para Potasio.



Tabla 14. Resumen Estadístico para Potasio.

Variedad	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente variación	Mínimo	Máximo
<i>Kerman</i>	30	1,96	0,37	18,87%	1,23	2,95
<i>Larnaka</i>	30	0,95	0,18	19,29%	0,46	1,20
<b>TOTAL</b>	60	1,46	0,58	40,13%	0,46	2,95

La tabla 14 muestra las diferencias estadísticas para el potasio para cada uno de los dos niveles de variedad. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar los promedios de los dos niveles.

#### 4.1.4 ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL CALCIO

En el estudio estadístico del Calcio respecto a las dos variedades, se realizó un análisis de varianza de un factor, obteniéndose diferencias significativas entre variedades.

**Tabla 15.** ANOVA para Calcio por variedad.

Fuente	Suma de cuadros	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	9,34	1	9,34	17,44	0,0001
Intra grupos	31,06	58	0,54		
Total (Corr.)	40,40	59			

La tabla ANOVA descompone la varianza de Calcio en dos componentes: un componente “entre-grupos” y un componente “dentro-de-grupos”. La *Razón-F*, que en este caso es igual a 17,44, es el cociente entre el estimado “entre-grupos” y el estimado “dentro-de-grupo”. Puesto que el *Valor-P* de la *prueba-F* es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Calcio entre variedades, con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, se realiza la prueba de Rangos Múltiples.

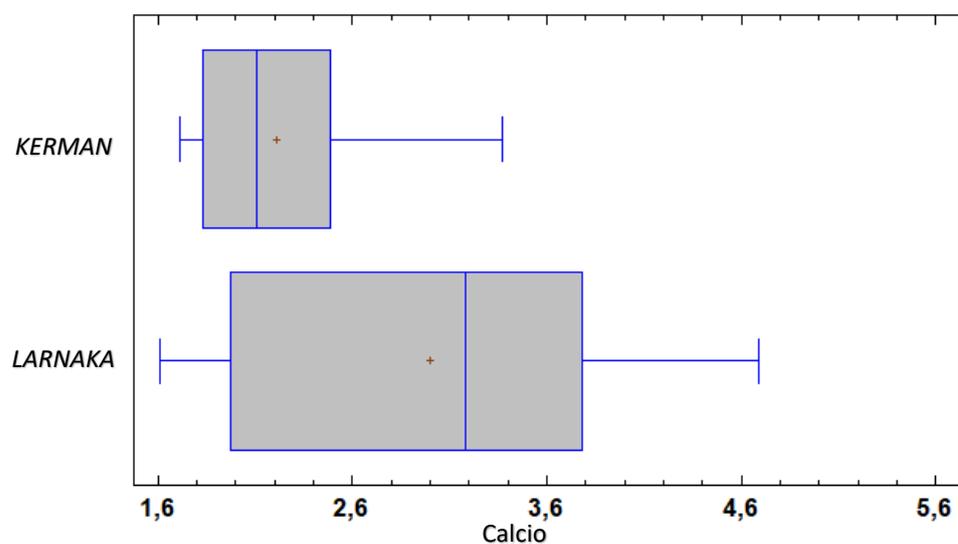
**Tabla 16.** Pruebas de Rangos Múltiples para Calcio por variedad.

Variedad	Casos	Media	Grupos Homogéneos
<i>Kerman</i>	30	2,21	X
<i>Larnaka</i>	30	3,00	X
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
<i>Kerman-Larnaka</i>	*	-0,79	0,38

\*indica una diferencia significativa

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar qué medias son significativamente diferentes de otras. El (\*) indica que se encuentran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. No existen diferencias estadísticamente significativas si se encuentra alineada la columna de las X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las

medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (*LSD*) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0%.



**Figura 18.** Diagrama de caja para Calcio.

**Tabla 17.** Resumen Estadístico para Calcio.

Variedad	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente variación	Mínimo	Máximo
<i>Kerman</i>	30	2,21	0,47	21,09%	1,71	3,37
<i>Larnaka</i>	30	3,00	0,93	30,85%	1,61	4,69
<b>TOTAL</b>	60	2,60	0,83	31,80%	1,61	4,69

La tabla 17 muestra las diferencias estadísticas para el calcio para cada uno de los dos niveles de variedad. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar los promedios de los dos niveles.

#### 4.1.5 ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL MAGNESIO

En el estudio estadístico del Magnesio respecto a las dos variedades, se realizó un análisis de varianza de un factor, obteniéndose diferencias significativas entre variedades.

**Tabla 18.** ANOVA para Magnesio por variedad.

Fuente	Suma de cuadros	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,15	1	0,15	8,26	0,0056
Intra grupos	1,07	58	0,02		
Total (Corr.)	1,22	59			

La tabla ANOVA descompone la varianza de Magnesio en dos componentes: un componente “entre-grupos” y un componente “dentro-de-grupos”. La *Razón-F*, que en este caso es igual a 8,26, es el cociente entre el estimado “entre-grupos” y el estimado “dentro-de-grupo”. Puesto que el *Valor-P* de la *prueba-F* es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Magnesio entre variedades, con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, se realiza la prueba de Rangos Múltiples.

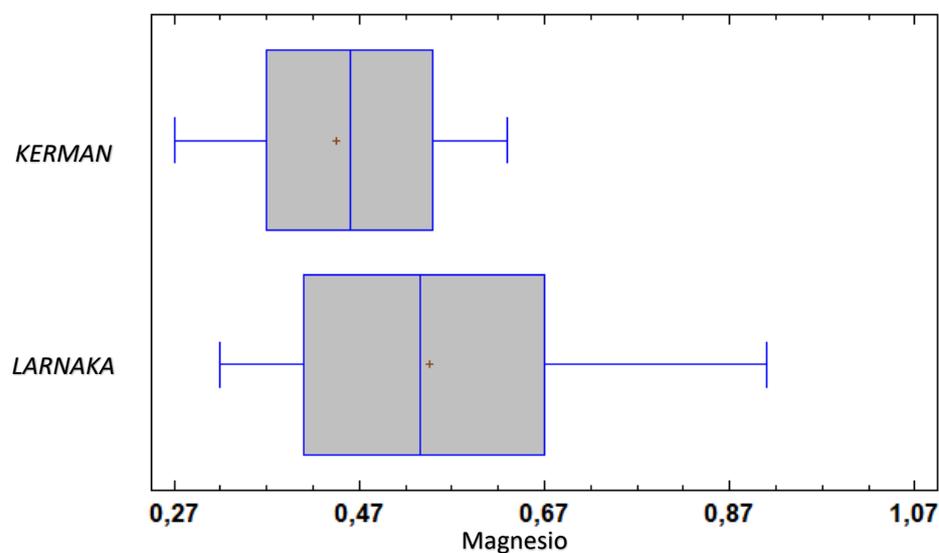
**Tabla 19.** Pruebas de Rangos Múltiples para Magnesio por variedad.

Variedad	Casos	Media	Grupos Homogéneos
<i>Kerman</i>	30	0,45	X
<i>Larnaka</i>	30	0,55	X
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
<i>Kerman-Larnaka</i>	*	-0,1007	0,07

\*indica una diferencia significativa

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar qué medias son significativamente diferentes de otras. El (\*) indica que se encuentran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. No existen diferencias estadísticamente significativas si se encuentra alineada la columna de las X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las

medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (*LSD*) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0%.



**Figura 19.** Diagrama de caja para Magnesio.

**Tabla 20.** Resumen Estadístico para Magnesio.

Variedad	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente de variación	Mínimo	Máximo
<i>Kerman</i>	30	0,45	0,11	25,25%	0,27	0,63
<i>Larnaka</i>	30	0,55	0,16	28,46%	0,32	0,91
TOTAL	60	0,50	0,14	29,00%	0,27	0,91

La tabla 20 muestra las diferencias estadísticas para el magnesio para cada uno de los dos niveles de variedad. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar los promedios de los dos niveles.

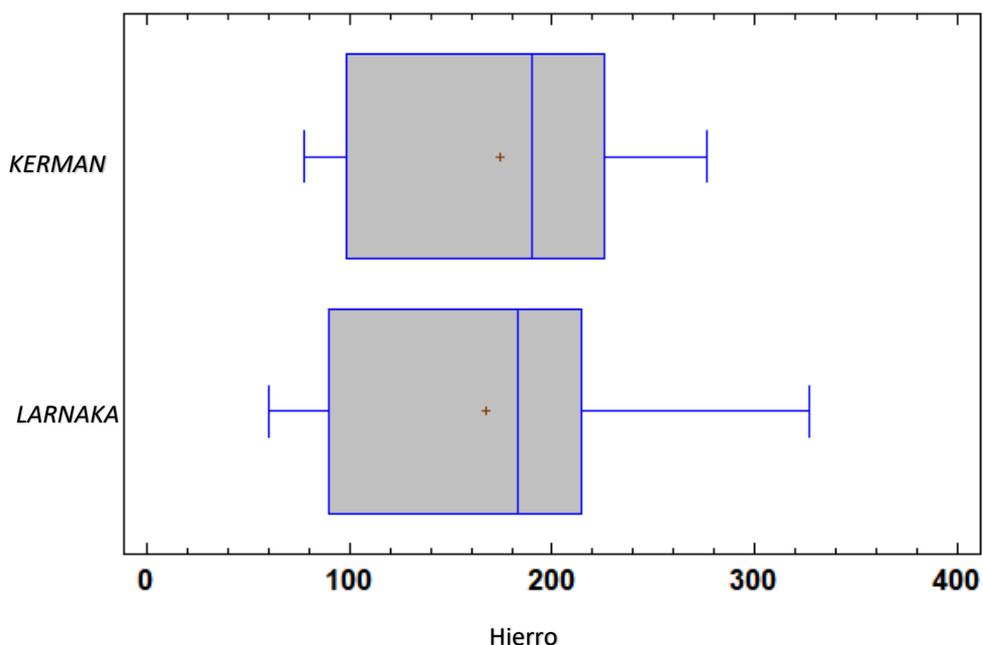
#### 4.1.6 ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL HIERRO

En el estudio estadístico del Hierro respecto a las dos variedades, se realizó un análisis de varianza de un factor, obteniéndose diferencias significativas entre variedades.

**Tabla 21.** ANOVA para Hierro por variedad.

Fuente	Suma de cuadros	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	814,02	1	814,02	0,16	0,69
Intra grupos	294667	58	5080,46		
Total (Corr.)	295481	59			

La tabla ANOVA descompone la varianza de Magnesio en dos componentes: un componente “entre-grupos” y un componente “dentro-de-grupos”. La Razón-F, que en este caso es igual a 0,16, es el cociente entre el estimado “entre-grupos” y el estimado “dentro-de-grupo”. Puesto que el Valor-P de la prueba-F es mayor o igual que 0,05, **NO** existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Hierro entre variedades, con un nivel del 95,0% de confianza. Por tanto, no se realiza la prueba de contraste de Rango Múltiple.



**Figura 20.** Diagrama de caja para Hierro.

**Tabla 22.** Resumen Estadístico para Hierro.

Variedad	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente variación	Mínimo	Máximo
<i>Kerman</i>	30	174,68	64,85	37,12%	77,10	276,4
<i>Larnaka</i>	30	167,31	77,18	46,13%	60,30	327,3
TOTAL	60	171,00	70,77	41,39%	60,30	327,3

La tabla 22 muestra las diferencias estadísticas para el hierro para cada uno de los dos niveles de variedad. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar los promedios de los dos niveles.

#### 4.1.7 ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL ZINC

En el estudio estadístico del Zinc, respecto a las dos variedades, se realizó un análisis de varianza de un factor, obteniéndose diferencias significativas entre variedades.

**Tabla 23.** ANOVA para Zinc por variedad.

Fuente	Suma de cuadros	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1245,61	1	1245,61	1,74	0,19
Intra grupos	41431,5	58	714,34		
Total (Corr.)	42677,1	59			

La tabla ANOVA descompone la varianza de Zinc en dos componentes: un componente “entre-grupos” y un componente “dentro-de-grupos”. La Razón-F, que en este caso es igual a 1,74, es el cociente entre el estimado “entre-grupos” y el estimado “dentro-de-grupo”. Puesto que el Valor-P de la prueba-F es mayor o igual que 0,05, **NO** existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Zinc entre variedades, con un nivel del 95,0% de confianza. Por tanto, no se realiza la prueba de contraste de Rango Múltiple.

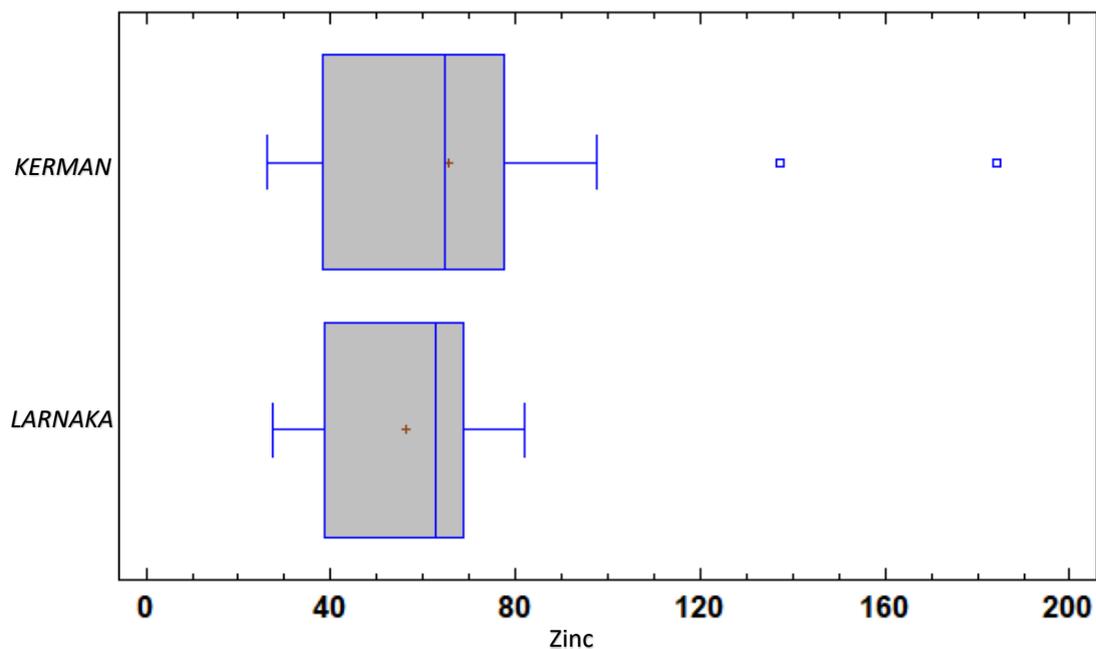


Figura 21. Diagrama de caja para Zinc.

Tabla 24. Resumen Estadístico para Zinc.

Variedad	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente variación	Mínimo	Máximo
<i>Kerman</i>	30	65,55	33,85	51,64%	26,1	184,32
<i>Larnaka</i>	30	56,44	16,82	29,79%	27,5	82,0
TOTAL	60	61,00	26,90	44,09%	26,1	184,32

La tabla 24 muestra los diferentes estadísticos para el zinc para cada uno de los dos niveles de variedad. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar los promedios de los dos niveles.

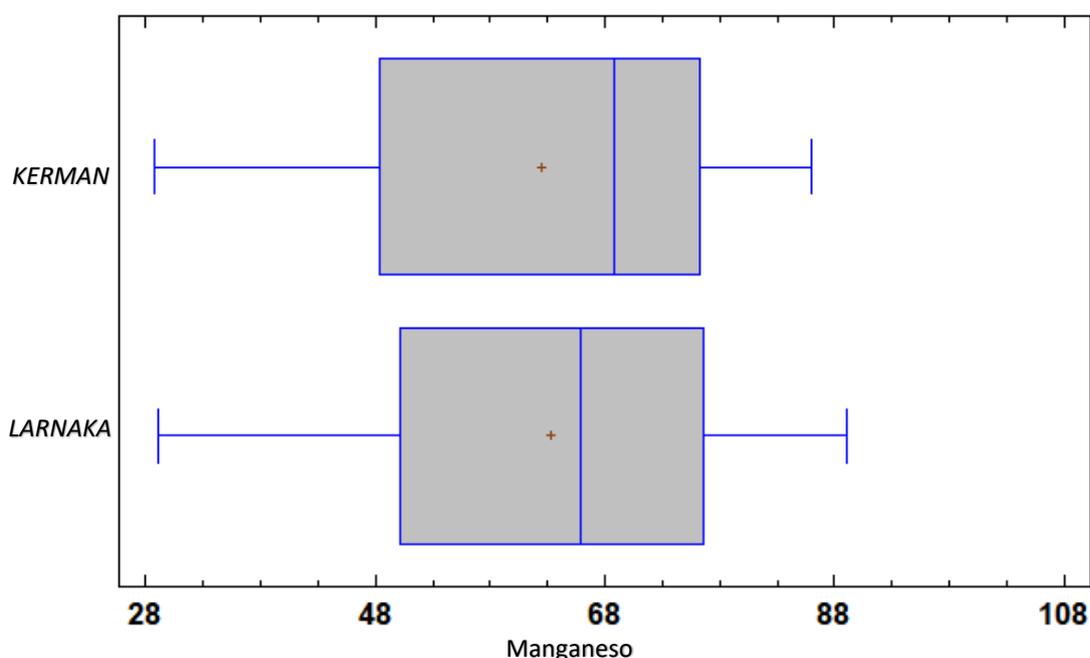
#### 4.1.8 ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL MANGANESO

En el estudio estadístico del Manganese, respecto a las dos variedades, se realizó un análisis de varianza de un factor, obteniéndose diferencias significativas entre variedades.

**Tabla 25.** ANOVA para Manganese por variedad.

Fuente	Suma de cuadros	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	10,67	1	10,67	0,04	0,85
Intra grupos	17351,8	58	299,17		
Total (Corr.)	17362,4	59			

La tabla ANOVA descompone la varianza de Manganese en dos componentes: un componente “entre-grupos” y un componente “dentro-de-grupos”. La Razón-F, que en este caso es igual a 1,74, es el cociente entre el estimado “entre-grupos” y el estimado “dentro-de-grupo”. Puesto que el Valor-P de la prueba-F es mayor o igual que 0,05, **NO** existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Manganese entre variedades, con un nivel del 95,0% de confianza. Por tanto, no se realiza la prueba de contraste de Rango Múltiple.



**Figura 22.** Diagrama de caja para Manganese.

**Tabla 26.** Resumen Estadístico para Manganeso.

Variedad	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente variación	Mínimo	Máximo
<i>Kerman</i>	30	62,49	16,91	27,06%	28,8	86,0
<i>Larnaka</i>	30	63,33	17,68	27,91%	29,0	89,0
TOTAL	60	62,91	17,15	27,27%	28,8	89,0

La tabla 26 muestra las diferencias estadísticas para el manganeso para cada uno de los dos niveles de variedad. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar los promedios de los dos niveles.

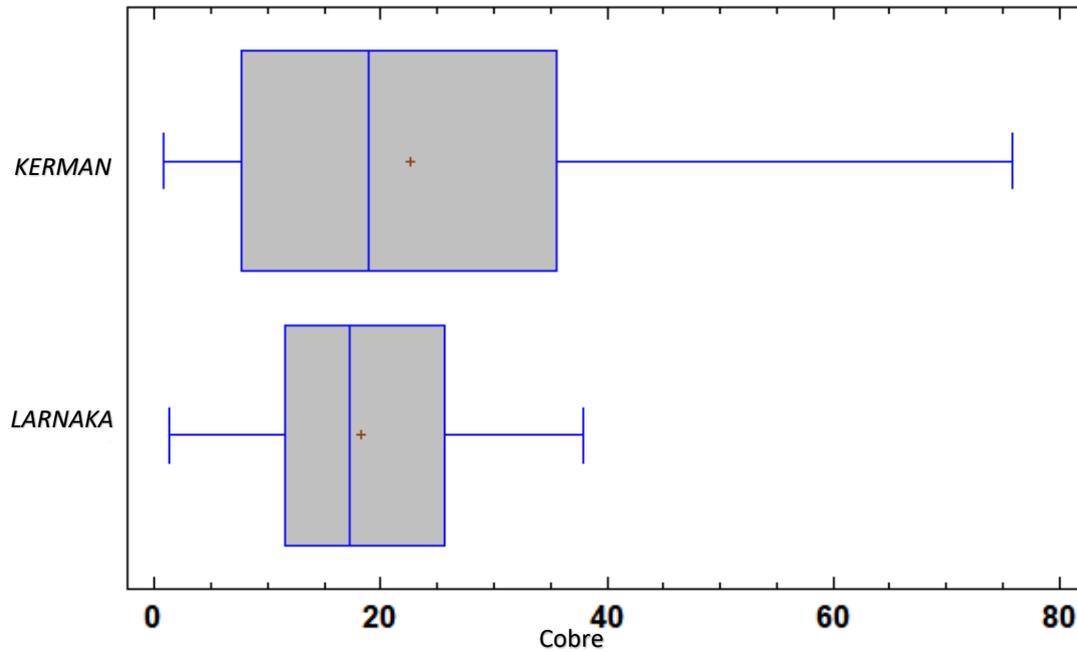
#### 4.1.9 ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL COBRE

En el estudio estadístico del Cobre, respecto a las dos variedades, se realizó un análisis de varianza de un factor, obteniéndose diferencias significativas entre variedades.

**Tabla 27.** ANOVA para Cobre por variedad.

Fuente	Suma de cuadros	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	305,10	1	305,10	1,54	0,22
Intra grupos	11489,3	58	198,09		
Total (Corr.)	11794,4	59			

La tabla ANOVA descompone la varianza de Cobre en dos componentes: un componente “entre-grupos” y un componente “dentro-de-grupos”. La Razón-F, que en este caso es igual a 1,54, es el cociente entre el estimado “entre-grupos” y el estimado “dentro-de-grupo”. Puesto que el Valor-P de la prueba-F es mayor o igual que 0,05, **NO** existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Cobre entre variedades, con un nivel del 95,0% de confianza. Por tanto, no se realiza la prueba de contraste de Rango Múltiple.



**Figura 23.** Diagrama de caja para Cobre.

**Tabla 28.** Resumen Estadístico para Cobre.

Variedad	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de variación	Mínimo	Máximo
<i>Kerman</i>	30	22,68	17,61	77,65%	0,8	75,8
<i>Larnaka</i>	30	18,17	9,28	51,08%	1,2	37,9
TOTAL	60	20,42	14,14	69,23%	0,8	75,8

La tabla 28 muestra las diferencias estadísticas para el cobre para cada uno de los dos niveles de variedad. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar los promedios de los dos niveles.

#### 4.1.10 ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL BORO

En el estudio estadístico del boro respecto a las dos variedades, se realizó un análisis de varianza de un factor, obteniéndose diferencias significativas entre variedades.

**Tabla 29.** ANOVA para Boro por variedad.

Fuente	Suma de cuadros	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	59579,1	1	59579,1	6,42	0,0140
Intra grupos	538278,	58	9280,65		
Total (Corr.)	597857,	59			

La tabla ANOVA descompone la varianza del Boro en dos componentes: un componente “entre-grupos” y un componente “dentro-de-grupos”. La *Razón-F*, que en este caso es igual a 6,42, es el cociente entre el estimado “entre-grupos” y el estimado “dentro-de-grupo”. Puesto que el *Valor-P* de la *prueba-F* es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Boro entre variedades, con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, se realiza la prueba de Rangos Múltiples.

**Tabla 30.** Pruebas de Rangos Múltiples para Boro por variedad.

Variedad	Casos	Media	Grupos Homogéneos
<i>Kerman</i>	30	201,68	X
<i>Larnaka</i>	30	264,7	X
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
<i>Kerman-Larnaka</i>	*	-63,02	49,79

\*indica una diferencia significativa

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar qué medias son significativamente diferentes de otras. El (\*) indica que se encuentran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. No existen diferencias estadísticamente significativas si se encuentra alineada la columna de las X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las

medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (*LSD*) de Fisher. Con este método hay un riesgo del 5,0%.

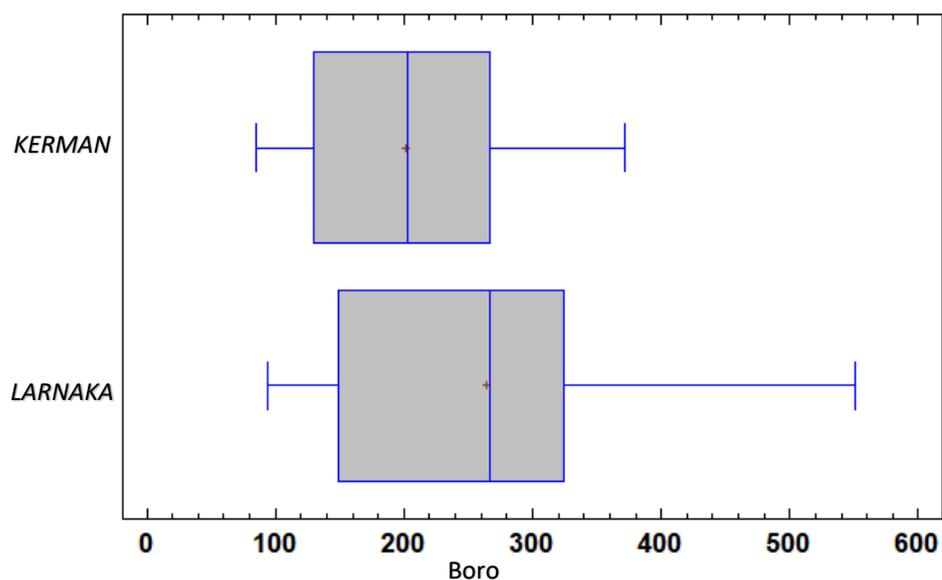


Figura 24. Diagrama de caja para Boro.



Tabla 31. Resumen Estadístico para Boro.

Variedad	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente variación	Mínimo	Máximo
<i>Kerman</i>	30	201,68	76,75	38,05%	85,1	371,1
<i>Larnaka</i>	30	264,7	112,57	42,53%	94,5	551,4
<b>TOTAL</b>	60	233,19	100,66	43,17%	85,1	551,4

La tabla 31 muestra las diferencias estadísticas para el boro para cada uno de los dos niveles de variedad. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar los promedios de los dos niveles.

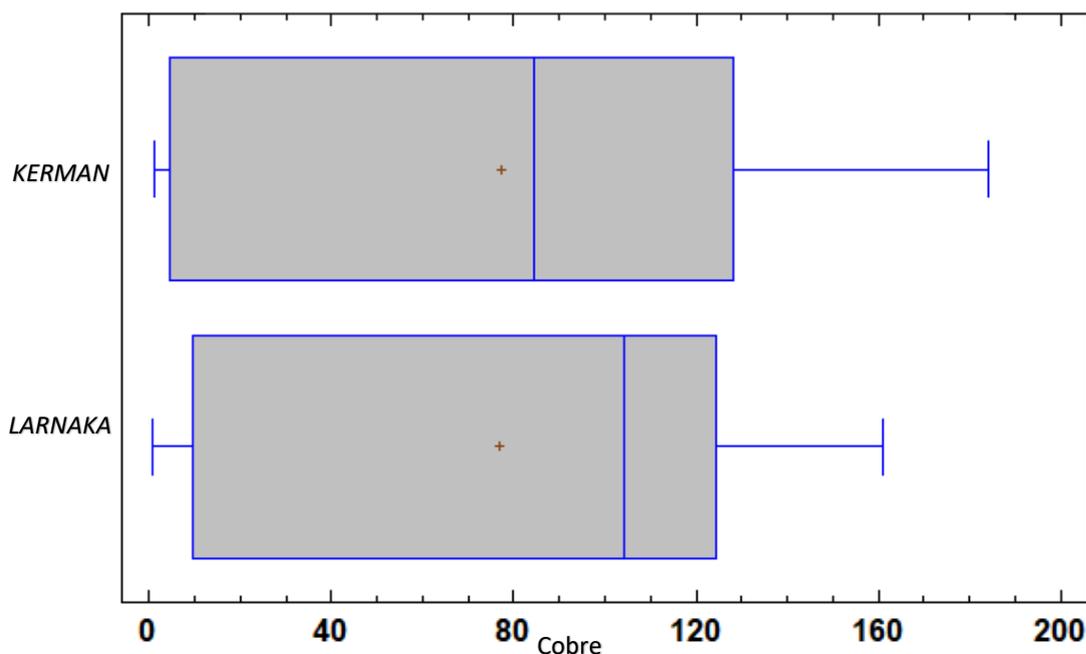
#### 4.1.11 ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL SODIO

En el estudio estadístico del Sodio, respecto a las dos variedades, se realizó un análisis de varianza de un factor, obteniéndose diferencias significativas entre variedades.

**Tabla 32.** ANOVA para Sodio por variedad.

Fuente	Suma de cuadros	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	3,6015	1	3,60	0,00	0,9745
Intra grupos	203068,	58	3501,16		
Total (Corr.)	203071,	59			

La tabla ANOVA descompone la varianza de Sodio en dos componentes: un componente “entre-grupos” y un componente “dentro-de-grupos”. La Razón-F, que en este caso es igual a 0,00, es el cociente entre el estimado “entre-grupos” y el estimado “dentro-de-grupo”. Puesto que el Valor-P de la prueba-F es mayor o igual que 0,05, **NO** existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Sodio entre variedades, con un nivel del 95,0% de confianza. Por tanto, no se realiza la prueba de contraste de Rango Múltiple.



**Figura 25.** Diagrama de caja para Sodio.

**Tabla 33.** Resumen Estadístico para Sodio.

Variedad	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente de variación	Mínimo	Máximo
<i>Kerman</i>	30	77,37	59,29	76,64%	1,0	184,3
<i>Larnaka</i>	30	76,88	59,05	76,81%	0,9	161,0
TOTAL	60	77,12	58,67	76,07%	0,9	184,3

La tabla 33 muestra las diferencias estadísticas para el sodio para cada uno de los dos niveles de variedad. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar los promedios de los dos niveles.



## 4.2 RANGOS DE NORMALIDAD

El Rango de Normalidad de un nutriente en hoja representa el intervalo donde se encuentra la mayoría de la población, y en el que la planta no presenta excesos ni carencias nutritivas. Aquellos valores que se desvían de dicho intervalo deben ser corregidos, siempre y cuando las condiciones de cultivo lo permitan.

Al mostrarse que existen diferencias significativas entre las dos variedades para alguno de los elementos nutritivos (N, P, K, Ca, Mg, B), se obtienen los rangos de normalidad para cada una de estas variedades.

**Tabla 34.** Cálculo de los intervalos en los Rangos de Normalidad

Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto
< media-2sd	media-2sd	media±sd	media+2sd	>media+2sd

El intervalo “normal” se calcula como la media aritmética ( $\pm$ ) la desviación típica (sd). Para el valor “alto”, la media aritmética más dos veces la desviación típica (sd); y la media aritmética menos la desviación típica (sd) para el valor “bajo”. Para los intervalos “muy bajo” y “muy alto” se procede de igual forma, pero con el doble de la desviación típica (sd). Este proceso se repite para cada nutriente en el que existan diferencias significativas.

**Tabla 35.** Resumen de resultados de la desviación estándar y de la media.

Nutriente	KERMAN		LARNAKA	
	Desviación Standar	Media	Desviación Standar	Media
Nitrógeno	0,22	2,61	0,25	2,25
Fósforo	0,03	0,13	0,02	0,11
Potasio	0,37	1,96	0,18	0,95
Calcio	0,47	2,21	0,92	3,00
Magnesio	0,11	0,45	0,16	0,55
Boro	76,75	201,68	112,57	264,70

**Tabla 36.** Estándares de análisis foliar para determinar el estado nutricional del pistacho, variedad *Kerman*. (Basado en hojas maduras de ramas no fructíferas).

Elemento	Unidad	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto
Nitrógeno	%	< 2,16	2,16 – 2,39	2,39 – 2,83	2,83 – 3,06	> 3,06
Fósforo	%	< 0,08	0,08 – 0,11	0,11 – 0,16	0,16 – 0,18	> 0,18
Potasio	%	< 1,22	1,22 – 1,59	1,59 – 2,33	2,33 – 2,70	> 2,70
Calcio	%	< 1,28	1,28 – 1,74	1,74 – 2,67	2,67 – 3,14	> 3,14
Magnesio	%	< 0,22	0,22 – 0,33	0,33 – 0,56	0,56 – 0,67	> 0,67
Boro	ppm	< 48,18	48,18 – 124,93	124,93 – 278,42	278,42 – 355,17	> 355,17

**Tabla 37.** Estándares de análisis foliar para determinar el estado nutricional del pistacho, variedad *Larnaka*. (Basado en hojas maduras de ramas no fructíferas).

Elemento	Unidad	Muy Bajo	Bajo	Normal	Alto	Muy Alto
Nitrógeno	%	< 1,75	1,75 – 2,00	2,00 – 2,50	2,50 – 2,75	> 2,75
Fósforo	%	< 0,07	0,07 – 0,09	0,09 – 0,13	0,13 – 0,14	> 0,14
Potasio	%	< 0,58	0,58 – 0,77	0,77 – 1,14	1,14 – 1,32	> 1,32
Calcio	%	< 1,15	1,15 – 2,07	2,07 – 3,92	3,92 – 4,84	> 4,84
Magnesio	%	< 0,24	0,24 – 0,39	0,39 – 0,70	0,70 – 0,86	> 0,86
Boro	ppm	< 39,57	39,57 – 152,13	152,13 – 377,27	377,27 – 489,83	> 489,83

En relación a los resultados obtenidos para los Rangos de Normalidad en el cultivo de pistacho en España (tabla 36 y 37), y comparándolos entre sí, podemos indicar lo siguiente:

## 4.3 DISCUSION

### 4.3.1 DISCUSION ENTRE VARIEDADES NACIONALES

Con los elementos que obtuvieron diferencias significativas, se comparan las dos variedades y discutimos lo siguiente:

**Tabla 38.** Comparativa entre variedad *Kerman* y *Larnaka* nacionales

Elemento	<i>Kerman</i>	<i>Larnaka</i>
N	2,39 – 2,83	2,00 – 2,50
P	0,11 – 0,16	0,09 – 0,13
K	1,59 – 2,33	0,77 – 1,14
Ca	1,74 – 2,67	2,07 – 3,92
Mg	0,33 – 0,56	0,39 – 0,70
B	124,93 – 278,42	152,13 – 377,27

Nitrógeno: la variedad *Kerman* es más tardía que la variedad *Larnaka*, el nitrógeno ayuda a mejorar el crecimiento de los brotes por lo que su valor es mayor para la variedad *Kerman*.

Fósforo: la deficiencia de fósforo en pistacho reduce la calidad del producto. La variedad *Kerman* es de mayor calidad que la variedad *Larnaka*, de ahí que su valor sea mayor.

Potasio: la variedad *Kerman* es de más calidad que la variedad *Larnaka*, el potasio transporta los azúcares, controla los estomas y hace de cofactor de muchas enzimas de ahí que el valor del potasio sea mayor en la variedad *Kerman*.

Calcio: la variedad *Larnaka* tiene un calibre mayor que la *Kerman*. El calcio es un elemento fundamental en las paredes celulares, por eso la variedad *Larnaka* tiene un valor superior al de la variedad *Kerman*.

Magnesio: es muy parecido el valor entre las dos variedades, ya que las moléculas clorofílicas serían necesarias por igual tanto en la variedad *Kerman* como en la variedad *Larnaka*. Esa pequeña diferencia que hay entre ambas es debido a que la hoja de la variedad *Larnaka* es algo mayor que la hoja de la variedad *Kerman*.

Boro: es mayor en la variedad *Larnaka* ya que es la que mayor número de frutos cuajados tiene (más productiva), necesita de mayor participación en el metabolismo y transporte de azúcares que la variedad *Kerman*.

#### 4.3.2 DISCUSION ENTRE *KERMAN* ESPAÑOL Y *KERMAN* CALIFORNIANO

Con los datos obtenidos de nuestra variedad *Kerman* en España, se comparan con los resultados de la variedad *Kerman* en EEUU (California) y discutimos lo siguiente:

**Tabla 39.** Comparativa entre *Kerman* Español y *Kerman* California

DISCUSIÓN		
Elemento	<i>Kerman</i> (España)	<i>Kerman</i> (California)
N	2,39 – 2,83	2,2 - 2,5
P	0,11 – 0,16	0,14 - 0,17
K	1,59 – 2,33	1,8 - 2
Ca	1,74 – 2,67	1,3 - 4
Mg	0,33 – 0,56	0,6 - 1,2
B	124,93 – 278,42	150 - 250

Se observa que no existe mucha disparidad entre los valores de la variedad *Kerman* de España y la variedad *Kerman* de California son bastante parecidos. Se puede decir que las diferencias climáticas, el tipo de suelo, y las aguas de riego, pueden ser los motivos de estas pequeñas diferencias.

## 5 CONCLUSIONES

Las conclusiones obtenidas en el trabajo “INTERPRETACIÓN FOLIAR DEL CULTIVO DEL PISTACHO CON RANGOS DE NORMALIDAD” cuyo objetivo es obtener las tablas de interpretación foliar con Rangos de Normalidad para el cultivo del pistacho a nivel nacional, son las siguientes:

- Por vez primera en España, se establecen los valores específicos para las variedades *Kerman* y *Larnaka* con rangos de normalidad para los principales macronutrientes y micronutrientes en el cultivo del pistacho.
- El uso de estas tablas específicas para cada variedad en las condiciones edafoclimáticas para España, puede ayudar a mejorar el estado nutricional de las plantaciones, y por tanto ayudar a incrementar las producciones.

CONCLUSION		
ELEMENTO	<i>KERMAN</i>	<i>LARNAKA</i>
Nitrógeno	2,39 – 2,83	2,00 – 2,50
Fósforo	0,11 – 0,16	0,09 – 0,13
Potasio	1,59 – 2,33	0,77 – 1,14
Calcio	1,74 – 2,67	2,07 – 3,92
Magnesio	0,33 -0,56	0,39 -0,70
Boro	124,93 – 278,42	152,13 – 377,27

## BIBLIOGRAFÍA

- Arakelian, J. P. (2015). *El pistacho, una alternativa que tiene buenos mercados*. Cuenca.
- ASAJA-Cuenca. (2006). *Formas Alternativas de Ocupación y Formación continua en Agricultura*. Madrid.
- Cadahia, C. (2005). Fertilización: cultivos hortícolas y ornamentales. En C. Cadahia, *Fertilización: cultivos hortícolas y ornamentales*. Madrid: 3ª Ed. Mundi-Prensa,.
- Couceiro López, J., Guerrero Villaseñor, J., Gijón López, M. C., Moriana Elvira, A., Pérez López, D., & Rodríguez de Francisco, M. (2017). *El Cultivo del Pistacho*. Mundi-Prensa.
- Couceiro López, J., Guerrero Villaseñor, J., Gijón López, M., Moriana Elvira, A., Pérez López, D., & Rodríguez de Francisco, M. (2013). *El Cultivo del Pistacho*. Mundi Prensa.
- FAO/STAT. (18 de MARZO de 2019). Obtenido de <http://www.fao.org/faostat/es/#search/Pistachos>
- Ferguson, L. (2008). *Physiology and Botany*. California: University of California Dawis.
- Fertiberia. (2018). *Notas Internas sobre la Fertilización del Pistacho*. Madrid.
- Fertiberia, S.A. (2014). *Protocolo Sistema Siddra*. Madrid: Servicio Agronómico.
- Gimeno Pérez, H. (2009). Normas de Interpretación foliar CND, DRIS y M-DRIS en el grupo varietal Navel.
- Gimeno Pérez, H. (2013). *Fertilización en Pistacho: Fundamentos y cálculos hídricos*.
- Hallmark, W. (1991). An update in the use of the diagnosis and recommendation integrated system. Review. J. Fert. Iss. En R. Beverly, *An update in the use of the diagnosis and recommendation integrated system. Review. J. Fert. Iss.*
- Ignasi Batle, M. A. (1999). *Posibilidades del Cultivo del Pistacho en España*. Tarragona: IRTA.
- Ignasi Batlle, M. A. (s.f.). Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentaries (IRTA).
- IRTA. (s.f.).
- Küden, A., Polat, A., & Kasha, N. (1995). *Effect of dormancy breaking chemicals on the release from dormancy of some apricot cultivars*.
- Lucena, J. (1997). Methods of diagnosis of mineral nutrition of plants critical review. Acta Hort (ISHS).
- Martínez Valero, R. (1981). *Nuevas variedades murcianas de albaricoquero denominadas "clase"*.
- Massart, D., Vandeginste, B., Buydens, L., De Jons, S., Lewi, P., & Smeyers-Verbeke, J. (1997). *Handbook of Chemometrics and Qualimetrics*. 886.

- Mazón, M. C. (1999). *Enfrentamiento y Actualidad*. Universidad Pontificia Comillas.
- Ministerio de Agricultura, P. y. (2017). *Análisis provincial de superficies, árboles diseminados, rendimiento y producción*.
- Mourao, F. (2004). Dris: Concepts and applications on nutritional. Diagnosis in fruit crops. Sci. Agric.
- Prevoty, P. y. (1956). Methode d` utilisation du diagnostic foliaire. Analyses, de Plantes et Proble`mes de fumures minerals. Vle. Congr. Intern. Sci. du Sol. Paris.
- Rodriguez, O., & Rodríguez, V. (2000). Desarrollo, determinación e interpretación de normas DRIS para el diagnóstico nutricional en plantas. En O. y. Rodriguez.
- Ruíz, P. (1980). Estadística Aplicada a la investigación agraria. *Serv. Pub. Ministerio Agricultura*, 369.
- Sumner, M. (1987). *Field experimentation. Changing to meet current and future needs*.
- Tecnología y Servicios Agrarios, S.A. (2011). *Estudio del Sector de Frutos cáscara*.
- Ulrich. (1948). *Plant Analysis as a Guide in Fertilizing Grops*. California (EE.UU).
- Valseco. (2009). *Cultivo Moderno del Pistachero*. (vaselco, Productor) Obtenido de [www.vaselco.com](http://www.vaselco.com): [http://www.vaselco.com/descargas/PISTACHO\\_ES.pdf](http://www.vaselco.com/descargas/PISTACHO_ES.pdf)
- Vargas, F., Romero, M., Plana, J., Rovira, M., & Battle, I. (1995). *Characterization and behaviour of pistachio cultivars in California (Spain)*. (A. Küden, N. Kaska, L. Ferguson, & T. Michailides, Edits.)
- Walworth, J., & Summer, M. (1987). *The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS)*. *Adv. Soil Sci*.

**ANEXOS**



## ANEXO I: SUPERFICIE Y PARCELA VARIEDAD “Kerman”

 <p>GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN</p>	<b>DATOS IDENTIFICATIVOS SIGPAC</b>	
	Provincia: 45 - TOLEDO	
<p>Variedad <i>kerman</i></p>	Agregado: 0	Zona: 0
	Polígono: 57	Parcela: 82
	Referencia Catastral: 45167A057000820000UW	



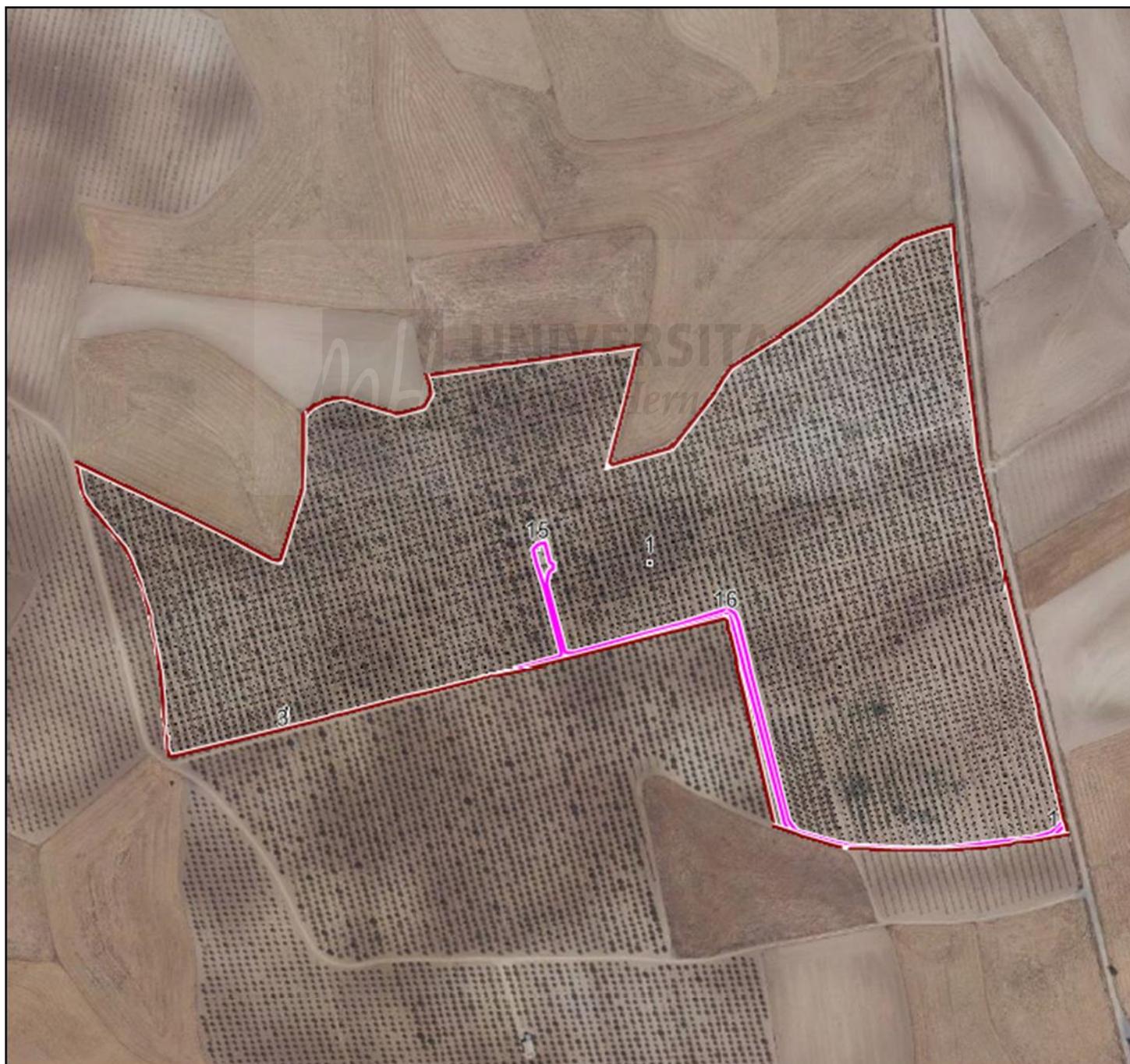
RESUMEN DATOS POR RECINTO				
RECINTO	SUPERFICIE (ha)	PENDIENTE (%)	USO	Nº ÁRBOLES
1	8,7494	0,70	Frutos secos	2065
2	0,0091	0,50	Improductivos	-----
3	0,0460	0,70	Improductivos	-----
4	0,0381	0,80	Frutos secos	16
5	0,0035	0,80	Improductivos	-----
6	0,0052	0,80	Improductivos	-----

RESUMEN DATOS DE LA PARCELA	
USO	SUPERFICIE (ha) TOTAL
Frutos secos	8,7875
Improductivos	0,0638
Sup. Total	8,8513

UNIVERSITAS  
Miguel Hernández

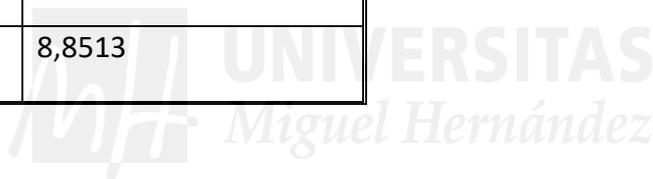
## SUPERFICIE Y PARCELA VARIEDAD “Larnaka”

  <p>GOBIERNO DE ESPAÑA</p>	<p>MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN</p>	<b>DATOS IDENTIFICATIVOS SIGPAC</b>	
		Provincia: 45 - TOLEDO	
<p><b>Variedad <i>laraka</i></b></p>		Municipio: 167 - TEMBLEQUE	
		Agregado: 0	Zona: 0
		Polígono: 57	Parcela: 76
		Referencia Catastral: 45167A057000760000UZ	



RESUMEN DATOS POR RECINTO				
RECINTO	SUPERFICIE (ha)	PENDIENTE (%)	USO	Nº ÁRBOLES
1	21,5897	1,40	Frutos secos	5487
15	0,2975	1,60	Improductivos	61
16	0,1949	1,10	Frutos secos	46
17	0,0118	2,20	Pasto arbustivo	4

RESUMEN DATOS DE LA PARCELA	
USO	SUPERFICIE (ha) TOTAL
Frutos secos	21,7846
Improductivos	0,2975
Pasto arbustivo	0,0118
Sup. Total	8,8513



## ANEXO II: ANÁLISIS *Kerman*



Referencia Nº: 02/07/2018  
Boletín editado el: 19/09/2019

### Datos del Consultante

FERTIBERIA LA MANCHA, S.L. .  
CTRA. DE ALBACETE, KM. 70  
16200 MOTILLA DEL PALANCAR (CUENCA )



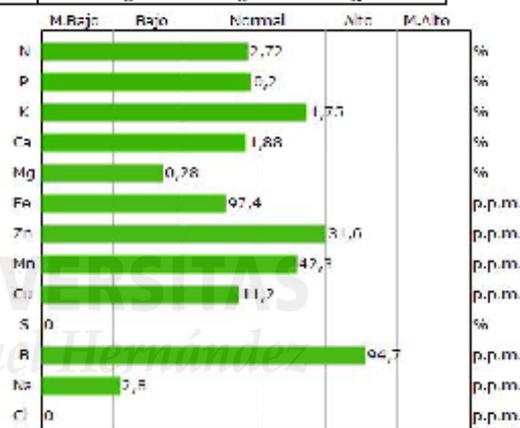
### DATOS DE FINCA, PARCELA Y CULTIVO

Finca: 2018 PISTACHO      Cultivo: PISTACHO/P. TEREBINTHUS (comicabra)KERMAN  
Parcela: KERMAN      Producción: 2000 Kg/Ha  
Catastro: Polígono 1 Parcela 1      Tipo: Goteo  
Localidad: TEMBLEQUE      Superficie: 50 Ha  
C.P.: 45780 (TOLEDO )      Identificación:

### Resultado del Análisis Vegetal

Laboratorio Agronómico Avda. Reina Mercedes 4B Edificio CITIUS 1, 41012 SEVILLA	muestra nº V-261031	
---	------------------------	--

Elemento	Unidad	Valor
Nitrogeno	%	2,72
Fósforo	%	0,2
Potasio	%	1,75
Calcio	%	1,88
Magnesio	%	0,28
Azufre	%	0
Hierro	p.p.m.	97
Zinc	p.p.m.	32
Manganeso	p.p.m.	42
Cobre	p.p.m.	11
Boro	p.p.m.	95
Sodio	p.p.m.	3
Cloro	p.p.m.	0



### Interpretación del Análisis

Los datos analíticos han sido interpretados por el Sistema SIDDRA según los Rangos de Normalidad (RN). El diagnóstico tradicional de Rangos de Normalidad nos indica los niveles de un nutriente con respecto a unas normas fijas. El nivel de nitrógeno en hoja es normal. El nivel de fósforo en hoja es normal. El nivel de potasio en hoja es normal. El nivel de calcio en hoja es normal. El nivel de magnesio en hoja es bajo. El nivel de hierro en hoja es normal. El nivel de zinc en hoja es normal. El nivel de manganeso en hoja es normal. El nivel de cobre en hoja es normal.

### Recomendación de Fertilización

Fertilizantes	Kg/Ha
---------------	-------

### Fdo. Técnico Agronómico



Empresa certificada con número de registro: E-401021990, E-406031997, E-403961997, E-401301990, E-403541997

Los métodos analíticos utilizados para las determinaciones son los oficiales del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación



Abone con Fertiberia.  
Le garantizamos la mejor  
nutrición para sus cultivos.

Fertiberia, S.A. Paseo de la Castellana 259 D. 28046 MADRID. CIF A 28166203

# ANÁLISIS Larnaka



Referencia Nº: 02/07/2018  
Boletín editado el: 19/09/2019

## Datos del Consultante

FERTIBERIA LA MANCHA, S.L. .  
CTRA. DE ALBACETE, KM. 70  
16200 MOTILLA DEL PALANCAR (CUENCA )



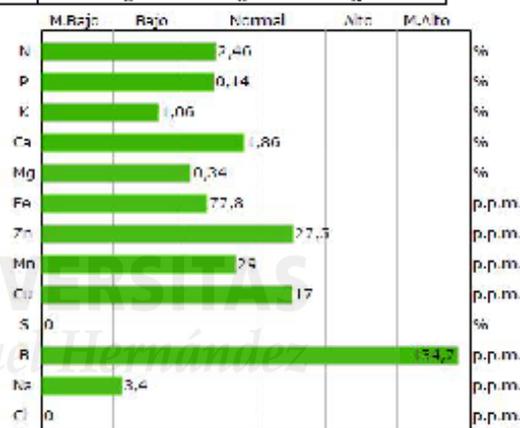
## DATOS DE FINCA, PARCELA Y CULTIVO

Finca:	2018 PISTACHO	Cultivo:	PISTACHO/P. TEREBINTHUS (comicabra)LARNAKA
Parcela:	LARNAKA	Producción:	2000 Kg/Ha
Catastro:	Polígono 1 Parcela 1	Tipo:	Goteo
Localidad:	TEMBLEQUE	Superficie:	50 Ha
C.P.:	45780 (TOLEDO )	Identificación:	

## Resultado del Análisis Vegetal

Laboratorio Agronómico Avda. Reina Mercedes 4B Edificio CITIUS 1, 41012 SEVILLA	muestra nº V-261042	
---	------------------------	--

Elemento	Unidad	Valor
Nitrogeno	%	2,46
Fósforo	%	0,14
Potasio	%	1,06
Calcio	%	1,86
Magnesio	%	0,34
Azufre	%	0
Hierro	p.p.m.	78
Zinc	p.p.m.	28
Manganeso	p.p.m.	29
Cobre	p.p.m.	17
Boro	p.p.m.	135
Sodio	p.p.m.	3
Cloro	p.p.m.	0



## Interpretación del Análisis

Los datos analíticos han sido interpretados por el Sistema SIDDRA según los Rangos de Normalidad (RN). El diagnóstico tradicional de Rangos de Normalidad nos indica los niveles de un nutriente con respecto a unas normas fijas. El nivel de nitrógeno en hoja es normal. El nivel de fósforo en hoja es normal. El nivel de potasio en hoja es bajo. El nivel de calcio en hoja es normal. El nivel de magnesio en hoja es normal. El nivel de hierro en hoja es normal. El nivel de zinc en hoja es normal. El nivel de manganeso en hoja es normal. El nivel de cobre en hoja es normal.

## Recomendación de Fertilización

Fertilizantes	Kg/Ha
---------------	-------

## Fdo. Técnico Agronómico



Empresa certificada con número de registro: E401021990, E400031997, E400601997, E401001990, E400541997

Los métodos analíticos utilizados para las determinaciones son los oficiales del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación



Abone con Fertiberia.  
Le garantizamos la mejor  
nutrición para sus cultivos.

Fertiberia, S.A. Paseo de la Castellana 259. D. 28046 MADRID. CIF: A 28166203