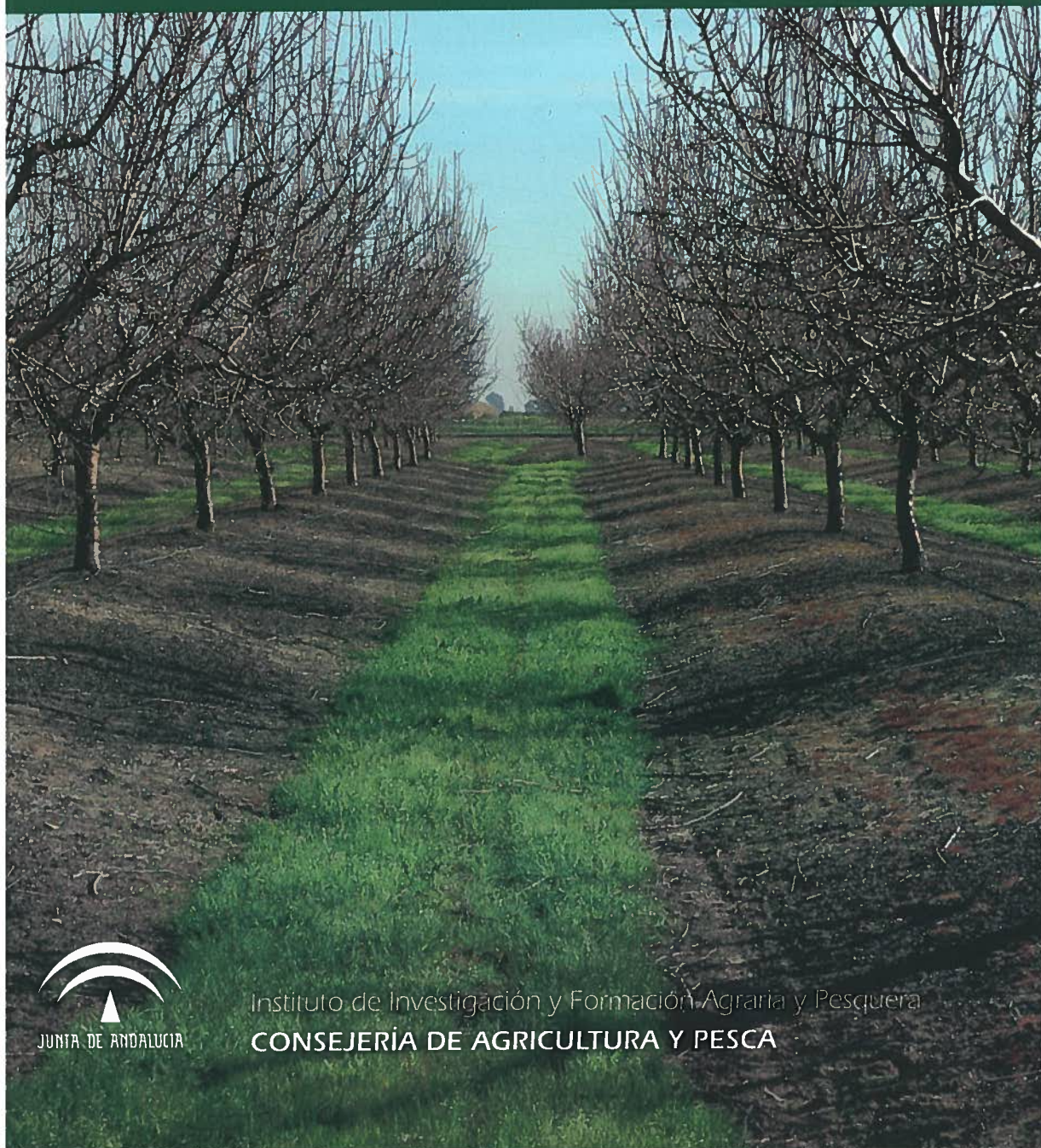


Caracterización del medio físico de la zona regable de Jerez de la Frontera y su adaptación para el cultivo de frutales



JUNTA DE ANDALUCÍA

Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA

CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO DE LA ZONA REGABLE DE JEREZ DE LA FRONTERA Y SU ADAPTACIÓN PARA EL CULTIVO DE FRUTALES

Octavio Arquero Quílez

Dr. Ingeniero Agrónomo
IFAPA, Centro "Alameda del Obispo" de Córdoba
Consejería de Innovación Ciencia y Empresa

Miguel Angel Parra Rincón

Dr. Ingeniero Agrónomo
Profesor Titular de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de
Montes
Universidad de Córdoba

José Alza Aramburu

Dr. Ingeniero Agrónomo
IFAPA, Centro "Alameda del Obispo" de Córdoba
Consejería de Innovación Ciencia y Empresa

Manuel Jesús Gálvez Maestre

Ingeniero Agrónomo

2008

**CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO DE LA ZONA REGABLE DE JEREZ
DE LA FRONTERA Y SU ADAPTACIÓN PARA EL CULTIVO DE FRUTALES**

© *Edita:* Junta de Andalucía. *Consejería de Agricultura y Pesca*

Publica: Dirección General de Planificación Análisis de Mercado.
Servicios de Publicaciones y Divulgación.

Autores: Octavio Arquero Quílez
Miguel Angel Parra Rincón
José Alza Aramburu
Manuel Jesús Gálvez Maestre

Colección: AGRICULTURA

Depósito Legal: SE-4891-08

Fotocomposición e impresión:

J. de Haro Artes Gráficas, S.L. • Mairena del Aljarafe • Sevilla

PRÓLOGO

Aspectos actuales del sector agrario como: el aumento de la competitividad debido a la liberalización de los mercados, la incertidumbre sobre la continuidad de las ayudas institucionales, la necesidad de diversificación y la aparición de nuevos mercados y demandas productivas, exigen o aconsejan un cambio de cultivos. Esta necesidad es especialmente acuciante en la zona regable de la comarca de Jerez de la Frontera, debido a las malas perspectivas que tienen algunos cultivos que han sido tradicionales en la zona, como el algodón y la remolacha.

Para llevar a cabo la introducción de un cultivo con unas garantías mínimas de éxito, primeramente habrá que tener un conocimiento, lo más detallado posible, de las características que presenta el medio físico en lo referente al suelo y clima. Así mismo, habrá que documentarse sobre las exigencias medioambientales (ecología) de los cultivos que se quieren introducir. Con ambas informaciones, habrá que escoger aquellos cultivos cuyas exigencias medioambientales se adecuen mejor a las condiciones que presenta el medio físico.

Esta publicación es un resumen del estudio que hemos realizado sobre algunas características del medio físico (clima, tipos de suelos y calidad agronómica del agua de riego) de la zona regable de Jerez de la Frontera. Así mismo, se recogen algunos datos sobre la ecología de las principales especies leñosas.

Con todo ello, este libro pretende ser una herramienta, puesta a disposición de técnicos y agricultores, para mejorar el conocimiento sobre las características de la zona y la ecología de las especies leñosas, de forma que sirva como guía técnica para la introducción de nuevos cultivos en la zona regable de Jerez de la Frontera.

Este trabajo es fruto del Proyecto "El cultivo de frutales en Jerez y su zona de influencia, condiciones del medio físico y posibilidades de expansión" que se ha desarrollado dentro del convenio IPDC-UCA-IFAPA para la puesta en marcha de un programa de innovación en el sector agroalimentario de Jerez.

Los autores de este trabajo queremos agradecer la inestimable ayuda recibida por los técnicos de la IPDC Juan Manuel García y Salvador Rubio, así como del Laboratorio Agroalimentario de Córdoba.

Los autores

ÍNDICE

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA REGABLE DE JEREZ.....	9
1.1. Delimitación geográfica	9
1.2. Cultivos tradicionales	10
1.3. Procedencia de las aguas de riego	10
2. CONDICIONES CLIMÁTICAS	13
2.1. Metodología del estudio	13
2.2. Resultados	14
Temperaturas	14
Régimen de heladas	15
Horas frío	16
Régimen de lluvias	17
Humedad relativa	17
Evapotranspiración y balance hídrico	18
3. TIPOS DE SUELOS	19
3.1. Metodología del estudio	19
3.2. Resultados	20
3.2.1. Zonas y Unidades de Suelos	20
Vertisoles del entorno de Nueva Jarilla	21
Alfisoles próximos al Aeropuerto	24
Entisoles e Inceptisoles de la Vega del Río Guadalete ..	27
4. CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO	35
4.1. Metodología del estudio	35
4.2. Resultados	36
Riesgo de salinización y de sodización	36
Peligro de fitotoxicidad	37
Contenido en nitratos y potasio	38

5. APTITUDES DEL MEDIO FÍSICO PARA LA IMPLANTACIÓN DE CULTIVOS LEÑOSOS	41
5.1. Aptitudes climáticas	42
Horas frío	42
Heladas	43
Régimen térmico	44
Régimen hídrico	44
Humedad relativa	45
5.2. Aptitudes edáficas	45
5.3. Aptitudes del agua de riego	47
6. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA Y RECOMENDADA	49

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA REGABLE DE JEREZ

1.1. Delimitación geográfica.

El estudio se ha llevado a cabo en la zona regable de Jerez de la Frontera, que cuenta con una extensión aproximada de 10.000 ha. Esta zona, junto a unas 2.500 ha del término municipal de Arcos de la Frontera, configuran la denominada "zona regable del Guadalquivir". En ella pueden distinguirse dos áreas claramente diferenciadas: la denominada "zona norte" y la conocida como "vega del río Guadalete" (Figura 1).

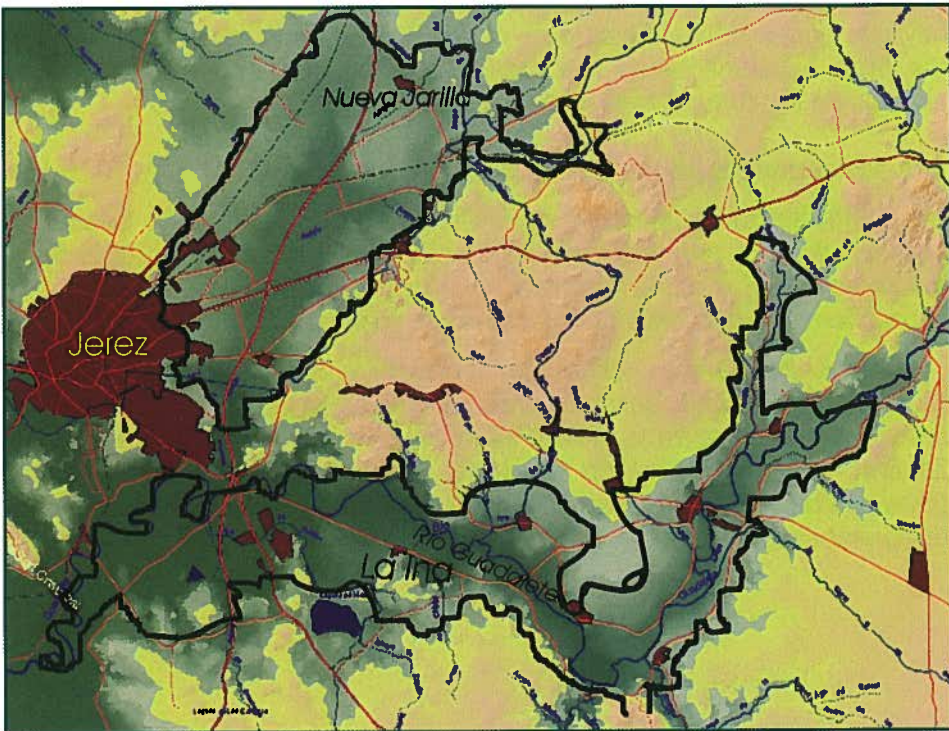


Figura 1. Delimitación (trazado en negro) de dos zonas dentro del área de estudio: la zona norte y la vega del río Guadalete.

La zona norte, con una extensión aproximada de 5.000 ha, comprende el área de riego ubicada al norte de la ciudad de Jerez de la Frontera. La vega del río Guadalete, con una superficie aproximada de 6.000 ha, se corresponde con las tierras bajas y llanas cercanas al río Guadalete en todo su recorrido a través del término municipal de Jerez, desde el paraje El Portal hasta el de José Antonio. Ambas zonas se unen por una pequeña manga de tierra al este de la ciudad de Jerez, que tiene su parte más estrecha en el paraje denominado Cerro de Lomopardo.

1.2. Cultivos tradicionales.

Según datos de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, correspondientes al año 2.004, el cultivo más implantado en la zona es el algodón, con cerca de 4.600 ha, lo que supone el 35% de la superficie total de la zona regable. Le siguen en importancia los cereales de invierno (mayoritariamente trigo), remolacha, maíz y girasol, con superficies comprendidas entre las 2.500 y 1.300 ha, respectivamente. Menos relevancia tienen otros cultivos herbáceos como las habas y la alfalfa.

Los cultivos leñosos sólo suponen el 5% de la superficie, siendo el olivar (433 ha) y los cítricos (217 ha) las especies más implantadas. Sin embargo, hay que poner de manifiesto que, en los últimos años, estos cultivos leñosos están experimentando una considerable expansión como sustitutos de algunos de los cultivos herbáceos tradicionales.

1.3. Procedencia de las aguas de riego.

La práctica totalidad de la superficie regada en la zona de estudio se abastece de agua procedente de los canales existentes. Otras posibles fuentes de agua son el río Guadalete y su principal afluente, el río Majaceite, y los acuíferos de la cuenca del propio río Guadalete.

La red de canales de riego, pertenecientes a la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, se abastecen del agua procedente de los cinco embalses existentes en la zona (Figura 10). Tres de ellos (Bornos, Arcos y Zahara) se sitúan en el río Guadalete, mientras que los dos restantes (Guadalcaçín y Los Hurones) están en el río Majaceite. Las características de estos embalses se recogen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características de los embalses localizados en la cuenca del río Guadalete.

Embalse	Localización geográfica	Río	Capacidad (Hm ³)	Superficie cubierta (ha)	Año de construcción
Zahara	36° 51' 28" N 5° 23' 34" O	Guadalete	223	748	1.991
Bornos	36° 47' 31" N 5° 45' 34" O	Guadalete	215	2.078	
Arcos	36° 45' 8" N 5° 47' 39" O	Guadalete	14	280	1.966
Los Hurones	36° 39' 45" N 5° 47' 8" O	Del Bosque Tavizna Ubrique	135	901	
Guadalcaçín	36° 40' 7" N 5° 46' 55" O	Majaceite	853	3.670	1.993

Respecto a las aguas subterráneas, la zona de estudio cuenta con dos importantes acuíferos: el "aluvial del Guadalete" y el "acuífero de Jerez" (Figura 2).

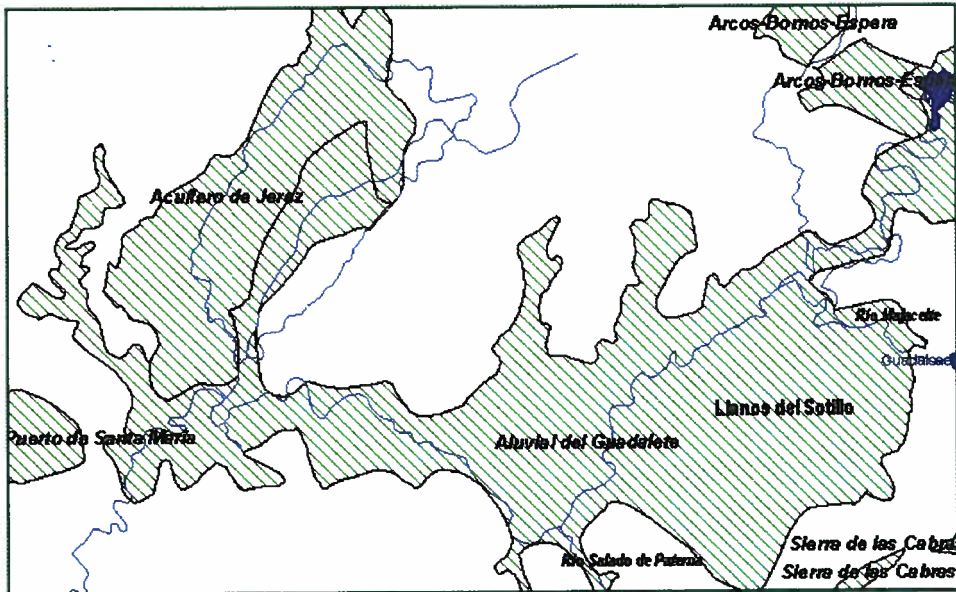


Figura 2. Mapa de localización de los principales sistemas de acuíferos en la zona de estudio. Fuente: Instituto Geológico y Minero de España.

2. CONDICIONES CLIMÁTICAS

2.1. Metodología del estudio

Para llevar a cabo el estudio climático de la zona regable de Jerez de la Frontera, se ha utilizado información procedente de cuatro estaciones meteorológicas: Aeropuerto, Azucarera, Berlanguilla y Santo Cielo. Las características de estas cuatro estaciones (localización, parámetros disponibles y años de registro) se recogen en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Características de las cuatro estaciones meteorológicas analizadas.

Carácter	Estación			
	Aeropuerto	Azucarera ¹	Berlanguilla	Santo Cielo
Propiedad	INM	INM	INM	IFAPA
Altitud ² (m)	27	20	40	32
Latitud	36° 44' 45" N	36° 39' 20" N	36° 39' 5" N	36° 38' 38" N
Longitud	6° 03' 48" O	6° 07' 42" O	5° 54' 27" O	6° 00' 44 O
Años registro	51 (1954-2005)	33 (1971-2005)	9 (1997-2005)	5(2001-2005)
Variables medidas	Temperatura	Temperatura	Temperatura	Temperatura
	Precipitación	Precipitación	Precipitación	Precipitación
	HR media			HR media,
	Evaporación			máxi. y míni.
	Dirección y velocidad viento			

1 : para la estación de la Azucarera faltan los registros de 6 años: 1983 y 1994-1998.

2 : altitud referida al nivel del mar.

La más importante es la del Aeropuerto o "La Parra", ya que tiene el mayor número de años registrados y cuenta con mediciones de muchos parámetros climáticos. Esta estación se encuentra en plena zona norte de Jerez, al igual que la de la Azucarera, mientras que las dos restantes (Berlanguilla y Santo Cielo) se sitúan en la vega del río Guadalete.

2.2. Resultados

Temperaturas

En el Cuadro 3 se recogen los valores termométricos registrados en las cuatro estaciones meteorológicas analizadas. Como puede observarse, los valores alcanzados son muy similares en todas ellas.

Cuadro 3. Datos de temperatura en las cuatro estaciones meteorológicas analizadas. Valores expresados en °C.

Est.	Valo	En	Fb	Mr	Ab	My	Jn	Jl	Ag	Sp	Oc	Nv	Dc
Aeropuerto	t _m	10,9	12,0	14,0	15,6	18,8	22,3	25,4	25,7	23,4	19,2	14,5	11,6
	T	16,0	17,4	19,8	21,7	25,2	29,1	33,0	33,1	30,2	25,1	19,8	16,5
	T'	19,9	22,2	26,1	28,4	32,5	36,3	39,8	39,6	36,3	31,4	25,0	20,4
	T''	24,4	29,0	30,6	33,6	36,7	42,0	44,7	45,1	41,0	35,8	29,4	24,7
	t	5,8	6,6	8,2	9,6	12,3	15,4	17,7	18,2	16,6	13,3	9,2	6,6
	t'	-0,1	1,1	2,7	4,9	7,7	11,0	13,8	14,1	11,9	7,8	3,0	0,6
	t''	-5,4	-5,0	-2,4	-2,0	5,0	7,0	9,8	10,5	7,0	3,0	-0,4	-5,5
Azucarera	t _m	10,9	12,2	14,1	15,7	18,7	22,8	25,9	26,0	23,5	19,4	14,7	12,1
	T	16,2	17,6	20,0	21,7	24,9	29,2	33,2	33,3	30,2	25,3	20,3	17,2
	T'	20,0	22,3	26,5	28,5	32,2	36,3	40,4	40,0	35,9	31,8	25,8	21,4
	T''	24,0	28,0	30,0	35,2	38,2	41,6	45,0	44,2	42,2	36,4	30,2	26,2
	t	5,5	6,8	8,3	9,7	12,4	16,3	18,6	18,8	16,7	13,4	9,2	7,0
	t'	0,2	1,7	2,7	4,3	5,9	9,0	11,4	10,9	8,4	6,1	3,0	1,0
	t''	-4,8	0,0	0,0	1,0	5,0	8,4	9,8	10,2	5,0	2,2	-1,0	-3,6
Berlanguilla	t _m	11,3	12,3	14,7	15,8	18,6	22,2	24,3	24,6	21,4	18,9	14,7	12,4
	T	17,2	19,2	22,4	23,0	25,7	30,1	32,8	32,9	28,7	26,3	20,6	18,0
	T'	21,4	23,5	29,4	30,5	33,5	36,5	40,4	38,9	35,9	32,1	26,6	22,2
	T''	23,0	26,0	32,0	33,0	36,0	40,0	44,0	40,5	38,5	33,0	29,0	25,0
	t	5,5	5,3	7,0	8,5	11,4	14,2	15,8	16,4	14,0	11,5	8,8	6,7
	t'	0,6	0,5	2,5	3,4	6,1	9,8	11,1	11,8	9,1	5,6	2,4	0,0
	t''	-3,5	-3,0	0,0	1,0	4,0	8,0	9,0	11,0	6,0	3,0	-2,0	-5,0
Sto.Cielo	t _m	10,8	11,2	14,3	15,7	19,0	23,7	24,8	25,1	22,3	19,3	13,9	11,7
	T	16,7	17,7	20,0	22,2	25,9	31,1	32,7	32,7	29,5	25,1	19,8	16,9
	T'	21,3	21,6	27,9	28,9	33,5	38,1	40,6	40,6	35,7	31,6	26,0	20,9
	T''	22,8	23,9	30,8	31,7	36,8	41,0	43,1	45,4	37,6	34,0	27,9	21,6
	t												
	t'	-1,2	0,9	2,7	3,3	7,0	12,4	13,2	13,6	11,5	7,8	1,2	0,0
	t''	-6,3	-2,3	-0,2	0,0	5,0	10,2	11,9	12,4	10,3	5,6	0,0	-3,6

t_m: temperaturas medias mensuales

T: temperaturas medias mensuales de máximas diarias

T': temperaturas medias mensuales de máximas mensuales

T'': temperaturas máximas mensuales absolutas

t: temperaturas medias mensuales de mínimas diarias

t': temperaturas medias mensuales de mínimas mensuales

t'': temperaturas mínimas mensuales absolutas

Años de registro analizados para las distintas estaciones: Aeropuerto (51), Azucarera (33), Berlanguilla (8) y Santo Cielo (5).

El mes de Agosto es el más caluroso, con una temperatura media mensual (t_m) en torno a los 25 °C. Por el contrario, el mes más frío es Enero, con una temperatura media mensual de unos 11 °C.

Los meses que registran las temperaturas máximas mensuales absolutas (T'') más altas son Junio, Julio y Agosto, con valores comprendidos entre los 40-45 °C. Estas temperaturas extremas se dan en más del 50% de los años analizados.

El mes con temperatura media mensual de mínimas diarias (t) más baja es Enero, situándose en unos valores relativamente altos, por encima de los 5 °C, siguiéndole los meses de Diciembre y Febrero.

Régimen de heladas

Los valores que alcanzan las temperaturas mínimas mensuales absolutas (t'') figuran en el Cuadro 3. El número medio mensual de días de helada se recoge en el Cuadro 4 y la frecuencia de ocurrencia de helada puede observarse en la Figura 3. Según estos datos la incidencia de heladas tiene poca relevancia en la zona de estudio. Prácticamente solo afectan a los meses de Enero, Diciembre y Febrero, relacionados de mayor a menor riesgo, alcanzándose unos valores bajos en cuanto a intensidad y frecuencia de helada.

Cuadro 4. Número medio mensual de días de helada.

Est.	En	Fb	Mr	Ab	My	Jn	Jl	Ag	Sp	Oc	Nv	Dc
Aeropuerto	2,1	0,9	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,3
Azucarera	1,7	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,7
Berlanguilla	2,7	1,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	2,2
Santo Cielo	3,8	2,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,2

Años de registro analizados para las distintas estaciones: Aeropuerto (51), Azucarera (33), Berlanguilla (8) y Santo Cielo (5). En rojo periodo libre de heladas.

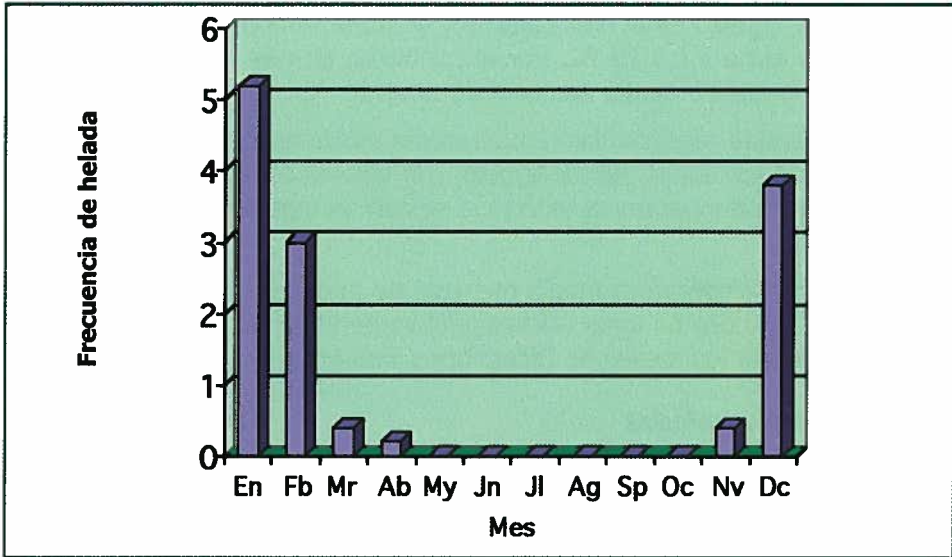


Figura 3. Frecuencia de heladas (expresada en número de años con helada de cada 10 años) para las estaciones del Aeropuerto y la Azucarera.

Horas frío

El número de horas frío está en torno a 660 en todas las estaciones, salvo en Berlanguilla que presenta un valor inferior (Cuadro 5). En el año de máxima acumulación de horas frío, éstas se situaron en torno a 1.000, mientras que en el de menor registro estuvieron en torno a 400.

Cuadro 5. Número de horas frío, calculadas por el método de Weimberger

Estación meteorológica	Número de horas frío		
	Medio	Máximo	Mínimo
Aeropuerto	672	1.007	350
Azucarera	650	950	372
Berlanguilla	606	825	439
Santo Cielo	672	913	506

Años de registro analizados para las distintas estaciones: Aeropuerto (51), Azucarera (33), Berlanguilla (8) y Santo Cielo (5).

Régimen de lluvias

Como se puede observar en el Cuadro 6, la precipitación media anual se sitúa sobre los 600 l/m², siendo algo superior en la estación de Berlanguilla. La precipitación anual máxima registrada ha llegado a superar los 1.000 mm, mientras que la mínima apenas alcanzó los 250. Los meses que registran una mayor precipitación, relacionados de más a menos, son: Diciembre, Noviembre y Enero, mientras que en Junio, Julio y Agosto, apenas llueve.

Cuadro 6. Precipitación media (l/m²).

Estación	En	Fb	Mr	Ab	My	Jn	Jl	Ag	Sp	Oc	Nv	Dc	Anual
Aeropuerto	80	65	60	48	37	13	1,0	3	22	67	90	91	575
Azucarera	70	72	50	50	34	8	0,4	3	22	73	94	103	579
Berlanguilla	115	50	29	45	43	8	0,0	10	27	45	129	181	682
Santo Cielo	59	58	57	37	24	1	0,1	0,4	33	63	110	84	524

Años de registro analizados para las distintas estaciones: Aeropuerto (59), Azucarera (32), Berlanguilla (10) y Santo Cielo (5).

Humedad relativa

Los datos de humedad relativa para las estaciones de Santo Cristo y el Aeropuerto se recogen en el Cuadro 7. Los valores registrados son relativamente altos, seguramente debido a la proximidad del mar. Durante el periodo de Abril a Octubre la humedad relativa media se mantiene entre 55-70%, mientras que para el resto de meses se acerca al 80%.

Cuadro 7. Humedad relativa media del aire (%).

Estación	En	Fb	Mr	Ab	My	Jn	Jl	Ag	Sp	Oc	Nv	Dc	Anual
Aeropuerto	80	76	71	67	62	59	55	57	63	70	77	81	68
Sto. Cielo	75	73	72	65	60	54	55	57	62	70	71	76	66

Años de registro analizados para las distintas estaciones: Aeropuerto (51) y Santo Cielo (5)

Evapotranspiración y balance hídrico

La evapotranspiración de referencia (ETo), calculada por el método de Hargreaves, es de 1.369 mm para la estación del Aeropuerto. El valor de la ETo en el mes de Enero es bastante bajo (48 mm), incrementándose paulatinamente hasta alcanzar su máximo valor en el mes de Julio (201 mm), momento en el que empieza a descender para llegar a su valor más bajo en el mes de Diciembre (44 mm), (Cuadro 8).

Cuadro 8. Reserva, exceso y déficit de agua en el suelo (mm) para un valor de reserva máxima de 75 mm de agua en el suelo. Estación del Aeropuerto.

Parámetro	Oc	Nv	Dc	En	Fb	Mr	Ab	My	Jn	Jl	Ag	Sp	Anual
Precipitac.	67	90	91	80	65	60	48	37	13	1	3	22	577
ETo	96	58	44	48	59	93	118	154	176	201	184	137	1369
Reserva	0	32	75	75	75	42	0	0	0	0	0	0	
Exceso	0	0	4	32	6	0	0	0	0	0	0	0	42
Déficit	29	0	0	0	0	0	28	117	163	200	181	115	834

El cálculo del balance hídrico, considerando una capacidad de reserva máxima de agua en el suelo de 75 mm, da un exceso de agua en el suelo desde el mes de Diciembre hasta el de Febrero, con un valor máximo de 32 mm en el mes de Enero. El periodo con déficit de agua en el suelo es muy largo, entre los meses de Abril a Octubre, con un déficit cercano a los 200 mm durante los meses de Junio, Julio y Agosto (Figura 4).

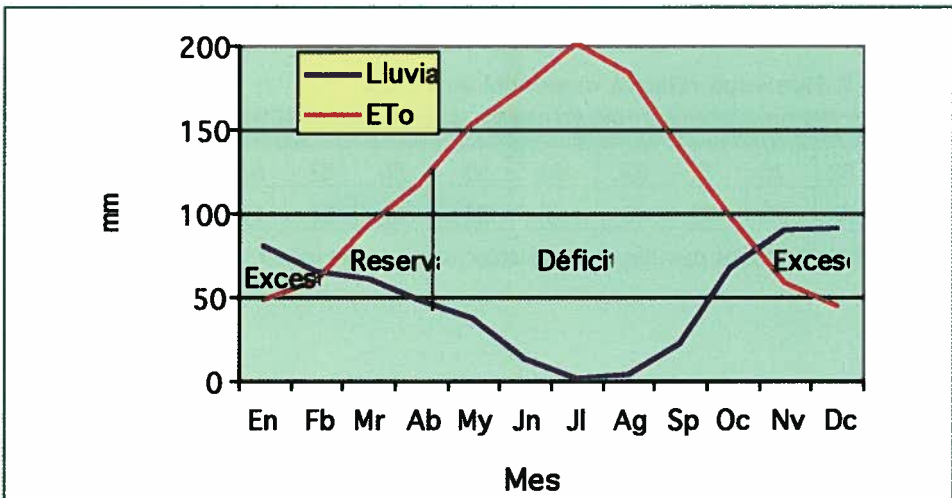


Figura 4. Diagrama de balance hídrico, para una reserva máxima de agua en el suelo de 75 mm. Estación meteorológica del Aeropuerto.

3. TIPOS DE SUELOS

3.1. Metodología del estudio

Para el estudio de los suelos se realizaron un total de 17 calicatas. Los emplazamientos de las calicatas (Figura 5) se eligieron en función de la posible variación de las características de los suelos apreciada de "visú" sobre el terreno, así como de la información previa existente de la zona.



Figura 5. Unidades de suelos, localización de calicatas y puntos de observación de suelos

Los suelos puestos al descubierto por las calicatas fueron descritos y examinados en campo. De cada una de las capas de suelo (horizontes) identificadas se tomaron muestras que fueron analizadas en el Laboratorio Agroalimentario de Córdoba.

3.2. Resultados

3.2.1. Zonas y Unidades de Suelos

Atendiendo al relieve y a la situación geográfica se pueden considerar dos zonas diferenciadas para el estudio de los suelos: norte y vega del río Guadalete.

- **Zona Norte.** Como su nombre indica ocupa los terrenos más septentrionales del área de estudio, los cuales se integran, desde una perspectiva fisiográfica, dentro de la Campiña de Jerez de la Frontera. El terreno está conformado por llanuras de materiales pertenecientes al Pliocuaternario y por áreas ligeramente deprimidas muy llanas, donde se acumulan materiales recientes del Cuaternario, procedentes de la denudación de cerros.

En esta zona se pueden diferenciar dos Unidades de Suelos: Vertisoles del entorno de Nueva Jarilla y Alfisoles próximos al aeropuerto, como se puede apreciar en la Figura 5. En las áreas más deprimidas del entorno de Nueva Jarilla, sobre materiales de textura fina y naturaleza calcárea, se desarrollan suelos arcillosos de color oscuro del orden de los Vertisoles. Por otro lado, en la parte más occidental y septentrional de la Zona Norte, próxima al aeropuerto, donde las cotas son ligeramente más elevadas, se desarrolla otro tipo muy diferente de suelos, de textura arenosa en superficie y arcillosa en profundidad y de colores rojizos, pertenecientes al orden de los Alfisoles.

- **Vega del río Guadalete.** Se corresponde con las llanuras aluviales y terrazas más recientes del río Guadalete y de su afluente el Arroyo Salado de Paterna, a su paso por el término municipal de Jerez de la Frontera. La litología de esta zona está formada por depósitos aluviales del río Guadalete de edad cuaternaria.

En la Vega del río Guadalete se localizan suelos de texturas variadas. En las zonas poco estables y marcadamente influenciadas por la dinámica del río, se presentan suelos de escaso desarrollo que se inscriben en el orden de los Entisoles. En las zonas en las que el terreno se eleva respecto al cauce del río o está menos influenciado por éste y gana en estabilidad, los suelos presentan un mayor grado de desarrollo y se integran en el orden de los Inceptisoles.

Por lo general, la diferencia entre ambos tipos de suelos está motivada por sutiles variaciones en la orografía o en el material parental, por lo que el conjunto de estos suelos se engloba en una misma Unidad: Entisoles e Inceptisoles de la Vega del río Guadalete (Figura 5).

Vertisoles del entorno de Nueva Jarilla

Esta unidad ocupa la mayor parte de la superficie de la Zona Norte, fundamentalmente las áreas más deprimidas y de escasa pendiente.

Se trata de suelos de color pardo oscuro, conocidos como "bujeos" o "tierras negras". El carácter vértico es debido fundamentalmente a la abundante presencia de arcillas expansibles o esmectíticas, que se contraen al secarse y, a la inversa, se expanden al humedecerse. Así, el desecado del suelo durante los periodos secos origina un agrietamiento del suelo hasta profundidades apreciables (grietas de más de 1 cm de anchura y que alcanzan profundidades superiores a los 50 cm), dando lugar a la mezcla e inversión del perfil del suelo al rellenarse las grietas de material suelto procedente de la superficie; de igual forma, cuando el suelo se humedece, el hinchamiento de las arcillas cierra las grietas al tiempo que produce un intenso movimiento de fricción en el interior del suelo.

Estos suelos son, por tanto, bastantes profundos y sin diferenciación definida de horizontes, con perfiles tipo Ap-Bw-C. No existen barreras físicas al enraizamiento (se detectan raíces hasta unos 180 cm de profundidad), si bien las condiciones de aireación no son buenas.

Según la clasificación americana de suelos (Keys to Soil Taxonomy, 2006), los suelos de esta unidad se clasifican como Vertisoles, suborden Xererts, gran grupo Haploxerert, subgrupo Aquic Haploxerert. Un perfil representativo de esta Unidad de Suelos se recoge en la Figura 6.

PERFIL MZ

Paraje o finca: Majaratozán. Municipio: Jerez de la Frontera. Provincia: Cádiz

Localización: A unos 2 Km al sureste de Nueva Jarilla por carretera asfaltada

Hoja mapa 1/50.000: 12-44 (1048) Jerez de la Frontera

Coordenadas UTM: X: 766300 m E (6º 1' 51,15" O). Y: 4071400 m N (36º 45' 1,26" N). Z: 30 m

Posición fisiográfica: Planicie o llanura al noreste de Jerez

Pendiente del terreno: 1, general: 0 %. 2, local: 0 %

Material parental: Conglomerados de areniscas y calizas, matriz arenosa

Drenaje interno: Moderadamente bien drenado (Clase 3 FAO), con drenaje artificial

Desagüe: Regular

Vegetación / cultivos: Algodón

Fecha de observación: 24 de junio de 2006

Otras observaciones: tubería dren de PVC corrugado color verde y de 65 mm de diámetro a una profundidad de 75 cm

Clasificación USDA (Soil Taxonomy): Typic Haploxerert

Autor de la observación: Manuel Jesús Gálvez y Francisco Javier Gálvez

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

Horizonte	Profundidad (cm.)	Descripción
-----------	-------------------	-------------

Ap	0-13	10YR 2,5/2 en seco; arcilloso; estructura fuerte, prismática gruesa de 10 a 15 cm de lado mayor, que resuelve en bloques subangulares gruesos de 4-5 cm de diámetro; muy duro en seco y friable en húmedo; algunas raíces, muy finas y finas, muertas; muchos poros, de todo tipo, tamaño y orientación, mayoritariamente tubulares e intersticiales; actividad escasa de la fauna; humedad inferior a Capacidad de Campo (CC), ligeramente húmedo, seco los 2 cm; superiores; elementos gruesos en superficie provenientes de restos de obra, superficie agrietada en forma hexagonal, carácter vértico; límite neto ondulado; horizonte diagnóstico: epipedión óchrico. Nº de muestra MZ-1.
----	------	---

Bw	13-160	2/2 en húmedo; arcilloso; estructura fuerte, prismática gruesa de hasta 15 cm de lado mayor; friable en húmedo y muy duro en seco; pocas raíces muy finas y finas, muertas, disminuyen con la profundidad y desaparecen a 180 cm; muchos poros, de todo tipo, tamaño y orientación, mayoritariamente tubulares e intersticiales; actividad nula de la fauna; humedad próxima a CC, húmedo; límite gradual ondulado; horizonte diagnóstico: cámbico. Nº de muestra MZ-2 hasta los 50 cm, MZ3 de 50 a 90 cm, y MZ4 de 90 a 130 cm.
----	--------	--

Ck	160-190	10YR 6,5/6 en húmedo; franco arcilloso; sin estructura; friable en húmedo; sin raíces; muchos poros, tubulares, caóticos, de micro a finos; humedad próxima a CC; 25 a 30 % de acumulaciones de CaCO ₃ en forma de concreciones ligeramente duras, de 4-5 cm de diámetro, ligero abigarramiento de colores y algunas manchas de Mn muy delgadas. No se toma muestra.
----	---------	---



Figura 6. Perfil de suelo representativo de la Unidad de Suelo Vertisoles del entorno de Nueva Jarilla (calicata referencia MZ)

En el Cuadro 9 se recogen algunas de las propiedades analíticas más significativas de los suelos estudiados de esta Unidad. Son suelos muy ricos en arcillas (superior al 50 %), por lo que, cuando están húmedos, son muy plásticos, adherentes y densos, lo que dificulta considerablemente su manejo e induce, además, un drenaje interno deficiente.

Cuadro 9. Algunas propiedades de los suelos integrados en la Unidad Vertisoles de Nueva Jarilla

Calicata	Profundidad (cm)	Arcilla	CO ₃	Caliza act.	MO	CIC (meq/100 g)	P Olsen	K asimi.
							(ppm)	
HC	0-30	51,0	17,8	7,8	1,4	36,2	11,0	478,5
	30-80	50,0	17,8	8,5	1,2	38,1	5,4	350,0
MZ	0-30	51,8	1,6	0,4	1,3	45,0	17,0	309,7
	30-80	53,6	3,0	0,5	0,9	46,5	3,7	248,0

Por el contrario, estos suelos tienen una alta fertilidad potencial (valores altos de CIC), contenidos aceptables en nutrientes como el P y K, y no presentan problemas importantes de salinidad.

Alfisoles próximos al Aeropuerto

Los suelos de esta Unidad se localizan en las áreas occidentales y septentrionales de la Zona Norte (Figura 5). Presentan colores ligeramente rojizos, en los que se ha formado un horizonte de acumulación de arcilla o argílico (horizonte Bt) por translocación de ésta desde los horizontes suprayacentes. En todos los casos, el horizonte argílico presenta rasgos de hidromorfía derivados de los periodos de tiempo en los que este horizonte está saturado de humedad, por formación de una capa colgada de agua que provoca condiciones reductoras; estos periodos alternan con temporadas en las que el horizonte está seco y consecuentemente bien aireado. En los suelos más evolucionados, la translocación de arcilla llega a ocasionar la pérdida prácticamente total de este componente en las partes altas del perfil, dando lugar a la formación de horizontes tipo E.

Se trata de suelos de una profundidad útil superior a 80 cm y con un perfil tipo Ap-Bw-Btg-Cg ó Ap-E-Btg-Cg.

Estos suelos se caracterizan por la presencia de un horizonte subsuperficial de acumulación de arcilla asociado a un horizonte superficial de textura arenosa. La clase textural de estos suelos varía de arenosa, en los horizontes superficiales, con contenidos en arcilla entre el 4,5 y 10,5%, a franco-arcillo-arenosa en los horizontes argílicos, en los que el contenido en arcilla sube a 25,4-34,9%.

La estructura de los horizontes superficiales es de grano simple, siendo débil y de tipo prismático en los horizontes de acumulación de arcilla.

Los suelos de esta unidad se clasifican como Alfisoles, suborden Xeralf, gran grupo Haploxeralf, subgrupo Aquic Haploxeralf, ya que presentan condiciones hidromorfas por algún periodo del año o tienen drenaje artificial. Un perfil representativo de esta Unidad de Suelos se recoge en la Figura 7.

PERFIL HU

Paraje o finca: Humeruelo. Municipio: Jerez de la Frontera. Provincia: Cádiz
 Localización: A unos 3 Km al oeste de Nueva Jarilla y 2 Km al norte del aeropuerto de Jerez de la Frontera
 Hoja mapa 1/50.000: 12-44 (1048) Jerez de la Frontera
 Coordenadas UTM: X: 763100 m E (6° 3' 4,37" O). Y: 4072900 m N (36° 45' 52,65" N). Z: 34 m
 Posición fisiográfica: Planicie o llanura al noreste de Jerez
 Pendiente del terreno: 1, general: 0 %. 2, local: 0 %
 Material parental: Arenas ricas en cuarzo, cantos de cuarcita. Arenas rojas
 Drenaje interno: Moderadamente bien drenado (Clase 3 FAO)
 Desagüe: Moderadamente bueno
 Vegetación / cultivos: Patatas recién recolectadas
 Fecha de observación: 23 de junio de 2006
 Otras observaciones: Abonado en año 2005 con estiércol de vaca, 40 t/ha aproximadamente. Lluvias recientes (semana anterior a fecha de observación)
 Clasificación USDA (Soil Taxonomy): Typic Haploxeralf
 Autor de la observación: Manuel Jesús Gálvez y Francisco Javier Gálvez

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

Horizonte	Profundidad (cm.)	Descripción
Ap	0-30	10YR 4/8 en húmedo; arenoso; estructura muy débil en bloques subangulares grandes; hasta 3% de gravilla de hasta 0,5 cm de diámetro; muy friable en húmedo; algunas raíces de finas a medianas, generalmente muertas; muchos poros, mayoritariamente tubulares, de micro a finos y caóticos; actividad moderada de la fauna; humedad ligeramente inferior a Capacidad de Campo (CC), húmedo; abundantes manchas de color negro motivadas por la presencia de raíces en descomposición; límite neto ondulado; horizonte diagnóstico: epipedión óchrico. Nº de muestra HU-1.
E	13-81	10YR 6/8 en húmedo; arenoso; sin estructura; menos del 1% de gravilla de hasta 0,5 cm de diámetro; muy friable en húmedo; muy pocas raíces, muy finas y finas, muertas, disminuyen en profundidad; muchos poros, mayoritariamente tubulares, de micro a medianos y caóticos; actividad muy escasa de la fauna; humedad a CC hasta 60 cm de profundidad, el resto saturado, húmedo y saturado; abundantes manchas de color negro motivadas por la presencia de raíces en descomposición, capa colgada de agua a partir de 60 cm de profundidad, de 30 a 45 cm de profundidad aparecen manchas de óxidos de hierro (posiblemente goetita) de color 7.5YR y oolitas de manganeso de hasta 0,5 cm de diámetro; límite neto ondulado;. Nº de muestra HU-2.

BCTg	81-200	80% (aumenta esta proporción con la profundidad) de 7,5YR 7/8 (material rojo u oxidado) y 20% (disminuye con la profundidad) de 10YR 7/2 (material gris o reducido) en húmedo; franco arcillo arenoso; sin estructura apreciable al estar saturado en agua; hasta 5% de gravas hasta 2 cm de diámetro; muy friable en húmedo; pocas raíces, de muy finas a medianas, muertas; muchos poros aunque sensiblemente menos que horizonte suprayacente, tubulares, de micro a finos, muy escasa o nula actividad de la fauna; humedad ligeramente inferior a CC, aumenta con la profundidad; franja de hasta 4 cm de espesor de gravas a 112 cm de profundidad, capa freática a 190 cm de profundidad, abigarramiento en colores y oolitas de óxidos de hierro y manganeso de hasta 2 cm de diámetro; horizonte diagnóstico: Argílico. Nº de muestra HU-3.
------	--------	--



Figura 7. Perfil de suelo representativo de la Unidad de Suelo Alfisoles próximos al aeropuerto (calicata referencia HU)

En el Cuadro 10 se puede observar los datos analíticos de los suelos de esta Unidad. Por lo general, los horizontes superficiales de textura más gruesa son pobres en nutrientes y presentan una escasa capacidad de retención de agua. En cambio, el horizonte argílico tiene una mayor fertilidad. Por lo demás, los suelos presentan unos niveles aceptables de P y K disponibles y no muestran problemas de salinidad.

Cuadro 10. Algunas propiedades de los suelos integrados en la Unidad Alfisoles próximos al Aeropuerto

Calicata	Profundidad (cm)	Arcilla	CO ₃	Caliza act.	MO	CIC (meq/100 g)	P Olsen	K asimi.
							(%)	
HU	0-30	4,5	0,0	SD	0,8	5,0	63,2	305,0
	30-80	5,8	0,0	SD	0,1	2,8	3,0	50,0
ZA	0-30	10,5	1,0	0,2	0,8	8,6	44,2	270,0
	30-80	19,4	0,9	0,1	0,2	14,3	9,6	255,9

Entisoles e Inceptisoles de la Vega del río Guadalete

Los suelos de esta Unidad se desarrollan sobre la llanura aluvial y terrazas modernas del río Guadalete y de su principal afluente, el Arroyo Salado de Paterna, ocupando la práctica totalidad de la vega (Figura 5).

En las áreas más próximas a los cauces se presentan suelos fuertemente interrelacionados con los cursos de agua y, por tanto, poco edafizados, sin una diferenciación apreciable de horizontes. En zonas ligeramente más elevadas y distantes respecto al cauce, los suelos pasan a ser más estables que los anteriores, por lo que están algo más evolucionados, presentando una cierta, aunque aún incipiente, diferenciación de horizontes.

A pesar de su escasa edafización, todos estos suelos tienen una profundidad útil apreciable. El perfil tipo es A-C, para los suelos más jóvenes y menos desarrollados, y A-Bw-C para los perfiles más estables y evolucionados.

La única limitación en profundidad que presentan estos suelos es la presencia de una capa freática relativamente alta, a causa de la cercanía del río.

La textura es, lógicamente, muy variada, estando muy influenciada por la naturaleza del material de partida. Por lo general, los contenidos en arcilla son altos, con valores medios cercanos al 40%, estando el rango de variación comprendido entre 11,7 y 74,1%. Consecuentemente, en los suelos de texturas más finas, el drenaje es lento, por lo que normalmente están dotados de la instalación de un drenaje artificial.

Desde el punto de vista taxonómico, los suelos menos evolucionados y con perfiles tipo A-C pertenecen al orden de los Entisoles, suborden de Fluvents, gran grupo Xerofluvents (debido al régimen xérico de humedad) y, finalmente, al subgrupo de los Typic Xerofluvents.

Los suelos más desarrollados, que tienen un horizonte de acumulación de carbonato cálcico y perfil tipo A-Bw-Ck, se inscriben en el orden de los Inceptisoles, suborden Xerept, gran grupo Calcixerepts y subgrupo Aquic Calcixerepts, cuando se presentan condiciones hidromorfas, o Typic Calcixerepts en caso de estar bien aireados.

La mayoría de los restantes suelos de esta Unidad también se engloba en el suborden de los Xerept, pero en el gran grupo de los Haploxerept, subgrupo Calcic Haploxerept (cuando se identifican en el perfil carbonatos secundarios), o Aquic Haploxerept (cuando presentan síntomas de hidromorfismo), o Vertic Haploxerept (cuando presentan indicios de características vérticas).

Perfiles representativos de esta Unidad de Suelos se recogen en las Figuras 8 y 9.

PERFIL INA-2

Paraje o finca: Llanos de La Ina. Municipio: Jerez de la Frontera. Provincia: Cádiz
Localización: Junto a la carretera a Torrecera, margen izquierda a 50 m del trazado en el P.K. 3,600, 1400 m antes de llegar a La Ina

Hoja mapa 1/50.000: 12-44 (1048) Jerez de la Frontera

Coordenadas UTM: X: 764250 m E (6° 2' 38,66" O). Y: 44059450 m N (36° 38' 34,11" N). Z: 7 m

Posición fisiográfica: Llanura aluvial del río Guadalete

Pendiente del terreno: 1, general: 0 %. 2, local: 0 %

Material parental: Cantos, arenas y limos

Drenaje interno: Bien drenado (Clase 4 FAO)

Desagüe: Regular

Vegetación / cultivos: Patata y malas hierbas

Fecha de observación: 29 de julio de 2006

Otras observaciones: Drenaje artificial con tubería de PVC corrugado de 60 mm de diámetro a 105 cm de profundidad

Clasificación USDA (Soil Taxonomy): Aquic Haploxerept

Autor de la observación: Manuel Jesús Gálvez y Francisco Javier Gálvez

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

Horizonte	Profundidad (cm.)	Descripción
------------------	------------------------------	--------------------

Ap	0-37	10YR 6/6 (tonos rojos) y 10YR a 2,5Y 6/4 (tonos verdes) en seco; arcilloso; estructura masiva; muy duro en seco y friable en húmedo; algunas raíces, muy finas y finas, vivas y
----	------	---

		muertas; muchos poros, de micro a finos, caóticos y tubulares; actividad intensa de la fauna; humedad próxima a (PMP) en los primeros 12 cm, en el resto cercana a CC; indicios de aporte de material aloctono para nivelación d la parcela, la diversidad de color está posiblemente motivada por procesos de oxidación-reducción; límite neto ondulado; horizonte diagnóstico: epipedión óchrico. Nº de muestra INA-2-1.
BC	37-102	10YR 2,5/4 en húmedo; arcilloso; estructura débil en bloques subangulares grandes; friable en húmedo; raíces comunes, finas y medianas, vivas y muertas, se concentran en los primeros 10 cm del horizonte; muchos poros, tubulares, caóticos, de micro a finos; actividad moderada de la fauna; humedad a CC, saturado a 100 cm de profundidad; se aprecian ligeros síntomas de hidromorfismo: escasas manchas de color 2,5 YR 6/2 en los primeros 20 cm y escasas y pequeñas manchas zonales decoloradas con cromas inferiores a 2; límite neto ondulado; horizonte diagnóstico: cámbico. Nº de muestra INA-2-2 de 37 a 70 cm e INA-2-3 de 70 a 102 cm.
CB	102-150	10YR 4/8 en mojado; franco arcilloso; estructura muy débil en bloques subangulares grandes de hasta 5 cm de diámetro; friable en húmedo, ligeramente plástico y adherente en mojado; pocas raíces, muy finas y finas, vivas y muertas, que disminuyen con la profundidad hasta desaparecer a los 130 cm; muchos poros, tubulares, caóticos, de micro a muy finos; saturado de humedad; ligeros síntomas de hidromorfismo, en forma de escasas y pequeñas manchas zonales con cromas inferiores a 2. Nº de muestra INA-2-4.



Figura 8. Perfil de suelo representativo de la Unidad de Suelo Entisoles e Inceptisoles de la Vega del Guadalete (calicata referencia INA-2)

Las características analíticas de los suelos estudiados de esta Unidad se recogen en el Cuadro 11. La fertilidad es variable, incrementándose, por lo general, con el contenido en arcilla. En algunos suelos de textura más gruesa, los niveles de P y K están próximos a los valores críticos para el crecimiento de las plantas. Tampoco en estos suelos se han apreciado problemas de salinidad. El contenido en carbonatos es, generalmente, alto.

PERFIL BA-2

Paraje o finca: La Barca. Municipio: Jerez de la Frontera. Provincia: Cádiz
 Localización: a 2000 m de La Barca de la Florida, junto a carretera a El Torno y a unos 600 m del río Guadalete en su margen derecha
 Hoja mapa 1/50.000: 12-45 (1062) Paterna de Rivera
 Coordenadas UTM: X: 774000 m E (5° 56' 37,73" O). Y: 4058050 m N (36° 37' 9,46" N). Z: 17 m
 Posición fisiográfica: Terraza del río Guadalete
 Pendiente del terreno: 1, general: 2 %. 2, local: 0 %
 Material parental: terrazas arenosas
 Drenaje interno: Bien drenado (Clase 4 FAO)
 Desagüe: Bueno
 Vegetación / cultivos: barbecho de algodón
 Fecha de observación: 10 de marzo de 2007
 Otras observaciones: muy cercano a carretera
 Clasificación USDA (Soil Taxonomy): Typic Haploxerept
 Autor de la observación: Manuel Jesús Gálvez y Rosa García Vegas

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

Horizonte	Profundidad (cm.)	Descripción
Ap	0-22	9YR 3/7 en húmedo; franco arenoso; estructura muy débil, prismática de hasta 10 cm; menos de un 1% de cantos rodados de hasta 8 cm; friable en húmedo, ligeramente adherente y no plástico en mojado; muchas raíces, de muy finas a gruesas, muertas, tienden a disponerse horizontales en el fondo del horizonte; muchos poros, de todo tipo, tamaño y orientación, principalmente micro y muy finos; actividad moderada de la fauna; humedad a CC, húmedo; costra superficial de unos 2-3 cm de espesor que dificulta la infiltración de agua; límite neto plano; horizonte diagnóstico: epipedión óchrico. Nº de muestra BA-2-1.
BA	22-35	9YR 3/7 en húmedo; franco arenoso; estructura débil, en bloques subangulares de hasta 5 cm de diámetro; menos de un 1% de cantos rodados de hasta 3 cm; de firme a friable en húmedo, ligeramente adherente y no plástico en mojado; algunas raíces, medianas y gruesas, muertas, generalmente dispuestas horizontalmente; muchos poros aunque menos que en horizonte suprayacente, caóticos, tubulares, micro y muy finos; actividad escasa de la fauna; humedad ligeramente superior a CC y mayor que horizonte suprayacente, muy húmedo; límite neto ondulado; ocasionalmente aparecen manchas negras, ocasionadas por la descomposición de raíces; horizonte diagnóstico: cámbico incipiente. Nº de muestra BA-2-2.

- C 35-180 10YR 4/8 en húmedo; franco arenoso; sin estructura; muy friable en húmedo; raíces comunes, de todo tamaño, muertas, disminuyen con la profundidad observándose hasta fin de calicata; muchos poros, caóticos, tubulares, de micro a finos; actividad escasa de la fauna, restos de caracoles, lo que denota la presencia de grietas en periodos secos; humedad a CC aunque algo inferior que horizonte suprayacente, muy húmedo; acumulaciones de CaCO₃ de hasta el 1% del volumen, en sendas bandas de 40 a 55 cm de profundidad y de 120 a 180 cm, muy finas y blancas, asociadas a material más fino y de cromas inferiores a 2. N^o de muestra BA-2-3.
-



Figura 9. Perfil de suelo representativo de la Unidad de Suelo Entisoles e Inceptisoles de la Vega del Guadalete (calicata referencia BA-2)

Cuadro 11. Algunas propiedades de los suelos integrados en la Unidad de los Entisoles e Inceptisoles de la Vega del Guadalete

Calicata	Profundidad (cm)	Arcilla	CO ₂	Caliza act.	MO	CIC (meq/100 g)	P Olsen	K asimil.
							(ppm)	
INA-1	0-30	27,5	20,9	4,9	1,2	18,5	5,9	201,7
	30-80	27,7	19,9	3,9	1,1	17,9	3,2	165,0
INA-2	0-30	54,2	28,7	12,8	1,7	27,8	13,3	460,0
	30-80	44,3	21,7	9,3	1,0	24,9	3,9	294,5
INA-3	0-30	41,5	23,6	9,5	1,8	25,0	8,0	450,0
	30-80	44,3	24,4	9,7	1,1	25,8	3,3	257,8
INA-4	0-30	61,9	25,2	11,6	1,5	29,1	11,7	636,5
	30-80	64,6	22,2	10,5	1,1	27,0	6,0	498,0
LP-1	0-30	57,2	25,6	12,1	1,6	25,5	9,0	428,5
	30-80	61,3	24,3	11,8	1,1	25,2	2,8	264,8
LP-2	0-30	44,0	22,7	9,8	1,7	21,9	11,7	460,0
	30-80	46,4	23,8	10,7	1,2	23,0	3,4	260,6
ET-1	0-30	30,0	13,9	6,3	0,7	17,4	3,5	211,8
	30-80	33,3	13,3	6,8	0,6	19,2	0,7	139,0
TC	0-30	24,2	36,8	11,8	1,4	16,4	12,0	214,0
	30-80	21,8	29,5	10,8	0,7	12,7	4,2	135,4
JA	0-30	27,5	22,7	5,7	1,1	16,9	11,6	430,0
	30-80	17,6	23,8	3,6	0,6	11,2	3,8	187,7
BA-1	0-30	37,2	21,2	8,2	1,7	24,4	20,5	460,0
	30-80	39,9	22,9	9,4	1,3	25,1	6,2	307,4
BA-2	0-30	17,0	11,9	1,8	1,1	11,4	6,1	203,3
	30-80	18,1	20,3	3,4	0,6	10,0	2,1	113,0
TO	0-30	41,2	18,1	7,8	1,6	25,4	10,4	390,0
	30-80	44,6	18,2	8,2	1,4	25,2	4,4	275,0
GR	0-30	35,8	22,7	7,3	1,6	22,3	12,9	315,0
	30-80	37,0	23,6	8,0	1,1	20,7	4,3	235,0

La toma de muestras se llevó a cabo en el mes de Julio del año 2.006. Los análisis se hicieron en el laboratorio del Equipo de Fruticultura del IFAPA en el Centro "Alameda del Obispo" de Córdoba.

4.2. Resultados

Riesgo de salinización y de sodización

El riesgo de salinización se ha estimado a partir del valor de la conductividad eléctrica (CE). Para determinar el peligro de sodización se han utilizado conjuntamente los valores de la CE y de la relación de adsorción de sodio (RAS). Los resultados obtenidos para estos dos índices se recogen en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Valores de la conductividad eléctrica (CE) y de la relación de adsorción de sodio (RAS) en las muestras de agua de riego analizadas.

Muestra de agua		Valor	
Origen	Referencia	CE (dS/m)	RAS
Canal	CGT-3	0,79	0,83
	CHU-7	0,86	0,87
Río	RBF-1	1,53	2,20
	RINA-11	2,06	4,18
	RPOR-9	1,76	3,05
Pozo	PTM-4	2,44	1,57
	PMZ-5	2,18	3,44
	PHU-6	3,08	4,40
	PHC-8	2,57	3,05
	PT-2	2,04	1,91
	PGRE-12	3,51	3,46
	PPOR-10	4,67	7,33
	PROM-13	2,00	4,33
Valores medios			
Canal		0,83 ± 0,04	0,85 ± 0,02
Río		1,78 ± 0,15	3,14 ± 0,57
Pozo		2,81 ± 0,32	3,69 ± 0,63

Las aguas de canal presentan la CE más baja, con un valor medio de 0,8 dS/m; le siguen las de río, con una CE media de 1,78 dS/m; por último, las aguas de pozo han dado una CE muy alta, con una media cercana a los 3 dS/m.

Para el RAS también se ha obtenido la misma graduación, el valor más bajo ha sido para las aguas de canal, media de 0,85; le siguen las de río, con un valor medio de 3,14; mientras que el valor medio del RAS para las aguas de pozo se ha acercado a 4.

De las tres zonas analizadas del río, la correspondiente al curso medio (La Ina) es la que ha presentado valores más altos de CE y RAS. También cabe destacar que en dos muestras de pozo (ref. PHU-6 y PPOR-10), el valor de la CE ha sido superior a 3 dS/m y el del RAS mayor que 4 (Cuadro 12).

Los grados de restricción en el uso del agua de riego (por riesgo de salinización y sodización), estimados en base a las normas FAO, aparecen en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Valores medios del grado de restricción en el uso de las aguas de riego por riesgo de salinización y sodización, según las normas FAO.

Origen	Grado de restricción por	
	Salinización	Sodización
Canal	Débil	Ninguno
Río	Moderado	Ninguno
Pozo	Moderado-Elevado	Ninguno

El grado de restricción por peligro de salinización es débil para las aguas de canal y moderado para las de río. Para las aguas de pozo el grado de restricción ha sido de moderado a elevado, resultado preocupante ya que se podrían ocasionar serios problemas de salinización en el supuesto de que estas aguas se utilizasen de forma habitual para el riego de especies frutales.

Respecto al peligro de sodización, no se ha detectado riesgo alguno en las distintas aguas analizadas.

Peligro de fitotoxicidad

En ninguna de las muestras de agua analizadas se ha detectado un peligro elevado de fitotoxicidad por sodio. Para las aguas de canal el riesgo de fitotoxicidad por sodio ha sido nulo, y débil para las de río y pozo.

Respecto al cloro, para las aguas de canal tampoco se ha obtenido riesgo de fitotoxicidad. Sin embargo, las aguas de río y pozo sí que presentan un elevado riesgo, que desaconsejan su uso (Cuadro 14).

Cuadro 14. Riesgo de fitotoxicidad de las aguas de riego por exceso de sodio o de cloro, según las normas FAO.

Muestra de agua		Riesgo de fitotoxicidad por	
Origen	Referencia	Sodio	Cloro
Canal	CGT-3	Ninguno	Ninguno
	CHU-7	Ninguno	Ninguno
Río	RBF-1	Ninguno	Moderado
	RINA-11	Débil	Elevado
	RPOR-9	Débil	Elevado
Pozo	PTM-4	Ninguno	Elevado
	PMZ-5	Débil	Elevado
	PHU-6	Débil	Elevado
	PHC-8	Débil	Elevado
	PT-2	Ninguno	Elevado
	PGRE-12	Débil	Moderado
	PPOR-10	Moderado	Elevado
	PROM-13	Débil	Elevado
Valores medios			
Canal		Ninguno	Ninguno
Río		Débil	Elevado
Pozo		Débil	Elevado

Contenido en nitratos y potasio

Las aguas de canal presentan unos contenidos bajos en nitratos y relativamente altos en potasio, mientras que en las de río las concentraciones son mayores, sobre todo para los nitratos, siendo la zona del Portal (curso bajo, ref. RPOR-9) la que ha dado los valores más bajos (Cuadro 15).

Cuadro 15. Contenidos en nitratos y potasio de las aguas de riego

Muestra de agua		Contenidos en	
Origen	Referencia	NO ₃	K ⁺ (meq/l)
Canal	CGT-3	0,4	0,095
	CHU-7	0,6	0,090
Río	RBF-1	6,9	0,155
	RINA-11	8,7	0,155
	RPOR-9	5,0	0,150
Pozo	PTM-4	84,2	0,075
	PMZ-5	40,3	0,525
	PHU-6	60,2	0,080
	PHC-8	76,2	0,020
	PT-2	96,8	0,010
	PGRE-12	107,5	0,050
	PPOR-10	90,2	3,325
	PROM-13	43,9	0,070
Valores medios			
Canal		0,5 ± 0,1	0,093 ± 0,003
Río		6,9 ± 1,1	0,153 ± 0,002
Pozo		74,9 ± 8,7	0,519 ± 0,405

Hay que destacar los altos valores observados en las aguas de pozo, con unas concentraciones medias de 75 ppm de NO₃ y de 0,519 meq/l de K⁺. Si tenemos en cuenta que las dotaciones de agua para los frutales pueden oscilar entre los 3.000-6.000 m³ por ha y año, con las concentraciones indicadas estaríamos aplicando entre 51-102 kg de N/ha y de 73-146 kg de K₂O/ha.

Los altos contenidos registrados para los nitratos en las aguas de pozo, hace pensar en un abuso del abonado nitrogenado. El aporte de grandes cantidades de fertilizante, unido a un mal criterio de aplicación, hace que gran parte del nitrógeno aportado al suelo no sea absorbido por las plantas y se pierda en profundidad por lixiviación. Esta mala práctica del abonado nitrogenado supone un coste innecesario y, lo que es más grave, da lugar a una contaminación de los acuíferos.

5. APTITUDES DEL MEDIO FÍSICO PARA LA IMPLANTACIÓN DE CULTIVOS LEÑOSOS

En los apartados anteriores se han indicado los valores que presentan aspectos agronómicos de los principales parámetros referentes al clima, al suelo y a la calidad del agua de riego en la zona regable de la comarca de Jerez.

Tales características pueden experimentar amplias variaciones locales debido, principalmente, a diferencias en la orografía, en la tipología de los suelos o a la proximidad de grandes masas de agua o de terreno forestal. Por tanto, habrá que tener siempre presente los posibles aspectos diferenciales que pueden presentarse a nivel de parcela de terreno.

Estos datos son básicos y necesarios para poder establecer la viabilidad de implantación de un determinado cultivo. Conocidas las exigencias medioambientales (ecología) del cultivo, se valora su adecuación a las condiciones que presenta el medio físico en la zona. Dentro de cada especie cultivada (tanto de variedad como de patrón) suele haber una gran variabilidad varietal en cuanto a exigencias medioambientales. Este es un hecho muy importante, que debe conocerse y tenerse en cuenta.

De darse alguna limitación medioambiental para el cultivo, habrá que valorar si el grado de pérdida de potencial productivo puede mantener un nivel aceptable de rentabilidad, así como la viabilidad económica de llevar a cabo acciones que eliminen o palien esa limitación.

En este capítulo se hace un comentario y evaluación de la aptitud del medio físico de la zona regable de Jerez para la implantación de cultivos leñosos. Se pone especial hincapié en cítricos, olivar y frutos secos ya que, en la actualidad, son de las especies arbóreas que presentan una mejor rentabilidad y, por tanto, las que están experimentando una mayor expansión.

5.1. Aptitudes climáticas

En general, la zona de estudio presenta una buenas condiciones climáticas para los cultivos de vid, cítricos y frutales de zonas templadas. A continuación se detallan las condiciones de los principales parámetros climáticos: horas frío, heladas, regímenes térmicos e hídricos y humedad relativa.

Horas frío

Como se indicó en el Apartado 2.2, el número de horas frío que se registran en la zona se sitúa entre las 500-650. Estas cantidades son adecuadas para el cultivo de cítricos y de olivar. Respecto a los frutos secos, el almendro sería perfectamente viable, mientras que para nogal y pistachero habría que escoger las variedades adecuadas. Variedades de nogal con no muy altas exigencias en horas frío, como lo son la mayoría de las variedades californianas, podrían ser viables en la zona; mientras que con las variedades francesas y centroeuropeas se podrían tener problemas por falta de horas frío. La variedad de pistachero 'Kerman', que es la más cultivada y la de mayor valor comercial, presenta unos altos requerimientos en horas frío, por lo que podría presentar limitaciones para su implantación en la zona de Jerez; existen otras variedades (sobre todo de origen turco) que serían plenamente viables al tener menos necesidades de horas frío, aunque su apreciación comercial y precio del producto son menores.

Aunque se dan diferencias varietales entre ellos, en general, los frutales de hueso presentan unas necesidades medias o bajas en horas frío, mientras que para los de pepita son mayores. Si nos fijamos en la Figura 11, que recoge las necesidades de horas frío de las principales especies leñosas, en la comarca de Jerez se puede también implantar otras especies frutales con necesidades bajas o medias en horas frío (higuera, melocotonero, etc.), debiéndose descartar aquellas otras con altos requerimientos en frío (manzano, etc.).

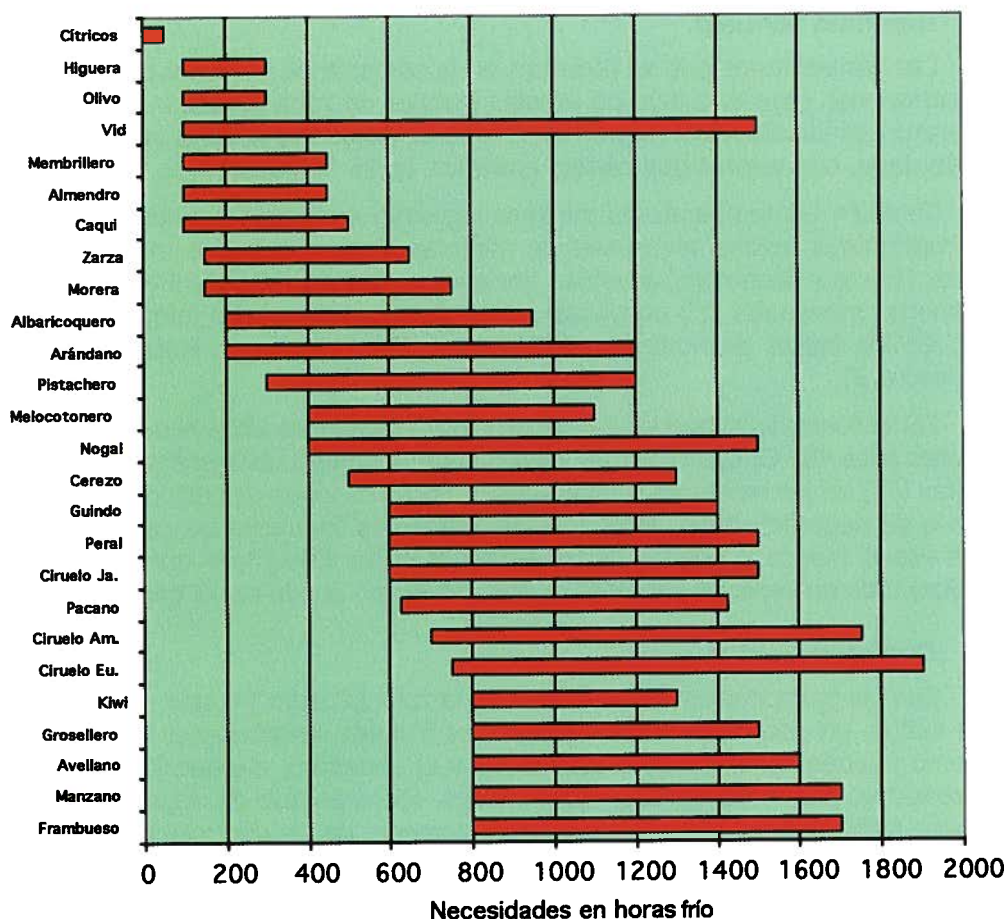


Figura 11. Rango de las necesidades de horas frío de las principales especies leñosas. Fuente: Westwood, 1982.

Heladas

El riesgo de heladas no supone una limitación para el cultivo de frutales en la zona regable de Jerez. Las temperaturas mínimas absolutas no bajan de -6 °C (Cuadro 3), valores que no llegan a dañar la madera de los árboles.

Así mismo, la frecuencia de heladas en los meses de Marzo y Abril es muy baja (Figura 3), por lo que no son de esperar daños en floración o en las primeras etapas del desarrollo del fruto. Solamente en frutales de floración muy temprana (por ejemplo, algunas variedades de almendro como 'Desmayo largueta', 'Marcona', etc.), pueden verse afectadas por las heladas de Enero y Febrero, aunque estas tienen una frecuencia de ocurrencia media o baja, respectivamente.

Régimen térmico

Las temperaturas que se registran en la comarca de Jerez no presentan restricciones para el cultivo de árboles frutales de zona templada. La temperatura media mensual (t_m) en el periodo de parada vegetativa invernal es adecuada, con valores que oscilan entre los 11-15 °C (Cuadro 3).

También las temperaturas mínimas registran unos valores idóneos. Las temperaturas medias mensuales de mínimas diarias (t) en los meses más fríos (Enero y Diciembre) se sitúan por encima de los 5 °C, mientras que las mínimas mensuales (t'') absolutas alcanzan valores iguales o inferiores a 0 °C en los meses de Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero, Marzo y Abril (Cuadro 3).

Por el contrario, sí pueden causar efectos negativos los altos valores (superiores a los 40 °C) que registran las temperaturas máximas mensuales absolutas (T'') en los meses de Julio y Agosto. En condiciones de cultivo en seco o de riego deficitario, estas altas temperaturas favorecen las condiciones de estrés hídrico y pueden llegar a causar daños físicos por quemaduras, sobre todo en especies sensibles al asurado, como puede ser el nogal.

Régimen hídrico

Con las precipitaciones que se dan en la zona (Cuadro 6), solo es posible el cultivo en seco de aquellas especies frutales resistentes a la sequía, como pueden ser el olivo, el pistachero y el almendro, aunque los niveles productivos se verán bastante disminuidos. Mientras que en riego, aunque fuese deficitario, aumentarían considerablemente las producciones, mejoraría la calidad de los frutos y disminuiría la alternancia de las cosechas. Las especies de mayores necesidades hídricas (Cuadro 16), como los cítricos y el nogal, solamente son aconsejables en condiciones de riego.

Cuadro 16. Grado de adecuación de las especies frutales para su cultivo en condiciones de seco, con precipitaciones anuales en torno a los 500 mm.

Alto	Bajo	Muy bajo
Albaricoquero	Caqui	Actinidia
Alcaparro	Cerezo/ <i>P. avium</i>	Arándano
Algarrobo	Cerezo/ <i>P. cerasus</i>	Avellano
Almendro	Ciruelo precoz	Ciruelo
Cerezo/Santa Lucía	Granado	Cítricos
Higuera	Manzano/franco	Frambueso
Olivar aceite	Manzano/patrón vigor alto	Grosellero
Pistacho	Melocotonero precoz	Manzano/patrón vigor bajo
Vid vinificación	Níspero	Manzano/patrón vigor medio
	Nogal	Melocotonero
	Olivar mesa	Peral/Membrillero
	Peral/franco	
	Vid mesa	

Fuente: Rebour, 1971

Humedad relativa

Los valores de la humedad relativa son un dato a tener muy en cuenta para la implantación de frutales. Registros altos, como los que se dan en la zona de estudio, suelen propiciar la incidencia de enfermedades que afectan a la parte aérea de los árboles. Esto puede suponer una fuerte limitación para la implantación de especies o variedades susceptibles a enfermedades de difícil o costoso control, cuya incidencia se vea favorecida por estas condiciones climáticas.

5.2. Aptitudes edáficas

La mayoría de las especies frutales presentan un grado de sensibilidad alto o medio a la asfixia radicular (Cuadro 17). Como consecuencia, la principal limitación que pueden presentar los suelos de la comarca de Jerez para el cultivo de frutales es debida al alto contenido en arcilla (Cuadros 9, 10 y 11) y/o a la presencia muy superficial de la capa freática, que provocan el encharcamiento y la mala aireación de los suelos.

Cuadro 17. Grado de sensibilidad a la asfixia radicular de las principales especies leñosas.

Grado de sensibilidad a la asfixia radicular			
Muy Alto	Alto	Medio	Bajo
Olivo	Aguacate Albaricoquero Almendro Avellano Caqui Chirimoyo Higuera Melocotonero Nogal	Cerezo Ciruelo Cítricos Manzano Pistachero	Membrillero Peral

Adaptado de: Fernández-Escobar (1996); Vargas (2003); Agustí (2004).

Estas malas condiciones del suelo, que pueden producir grandes daños por asfixia radicular, son muy acusadas en el área correspondiente a la Unidad de Suelos Vertisoles del entorno de Nueva Jarilla. También son un serio problema en los Entisoles e Inceptisoles de la Vega del río Guadalete; mientras que en los Alfisoles próximos al aeropuerto las condiciones son mejores.

En los suelos que presenten problemas de asfixia radicular se deben acometer una serie de acciones que pueden llegar a evitar o paliar los daños. Una de ellas es la elección de un material vegetal (patrón en el caso de árbo-

les injertados) que sea resistente a la asfixia. También se pueden llevar a cabo medidas culturales para corregir este problema, como pueden ser la realización de drenajes en el suelo y/o hacer las plantaciones en caballón, ver Figura 12.



Figura 12. Medidas culturales para evitar la asfixia radicular. Arriba, drenaje del suelo. Abajo, plantación en caballón.

5.3. Aptitudes del agua de riego

El agua procedente de los canales presenta una buena calidad agronómica para su uso como agua de riego. No ocurre lo mismo con las aguas de río y, sobre todo, de pozo, que presentan serias restricciones para su utilización por el riesgo de salinización.

Como medidas a adoptar con este tipo de aguas salinas podemos citar las siguientes: mezclarla con agua menos salina, para reducir la concentración de sales; aumentar el volumen de agua aplicada (fracción de lavado) para arrastrar las sales en profundidad; utilizarla para cultivos moderada o altamente resistentes a la salinidad como el olivo y el pistachero, respectivamente. En el Cuadro 18 se recoge el grado de restricción respecto a la calidad del agua para los cultivos del olivo, almendro y nogal

Cuadro 18. Exigencias del olivo, almendro y nogal respecto a la calidad del agua de riego.

Riesgo	Medida	Grado de restricción para el olivo		
		Ninguno	Débil a moderado	Elevado
Salinidad	CE (dS/m)	< 2	2,5 - 4	> 5,5
Sodificación	RAS	CE (dS/m)		
	0 - 3	> 0,7	0,7 - 0,2	< 0,2
	3 - 6	> 1,2	1,2 - 0,3	< 0,3
Fitotoxicidad	Boro (mg/l)	1 - 2		

Fuente: Freeman *et al*, 1994.

Riesgo	Medida	Grado de restricción para el almendro		
		Ninguno	Débil a moderado	Elevado
Salinidad	CE (dS/m)	< 1,1	1,1 - 3,2	> 3,2
Sodificación	RAS	CE (dS/m)		
	0 - 3	> 0,7		< 0,2
	3 - 6	> 1,0		< 0,3
	6 - 12	> 2,0		< 0,5
	12 - 20	> 3,0		< 1,3
	20 - 40	> 5,0		< 2,9
Fitotoxicidad	Sodio (RAS)	< 3,0	3 - 9	> 9
	Cloro (mg/l)	< 142	142 - 355	> 355
	Boro (mg/l)	< 0,5	0,5 - 3	> 3

Fuente: Micke, 1996.

Caracterización del medio físico de la zona regable de Jerez de la Frontera

Riesgo	Medida	Grado de restricción para el nogal		
		Ninguno	Débil a moderado	Elevado
Salinidad	CE (dS/m)	< 1,1	1,1 – 3,2	> 3,2
Sodificación	RAS	CE (dS/m)		
	0 - 3	> 0,7		< 0,3
	3 - 6	> 1,0		< 0,4
	6 - 12	> 2,0		< 0,5
	12 - 20	> 3,0		< 1,0
	20 - 40	> 5,0		< 2,0
Fitotoxicidad				
Sodio (RAS)		< 3	3 - 9	> 9
Cloro (mg/l)		< 142	140 - 350	> 350
Boro (mg/l)		< 0,5	0,5 - 3	> 3

Fuente: Ramos, 1998.

6. Bibliografía consultada y recomendada

- Agustí, Manuel. (2004). Fruticultura. Ediciones Mundi Prensa, Madrid, España.
- Ayers, R.S.; Westcot, D.W. (1985). Water quality for agriculture. FAO irrigation and drainage paper 29 Rev. 1.
- Blasco, F y Rubia, J de la (1973). Guía para clasificar las aguas en relación con su calidad para el riego. IRYDA. Madrid.
- Brady, N.C. (1990). The nature and properties of soils. 10th ed., MacMillan Publishing Company, New York.
- Elias Castillo Francisco y Francesc Castellvi Sentis. (1996). Agrometeorología. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Mundi Prensa.
- Freeman, M.; Uriu, K.; Hartmann, H. (1994). Diagnosing and correcting nutrient problems. In: Olive Production Manual. University of California. Pub. 3353.
- Frías Mauricio. (2006). Requerimiento de frío en frutales. Pomáceas. Boletín Técnico. Vol. 6, número 4. Edi. Universidad de Talca.
- Garrido, S. (1996). Prácticas agrarias compatibles con el medio natural: el agua. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Gil Albert Velarde, F. (1998). Tratado de Arboricultura Frutal. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Mundi Prensa. pp. 207.
- Información técnica (1987). Régimen de heladas en Córdoba. Junta de Andalucía. Dirección General de Investigación y Extensión Agraria.
- Marín, L.; Benlloch, M.; Fernández-Escobar, R. (1995). Screening of olive cultivars for salt tolerance. Scient. Hort., 64: 113-116.
- Mass, E.V.; Hoffman, M.O. (1977). Crop salt tolerance-current assessment. J. Irrig. Drain. Div. Proc. Amer. Soc. Emg., 103: 115-134.
- Nakayama, F.S. (1982). Water analysis and treatment techniques to control emitter plugging. Irrigation Association Conference, 21-24 February 1982. Portland, Oregon.

- Navarro, M. (2004). Evaluación de la zona regable del Guadalquivir (Cádiz) pp. 87. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Oster J.D.; Schroer, F.W. (1979). Infiltration as influenced by irrigation water quality. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 43:444-447.
- Parra, M.A; Fernández-Escobar, R; Navarro, C; Arquero, O. (2003). Los Suelos y la Fertilización del Olivar Cultivado en Zonas Calcáreas. Mundi-Prensa-Junta de Andalucía, Madrid, 256 pp.
- Pastor, M. (2005). Cultivo del olivo con riego localizado. Mundi-Prensa, Junta de Andalucía. Madrid.
- Rebour, H. (1971). Frutales mediterráneos. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Rhoades, J.D. (1977). Potential for using saline agricultural drainage waters for irrigation. *Proc. Water Management for Irrigation and Drainage.* ASCE, Reno, Nevada. 20-22 July 1977. pp 85-116.
- Richard. (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.S. Depart. Agr. Handbook 60.
- Sancho-Civera, J. (2000). Calidad de las aguas para uso agrícola. Criterios de evaluación. En: Curso de fertirrigación de cítricos. Giner, J.F. (ed). Ed. Universitat Politècnica de Valencia, Generalitat Valenciana, Phytoma. Valencia. 53-92.
- Torrent, J. (1995). Genesis and properties of the soils of the mediterranean regions. Dipartimento di Scienze Chimico-Agrarie. Università di Napoli Federico II.
- Westwood, M.N. (1982). Fruticultura de zonas templadas. Ed. Mundi Prensa. 461 pp.