

**UNIVERSIDAD DE ALMERÍA**

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA**

**“Capacidad de uso de los suelos del término  
de Cuevas de San Marcos (Málaga)”**

**Mención: En Explotaciones Agropecuarias**

**Curso 2016/2017**

**Alumno/a: Rogelio Manuel Cárceles Forte**

**Director/es:**

**Carlos Manuel Asensio Grima**

**Isabel Miralles Mellado**



## **ÍNDICE GENERAL**

	<b>Página</b>
<b>1. INTERÉS Y OBJETIVOS</b>	<b>7</b>
<b>2. FASES DE LA REALIZACIÓN Y CRONOGRAMA DE TRABAJO</b>	<b>9</b>
<b>3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>11</b>
<b>3.1. Localización geográfica</b>	<b>12</b>
<b>3.2. Factores formadores</b>	<b>16</b>
<b>3.2.1. Caracterización climática</b>	<b>16</b>
<b>3.2.1.1. Regímenes de humedad y temperatura</b>	<b>17</b>
<b>3.2.1.2. Estaciones termopluviométricas</b>	<b>19</b>
<b>3.2.1.3. Estaciones pluviométricas</b>	<b>20</b>
<b>3.2.1.4. Regímenes de humedad y temperatura del suelo</b>	<b>22</b>
<b>3.2.2. Geología y relieve</b>	<b>26</b>
<b>3.2.2.1. Tectónica</b>	<b>28</b>
<b>3.2.2.2. Relieve</b>	<b>28</b>
<b>3.2.3. Vegetación</b>	<b>29</b>
<b>3.2.3.1. Cultivos</b>	<b>29</b>
<b>3.2.3.2. Olivar</b>	<b>31</b>
<b>3.2.3.3. Vegetación Natural</b>	<b>31</b>
<b>4. MATERIAL Y MÉTODOS</b>	<b>34</b>
<b>4.1. Métodos de gabinete</b>	<b>34</b>
<b>4.2. Métodos de campo</b>	<b>34</b>
<b>4.3. Métodos de laboratorio</b>	<b>35</b>
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>39</b>
<b>5.1. Perfiles de suelos: Características, horizontes y resultados analíticos</b>	<b>39</b>
<b>5.1.1. Descripción de perfiles</b>	<b>39</b>
<b>5.1.2. Analítica de muestras de capa arable</b>	<b>41</b>
<b>5.2. Evaluación de tierras</b>	<b>42</b>
<b>5.2.1. Cereales</b>	<b>43</b>
<b>5.2.2. Leguminosas</b>	<b>47</b>
<b>5.2.3. Cultivos industriales</b>	<b>51</b>
<b>5.2.4. Oleaginosas</b>	<b>52</b>
<b>5.3. Aplicación de las matrices a los cultivos seleccionados</b>	<b>56</b>
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>67</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>69</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
<b>Tabla 1: Localización de las estaciones termopluviométricas con altitud y número de años de registro</b>	<b>19</b>
<b>Tabla 2: Valores termopluviométricos mensuales y total anual en las estaciones consideradas</b>	<b>20</b>
<b>Tabla 3: Localización de las estaciones pluviométricas con altitud y número de años de registro</b>	<b>21</b>
<b>Tabla 4: Valores pluviométricos mensuales y total anual en las estaciones consideradas</b>	<b>21</b>
<b>Tabla 5: Valores de Etp mensuales y anuales en las estaciones consideradas</b>	<b>22</b>
<b>Tabla 6: Localización y composición granulométrica de la capa arable</b>	<b>42</b>
<b>Tabla 7: Matriz de gradación para cereales (principalmente trigo)</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 8: Modificaciones a la matriz de gradación para otros cereales</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 9: Matriz de gradación para alfalfa</b>	<b>48</b>
<b>Tabla 10: Matriz de gradación para garbanzo</b>	<b>49</b>
<b>Tabla 11: Matriz de gradación para veza</b>	<b>50</b>
<b>Tabla 12: Matriz de gradación para algodón</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 13: Matriz de gradación para el girasol</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 14: Matriz de gradación para el cultivo del olivo</b>	<b>54</b>
<b>Tabla 15: Aplicación de la matriz de gradación para cereales (principalmente trigo)</b>	<b>56</b>
<b>Tabla 15 bis: Aplicación de la matriz de gradación para cereales (principalmente trigo)</b>	<b>57</b>
<b>Tabla 16: Aplicación de las modificaciones a la matriz de gradación general para otros cereales</b>	<b>58</b>
<b>Tabla 17: Aplicación de la matriz de gradación para alfalfa</b>	<b>59</b>
<b>Tabla 18: Aplicación de la matriz de gradación para garbanzo</b>	<b>60</b>
<b>Tabla 19: Aplicación de la matriz de gradación para veza</b>	<b>61</b>
<b>Tabla 20: Aplicación de la matriz de gradación para algodón</b>	<b>62</b>
<b>Tabla 21: Aplicación de la matriz de gradación para girasol</b>	<b>63</b>
<b>Tabla 22: Aplicación de la matriz de gradación para olivo</b>	<b>64</b>

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

	<b>Página</b>
<b>Figura 1: Localización geográfica Cuevas de San Marcos</b>	<b>12</b>
<b>Figura 2: Mapa Comarcal Provincia de Málaga</b>	<b>13</b>
<b>Figura 3: Mapa Físico Provincia de Málaga</b>	<b>13</b>
<b>Figura 4: Localización detallada Cuevas de San Marcos (Mapa físico e Imagen vía Satélite)</b>	<b>15</b>
<b>Figura 5: Localización de estaciones meteorológicas en la Hoja de Rute</b>	<b>17</b>
<b>Figura 6: Ejemplo de una ficha climática modal y un balance hídrico (Ortega et al. 1990)</b>	<b>18</b>
<b>Figura 7: Balance hídrico y ficha climática (Pantano de Iznájar)</b>	<b>23</b>
<b>Figura 8: Balance hídrico y ficha climática (Villanueva de Tapia)</b>	<b>24</b>
<b>Figura 9: Uso de la tierra en la hoja de Rute (1007)</b>	<b>29</b>
<b>Figura 10: Distribución de la ocupación agrícola de la zona</b>	<b>31</b>
<b>Figura 11: Mapa de muestreo suelos</b>	<b>35</b>

## **I. INTERÉS Y OBJETIVOS**

## **1. INTERÉS Y OBJETIVOS**

El término municipal de Cuevas de San Marcos es el más septentrional de la provincia de Málaga, lindando al este con el embalse de Iznájar y al norte con la provincia de Córdoba. El suelo es un recurso de indudable interés para las actividades humanas, de ahí que su conocimiento sea de capital importancia para un uso adecuado del mismo desde el punto de vista agronómico. El ambiente de formación de los suelos debe ser estudiado como una herramienta básica, que permita conocer la génesis de los mismos para una caracterización más precisa.

El objetivo de este estudio es realizar la evaluación de tierras en el término de Cuevas de San Marcos y describir las características morfológicas y analíticas de los suelos, para ver su capacidad de uso frente a diferentes cultivos. Para valorar dicha aptitud, se necesita analizar sus parámetros físicos, físico-químicos y químicos, así como las propiedades extrínsecas (clima, topografía, etc.). Descartaremos los sistemas de evaluación encaminados a ordenar el territorio (métodos generales), ya que, mayoritariamente, los suelos del término de San Marcos tienen una eminente vocación agrícola, centrándonos, por tanto, en sistemas de evaluación específicos. Para ello, seleccionaremos diversos cultivos y comprobaremos su aptitud para nuestras tipologías.

## **II. FASES DE LA REALIZACIÓN Y CRONOGRAMA DE TRABAJO**

## 2. FASES DE LA REALIZACIÓN Y CRONOGRAMA DE TRABAJO

Actividades/Tareas	2016	2017
Estudio del medio físico. Evaluación de tierras.	 e f m a m j j a s o n d	 e f m a m j j a s o n d
Toma de muestras.	 e f m a m j j a s o n d	 e f m a m j j a s o n d
Determinaciones analíticas.	 e f m a m j j a s o n d	 e f m a m j j a s o n d
Interpretación de resultados.	 e f m a m j j a s o n d	 e f m a m j j a s o n d
Redacción de memoria.	 e f m a m j j a s o n d	 e f m a m j j a s o n d

### **III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Como antecedentes, podemos destacar trabajos como el de Ortega et al (1990), en el que se caracterizan los regímenes de humedad y temperatura del sur de España.

Dentro del Convenio Universidad de Granada-ICONA, y bajo el marco del Proyecto LUCDEME, se ha realizado la Memoria y Mapa de Suelos, a escala 1:100.000, de Rute (hoja 1007) que engloba al término objeto de estudio.

Un estudio genético, de degradación y evaluación que servirá de base para nuestro trabajo es el de Asensio (1993), si bien en una zona situada al sur de la nuestra, como lo es la hoja de Álora.

Otra tipología de suelos destacada en nuestra zona son los Leptosoles, y sobre ellos estudian los parámetros analíticos y características generales en la zona central de la provincia de Málaga distintos miembros de los Departamentos de Edafología y Química Agrícola de las Facultades de Farmacia de la Universidad de Granada y de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Almería en 1993. Algo similar realizan estos investigadores en el mismo año, pero con los Fluvisoles de la Depresión del Guadalhorce.

Para la adecuación de las descripciones de los suelos, prestamos especial atención al trabajo de Gómez-Díaz et al (1993) en el que se hacen distintas consideraciones acerca de la correcta descripción de campo, con una especial incidencia sobre la variabilidad espacial, temporal y el status de actividad de los suelos, centrándose en cultivos de maíz.

Por último, y dentro del apartado de Evaluación de suelos, podemos destacar publicaciones como la de Asensio et al (1995), referentes a la distribución de elementos fertilizantes del suelo, fundamentalmente nitrógeno, fósforo y potasio, en Vertisoles que mantienen sus grietas abiertas por más de sesenta días consecutivos todos los años, y que además presentan un chroma relativamente alto, como sucede con los Vertisoles de Cuevas del Becerro; o la de Ortega et al (1995) en la que se plantea el uso de suelos vérticos para el cultivo de leguminosas en el centro de la provincia de Málaga.

### 3.1. Localización geográfica

Cuevas de San Marcos es el término municipal más septentrional de la provincia de Málaga, en la comunidad autónoma de Andalucía, en el sur de España. Está situado a 62 km al Norte de la capital malagueña, en la Comarca Nororiental de Málaga (Nororma).

Las coordenadas geográficas y las coordenadas UTM para dicho municipio son las siguientes:

NORTE:	37°17' N, 4°25' O	→	30 S 374416 4127245
SUR:	37°12' N, 4°26' O	→	30 S 372799 4118021
ESTE:	37°15' N, 4°22' O	→	30 S 378796 4123481
OESTE:	37°15' N, 4°28' O	→	30 S 369926 4123614



Figura 1.- Localización geográfica Cuevas de San Marcos



Figura 2.- Mapa Comarcal Provincia de Málaga



Figura 3.- Mapa Físico Provincia de Málaga

La Hoja Topográfica 1007 de Rute, se encuentra situada al SE de la provincia de Córdoba e incluye parte de la zona norte de Málaga y una pequeña porción del NW de la provincia de Granada en el ángulo inferior izquierdo de la Hoja.

Seis términos municipales de la provincia de Córdoba se encuentran dentro del ámbito del área, siendo el principal Rute, que da nombre a la Hoja. Otros seis pertenecen a la provincia de Málaga y solo dos a la de Granada (Algarinejo y Loja).

El río Genil atraviesa la parte central de la Hoja de Este a Oeste, y es el principal río que con su caudal alimenta el **Embalse de Iznájar**, situado en la parte central de la Hoja topográfica, y que ha sido llamado el Lago de Andalucía por su extensión.

En la parte norte de la zona, se encuentra ubicado el **Parque Natural de las Sierras Subbéticas**, que engloba el suroeste de la provincia de Córdoba y está en la confluencia de las provincias de Granada y Málaga, justo en el centro geográfico de Andalucía.

Los límites del Parque, fueron establecidos por la Junta de Andalucía en el Decreto 232/1988, de 31 de Mayo del mismo año y comprenden parte de la superficie de los términos municipales de Cabra, Iznájar, Luque, Priego de Córdoba, Rute y Zuheros.

En el "Parque Natural", existe un aprovechamiento intensivo de sus recursos, sobre todo los de tipo agrario, destacando el cultivo del olivo (fundamentalmente para la obtención de aceituna destinada a almazara), aunque existe también un aprovechamiento ganadero; además de las industrias agrarias derivadas como son: los anisados y la industria de la confección.

Antes de la dominación romana, comienzan ya a producirse roturaciones; aunque durante la dominación romana y árabe, parece ser que no existen modificaciones significativas, salvo en el último periodo en el que se deja sentir una mejora en el regadío de los cultivos. Como consecuencia de la reconquista por las tropas cristianas, la instalación de colonos en estas tierras comienza a producir una evolución agraria, acentuada entre los siglos XVIII y XIX, siendo en este último, cuando se produce la desamortización que continúa en el siglo XX, donde se producen roturaciones y acceso a la propiedad de numerosos colonos.

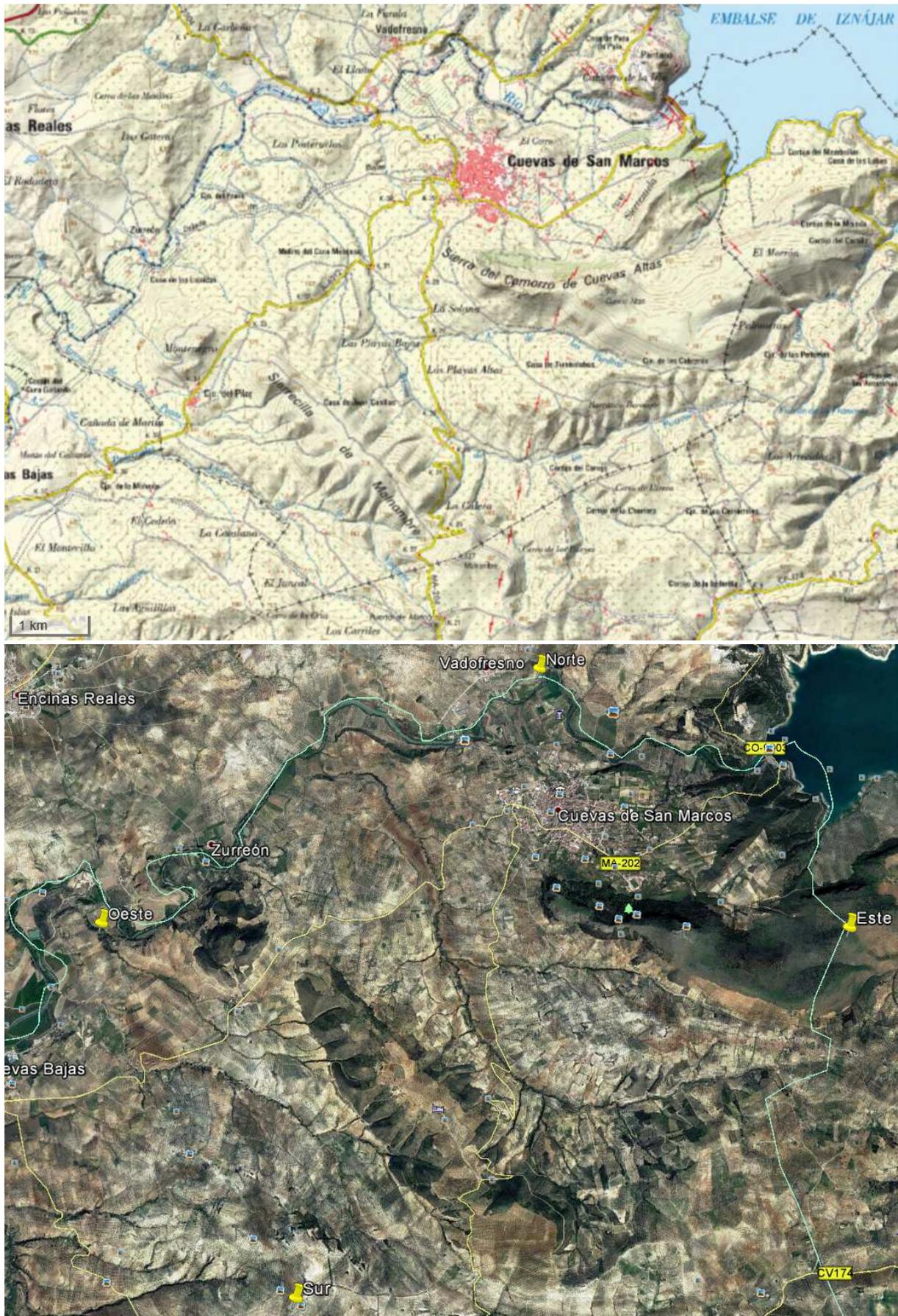


Figura 4.- Localización detallada Cuevas de San Marcos (Mapa físico e Imagen vía Satélite)

## **3.2. Factores formadores**

### **3.2.1. Caracterización climática**

El clima de una zona (precipitación, temperatura y evapotranspiración del suelo), determina e influye sobre la distribución de suelos, flora y fauna, así como sobre el relieve. La caracterización del clima en un área, tiene gran importancia, ya que de esta forma se pueden predecir un gran número de procesos que se dan en el suelo, como son: descomposición de materia orgánica, movilización de componentes y contenido en agua; pero sobre todo, es importante en suelos como los Vertisoles, en los que la alternancia de los periodos de humedecimiento y desecación condicionan su génesis y clasificación.

Según Carbon y Galbraith (1975), es de gran importancia la caracterización de los balances hídricos de los suelos a la hora de conocer los procesos de formación de los mismos; de esta forma, Faniran y Areola (1978) establecen relaciones entre la precipitación y los contenidos en nitrógeno, materia orgánica, arcilla y la profundidad en que se encuentran las acumulaciones de CaCO<sub>3</sub>; más recientemente Ortega et al. (1990), establecen relaciones entre los parámetros climáticos y edáficos, encontrando una clara correlación entre ellos, que denota la influencia de unos sobre otros.

Hay que tener en cuenta que Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2003) y Keys to Soil Taxonomy (USDA-NRCS, 2010) tienen en cuenta además de otras características inherentes al suelo y al ambiente, las condiciones climáticas de los suelos, expresadas como regímenes de humedad y temperatura.

A partir de los datos climáticos (temperaturas y precipitación pluvial) suministrados por estaciones situadas en una zona determinada, y con un número de años lo suficientemente representativo, es posible mediante un método de correlación múltiple entre los parámetros implicados (los anteriormente mencionados con los de longitud, latitud y altitud), predecir cuál va ser el clima de un suelo en un lugar determinado. Además, si tenemos en cuenta que se pueden obtener datos fiables, de acuerdo con los coeficientes de correlación múltiple requeridos para un determinado número de muestras, es lógico pensar que es un método de inestimable ayuda para el cálculo de los regímenes de humedad y temperatura del suelo.

La Hoja Topográfica de Rute, desde el punto de vista climatológico, se encuentra influenciada por dos circunstancias muy significativas: La primera caracterizada por la presencia del Parque Natural de las Sierras Subbéticas, que se encuentra al N, en las cercanías de Rute y que influye de una manera marcada el clima de esa zona; y otra el hecho de la presencia del Embalse de Iznájar, que también ha sido llamado el lago de Andalucía por sus dimensiones, y que abarca una extensa zona en el centro-este del área, lo que también afecta a las condiciones térmicas e hídricas del área de estudio.

Las estaciones que hemos considerado, se encuentran ubicadas, unas dentro del propio ámbito de estudio, y otras en zonas limítrofes y muy cercanas, lo que nos brinda una información muy útil de los regímenes termopluiométricos existentes.

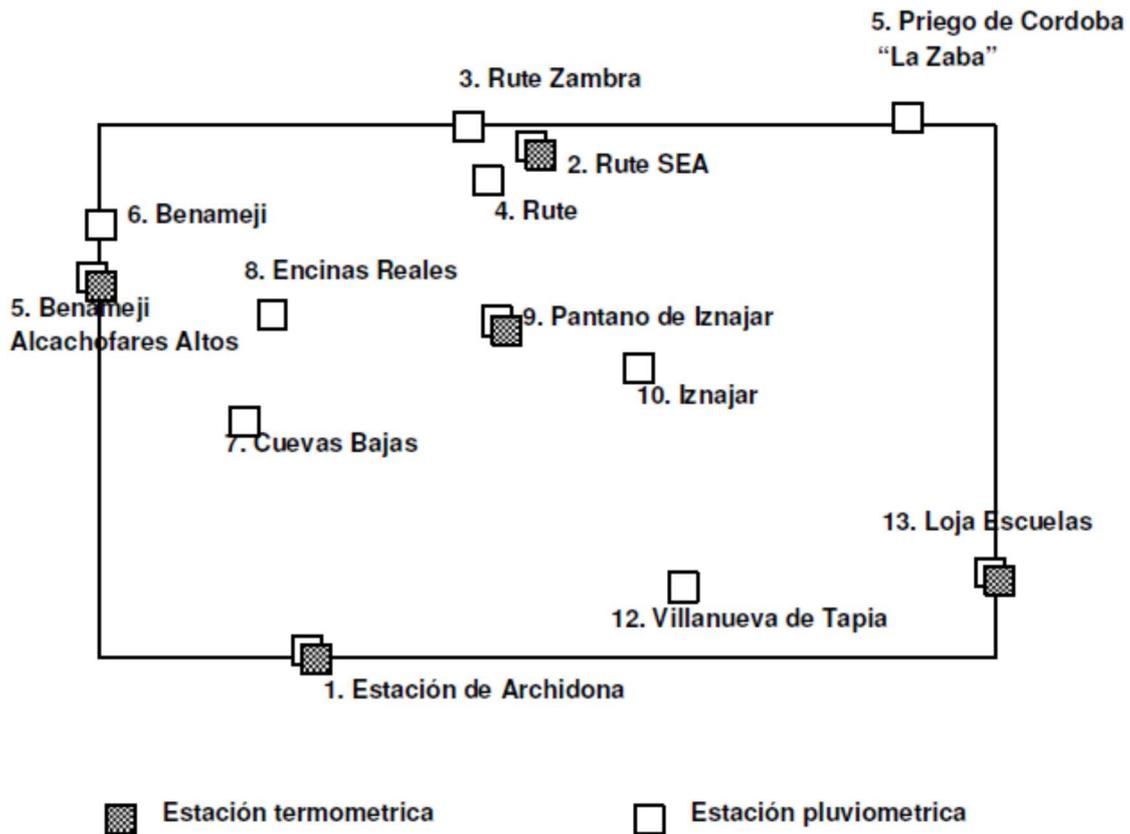


Figura 5.- Localización de estaciones meteorológicas en la Hoja de Rute

### 3.2.1.1. Regímenes de humedad y temperatura

Para algunos edafólogos como Jenny (1980) y Buol et al. (1991), el clima más que un factor formador, es una propiedad del suelo y atendiendo a él, justifican algunas de sus características o lo utilizan como elemento taxonómico. El problema es medir los elementos que lo definen, ya que los métodos propuestos son más complejos y complicados que los atmosféricos, debido a la dificultad que entraña la determinación directa en el seno edáfico y por la carencia de equipos adecuados. Para intentar solucionar todos estos problemas, se efectúan los balances hídricos, que se materializan como fichas numéricas y gráficos, que representan los valores de la lluvia mensual y anual de cada suelo, basada en la predicción de acuerdo con unas ecuaciones de correlación previamente calculadas, así como en la temperatura que es calculada mensual y anualmente a partir de ecuaciones establecidas en la zona y que nos pueden servir de base para la elaboración de la evapotranspiración potencial del suelo.

La capacidad de almacenamiento de agua por el suelo (AWC), se fundamenta en las características propias del suelo y en la profundidad hasta donde llegan las raíces, es decir el espesor del "solum" del suelo.

Numerosos autores proponen que se utilice como valor estándar 100, Benavente y Frontana (1984) indican que para la vertiente sur de España, se deben utilizar tres valores de 25, 75 y 100 mm respectivamente de acuerdo con la textura.

Los regímenes de humedad en el sur de España son mayoritariamente Xéricos, siendo los veranos calientes y secos, y los inviernos húmedos y frescos. En esta época, la evapotranspiración es mínima, se ayuda a la percolación, y por tanto la humedad del suelo disminuye.

Los regímenes de temperatura van de Mésicos a Térmicos. O sea, la temperatura media anual del suelo oscila entre los 8°C y 22°C. Presentan un profundo déficit que abarca los meses de verano (parte de Junio, Julio, Agosto y algunos días de Septiembre), con una recarga que comienza en el otoño (Octubre, y parte de Noviembre). Existe sobrante de agua durante el invierno y con la primavera comienza la utilización de ésta, hasta que la reserva se consume y el suelo presenta de nuevo déficit. A continuación, en la Figura 1, tenemos una ficha climática modal y un balance hídrico a modo de ejemplo (Ortega et al. 1990). En él, observamos las medias mensuales de datos como temperaturas, precipitaciones, evapotranspiración potencial, evapotranspiración real, reserva de agua, etc. en un año.

MESES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
Temperatura	7,8	8,7	11,2	12,6	16,0	20,1	23,9	24,1	23,9	16,7	11,7	8,8	15,5
Precipitación	95,3	93,1	76,8	76,3	50,3	17,9	1,9	8,4	19,7	62,0	96,9	102,2	700,8
ETP	16,3	19,0	34,9	45,0	73,2	106,4	142,7	135,4	117,6	62,4	30,9	19,1	802,9
ETR	16,3	19,0	34,9	45,0	73,2	95,0	1,9	8,4	19,7	62,0	30,9	19,1	425,4
V. reserva	--	--	--	--	-22,9	-77,1	--	--	--	--	66,0	34,0	--
Reserva	100	100	100	100	77,1	--	--	--	--	--	66,0	100	--
Exceso agua	79,0	74,1	41,9	31,3	--	--	--	--	--	--	--	49,1	275,4
Falta agua	--	--	--	--	--	11,4	140,8	127,0	97,9	0,4	--	--	377,5

T\* Media del suelo a 50 cm: 16,5°C  
T\* Media de invierno del suelo a 50 cm: 9,4°C  
T\* Media de verano del suelo a 50 cm: 22,1°C

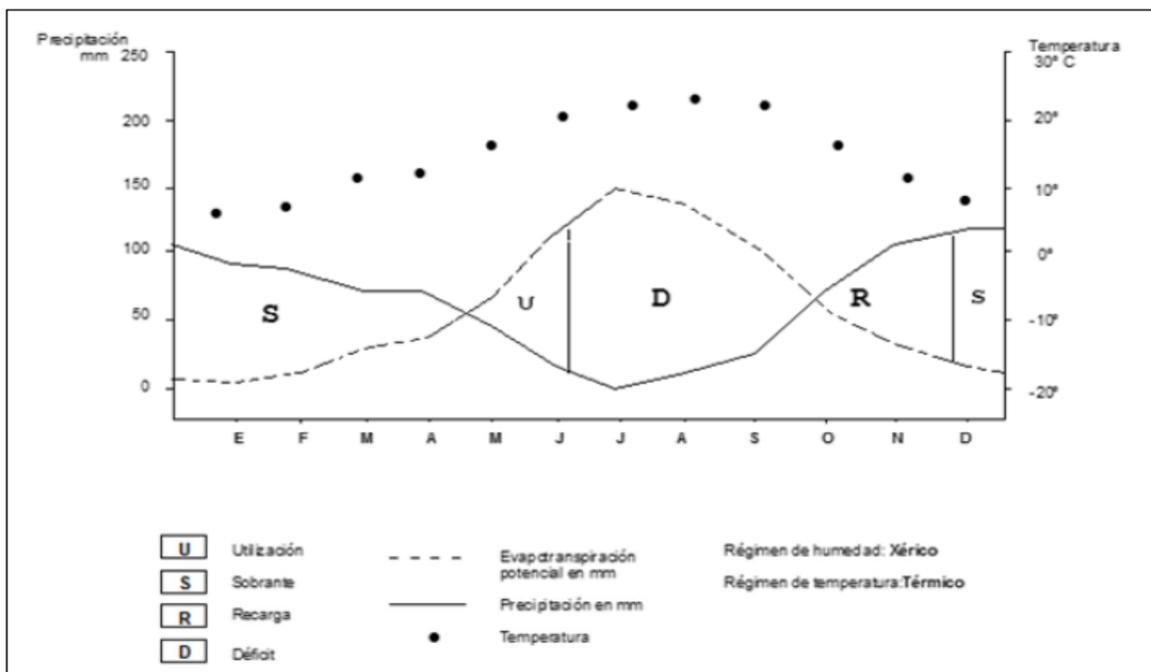


Figura 6.- Ejemplo de una ficha climática modal y un balance hídrico (Ortega et al. 1990)

En la gráfica, comprobamos que el punto máximo de temperaturas medias mensuales coincide con el punto mínimo de precipitaciones medias mensuales. Los meses más calurosos (junio, julio y agosto) son en los que se dan menos precipitaciones, siendo las reservas de agua mínimas y la evapotranspiración máxima. Esto es lo que normalmente se da en los regímenes de temperatura y humedad en el sur de España.

### 3.2.1.2. Estaciones Termopluviométricas

Las características de las estaciones termopluviométricas que hemos considerado, son los que se insertan a continuación (Tabla 1), junto a los valores de temperaturas medias y precipitación anuales (Tabla2).

Estación	Altitud (m)	Periodo (años)
Archidona	700	16
Benameji "Alcachofares Altos"	465	6
Loja "Escuelas"	480	16
Pantano de Iznajar	380	18
Rute "S.E.A."	639	13
Villanueva de Tapia	661	35

Tabla 1.- Localización de las estaciones termopluviométricas con altitud y número de años de registro

Estación: Archidona													
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
T	7,4	8,9	11,2	12,9	16,8	22,2	26,0	25,7	22,6	16,9	11,8	8,7	15,9
P	78,5	82,8	64,6	61,6	40,1	21,4	3,9	4,0	27,4	58,8	92,5	89,9	625,6

Estación: Benameji "Alcachofares Altos"													
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
T	7,5	8,9	11,5	12,7	15,7	22,9	26,4	26,2	24,3	18,9	12,5	8,8	16,4
P	64,9	66,5	62,2	55,1	34,5	15,7	5,0	8,5	25,7	52,7	78,5	82,0	551,3

Estación: Loja "Escuelas"													
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
T	8,6	9,8	12,2	14,3	18,4	23,2	26,8	26,5	23,4	18,5	12,8	9	17,0
P	60,8	58,2	63,5	53,6	35,6	18,9	2,3	5,9	20,0	47,3	65,2	77,4	508,7

Estación: Pantano de Iznajar													
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
T	8,7	9,7	11,6	13,6	17,0	21,5	25,9	25,5	22,3	17,5	12,5	8,9	16,2
P	70,7	69,6	58,8	60,5	34,0	20,2	3,6	6,5	25,9	54,5	79,8	72,0	556,0

Estación: Rute "SEA"													
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
T	8,3	9,0	11,0	12,8	16,0	21,9	25,9	25,7	22,8	17,0	12,4	9,3	16,0
P	71,1	89,3	68,8	61,1	39,4	20,6	5,3	9,1	22,9	58,7	84,9	105,1	636,4

Estación: Villanueva de Tapia													
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
T	8,0	8,8	10,6	12,5	15,9	19,4	23,3	23,4	20,7	15,9	11,4	8,5	14,9
P	102,1	98,2	87,3	56,6	40,6	18,9	2,5	3,4	26,2	66,7	84,6	94,7	661,8

Tabla 2.- Valores termopluviométricos mensuales y total anual en las estaciones consideradas

El régimen termométrico del área de estudio, está en temperaturas medias anuales que oscilan entre 15-17°C, con valores anuales mínimos de 14,9°C en la estación de Villanueva de Tapia y máximas de 17°C en la de Loja "Escuelas" (Tabla 2). Los valores térmicos más bajos, se detectan en todas las estaciones en los meses invernales de Diciembre y Enero, mientras que los más elevados se corresponden con los estivales (Julio y Agosto).

### 3.2.1.3. Estaciones Pluviométricas

En el ámbito de la Hoja de estudio, existen además de las seis estaciones termopluviométricas que se han recogido con anterioridad (Tablas 1 y 2), un total de siete estaciones que nos ofrecen solo datos pluviométricos (Tabla 3). Las estaciones que solo presentan valores de precipitación en la zona, se encuentran en la Tabla 4.

Estación	Altitud (m)	Periodo (años)
Benamejí	414	19
Cuevas Bajas	323	21
Encinas Reales	439	20
Iznajar	533	25
Priego de Córdoba "La Zaba"	790	14
Rute "La Zambra"	520	35
Rute	639	23

Tabla 3.- Localización de las estaciones pluviométricas con altitud y número de años de registro.

Estación: Benamejí													
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
P	65,3	63,5	58,7	45,5	37,2	20,6	1,8	5,0	26,2	61,3	60,2	89,1	534,6
Estación: Cuevas Bajas													
P	52,3	61,3	60,9	50,8	29,8	19,9	1,6	1,9	26,8	50,9	69,3	78,4	504,0
Estación: Encinas Reales													
P	71,4	55,1	68,0	48,4	32,6	10,9	2,4	4,6	26,4	57,5	78,8	96,8	552,9
Estación: Iznajar													
P	44,3	37,5	37,4	34,5	24,9	13,5	1,1	2,4	19,5	36,2	45,8	48,6	345,7
Estación: Priego de Córdoba "La Zaba"													
P	80,0	108,7	74,8	62,2	49,6	25,3	15,0	12,7	14,2	48,2	88,7	117,7	697,0
Estación: Rute "Zambra"													
P	84,4	84,5	87,9	59,9	43,8	24,0	3,9	5,6	27,4	67,2	89,3	98,3	676,3
Estación: Rute													
P	79,2	74,2	83,6	54,1	39,9	17,0	2,8	4,4	31,1	57,7	72,2	90,0	606,3

Tabla 4.- Valores pluviométricos mensuales, y total anual en las estaciones consideradas

La pluviometría es irregular, se concentra en los meses de otoño e invierno y una pequeña parte de la primavera, con una acusada sequía estival; además, las lluvias disminuyen conforme nos desplazamos hacia el Este y de Sur a Norte. Junta de Andalucía (1992).

El cambiante relieve de la zona, provee valores pluviométricos muy dispares, que se encuentran comprendidos entre 500 y 700 mm de precipitación anual, con valores máximos de 697,1 mm para el área de la estación meteorológica de Priego de Córdoba " La Zaba", situada

al N de la Hoja y de la localidad de Rute, Parque Natural de las Sierras Subbéticas de la Provincia de Córdoba S.G.E. (1995); y se corresponde con la estación meteorológica situada a mayor altitud 790 m. Por el contrario, la estación situada en Iznájar, en el centro de la Hoja, y en pleno pantano del mismo nombre a 533 m de altitud ofrece los valores de lluvia anuales más bajos de todas las estaciones ubicadas en el área o sus proximidades, con tan sólo 345,7 mm anuales.

Los meses más lluviosos son: Noviembre, Diciembre y Enero, por este orden, mientras que los más secos son: Julio y Agosto, lo que denota las características de un clima mediterráneo subtropical seco subhúmedo, con inviernos templados-fríos y veranos que se pueden considerar como secos y calurosos.

### 3.2.1.4. Regímenes de humedad y temperatura del suelo

Cuando intentamos calcular los regímenes de humedad y temperatura de los suelos de la zona, y de acuerdo con Soil Taxonomy USDA (1999), tendremos que tener en cuenta una serie de circunstancias:

El régimen pluviométrico, que salvo que existan capas freáticas u otros aportes por riego, depende de la ubicación del suelo dentro del ámbito del área de estudio, por esta razón se tienen en cuenta las estaciones de las diferentes zonas de la Hoja, o se puede calcular por integración con los datos de las diferentes estaciones y de acuerdo con los modelos de correlación matemática, que nos relacionan la lluvia de cada mes con la longitud, latitud y altitud de un lugar, y de esa manera poder predecir con una aproximación bastante alta, cual es la pluviometría de ese punto. De idéntica manera se puede proceder con las temperaturas y obtener el valor mensual o anual en un punto determinado.

Con los valores térmicos mensuales, se obtiene la evapotranspiración potencial por el método de Thornthwaite (Tabla 5), y con la confluencia de estos dos datos con las precipitaciones y las características del suelo, se pueden efectuar los balances hídricos, o balances de agua para los suelos de la zona, que nos permiten tener una idea mucho más exacta de las condiciones hídricas que van a tener los cultivos que se instauren en dichos suelos. Si consideramos una reserva de agua del suelo modal de 100 mm., se pueden establecer a modo indicativo los balances hídricos de: Pantano de Iznájar y Villanueva de Tapia.

ESTACIÓN: VILLANUEVA DE TAPIA / Etp mm. de agua												
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
18,6	21,0	34,2	47,0	75,3	102,9	138,4	130,4	95,2	59,9	31,5	19,7	774,1

ESTACIÓN: PANTANO DE IZNAJAR / Etp mm. de agua												
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
17,7	20,7	34,1	47,7	77,7	116,4	162,3	148,0	103,5	64,5	32,2	17,7	842,5

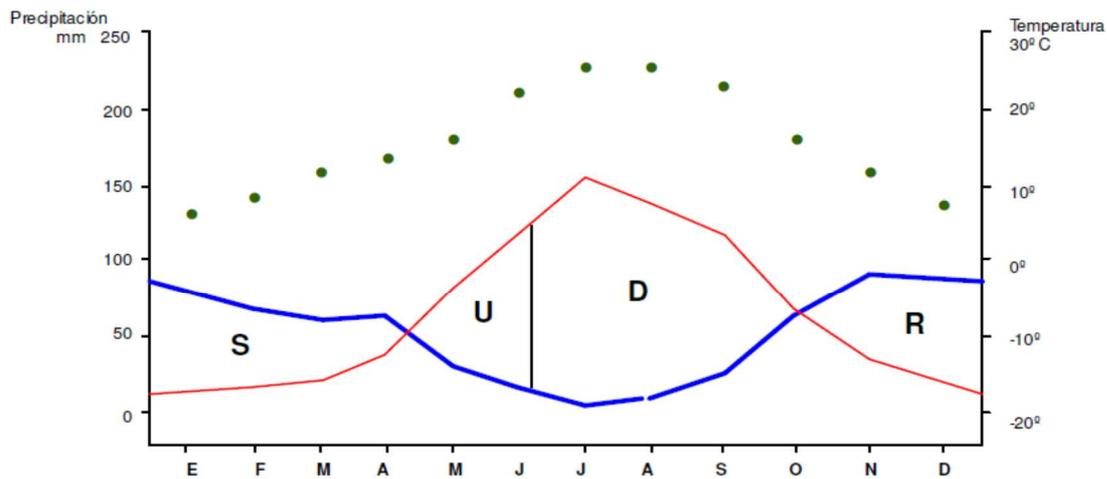
Tabla 5.- Valores de Etp mensuales y anuales en las estaciones consideradas

BALANCE HÍDRICO DE PANTANO DE IZNAJAR

FICHA CLIMÁTICA DE PANTANO DE IZNAJAR

MESES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
Temperatura	8,7	9,7	11,6	16,6	17,0	21,5	25,9	25,5	22,3	17,5	12,5	8,9	16,2
Precipitación	70,7	69,6	58,8	60,5	34,0	20,2	3,6	6,5	25,9	54,5	79,8	72,0	556,1
ETP	17,7	20,7	34,1	47,7	77,7	116,4	162,3	148,0	103,5	64,5	32,2	17,7	824,7
ETR	17,7	20,7	34,1	47,7	77,7	76,5	3,6	6,5	25,9	54,5	32,2	17,7	414,8
V. reserva	0	0	0	0	-43,7	-56,3	0	0	0	0	47,6	52,4	-
Reserva	100,0	100,0	100,0	100,0	56,3	0	0	0	0	0	47,6	100,0	-
Exceso de agua	53,0	48,9	24,7	12,8	0	0	0	0	0	0	0	1,9	141,3
Falta de agua	0	0	0	0	0	39,6	158,7	141,5	77,6	10,0	0	0	427,4

Capacidad de retención: 100 mm



- U** Utilización
- S** Sobranse
- R** Recarga
- D** Déficit
- Evapotranspiración potencial en mm
- Precipitación en mm
- Temperatura
- Régimen de humedad: **Xérico**
- Régimen de temperatura: **Térmico**

Tª Media del suelo a 50 cm: 17,2 °C  
 Tª Media de invierno del suelo a 50 cm: 10,1 °C  
 Tª Media de verano del suelo a 50 cm: 23,7 °C

Figura 7.- Balance hídrico y ficha climática (Pantano de Iznájar)

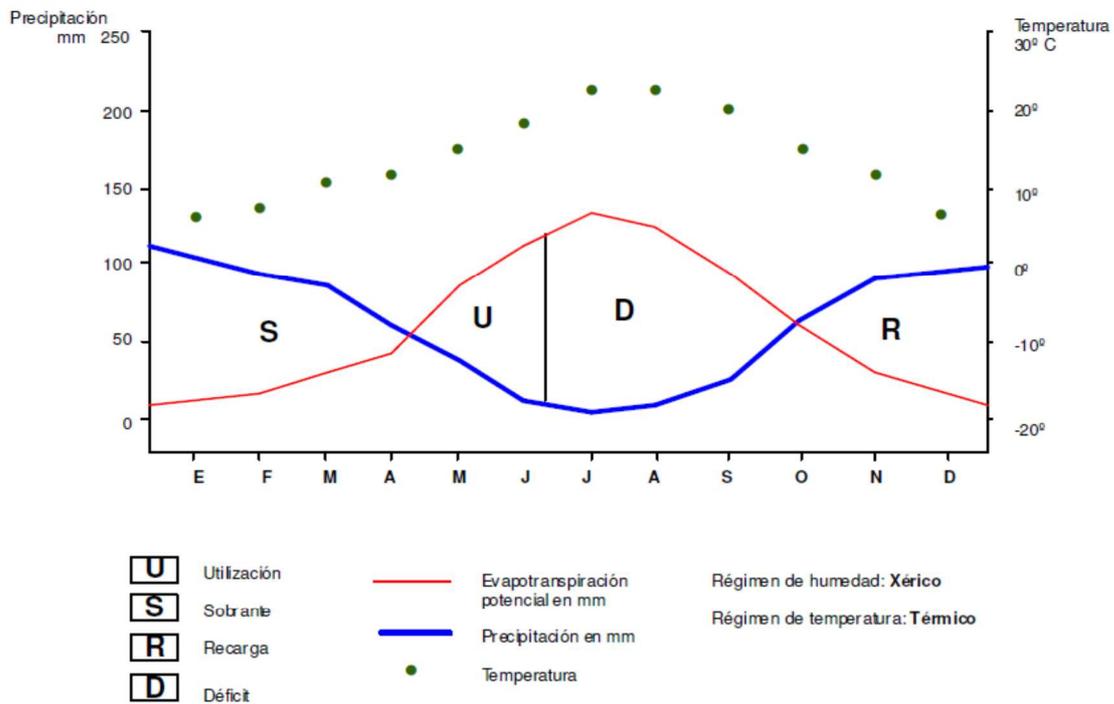
Las características de esta estación, esté caracterizada por un régimen de humedad Xérico y uno de temperatura Térmico (USDA, 1999), con una variación en la temperatura media de verano e invierno que no nos permite clasificar el régimen de temperatura como "iso".

**BALANCE HÍDRICO DE PANTANO DE VILLANUEVA DE TAPIA**

**FICHA CLIMATICA DE VILLANUEVA DE TAPIA**

MESES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
Temperatura	8,0	8,8	10,6	12,5	15,9	19,4	23,3	23,4	20,7	15,9	11,4	8,5	14,9
Precipitación	102,1	98,2	87,3	56,6	40,6	18,9	2,5	3,4	26,2	66,7	84,6	94,7	661,8
ETP	18,6	21,0	34,2	47,0	75,3	102,9	138,4	130,4	95,2	59,9	31,5	19,7	774,1
ETR	18,6	21,0	34,2	47,0	75,3	84,2	2,5	3,4	26,2	59,9	31,5	19,7	423,5
V. reserva	0	0	0	0	-34,7	-65,3	0	0	0	7,0	53,1	39,9	-
Reserva	100,0	100,0	100,0	100,0	65,3	0	0	0	0	7,0	60,1	100,0	-
Exceso de agua	83,5	77,2	53,1	9,6	0	0	0	0	0	0	0	35,1	258,5
Falta de agua	0	0	0	0	0	18,7	135,9	127,0	69,0	0	0	0	350,6

Capacidad de retención: 100 mm



Tª Media del suelo a 50 cm: 15,9 ° C  
 Tª Media de invierno del suelo a 50 cm: 9,4 ° C  
 Tª Media de verano del suelo a 50 cm: 21,4 ° C

**Figura 8.- Balance hídrico y ficha climática (Villanueva de Tapia)**

Los balances hídricos calculados para los suelos de la zona son característicos del clima mediterráneo. Nos muestran en todos los casos regímenes de humedad Xéricos y de temperatura Térmicos, aunque en el caso de Villanueva de Tapia sólo por 9 décimas de grado, no llega a Mésico, debido a su elevada altitud (661m sobre el nivel del mar).

El análisis conjunto de la ficha climática, con el balance hídrico elaborado como prototipo para los suelos del área, nos indica lo siguiente:

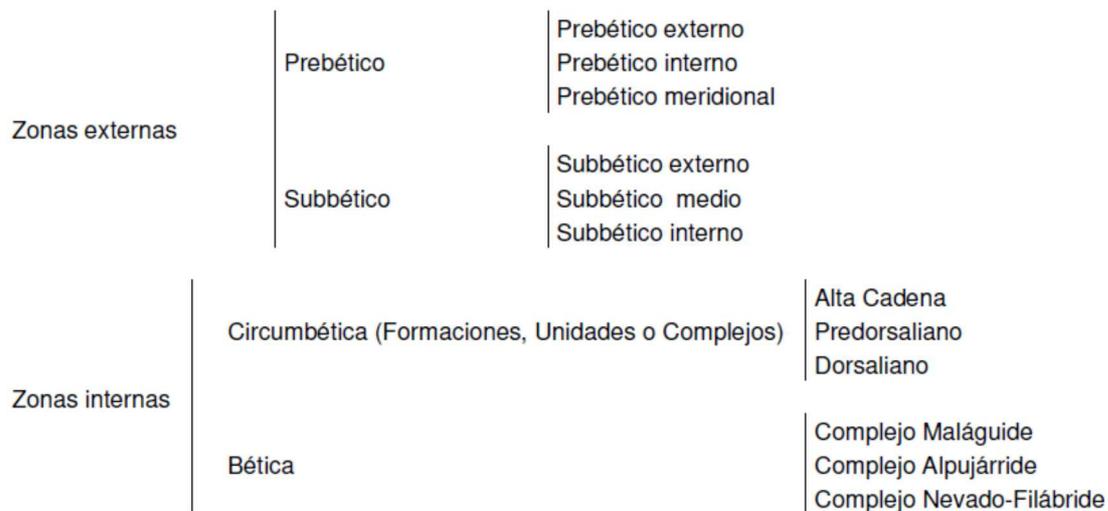
- a) En todos los casos la Etp (Evapotranspiración potencial), excede a la precipitación anual, por lo que todos los suelos de la zona en alguna época del año son deficitarios de agua. Globalmente, se puede decir que anualmente este déficit, se sitúa entre 350 y 500 mm de agua.
- b) Los meses en los que la reserva de agua del suelo está seca, son los comprendidos entre Julio y Octubre, observándose que hay exceso de agua, es decir sobrante entre los meses de Diciembre y Abril.
- c) En la etapa de mayor crecimiento vegetativo, que coincide con el final de la primavera e inicio del verano (meses de Mayo y Junio), se produce una intensa utilización del agua de la reserva del suelo, que hace que al principio del verano, ésta se encuentre seca, pasando a un periodo de intenso déficit, que caracteriza a la etapa estival.
- d) La recarga de la reserva de agua del suelo, se realiza en uno o dos meses, que coinciden con el final del otoño y principio del invierno (Octubre, Noviembre y Diciembre).

En síntesis y según el MAPA (1978), el clima de la hoja de Rute, se caracteriza como *Mediterráneo Subtropical*; y según la clasificación agroclimática de Papadakis, se identifica por inviernos de tipo *Citrus*, en el límite con *Avena*, y unos veranos tipo *Algodón más cálido*. También las mismas fuentes datan el régimen de humedad como *mediterráneo seco*.

### 3.2.2. Geología y relieve

En la hoja de Rute (1007), se encuentran municipios pertenecientes a las provincias de Granada, Córdoba y Málaga albergando, dentro de sus límites, parte del Parque Natural de las Sierras Subbéticas y el Embalse de Iznájar, regulador del caudal del río Genil que cruza la zona de este a oeste.

La síntesis geológica realizada por Jerez y Baena (1980), nos ayuda a comprender la situación dentro del marco geológico del ámbito regional de las Cordilleras Béticas, en las que se pueden diferenciar, siguiendo el concepto de desarrollo geosinclinal, unas Zonas externas (bordes de las placas europea y africana) y unas Zonas internas (zona de separación de ambas placas), según el siguiente esquema:



La Zona Subbética se localiza al sur de la Prebética: El Subbético Externo se caracteriza por los depósitos turbidíticos; el Subbético Medio por facies profundas, radiolaritas y vulcanismo submarino y el Subbético Interno por las facies calcáreas a lo largo del Jurásico. En la zona de estudio afloran materiales correspondientes a la Zona Subbética (Subbético Medio) y a la Circumbética.

El Subbético Medio, se subdivide a su vez en Subbético Medio Septentrional, Central y Meridional, estando representados sólo el Central y el Septentrional.

En conjunto, el Subbético Medio se caracteriza por los depósitos carbonatados (calizas, dolomías, margocalizas y margas) que en determinadas zonas alcanzan considerables potencias (por ejemplo las dolomías que afloran en la Sierra de Rute llegan a los 300 metros). Esta serie carbonatada se extiende a lo largo del Jurásico y Cretácico, presentando en este último una monótona alternancia de calizas-margocalizas-margas a lo largo de unos 250 metros. En los términos superiores de la serie se encuentran intercalaciones de sílex.

La zona Circumbética viene definida por afloramientos tipo flysh (margoso, calcáreo o arenoso) y calizas con *Microcodium* y abarcan desde el Paleoceno al Oligoceno. Se localizan a modo de isleo tectónico sobre los materiales triásicos (arcillas, margas, areniscas, yesos y ofitas) al sureste del embalse de Iznájar.

Los materiales correspondientes al Subbético Medio Septentrional están representados por: arcillas, margas, areniscas, yesos, ofitas y dolomías negras y grises del Triásico; calizas, margas, margocalizas y calizas nodulosas del Jurásico; margocalizas, calizas blancas con sílex, margas verdes, rojas (capas rojas) del Cretácico; calcarenitas y margas blancas y rosadas del Paleógeno, culminando el Mioceno con silexitas y margas blancas. Aflora a lo largo de una amplia banda ubicada en la zona norte de la Hoja, siendo el afloramiento más extenso el correspondiente a los materiales triásicos constituidos por arcillas, margas, areniscas, yesos y ofitas que aparecen en el área noroccidental. Estos mismos materiales triásicos los encontramos ocupando un amplio sector de la zona sureste de la Hoja (aldea de La Laguna).

La litología de los materiales correspondientes al Subbético Medio Central viene definida por la presencia de dolomías, calizas blancas, calizas grises y azuladas, margas y margocalizas rojas y verdes, así como rocas volcánicas submarinas (basaltos de naturaleza espilitica), pertenecientes todas ellas al Jurásico; margas verdes y rojas y margocalizas del Cretácico. Estos materiales conforman los afloramientos del sector centro-meridional (Sierra de Malnombre, Cerro de Utrera, Antorchas- Loma de los Cartuchos, Cerro de la Harina). Presenta una prolongación hacia el Este que, atravesando el embalse, se interna en la Hoja contigua de Montefrío (Loma del Altísimo, Cerro de la Peinada). La tectónica que afecta a estos materiales viene definida por fallas normales más o menos perpendiculares a la estructura plegada de dirección WSW-ENE.

En las Formaciones Tectónicas llamadas también tectosedimentarias destacan los materiales del Mioceno Medio integrados por arcillas versicolores, conglomerados poligénicos, margas, calizas con *Microcodium* y calcarenitas, originando un conjunto heterogéneo. Afloran en torno a la población de Encinas Reales así como al Este y al Sureste del Embalse de Iznájar.

Margas, limos, arenas y calcarenitas son los materiales típicos del Mioceno, que ocupan dos grandes extensiones, una al Suroeste de la Hoja, donde está enclavada la población de Villanueva de Algaidas y otra en el sector Sureste, en contacto con el extenso afloramiento de materiales triásicos (arcillas, margas, areniscas, yesos y ofitas).

Los materiales correspondientes al Cuaternario están representados por conglomerados, arcillas y bloques, materiales aluviales, eluviales y de deslizamiento. Los afloramientos más extensos se ubican al Oeste (zona del Cerro de la Alimaña).

Los materiales que ITGE (1991) denomina Materiales Postmantos están constituidos por margas, limos, arenas y calcarenitas del Mioceno, discordantes sobre los materiales anteriormente citados.

El Cuaternario también está ampliamente representado mediante conglomerados con cemento arenoso pertenecientes a antiguos glaciares del Plio-cuaternario, localizados al Norte Iznájar; coluviones antiguos que aparecen al Sur de Cuevas de S. Marcos; glaciares tallados en arcillas rojizas y cantos de naturaleza calcárea; terrazas localizadas a lo largo del río Genil, desde la presa de la Cueva de S. Marcos; pie de monte, derrubios y conos de deyección y finalmente los materiales eluviales, desarrollados "in situ", producto de la alteración de materiales subyacentes, presentando un cierto desarrollo vertical.

### **3.2.2.1. Tectónica**

En la presente Hoja Topográfica, el Trias aflora en amplias superficies (sectores noroccidental y suroriental), como se ha indicado anteriormente.

Según ITGE (1991), los materiales triásicos se encuentran de forma continua bajo la serie carbonatada del Subbético Medio Central, aflorando al Sur de Cuevas Bajas, mientras que en las proximidades de Villanueva de Tapia, se encuentra cabalgando a los materiales subbéticos. También en la Loma de las Ventanas el Trias cabalga hacia el Sur y conserva su serie posttriásica, lo que induce a pensar a los autores que el Trias es la base estratigráfica del Subbético, tal como ocurre en las proximidades de Cuevas de S. Marcos.

En otros puntos, el Trias sufre despegues más o menos pronunciados.

Los materiales del Subbético, que abarcan desde el Trias al Terciario, se encuentran plegados según la dirección general WSW-ENE. Destacan una serie de pliegues de relevo como son el sinclinal de Arroyo del Perejil, el sinclinal de Malhombre, el sinclinal de la Parrilla y el anticlinal de Los Cartuchos.

En la zona oriental es frecuente la presencia de fallas inversas.

Durante la etapa tardiorogénica, en la que se hacen presentes fuerzas de descompresión, aparecen los sistemas de fallas normales de direcciones N40-45W; N60-65E y N60W. Estas fracturas se agrupan en tres alineaciones: Cuevas Bajas, Villanueva de Tapia e Iznájar.

### **3.2.2.2. Relieve**

Litología y tectónica, junto con los procesos erosivos son los factores condicionantes del relieve.

En esta zona, predominan los afloramientos calizos y margosos. Al ser el factor litológico primordial en el modelado del relieve, las calizas van a incidir de acuerdo con la tectónica a la que estén sometidas, a que el paisaje sea más o menos escarpado. Por otra parte, los procesos de disolución van a motivar la aparición de un relieve kárstico, dando como formas dominantes la formación de lapiaces, dolinas en embudo y poljes, así como a la formación de las consiguientes arcillas de descalcificación sobre las que van a evolucionar diferentes tipologías edáficas, predominando los Luvisoles.

Los materiales margosos, por sus características, van a posibilitar la evolución de Regosoles, suelos que ofrecen buenas condiciones para los cultivos agrícolas (olivar).

En las proximidades de Rute, debido a la intensa tectónica de plegamiento, se pueden observar paquetes dolomíticos verticales, que confieren un aspecto agreste al paisaje, quedando los paquetes margosos cobijados en el fondo de los sinclinales a altitudes que superan los 1.000 metros.

### 3.2.3. Vegetación

La ubicación de la zona de estudio, las características del relieve que presenta formas cambiantes, junto con el material geológico, dominado por rocas carbonatadas y las condiciones termoplumiométricas que oscilan de acuerdo con la localización en la Hoja, condicionan una amplia variedad de especies botánicas, muchas de las cuales son endemismos que caracterizan al Parque Natural de las Sierras Subbéticas.

De acuerdo con los datos aportados por el M.A.P.A. (1978), porcentualmente se puede considerar que la zona cultivada con diferentes tipos de cereales en el área, ocupa un 19,12%; el olivar es el cultivo mayoritario con un 62,45% y la vegetación natural que cubre el 18,43%, quedando el resto como improductivo (Figura 2). En la zona ocupada por diferentes cultivos destacan:

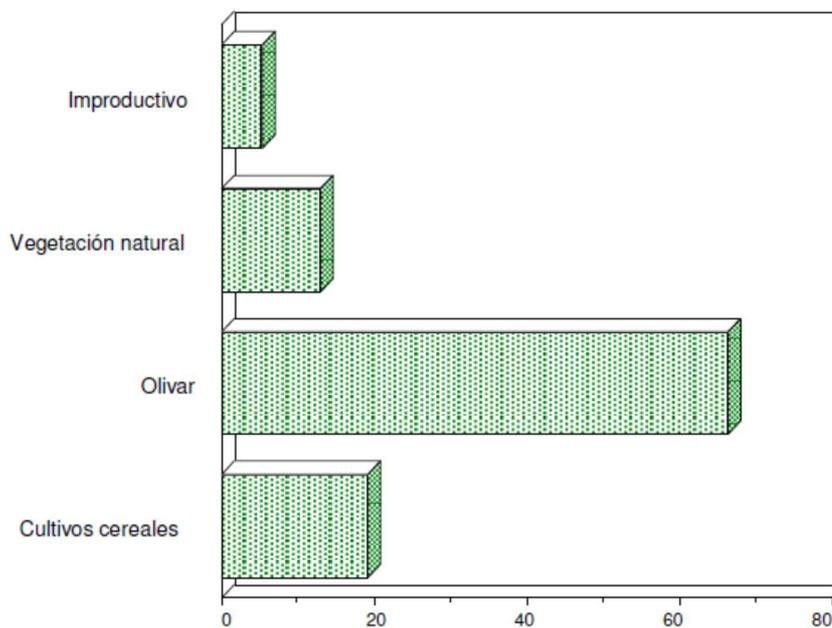


Figura 9.- Uso de la tierra en la hoja de Rute (1007)

#### 3.2.3.1. Cultivos

*Cultivos de huerta:* Son principalmente hortalizas y se dedican fundamentalmente al autoconsumo, especies frutales con idéntico fin, y otras especies que sirven en muchos casos para delimitar las propiedades (linderos). Este tipo de zonas están muy distribuidas en todo el ámbito de la hoja de Rute y coinciden con zonas fluviales, como la de la Venta de Santa Bárbara en las cercanías de Loja en el ángulo inferior derecho de la Hoja. Otra localización con una mayor extensión corresponde a la vega del río Genil, en las inmediaciones de Cuevas Bajas.

*Cultivos herbáceos.* Se refiere a zonas de regadío, en las cuales se cultiva trigo, aunque también se siembra remolacha, alfalfa y patata.

*Frutales de regadío.* Representan desde el punto de vista agrícola un porcentaje testimonial, y están constituidos fundamentalmente por manzanos y perales.

*Labor intensiva.* Se puede a su vez subdividir en labor intensiva con barbecho semillado, que ocupa un 90% dentro de la labor intensiva, y la labor intensiva con el barbecho blanco, que no llega ni siquiera a ocupar un 10% de dichas plantaciones, además de la labor extensiva.

- La *labor intensiva con barbecho semillado* ocupa la mayor parte de la llamada "tierra calma" existentes en la zona, se utilizan para el cultivo de cereales, principalmente trigo y cebada, junto con anís (matalahúva), también se cultivan garbanzos, habas y girasol entre otros.
- La *labor intensiva con barbecho blanco*, es la que se ubica en los suelos de peor calidad agrológica, y los cultivos son: trigo, cebada, avena y en algunos casos, se asocia la veza a la cebada, o a la avena. En las inmediaciones de Rute, el cultivo de anís es casi un monocultivo, ocupando casi la totalidad de estas áreas, aunque en la actualidad, se viene observando un cierta recesión del mismo.
- La *labor extensiva* corresponde a enclaves de poca importancia cuantitativa en la Hoja, y en estos suelos se suele obtener una cosecha cada 3 ó 4 años de trigo o de avena; aprovechando el crecimiento de la vegetación natural, los años que no son sometidos a cultivo para el pastoreo del ganado ovino.

Como *mosaicos de cultivo*, se pueden incluir a:

*Almendros*, que ocupan pequeñas superficies de glacis, con gran pedregosidad superficial en unos casos, y en otros las zonas más abruptas, rocosas y con menor profundidad del "solum" del suelo: siendo las variedades más extendidas *Marcona* y *Desmayo*.

*Viñedos*, con un 2,8% aproximadamente de la zona; esta uva se dedica a transformación, con la variedad Pedro Ximénez "como dominante".

*Asociaciones de frutales*, en algunos enclaves, se encuentran combinados el cultivo del viñedo con el del olivar, en otros casos interviene el almendro y especies como la encina, o incluso el pino.

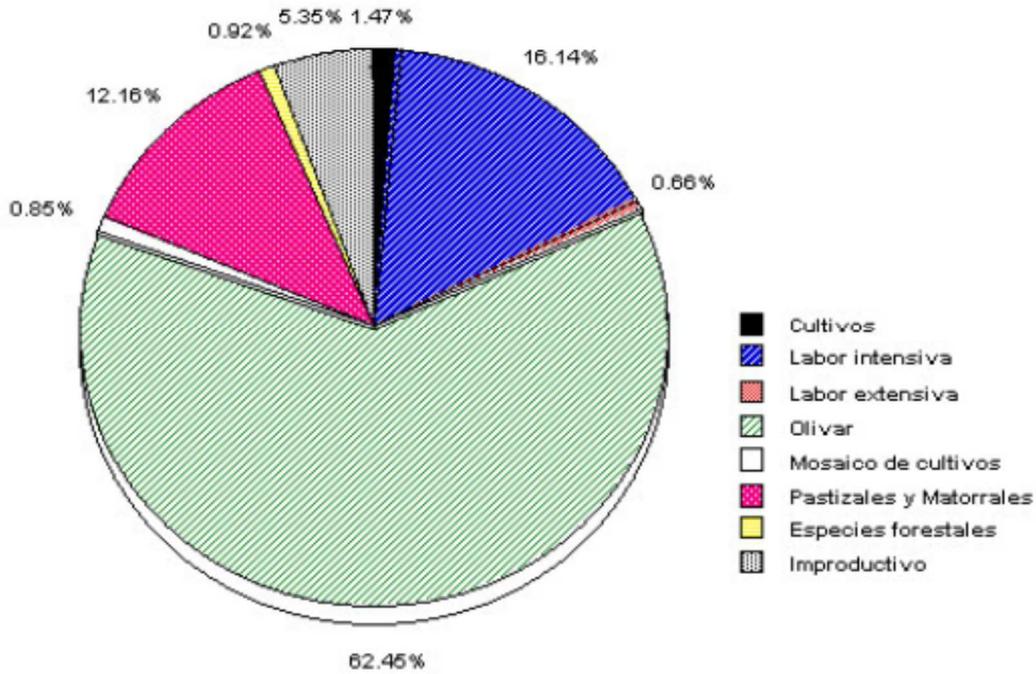


Figura 10.- Distribución de la ocupación agrícola de la zona

### 3.2.3.2. Olivar

Es el cultivo mayoritario del área con un 62,45 % (Figura 10), lo que representa más de la mitad del área de estudio. El principal destino de la aceituna es la almazara para la obtención de aceite, y solo una pequeña parte de ella, se dedica a "verdeo", principalmente de las especies "Manzanilla" y "Cornicabra".

Las variedades de aceituna mayoritarias son: *Hojiblanca* y *Picual*, aunque existen también otras variedades como: *Verdial*, *Zorzaleña* y *Aloreña*, que también se cultivan en la zona.

### 3.2.3.3. Vegetación Natural

Con una representación de un 18,43 % del total de la superficie de la Hoja de Rute (Figura 9), en este apartado englobamos a *pastizales* y *matorrales*, que tienen un 12,16 % de superficie ocupada; arbolado con especies forestales, que tienen una muy pequeña representación de un 0,92 % dentro del conjunto total de la hoja, quedando un 5,35 % como improductivo, que se corresponde con los afloramientos rocosos, zonas de derrubios, taludes en donde la vegetación es escasa y el uso del suelo está restringido por estos motivos.

Los *pastizales* están constituidos por gramíneas y leguminosas como: "*Lolium perenne*", "*Dactylis glomerata*", "*Festuca ovina*", "*Avena sterilis*", y variedades de "*Trifolium*" y de "*Medicago*". El principal uso agrícola a que se destinan estas zonas, es el de servir de pasto para el ganado caprino y ovino existente en el área.

El matorral está constituido por retama "*Retama sphaerocarpa*"; gayomba "*Espartium junceum*", aulagas "*Ulex parviflorus*", tomillos "*Thymus zizis*", "*T. mastichina*", carrascas "*Quercus ilex*" y romero "*Rosmarinus officinalis*". También en muchos enclaves de la Hoja, y concretamente dentro del ámbito del **Parque Natural de las Sierras Subbéticas**, se encuentra la asociación de encinar ("*Quercus rotundifoliae*")- acebuchal ("*Olea europea, variedad Sylvestris*"), que se ubica en las zonas más secas y bajas, y cuando se degrada, aparece un matorral de coscoja, majuelo y lentisco, y cuando continúa la serie de degradación, aparece un tomillar ("*Thymus sp.*")- retamar ("*Retama sphaerocarpa*").

El encinar de zonas altas (cercanas a los 1.000m. de altitud), tienen peonías "*Paeonia coriacea*". "*P. broteroi*" y la aulaga "*Ulex parviflorus*", junto con la retama "*Retama sphaerocarpa*". En la orientación norte, en zonas más frescas, aparece el quejigo "*Quercus faginea*", y en algunos casos el majuelo "*Crataegus monogyna*", y más aisladamente el acer "*Acer mouspessulanum*".

En las mayores elevaciones de las formaciones montañosas existentes en la Hoja, y por encima de los 1.100-1.200 m de altitud, aparece un material espinoso almohadillado, que está caracterizado por la presencia de las siguientes especies: "*Erinacea antyllis*", "*Bupleurum spinosum*", "*Equinospartum boisieri*" y "*Ptilotrichum spinosum*".

Debido a la geomorfología de la zona, se desarrollan numerosas especies rupícolas que crecen en grietas y fisuras de las rocas carbonatadas existentes: "*Centaura clementei*", "*Fumaria macrosepala*" y "*Campanula mollis*" entre otras.

En los cauces fluviales y zonas de ríos y arroyos, aparecen álamos "*Populus alba*", chopos "*Populus nigra*", sauces "*Salix sp.*", adelfas "*Nerium oleander*", tarajes "*Tamarix africana*", fresnos y zarzales.

Las especies forestales constituyen el arbolado autóctono de muchas zonas serranas de la Hoja como son: Sierra de Ojete al Este, Sierra de Campo Agro al Sur-Este, Sierra del Pedroso al Sur y el Embalse de Iznájar en el Centro, además del ya mencionado Parque Natural de las Sierras Subbéticas. La especie mayoritaria es el pino "*Pinus halepensis*", que procede de las repoblaciones forestales efectuadas de acuerdo con las curvas de nivel, con el objeto de minimizar la erosión hídrica del suelo. A esta especie de pino, le acompañan en muchos casos cipreses "*Cupressus sp.*" y eucaliptos "*Eucalyptus globulus*".

Como improductivo, se han catalogado todas aquéllas zonas que no tienen un empleo agrícola determinado, ya que sus características geomorfológicas y antrópicas, lo impiden. Dentro de ellas, están las áreas catalogadas como Misceláneas, que son en este caso las que corresponden a pantanos, cauces de agua, canteras para áridos, afloramientos rocosos y núcleos de población entre otros.

## **IV. MATERIAL Y MÉTODOS**

## 4. MATERIAL Y MÉTODOS

### 4.1. Métodos de gabinete

En una primera fase, tras la revisión de antecedentes de la zona elegida, se procedió a la recopilación de los datos y planos básicos con los que poder realizar una cartografía a pequeño detalle, Birkeland (1974) y Gerrard (1981).

Los datos topográficos se obtuvieron a través de los Mapas del Servicio Geográfico del Ejército, (1994), Hoja 1.007 a escala 1:50.000 de Rute. Los geológicos se escogen del Mapa Geológico a escala 1:50.000 del I.G.M.E., (1990). La síntesis botánica se realizó a partir de los datos aportados por el Ministerio de Agricultura, (1978) y Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, (1986), recogidos en el Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de Rute a escala 1:50.000 y de Málaga a escala 1:200.000, y Junta de Andalucía (1992) respectivamente.

Seguidamente se realizó una recopilación de los datos climáticos correspondientes a las estaciones existentes en la zona. Los datos se recogieron de los Boletines mensuales del Servicio Meteorológico Nacional del Ministerio del Aire y del Servicio Meteorológico Nacional. (1991), y los datos se han elaborado de acuerdo con los trabajos de Capel Molina (1981) y Cerezuela (1977). El procesado de los datos obtenidos se realizó mediante la utilización de un ordenador Apple Macintosh Power PC 7200/90, con Impresora Personal Laser Writer NTR.

El relieve de la zona se definió sobre fotografía aérea mediante estereoscopio, Wild ST4, utilizando la simbología de fotointerpretación de acuerdo con los criterios de Carroll et al, (1977) y Whitte, (1977), sobre foto aérea, escala 1:18.000 del Junta de Andalucía, (1993) y se pasó al mapa de base 1:50.000 del Servicio Topográfico Nacional, mapa que nos sirvió para establecer los itinerarios y conocer con exactitud la morfología de los suelos del área a estudiar.

El análisis de la información obtenida en el campo y su correlación con los aspectos observados en la fotografía aérea, fueron la base sobre la que se desarrolló la labor cartográfica.

### 4.2. Métodos de campo

Como métodos de campo, se levantaron un total de diez perfiles de suelos, en el término de Cuevas de San Marcos, analizándose posteriormente las capas arables. Estas muestras se han recogido distribuidas homogéneamente por toda la zona y escogidas por un método estratificado al azar, según describe Bridges y Davidson (1982) y M.A.P.A. (1982).

Para la descripción de las características morfológicas de los perfiles, se utilizará la metodología de FAO (2009) y para su clasificación el Sistema de IUSS Working Group WRB (2014).

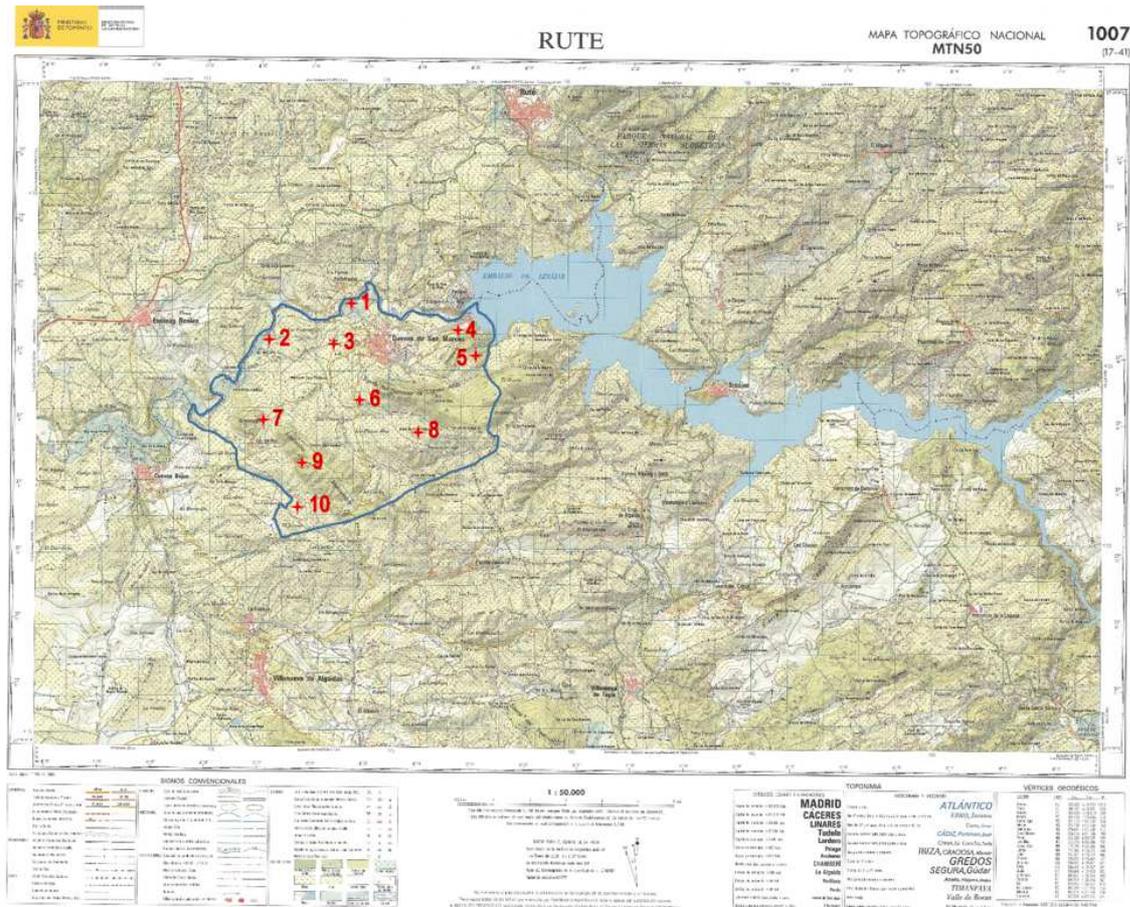


Figura 11.- Mapa de muestreo suelos

### 4.3. Métodos de laboratorio

La preparación de las muestras para los estudios de laboratorio se ha realizado, como es habitual, con:

- Extensión de las muestras sobre papel y secado al aire.
- Selección de algunos agregados para el estudio de propiedades físicas.
- Molienda con rodillo de madera, tamizado sobre malla de 2 mm. de luz.
- Pesada del rechazo resultante.
- Molienda fina, en mortero de ágata y tamizado a 0,05 mm para determinación de propiedades químicas.

### **-Análisis granulométrico**

- Se trataron las muestras con agua oxigenada para la destrucción de la materia orgánica.
- Para prevenir una mala dispersión se sometieron a lavado de sales por diálisis en una membrana semipermeable (papel celofán) y corriente de agua.
- La dispersión se realizó con ultrasonidos modelo Labsonic 1.510, añadiendo Hexametafosfato Sódico.
- La fracción arena, por tamizado en húmedo y separación en subfracciones por tamizado en seco.
- La arcilla y limo se separan por sedimentación siguiendo el método de la pipeta de Robinson, tal como se describe en el Soil Survey Report, núm. 1 (Soil Conservation Service, 1972).

### **-pH**

- Se determinó sobre una suspensión de tierra fina con agua en relación 1:1, Hayward et al. (1973).
- La medida se realizó con ayuda de un pH-metro con electrodo de vidrio.

### **-Carbono orgánico**

- Se oxidó la materia orgánica con dicromato potásico en medio ácido, valorándose el exceso con sulfato ferroso amónico, según método de Tyurin (1951).

### **-Carbonatos**

- La determinación de carbonatos se realizó por volumetría de gases.
- La corrección de presión y temperatura se hicieron con ayuda de carbonato cálcico puro. Se utilizó un calcímetro manométrico (Barahona et al. 1984), expresándose el CO<sub>2</sub> desprendido como carbonato cálcico equivalente.

### **-Capacidad y bases de cambio**

Se determinaron sobre la misma muestra y de forma sucesiva, con los siguientes pasos:

- Lixiviación del suelo con acetato amónico (1N y pH = 7) en una columna y utilizando como obturador lana de vidrio. En el lixiviado se determinaron las bases de cambio: Sodio y potasio por fotometría de llama en fotómetro Ependorff, y calcio y magnesio por absorción atómica, en espectrofotómetro Perkin-Elmer 305 B. Soil Conservation Service USDA, (1972).
- Lavado con alcohol y saturación del complejo de cambio con sodio por lixiviación con acetato sódico (1N y pH = 8,2).

- Lavado con alcohol y desplazamiento del sodio del complejo de cambio con acetato amónico (1N y pH=7). La capacidad de cambio se determinó con la valoración de sodio por fotometría de llama, Richards (1954).

**-Conductividad del extracto de saturación**

- La pasta del suelo saturado se preparó siguiendo las indicaciones de Allison (1973).
- La conductividad de los extractos se midió con el conductímetro "Solubridge" Beckman, provisto de célula de conductividad G-05 \* 2

## **V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Perfiles de suelos: Características, horizontes y resultados analíticos

#### 5.1.1. Descripción de perfiles

Se incluye aquí como anexo la simbología empleada para nombrar a las diferentes Unidades de suelos, así como las abreviaturas que se utilizan normalmente de acuerdo con FAO, ISRIC, SICS (1999), en el WSR del mismo año, para las diferentes unidades del mapa mundial de suelos. Las que se encuentran representadas en la hoja topográfica de Rute (1007), son:

- **Códigos de grupos de suelos de referencia:**

AT: Anthrosol  
CL: Calcisol  
CM: Cambisol  
FL: Fluvisol  
GL: Gleysol  
LP: Leptosol  
LV: Luvisol  
PH: Phaeozems  
RG: Regosol  
VR: Vertisol

- **Códigos de adjetivos de unidades de suelos:**

ca: calcárico  
cc: cálcico  
cr: crómico  
eu: eútrico  
gy: gípsico  
gp: gipsírico  
gl: gléico  
ha: háplico  
li: lítico  
pt: pétrico  
tr: térrico  
vr: vértico

Por lo que nuestros 10 tipos de suelo serían:

- Perfil 1:** Flca (Fluvisol calcárico)
- Perfil 2:** CMca (Cambisol calcárico)
- Perfil 3:** RGca (Regosol calcárico)
- Perfil 4:** CLha (Calcisol háplico)
- Perfil 5:** RGca (Regosol calcárico)
- Perfil 6:** LVcc (Luvisol cálcico)
- Perfil 7:** LPeu (Leptosol eútrico)
- Perfil 8:** CLha (Calcisol háplico)
- Perfil 9:** LPli (Leptosol lítico)
- Perfil 10:** LVcc (Luvisol cálcico)

Aquí tenemos las fotos de los perfiles de algunas de las muestras de suelo obtenidas:

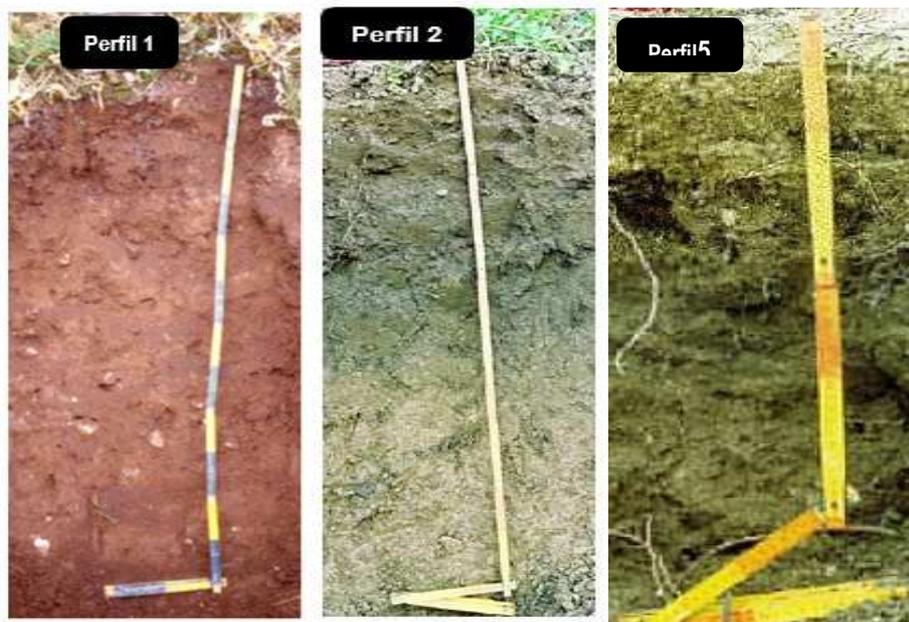




Foto 1.- Perfiles de suelo de las muestras 1, 2, 5, 6, 8 y 9

### 5.1.2. Analítica de muestras de capa arable

En las tablas siguientes reunimos los resultados analíticos de las muestras tomadas en capa arable. Se incluyen además las coordenadas U.T.M. para su localización.

Muestra/ Tipología	Coord. MGRS	FRACCIÓN TIERRA FINA							
		Arenas (%)					Limos (%)		Arcilla (%)
		Muy Gruesa (2-1mm)	Gruesa (1- 0,5mm)	Mediana (0,5- 0,25mm)	Fina (0,25- 0,1mm)	Muy Fina (0,1- 0,05mm)	Grueso (0,05- 0,02mm)	Fino (0,02- 0,002mm )	(< 0,002mm)
<b>1 / FLca</b>	737264	12.6	7.5	6.4	12.3	7.5	7.8	10.8	35.1
<b>2 / CMca</b>	713255	1.7	3.7	3.5	1.8	7.9	6.7	39.8	34.9
<b>3 / RGca</b>	730256	3.5	2.7	5.5	4.8	8.2	9.0	30.3	36.0
<b>4 / CLha</b>	765258	1.8	2.4	6.6	16.8	4.1	9.9	20.4	38.0
<b>5 / RGca</b>	775253	5.8	2.4	3.3	5.7	11.5	11.1	17.9	42.3
<b>6 / LVcc</b>	740219	4.2	3.7	2.7	14.6	6.8	11.5	19.0	37.5
<b>7 / LPeu</b>	714232	3.4	3.3	3.9	8.3	8.6	15.8	26.4	30.3
<b>8 / CLha</b>	753230	3.9	6.2	5.3	18.6	6.8	8.5	25.3	25.4
<b>9 / LPLi</b>	725221	2.6	4.2	6.3	9.2	5.6	8.9	27.8	35.4
<b>10 / LVcc</b>	723211	5.1	4.6	3.7	10.3	2.7	7.5	28.9	37.2

Muestra/ Tipología	C.O.	CaCO <sub>3</sub>	pH	C.E.	C.E.C.	V
	(%)	(%)	(H <sub>2</sub> O)	(dS·m <sup>-1</sup> )	(cmol·kg <sup>-1</sup> )	(%)
1 / FLca	2.11	49	7.7	1.14	21.13	100
2 / CMca	1.67	47	7.8	2.56	22.62	100
3 / RGca	0.82	43	8.2	2.41	15.87	85
4 / CLha	1.09	53	8.0	4.24	24.14	100
5 / RGca	2.14	30	8.1	1.02	26.58	81
6 / LVcc	2.33	12	7.3	0.48	18.15	44
7 / LPeu	1.59	31	7.6	0.62	14.51	100
8 / CLha	2.16	35	8.2	0.71	19.88	100
9 / LPLi	2.95	16	8.1	0.66	28.32	75
10 / LVcc	1.68	40	8.1	1.47	21.47	100

Tabla 6.- Localización y composición granulométrica de la capa arable

## 5.2. Evaluación de tierras

Una vez analizados los parámetros físicos, físico-químicos y químicos de los suelos, así como las propiedades extrínsecas (clima, topografía, etc.), procedemos a continuación a valorar su aptitud para diferentes cultivos.

Descartamos de entrada sistemas de evaluación encaminados a ordenar el territorio (métodos generales), ya que, mayoritariamente, estos suelos tienen una eminente vocación agrícola, centrándonos, por tanto, en sistemas de evaluación específicos. Para ello, seleccionamos diversos cultivos y comprobamos su aptitud para nuestras tipologías.

La selección de cultivos se ha realizado desde dos puntos de vista:

a) Cultivos típicos de la zona: corresponden a aquellos que se han cultivado con asiduidad y cuya rentabilidad ha sido irregular. El objetivo es analizar las principales características del medio y confrontarlas con los requisitos de los cultivos, de manera que cualquier mejora se oriente hacia los parámetros que sean limitantes.

b) Nuevos cultivos: Se han seleccionado en virtud a su posible rentabilidad, dado que son habituales en otras zonas de Andalucía con características similares a las del área de estudio.

El método de evaluación diseñado consiste en especificar los principales requisitos de los cultivos, y a partir de aquí establecer un sistema gradual, en base a grados de limitación, que orienten posibles mejoras para cada característica o desaconsejen su implantación. De esta forma un cultivo será el ideal en una zona, cuando las características del medio coincidan con sus requisitos (grado de limitación 0) y disminuirá su aptitud a medida que aumenten los grados de limitación.

Los cultivos analizados son los siguientes:

- Cereales de invierno: trigo, cebada, avena y centeno.
- Cereales de primavera: maíz.
- Leguminosas de grano: garbanzo y veza.
- Leguminosas forrajeras: alfalfa.
- Cultivos industriales: algodón
- Oleaginosas: girasol y olivo.

Los requisitos de los cultivos han sido extraídos de diferentes publicaciones, recogidas en el capítulo bibliográfico, así como de las hojas divulgadoras del Ministerio de Agricultura, revista Abrego y la opinión de agricultores y técnicos agrícolas del área de estudio.

Al aplicar las matrices de gradación que elaboramos para la zona, hay que tener en cuenta que los grados de limitación no son excluyentes para el cultivo de una determinada especie, sino que hacen referencia a la menor o mayor productividad de la misma en la zona. Así un grado de limitación 3 puede originar pérdidas de un 25-50% en la productividad, pero no hace referencia a la calidad del producto. No obstante, un estudio de la relación calidad/costo, debería ser hecho mediante encuestas a los agricultores de la zona, junto con un estudio de productividad a la hora de tomar la decisión para implantar un determinado cultivo.

### **5.2.1. Cereales**

El desarrollo de los cereales transcurre en cinco etapas (germinación, ahijamiento, encañado, espigado y maduración), con requerimientos diversos, que repercuten en el rendimiento y calidad de la producción. De todos ellos, quizás son las características climáticas las más selectivas, como se indica en sus matrices de gradación.

Cuando los datos climáticos de la zona son abundantes, es más exacto aplicar la clasificación de Papadakis, J. (1966). Las exigencias de los cultivos en este caso se resumen a continuación:

<u>Cultivo</u>	<u>Tipo invierno</u>	<u>Tipo Verano</u>	<u>Régimen humedad</u>
Trigo	ti o más suave	t o más cálido	Me o más húmedo
Cebada	Tv o más suave	t o incluso P o A	Me o más húmedo
Avena	av o más suave	t o incluso P o A	Me o más húmedo
Centeno	ti o incluso Pr	t o más cálido	Me o más húmedo
Maíz		M o incluso T	(Regadío)

Leyenda. Tipo de invierno: *ti*, (tma) temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío son mayores de -29 y la (Ta) temperatura media de las máximas del mes más frío son menores de cero; *Tv*, tma entre -29 y -10 y para la Ta son mayores de 5; *av*, la tma son mayores de -10 y la Ta están entre 5 y 10; *Pr*, la tma es menor de -29 y la Ta son mayores de -17.8;

Tipo de verano: *t*, (ExLH<sub>(x)</sub>) Estación libre de heladas: mínimas(m), disponible (D), media (M) de 2.5 a 4.5 (D) y la (tx<sub>2,4,6</sub>) media de las temperaturas medias de máximas a los 2,4 ó 6 meses más cálidos es mayor de 17<sup>(4)</sup>; *P*, ExLH<sub>(x)</sub> es mayor de 2.5 (D), la tx es mayor de 10<sup>(4)</sup> y la (t<sub>2</sub>) es la media de las medias de mínimas de los dos meses más cálidos es mayor de 5; *A*, la ExLH<sub>(x)</sub> es menor de 2.5(D) y mayor de 1(M) y la tx es mayor de 10<sup>(4)</sup>; *M*, ExLH<sub>(x)</sub> es mayor de 4.5(D) y la tx es mayor de 21<sup>(6)</sup>; *T*, la ExLH<sub>(x)</sub> es mayor de 4.5(D) y la tx es menor de 21<sup>(6)</sup> y mayor de 17<sup>(4)</sup>.

Régimen de humedad: *Me*, mediterráneo, latitud mayor de 20°, precipitación invernal mayor que la estival, seco.

En líneas generales se trata de especies de clima mediterráneo donde el invierno oscila de frío a templado y húmedo, la primavera es templada y húmeda, con veranos secos y calurosos. No obstante, cabe destacar que la cebada, avena y centeno soportan mejor el frío y las heladas que el trigo; el maíz es el cultivo con mayor exigencia hídrica, seguido de avena, trigo y cebada.

En cuanto a los parámetros edáficos, se puede decir que requieren suelos profundos el trigo y maíz; la cebada se da en tierras fértiles, pero puede tener buenas producciones en suelos poco profundos y el resto no son muy exigentes respecto a esta característica.

Otro parámetro a destacar es el pH, que como se puede observar en las matrices, permite seleccionar el cereal más adecuado, desde el trigo en suelos básicos al centeno en los ácidos. De la misma forma, la proporción de carbonatos es selectiva con los cereales. Son tolerantes con la salinidad y alcalinidad salvo la avena y el maíz. Respecto a la fertilidad del suelo son muy semejantes, aunque en el maíz la exigencia de nitrógeno es mayor pues de él depende el contenido proteínico del grano.

**Los grados de limitación corresponden a una disminución del rendimiento del 0, 10, 25, 50 o 100 %.**

Características	Grado de limitación				
	0	1	2	3	4
<b>Climáticas</b>					
Precipitación anual (mm)	> 600	500-600	400-499	300-399	< 300
Temperatura en la etapa de germinación (°C)	18-25	10-17 26-28	3-9 29-30	< 3 > 30	-----
Etapa de ahijamiento	Fresco	Suave Heladas	-----	-----	-----
Etapa de encañado y ahijado	Suaves	Fresco	Heladas y altas T <sup>a</sup>	-----	-----
Etapa de maduración T <sup>a</sup> (°C)	18-27	15-17 28-30	< 15 > 30	-----	-----
<b>Topográficas %</b>	0-3	4-10	11-20	21-30	> 30
<b>Edáficas</b>					
Drenaje del suelo	Bueno / Moderado	Algo excesivamente	Imperfecto	Escaso	Excesivamente
Textura del suelo *	Grupo III	Grupo II	Grupo I	-----	-----
Estructura	Estable	Estable / Masiva	Masiva	Masiva / Inestable	Inestable
Prof. (en cm) al material impermeable	> 60	45-60	35-44	25-34	< 25
Prof. (en cm) a la arena o caliza penetrable	> 45	35-45	25-34	10-24	< 10

<b>Analíticas</b>	0	1	2	3	4
C.E.C. (cmol·kg <sup>-1</sup> )	> 24	16-23	8-15	<8	-----
C.O. (%) 15cm sup. Suelo no calcáreo	> 0.8	0.4-0.8	< 0.4	-----	-----
C.O. (%) 15cm sup. Suelo calcáreo	≥ 0.8	< 0.8	-----	-----	-----
Grado saturac.(%)	90-100	60-89	40-59	20-39	< 20
CaCO <sub>3</sub> (%)	< 10	10-20	21-30	31-40	> 40
P.S.I.** Tolerante	< 10	10-25	26-35	36-50	> 50
C.E. (dS·m <sup>-1</sup> )	< 4	4-8	9-12	13-20	> 20
pH	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
	< 5.5	5.5-6.5	6.6-7.5	7.6-8.5	> 8.5

\* Texturas gruesas: arenoso, arenoso franco, franco arenoso (Grupo I)

Texturas medias: franca, franco arcillo arenosa, franco limosa, limosa, arcillo arenosa (Grupo II)

Texturas finas: franco arcillosa, franco arcillo limosa, arcillo limosa, arcillosa (Grupo III)

\*\* P.S.I. Porcentaje Na<sup>+</sup> cambiante

**Tabla 7.- Matriz de gradación para cereales (principalmente trigo)**

Cultivos	Características climáticas (pluviometría)				
Maíz	Es el cereal que requiere más agua (cultivo de regadío) Necesita más agua que el trigo y cebada (sobre todo en primavera) Demanda más agua que el trigo (en las primeras fases vegetativas) Es el cereal que mejor se adapta a la escasa pluviometría				
Avena					
Cebada					
Centeno					
Características climáticas (temperatura)					
Maíz	No soporta los fríos, en todo caso pocas horas y hasta -3°C Soportan mejor el frío y las heladas que el trigo				
Avena					
Cebada					
Centeno					
Valoración	0	1	2	3	4
Cultivo					
Maíz	Profundidad (cm)				
	> 100	80-100	50-79	25-49	< 25
Maíz	CaCO <sub>3</sub> (%)				
Centeno	< 7	7-15	16-25	26-30	> 30
Avena	PSI				
	< 5	5-15	16-20	21-35	> 35
Maíz	CE (dS/m)				
	< 4	4-6	7-8	9-10	> 10
Valoración	2	1	0	1	2
Cultivo	pH				
Cebada	< 5.9	5.9-6.9	7.0-7.8	7.9-8.8	> 8.8
Maíz	< 5.5	5.5-5.7	5.8-7.5	7.6-8.0	> 8.0
Avena	< 4.5	4.5-5.0	5.1-7.5	7.6-8.1	> 8.1
Centeno	< 4.5	4.5-5.0	5.1-7.0	7.1-8.0	> 8.0

Tabla 8.- Modificaciones a la matriz de gradación para otros cereales

### 5.2.2. Leguminosas

En cuanto a las leguminosas, se han analizado los requerimientos de tres de ellas: alfalfa, garbanzo y veza (Tablas nº 9, 10 y 11).

Presentan exigencias respecto al frío comparables al trigo aunque en su época vegetativa requieren altas temperaturas. Según Papadakis, las características climáticas para esta planta se encuentran recogidas y resumidas seguidamente:

<u>Cultivo</u>	<u>Tipo de invierno</u>	<u>Tipo de verano</u>	<u>Régimen hídrico</u>
Alfalfa	Ti o más suaves		( Regadío )
Garbanzo	Ci o más suaves	t o más cálido	Me o más húmedo
Veza	Ti o más suaves	t o más cálido	Me o más húmedo

Con respecto a la demanda hídrica, la alfalfa es más exigente, siendo por ello un cultivo de regadío, seguido de la veza y el garbanzo.

En todos los casos, requieren suelos drenados con texturas medias, aunque la veza se adapta fácilmente a texturas finas. El garbanzo, en suelos muy arcillosos, pierde calidad en cuanto a la textura del fruto.

Si la selección se hiciera en función del pH, adaptaríamos la alfalfa y el garbanzo a suelos neutros, mientras que la veza puede acoplarse a terrenos más ácidos. La presencia de carbonatos es favorable para estos cultivos, aunque el garbanzo en terrenos muy calizos pierde calidad de igual forma que en suelos arcillosos. En estos casos habrá que recurrir a variedades más resistentes.

Por lo que respecta a los criterios de salinidad: la alfalfa es el cultivo más tolerante, la veza es sensible y el garbanzo moderadamente tolerante; en este último, hay que destacar su sensibilidad especial a los suelos con yesos y su apetencia por suelos ricos en potasa.

En cuanto a los criterios químicos, podemos observar como veza y garbanzo presentan requerimientos parecidos, siendo la alfalfa el cultivo que tiene menores exigencias con respecto a los diferentes elementos considerados.

Características	Grado de limitación				
	0	1	2	3	4
<b>Climáticas</b>					
Aporte de agua	Regadío	-----	-----	-----	-----
Temperatura (°C) en reposo vegetativo	> 0	-----	-----	-----	-----
Tª(°C) en etapa de germinación	18-26	15-17 27-32	12-14 > 32	8-11	< 8
Tª(°C) en etapa de desarrollo	18-22	14-17 23-26	10-13 27-32	5-9 > 32	< 5
<b>Topográficas (%)</b>	0-2	3-6	7-12	13-20	> 20
<b>Edáficas</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Drenaje	Bien drenado	Moderado / Bien drenado	Exc. drenado	Imperfecto	Escaso / Muy escaso
Textura*	Grupo II	Grupo III	Grupo I	-----	-----
Estructura	Estable	-----	Masiva	-----	Inestable
Prof. (cm) material impermeable	> 120	90-120	60-89	30-59	< 30
Prof. (cm) arena o caliza penetrable	> 90	60-90	40-59	20-39	< 20
<b>Análíticas</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
C.E.C. (cmol·kg <sup>-1</sup> )	> 24	16-23	8-15	< 8	-----
C.O. (%) 15cm sup.	> 0.8	0.4-0.8	< 0.4	-----	-----
Grado saturac.(%)	90-100	60-89	40-59	20-39	< 20
CaCO <sub>3</sub> (%)	< 10	10-15	16-25	26-40	> 40
P.S.I.** Tolerante	< 10	10-25	26-35	36-50	> 50
C.E. (dS·m <sup>-1</sup> )	< 4	5-8	9-12	13-20	> 20
pH	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
	< 5.7	5.7-6.2	6.3-7.8	7.9-8.5	> 8.5

\* Texturas gruesas: arenoso, arenoso franco, franco arenoso (Grupo I)

Texturas medias: franca, franco arcillo arenosa, franco limosa, limosa, arcillo arenosa (Grupo II)

Texturas finas: franco arcillosa, franco arcillo limosa, arcillo limosa, arcillosa (Grupo III)

\*\* P.S.I. Porcentaje Na<sup>+</sup> cambiante

**Tabla 9.- Matriz de gradación para alfalfa**

Características	Grado de limitación				
	0	1	2	3	4
<b>Climáticas</b>					
Precipitación (mm) en el ciclo	350-400	300-349 401-500	250-299 501-550	< 250 > 550	-----
T <sup>a</sup> (°C) en etapa de nacencia	15-18	12-14 19-22	10-11 23-25	< 10 > 25	-----
T <sup>a</sup> (°C) en etapa de maduración	20-26	27-28 17-19	29-30 14-16	> 30 < 14	-----
<b>Topográficas (%)</b>	< 5	5-10	11-20	21-40	> 40
<b>Edáficas</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Drenaje	Bien drenado/ exc. drenado	Moderado/ bien drenado	Imperfecto	Muy escaso	-----
Textura*	Grupo II	Grupo III	Grupo I	-----	-----
Estructura	Estable	-----	Masiva	-----	Inestable
Prof. (cm) material impermeable	> 100	80-100	60-79	25-59	< 25
Prof. (cm) arena o caliza penetrable	> 90	60-90	40-59	20-39	< 20
<b>Analíticas</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
C.E.C. (cmol·kg <sup>-1</sup> )	> 24	16-23	8-15	< 8	-----
Yeso (%)	< 2	2-5	6-10	11-15	> 15
Grado saturac. (%)	90-100	60-89	40-59	20-39	< 20
CaCO <sub>3</sub> (%)	< 5	5-10	11-20	21-30	> 30
P.S.I.** Tolerante	< 5	5-10	11-20	21-30	> 30
C.E. (dS·m <sup>-1</sup> )	< 2	2-4	5-6	7-8	> 8
pH	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
	< 6	6-6.5	6.6-7.5	7.6-8.2	> 8.2

\* Texturas gruesas: arenoso, arenoso franco, franco arenoso (Grupo I)

Texturas medias: franca, franco arcillo arenosa, franco limosa, limosa, arcillo arenosa (Grupo II)

Texturas finas: franco arcillosa, franco arcillo limosa, arcillo limosa, arcillosa (Grupo III)

\*\* P.S.I. Porcentaje Na<sup>+</sup> cambiante

**Tabla 10.- Matriz de gradación para garbanzo**

Características	Grado de limitación				
	0	1	2	3	4
<b>Climáticas</b>					
Precipitación (mm) en el ciclo	> 400	300-400	250-299	200-249	< 200
T <sup>a</sup> (°C) en etapa de nacencia	> 10	5-10	2-4	< 2	-----
T <sup>a</sup> (°C) en etapa de floración	15-20	10-14	5-9	< 5	-----
<b>Topográficas (%)</b>	0-2	3-16	17-20	21-30	> 30
<b>Edáficas</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Drenaje	Bien drenado	Moderado/ Bien drenado	Imperfecto	Muy escaso	-----
Textura*	Grupo III	Grupo II	Grupo I	-----	-----
Estructura	Estable	-----	Masiva	-----	Inestable
Prof. (cm) material impermeable	> 120	90-120	60-89	45-59	< 45
Prof. (cm) arena o caliza penetrable	> 90	60-90	45-59	35-44	< 35
<b>Analíticas</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
C.E.C. (cmol·kg <sup>-1</sup> )	> 24	16-23	8-15	< 8	-----
Grado saturac. (%)	90-100	60-89	40-59	20-39	< 20
CaCO <sub>3</sub> (%)	< 10	10-15	16-20	21-35	> 35
P.S.I.** Tolerante	0-2	3-5	6-10	11-20	> 20
C.E. (dS·m <sup>-1</sup> )	< 3	3-4	5	6-8	9-12
pH	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
	< 4.2	4.2-5.4	5.5-7.0	7.1-8.7	> 8.7

\* Texturas gruesas: arenoso, arenoso franco, franco arenoso (Grupo I)

Texturas medias: franca, franco arcillo arenosa, franco limosa, limosa, arcillo arenosa (Grupo II)

Texturas finas: franco arcillosa, franco arcillo limosa, arcillo limosa, arcillosa (Grupo III)

\*\* P.S.I. Porcentaje Na<sup>+</sup> cambiante

**Tabla 11.- Matriz de gradación para veza**

### 5.2.3. Cultivos industriales

El algodón es un cultivo exigente en cuanto al agua en ciertas fases del ciclo vegetativo (30 días antes de la floración), aunque en otras como la maduración le es perjudicial, ya que se deteriora la fibra; necesita abundante insolación, para florecer bien, así como altas temperaturas.

Según Papadakis, las exigencias climáticas de este cultivo son veranos tipo C, g o G.

Leyenda: C, (ExLH<sub>(x)</sub>) Estación libre de heladas: mínimas (m), disponible (D), media (M) igual a 12(m), la (tx<sub>2,4,6</sub>) media de las temperaturas medias de máximas a los 2,4 ó 6 meses más cálidos es mayor de 21<sub>(6)</sub> y la (Tm) media de las máximas del mes más cálido es menor de 33.5; g, la ExLH<sub>(x)</sub> es mayor de 4.5<sub>(m)</sub>, la tx es mayor de 25<sub>(6)</sub>, la Tm es menor de 33.5 y la tm(media de las máximas del mes más cálido) es menor de 20; G, (la ExLH<sub>(x)</sub>) es mayor de 4.5<sub>(m)</sub>, la tx es mayor de 25<sub>(6)</sub>, la Tm es menor de 33.5 y la tm es mayor de 20.

Las raíces del algodón necesitan terreno profundo; requiere reacción neutra y, aunque no tolera el exceso de cal, es bastante tolerante con la salinidad. En general, se da bien en terrenos arcillosos y limosos.

En cuanto a las características químicas de los suelos el algodón es más exigente en nitrógeno y potasio que en fósforo, aunque muchos agricultores no suelen abonar en seco al considerar que es más limitante la falta de agua que la carencia de elementos nutritivos. El algodón es un cultivo más exigente en cuanto al agua en ciertas fases del ciclo vegetativo (30 días antes de la floración), aunque en otras como la maduración le es perjudicial, ya que se deteriora la fibra; necesita abundante insolación, para florecer bien, así como altas temperaturas (Tabla nº 12).

Características	Grado de limitación				
	0	1	2	3	4
<b>Climáticas</b>					
Precipitación (mm)	> 500	400-500	300-399	200-299	< 200
Tª(°C)media en su ciclo	21-26	18-20 27-28	15-17 29-30	< 15 > 30	-----
<b>Topográficas (%)</b>	0-2	3-5	6-10	11-15	> 15
<b>Edáficas</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Drenaje	Bien drenado	Moder. Bien drenado	Imperf. drenado	Escaso o excesivo	Muy escaso
Textura*	Grupo II	Grupo III	Grupo I	-----	-----
Estructura	Estable	-----	Masiva	-----	Inestable
Profundidad (cm)	> 100	80-100	50-79	35-49	< 35
CaCO <sub>3</sub> (%)	< 10	10-20	21-30	31-40	> 40
C.E.C. (cmol·kg <sup>-1</sup> )	> 24	16-23	8-15	<8	-----
Grado saturac. (%)	90-100	60-89	40-59	20-39	< 20
C.E. (dS·m <sup>-1</sup> )	< 8	8-12	13-15	16-20	> 20
P.S.I.**Tolerante	< 10	10-25	26-35	36-50	> 50
pH	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
	< 5.5	5.5-6.5	6.6-7.5	7.6-8.5	> 8.5

\* Texturas gruesas: arenoso, arenoso franco, franco arenoso (Grupo I)

Texturas medias: franca, franco arcillo arenosa, franco limosa, limosa, arcillo arenosa (Grupo II)

Texturas finas: franco arcillosa, franco arcillo limosa, arcillo limosa, arcillosa (Grupo III)

\*\* P.S.I. Porcentaje Na<sup>+</sup> cambiante

**Tabla 12.- Matriz de gradación para algodón**

#### 5.2.4. Oleaginosas

El girasol es una planta anual de la familia de las compuestas y cuyo ciclo vegetativo transcurre entre la primavera y el otoño según variedad. Se trata por tanto de un cultivo que no requiere altos niveles de precipitación, aunque sí debe implantarse en aquellos lugares donde la capa freática esté cerca de la superficie, debido a la gran necesidad hídrica en la época de floración. Por estas razones prefiere suelos arcilloso-arenosos, profundos, aunque bien drenados en superficie; no son adecuados los suelos salinos o pedregosos, así como los de reacción ácida o fuertemente alcalina.

La planta de girasol requiere elevadas temperaturas, necesitando para su germinación una temperatura media de 5°C durante al menos 24 horas. Según Papadakis, su exigencia climática se centra en un verano de tipo M (La estación libre de heladas: mínimas (m), disponible (D), media (M) es mayor de 4.5 (D) y la media de las temperaturas medias de máximas de los 2, 4 o 6 meses más cálidos es mayor de 21(6)).

Por lo que respecta a sus requerimientos en cuanto a suelos y fertilizantes, el nitrógeno es considerado como uno de los elementos decisivos en la nutrición del girasol, aunque su exceso provoca un crecimiento excesivo de la planta en perjuicio de la producción de semillas. El fósforo influye en el nivel de cosecha, aumentando al mismo tiempo la resistencia de la planta a la sequía. El potasio tiene un efecto parecido al fósforo, aunque hay que incrementar su dosis en terrenos calizos por el papel complejante que tiene sobre él.

Características	Grado de limitación				
	0	1	2	3	4
<b>Climáticas</b>					
Precipitación (mm) en el ciclo	> 400	350-400	250-349	< 250	-----
Tª(°C) en etapa de germinación	10-22	8-9 23-26	5-7 27-28	< 5 > 28	-----
Tª(°C) en etapa de desarrollo	18-22	23-25	26-30	> 30	-----
Tª(°C) en etapa de floración/maduración	18-22	23-24	25-28	> 28 < 18	-----
<b>Topográficas (%)</b>	0-2	3-10	11-20	21-30	> 31
<b>Edáficas</b>					
Drenaje	Bien/ Moderado	Algo exc.	Imperfecto	Escaso	Muy escaso
Textura*	Grupo II	Grupo III	Grupo I	-----	-----
Estructura	Estable	-----	Masiva	-----	Inestable
Prof. (cm) material impermeable	> 100	60-100	40-59	10-39	< 10
Prof. (cm) arena o caliza penetrable	> 60	45-60	30-44	10-29	< 10
<b>Analíticas</b>					
CEC (cmol/kg)	> 24	16-24	< 16	-----	-----
CO (%)15cm sup.	> 0.8	0.4-0.8	< 0.4	-----	-----
Grado saturac. (%)	90-100	60-89	40-59	20-39	< 20
CaCO <sub>3</sub> (%)	0-10	11-15	16-25	26-35	> 35
P.S.I.**Tolerante	< 5	5-15	16-20	21-35	> 35
C.E. (dS/m)	< 4	4-6	7-10	11-16	>16
Capa freática	A poca profundidad	3 m aprox.	Más de 3 m	-----	-----
pH	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
	< 5.5	5.5-6.0	6.1-7.5	7.6-8.2	> 8.2

\* Texturas gruesas: arenoso, arenoso franco, franco arenoso (Grupo I)

Texturas medias: franca, franco arcillo arenosa, franco limosa, limosa, arcillo arenosa (Grupo II)

Texturas finas: franco arcillosa, franco arcillo limosa, arcillo limosa, arcillosa (Grupo III)

\*\* P.S.I. Porcentaje Na<sup>+</sup> cambiante

Tabla 13.- Matriz de gradación para el girasol

Y por lo que respecta al olivo, destacar algunos aspectos, fundamentalmente relacionados con las propiedades físicas de los suelos. Es una planta a la que le afecta de forma importante los terrenos encharcados, así como aquellos en los que la estructura tiende a degradarse, por su sensibilidad a la asfixia radicular. Es por lo que el trinomio textura-topografía-humedad debe ser compaginado con otros requisitos de manejo, tales como el marco de plantación y la poda. La aireación debe ser un requisito indispensable para este cultivo, evitándose así la asfixia radicular y una disminución de la producción.

En zonas áridas, la pedregosidad superficial es positiva, sobre todo porque crea un "self-mulching" que hace que disminuya la evaporación y, con ello, la economía de agua aumenta.

El olivo se da mejor en suelos calizos, aunque hay que tener en cuenta las retrogradaciones férricas y las complejaciones de fósforo y potasio. Otras características químicas a tener en cuenta son la materia orgánica, no sólo por el soporte nutritivo que representa, sino por lo que supone en la mejora de las propiedades físicas del suelo; en este sentido, también debemos indicar que es un cultivo exigente en nitrógeno y potasio.

Características	Grado de limitación				
	0	1	2	3	4
<b>Climáticas</b>					
Precipitación (mm)	> 800	600-800	450-600	250-450	< 250
<b>Topográficas(%)</b>	0-2	3-8	9-16	17-30	> 31
<b>Edáficas</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Drenaje	Bueno	Malo	Excesivo	Imperfecto	Escaso/ Exceso
Encharcamiento	Ninguno	Ligero	Ligero	Moderado	Continuo
Textura	Franca Franca arenoso Arcillo limosa	Arcillosa Arcillo arenosa	Limo arenosa	Arenosa	*
Estructura	Estable	-----	Masiva	-----	Inestable
Pedregosidad(%) en superficie	0-15	16-40	41-55	56-75	> 76
Pedregosidad(%) en profundidad	0-15	16-40	41-75	> 76	-----
Profundidad (cm)	> 90	40-90	20-39	10-19	<9
<b>Analíticas</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
CaCO <sub>3</sub> (%)	3-25	0-3 25-50	50-75	> 75	-----
pH	6-8	< 6 > 8	-----	-----	-----
Yeso(%)	0-10	10-15	15-20	20-25	> 25
CEC (cmol·kg <sup>-1</sup> )	> 24	16-24	> 16	-----	-----
Grado saturac. (%)	> 80	50-80	35-50	< 35	-----
CO (%)15 cm sup.	> 1.5	1-1.5	0.5-0.9	> 0.5	-----
C.E. (dS·m <sup>-1</sup> )	0-4	5-8	9-12	13-25	> 25
P.S.I.**	0-8	9-16	17-25	26-35	> 35

\* Se refiere a suelos muy arcillosos con % elevados de arcillas hinchables / \*\* P.S.I. Porcentaje Na<sup>+</sup> cambiante

Tabla 14.- Matriz de gradación para el cultivo del olivo

Según la bibliografía consultada, la evaluación de los suelos del área demuestra que los cultivos que mejor se podrían adaptar serían los cereales, principalmente el trigo, seguido del centeno, cebada y avena, sobre todo, por la profundidad al material impermeable o a la arena o caliza penetrable, en la mayoría de los casos. Cabe destacar también la fuerte limitación que presentarán los Regosoles calcáricos, debido a su elevado contenido en  $\text{CaCO}_3$ , frente a trigo y maíz, siendo los cultivos más recomendables, aun sin presentar grandes producciones, la avena y cebada.

El algodón y garbanzo tendrían limitaciones intermedias, o altas dependiendo del parámetro edáfico considerado. El girasol se podría cultivar en algunos suelos, pero en otros casos, existirían limitaciones hídricas y texturales.

Independientemente de la exigencia de regadío, en el caso de la alfalfa aparecerán de nuevo limitaciones por la profundidad al material impermeable o a la arena o caliza penetrable, sobretodo en fluvisoles, luvisoles y leptosoles. También se mantendrá la limitación de los Regosoles calcáricos por su alto contenido en  $\text{CaCO}_3$ .

Para el cultivo de algodón, los principales problemas aparecerán motivados por la profundidad del solum del suelo en leptosoles y por la elevada proporción de  $\text{CaCO}_3$  de los Regosoles calcáricos. Podría ser interesante su cultivo en luvisoles.

Aunque menos exigente, el cultivo de girasol mantiene unos requisitos mínimos, próximos a los del algodón, viéndose afectados los fluvisoles y luvisoles.

Por último, destacaremos la limitación para el olivar por motivos de profundidad en el caso de los leptosoles. Se tratará de un cultivo aconsejable para luvisoles y cambisoles.

### 5.3. Aplicación de las matrices a los cultivos seleccionados.

A continuación, procedemos a la aplicación de las matrices para los cultivos considerados, que se encuentran recogidas en las siguientes tablas, en las que se reflejan numéricamente cada uno de los suelos estudiados frente a las características y propiedades seleccionadas.

Características	Grado de limitación				
	0	1	2	3	4
<b>Climáticas</b>					
Precipitación anual (mm)	7, 9, 10	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8			
Temperatura (°C) en la etapa de germinación	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10				
Tª en la etapa de ahijamiento	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10				
Tª en la etapa de encañado y ahijado		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10			
Tª(°C) en la etapa de maduración		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10			
<b>Topográficas(%)</b>	1, 2, 4, 6, 8, 10	3, 5	7, 9		
<b>Edáficas</b>					
Drenaje	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9		5, 6, 10		
Textura*	2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10	1, 8			
Estructura	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9	5, 6, 10			
Prof. (cm) material impermeable		5, 6, 10			
Prof. (cm) arena o caliza penetrable	2, 3		1, 4, 8	7, 9	

Tabla 15.- Aplicación de la matriz de gradación para cereales (principalmente trigo)

Características	Grado de limitación				
	0	1	2	3	4
Analíticas					
C.E.C. (cmol·kg <sup>-1</sup> )	4, 5, 9	1, 2, 3, 6, 8, 10	7		
C.O. (%) 15cm sup. Suelo no calcáreo					
C.O. (%) 15cm sup. Suelo calcáreo	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
Grado saturac. (%)	1, 2, 4, 7, 8, 10	3, 5, 9	6		
CaCO <sub>3</sub> (%)		6, 9	5	7, 8, 10	1, 2, 3, 4
P.S.I.** Tolerante	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
C.E. (dS·m <sup>-1</sup> )	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10	4			
pH	2	1	0	1	2
			6	1, 2, 3, 4, 5 7, 8, 9, 10	

\*\* P.S.I. Porcentaje Na<sup>+</sup> cambiante

**Tabla 15 bis.- Aplicación de la matriz de gradación para cereales (principalmente trigo)**

Podemos observar que nuestros suelos son adecuados para el cultivo del trigo, salvo por los niveles de pH y la concentración de carbonatos. Respecto al pH, el suelo con un factor menos limitante es el 6 (LVcc), presentando además valores bastante buenos o aceptables para ciertas variables, por lo que sería el tipo de suelo más aconsejado.

Los perfiles más inadecuados serían el 1, 2, 3 y 4 (FLca, CMca, RGca y CLha) ya que son los que más carbonatos presentan, siendo por tanto su pH demasiado elevado para un buen desarrollo del cultivo.

Valoración	0	1	2	3	4
<b>Cultivo</b>					
Maíz	Profundidad (cm)				
	1,6,10	2	3, 5, 8	4	7, 9
Maíz	CaCO <sub>3</sub> (%)				
Centeno		6	9		1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10
Avena	PSI				
	1, 2, 3, 5 6, 7, 8, 9, 10	4			
Maíz	CE (dS/m)				
	1, 2, 3, 5 6, 7, 8, 9, 10	4			
Valoración	2	1	0	1	2
<b>Cultivo</b>	pH				
Cebada			1, 2, 6, 7	3, 4, 5, 8, 9, 10	
Maíz				1, 2, 6, 7	3, 4, 5, 8, 9, 10
Avena				1, 2, 4, 5 6, 7, 9, 10	3, 8
Centeno				1, 2, 6, 7	3, 4, 5, 8, 9, 10

**Tabla 16.- Modificaciones a la matriz de gradación para otros cereales**

Las limitaciones debidas al pH se repiten en el cultivo de maíz, avena y centeno especialmente, indicando los suelos 3 y 8 (RGca y CLha) muy limitantes para todos ellos y añadiendo los suelos 4, 5, 9 y 10 (CLha, RGca, LPli y LVcc) para el maíz y el centeno. Por lo que se refiere a motivos de profundidad, el maíz se vería afectado seriamente por los leptosoles (suelos 7 y 9). En función a su elevado contenido en CaCO<sub>3</sub>, se muestra una importante limitación a este cultivo junto al de centeno en la mayoría de suelos, excepto el 6 y el 9 (LVcc y LPli). Quizás sean la cebada y la avena los cultivos más tolerantes para la mayoría de perfiles analizados, recomendando especialmente los luvisoles (suelos 6 y 10).

Características	Grado de limitación				
	0	1	2	3	4
<b>Climáticas</b>					
Aporte de agua	1	2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10			
Temperatura (°C) en reposo vegetativo	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
Tª(°C) en etapa de germinación	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
Tª(°C) en etapa de desarrollo		1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10			
<b>Topográficas (%)</b>	1, 2, 6, 10	3, 4, 5, 8		7, 9	
<b>Edáficas</b>					
Drenaje	1	2, 3, 4, 7, 8, 9		5, 6, 10	
Textura*	1, 8	2, 3, 4, 5 6, 7, 9, 10			
Estructura	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
Prof. (cm) material impermeable				5, 6, 10	
Prof. (cm) arena o caliza penetrable	2, 3			1, 4, 7, 8	9
<b>Analíticas</b>					
C.E.C. (cmol·kg <sup>-1</sup> )	4, 5, 9	1, 2, 3, 6, 8, 10	7		
C.O. (%) 15cm sup.	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
Grado saturac.(%)	1, 2, 4, 7, 8, 10	3, 5, 9	6		
CaCO <sub>3</sub> (%)		6	9	5, 7, 8, 10	1, 2, 3, 4
P.S.I.** Tolerante	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
C.E. (dS·m <sup>-1</sup> )	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
pH	2	1	0	1	2
	1, 2, 6, 7    3, 4, 5, 8, 9, 10				

\* Texturas gruesas: arenoso, arenoso franco, franco arenoso (Grupo I)

Texturas medias: franca, franco arcillo arenosa, franco limosa, limosa, arcillo arenosa (Grupo II)

Texturas finas: franco arcillosa, franco arcillo limosa, arcillo limosa, arcillosa (Grupo III)

\*\* P.S.I. Porcentaje Na<sup>+</sup> cambiante

**Tabla nº 17.- Aplicación de la matriz de gradación para alfalfa**

Una vez más, los niveles de pH (suelos 3, 4, 5, 8, 9 y 10) y las concentraciones de carbonatos (todos los suelos menos 6 (LVcc) y 9 (LPli)) son factores limitantes para dicho cultivo, ya que éste prefiere suelos neutros. Pero en este caso además nos encontramos con

problemas de drenaje en algunos suelos (5 (RGca) y los luvisoles (6 y 10)) debido a que la capa de material impermeable se encuentra muy cerca de la superficie y la alfalfa es un cultivo que requiere suelos profundos. Sin embargo, exceptuando estos problemas, los luvisoles son los que menor grado de limitación obtienen para el resto de características, siendo los más adecuados.

Características	Grado de limitación				
	0	1	2	3	4
<b>Climáticas</b>					
Precipitación (mm) en el ciclo	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
Tª(°C) en etapa de nacencia	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
Tª(°C) en etapa de maduración	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
<b>Topográficas (%)</b>	1, 2, 4, 6, 8, 10	3, 5	7, 9		
<b>Edáficas</b>					
Drenaje	1	2, 3, 4, 7, 8, 9	5, 6, 10		
Textura*	1, 8	2, 3, 4, 5 6, 7, 9, 10			
Estructura	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
Prof. (cm) material impermeable				5, 6, 10	
Prof. (cm) arena o caliza penetrable	2, 3			1, 4, 7, 8	9
<b>Analíticas</b>					
C.E.C. (cmol·kg <sup>-1</sup> )	4, 5, 9.	1, 2, 3, 6, 8, 10	7		
Yeso (%)	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
Grado saturac. (%)	1, 2, 4, 7, 8, 10	3, 5, 9	6		
CaCO <sub>3</sub> (%)			6, 9	5	1, 2, 3, 4, 7, 8, 10
P.S.I.** Tolerante	1, 2, 3, 5 6, 7, 8, 9, 10	4			
C.E. (dS·m <sup>-1</sup> )	1, 5, 6, 7, 8, 9, 10	2, 3, 4			
pH	2	1	0	1	2
	6 1, 2, 3, 4, 5 7, 8, 9, 10				

\* Texturas gruesas: arenoso, arenoso franco, franco arenoso (Grupo I)

Texturas medias: franca, franco arcillo arenosa, franco limosa, limosa, arcillo arenosa (Grupo II)

Texturas finas: franco arcillosa, franco arcillo limosa, arcillo limosa, arcillosa (Grupo III)

\*\* P.S.I. Porcentaje Na<sup>+</sup> cambiante

**Tabla 18.- Aplicación de la matriz de gradación para garbanzo**

Características	Grado de limitación				
	0	1	2	3	4
<b>Climáticas</b>					
Precipitación (mm) en el ciclo	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
Tª(°C) en etapa de nacencia	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
Tª(°C) en etapa de floración	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
<b>Topográficas (%)</b>	1, 2, 6, 10	3, 4, 5, 7, 8	9		
<b>Edáficas</b>					
Drenaje	1	2, 3, 4, 7, 8, 9	5, 6, 10		
Textura*	2, 3, 4, 5 6, 7, 9, 10	1, 8			
Estructura	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
Prof. (cm) material impermeable					5, 6, 10
Prof. (cm) arena o caliza penetrable	2, 3				1, 4, 7, 8, 9
<b>Analíticas</b>					
C.E.C. (cmol·kg <sup>-1</sup> )	4, 5, 9	1, 2, 3, 6, 8, 10	7		
Grado saturac. (%)	1, 2, 4, 7, 8, 10	3, 5, 9	6		
CaCO <sub>3</sub> (%)		6	9	5, 7, 8	1, 2, 3, 4, 10
P.S.I.** Tolerante	1, 2, 3, 5 6, 7, 8, 9, 10	4			
C.E. (dS·m <sup>-1</sup> )	1, 2, 3, 5 6, 7, 8, 9, 10	4			
pH	2	1	0	1	2
	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				

\* Texturas gruesas: arenoso, arenoso franco, franco arenoso (Grupo I)

Texturas medias: franca, franco arcillo arenosa, franco limosa, limosa, arcillo arenosa (Grupo II)

Texturas finas: franco arcillosa, franco arcillo limosa, arcillo limosa, arcillosa (Grupo III)

\*\* P.S.I. Porcentaje Na<sup>+</sup> cambiante

**Tabla nº 19.-Aplicación de la matriz de gradación para veza**

Para el caso del garbanzo y la veza, ocurre algo similar a lo visto con la alfalfa. La proximidad de la capa impermeable afecta mucho más a la veza que al garbanzo para los mismos suelos que en la alfalfa (5 (RGca) y los luvisoles (6 y 10). El pH es un factor bastante limitante en todos los suelos muestreados para la veza y casi lo mismo para el garbanzo, exceptuando de cierta manera el perfil 6 (LVcc). El alto porcentaje de CaCO<sub>3</sub> en la mayoría de suelos, limita mucho a ambos cultivos, incluso más que lo visto para la alfalfa. Ya que para el resto de variables es un suelo con buenos valores, el suelo 6 (LVcc) sería el más adecuado para ambos cultivos.

Características	Grado de limitación				
	0	1	2	3	4
<b>Climáticas</b>					
Precipitación (mm)	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
Tª(°C)media en su ciclo	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
<b>Topográficas (%)</b>	1, 2, 6, 10	4, 8	3, 5	7	9
<b>Edáficas</b>					
Drenaje	1	2, 3, 4, 7, 8, 9	5, 6, 10		
Textura*	1, 8	2, 3, 4, 5 6, 7, 9, 10			
Estructura	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
Profundidad (cm)	1, 6, 10	2	3, 5, 8	4	7, 9
CaCO <sub>3</sub> (%)		6, 9	5	7, 8, 10	1, 2, 3, 4
C.E.C. (cmol·kg <sup>-1</sup> )					
Grado saturac. (%)	1, 2, 4, 7, 8, 10	3, 5, 9	6		
C.E. (dS·m <sup>-1</sup> )	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
P.S.I.** Tolerante	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
pH	2	1	0	1	2
	6 1, 2, 3, 4, 5 7, 8, 9, 10				

\* Texturas gruesas: arenoso, arenoso franco, franco arenoso (Grupo I)

Texturas medias: franca, franco arcillo arenosa, franco limosa, limosa, arcillo arenosa (Grupo II)

Texturas finas: franco arcillosa, franco arcillo limosa, arcillo limosa, arcillosa (Grupo III)

\*\* P.S.I. Porcentaje Na<sup>+</sup> cambiante

**Tabla nº 20.- Aplicación de la matriz de gradación para algodón**

Para el cultivo del algodón, los principales problemas aparecen motivados por la profundidad del solum, ya que necesita suelos profundos, siendo el perfil 4 (CLha) y los leptosoles (7 y 9) los que presentan el peor grado de limitación respecto a este parámetro. Tampoco le va bien el suelo de los perfiles 1, 2, 3 y 4 (FLca, CMca, RGca y CLha) por su alto contenido en carbonato cálcico. Los más adecuados serían los luvisoles (6 y 10) y el fluvisol (1) por la mayor profundidad del solum.

Características	Grado de limitación				
	0	1	2	3	4
<b>Climáticas</b>					
Precipitación (mm) en el ciclo	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
Tª(°C) en etapa de germinación	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
Tª(°C) en etapa de desarrollo	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
Tª(°C) en etapa de floración/maduración	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
<b>Topográficas (%)</b>	1, 2, 6, 10	3, 4, 5, 8	7, 9		
<b>Edáficas</b>					
Drenaje	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9 5, 6, 10				
Textura*	1, 8	2, 3, 4, 5 6, 7, 9, 10			
Estructura	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
Prof. (cm) material impermeable	5, 6, 10				
Prof. (cm) arena o caliza penetrable	2, 3		1, 4, 8	7, 9	
<b>Analíticas</b>					
C.E.C. (cmol·kg <sup>-1</sup> )	4, 5, 9 1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
CO (%) 15cm sup.	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
Grado saturac. (%)	1, 2, 4, 7, 8, 10	3, 5, 9	6		
CaCO <sub>3</sub> (%)		6	9	5, 7, 8	1, 2, 3, 4, 10
P.S.I. ** Tolerante	1, 2, 3, 5 6, 7, 8, 9, 10				
C.E. (dS·m <sup>-1</sup> )	1, 2, 3, 5 6, 7, 8, 9, 10				
Capa freática	1 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
pH	2	1	0	1	2
	6 1, 2, 3, 4, 5 7, 8, 9, 10				

\* Texturas gruesas: arenoso, arenoso franco, franco arenoso (Grupo I)

Texturas medias: franca, franco arcillo arenosa, franco limosa, limosa, arcillo arenosa (Grupo II)

Texturas finas: franco arcillosa, franco arcillo limosa, arcillo limosa, arcillosa (Grupo III)

\*\* P.S.I. Porcentaje Na<sup>+</sup> cambiante

**Tabla 21.- Aplicación de la matriz de gradación para el girasol**

El cultivo del girasol no requiere de altos niveles de precipitación, aunque deben cultivarse donde la capa freática esté cerca de la superficie, siendo el más apto el perfil 1 (FLca). sabemos que los de peor drenaje son los perfiles 5 (RGca) y los luvisoles (6 y 10), esto es debido

a que la profundidad del material impermeable está más cerca de la superficie. Sin embargo, el suelo 6 presenta una vez más los mejores valores respecto al nivel de pH aconsejado así como a la concentración de carbonato cálcico, proporcionando además el menor grado de limitación para el resto de características analizadas.

Características	Grado de limitación				
	0	1	2	3	4
<b>Climáticas</b>					
Precipitación (mm)	7, 9, 10		1, 2, 3, 4, 5, 6, 8		
<b>Topográficas(%)</b>	1, 2, 6, 10	3, 4, 5, 8	7	9	
<b>Edáficas</b>					
Drenaje	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9		5, 6, 10		
Encharcamiento	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9	5, 6, 10			
Textura	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
Estructura	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
Pedregosidad(%) en superficie	1, 2, 3, 5 6, 7, 10	4, 8, 9			
Pedregosidad(%) en profundidad	2, 3, 5, 6, 7, 10	1, 4, 8, 9			
Profundidad (cm)	1, 6, 10	2, 3, 4, 5, 8	7	9	
<b>Analíticas</b>					
CaCO <sub>3</sub> (%)	6, 9	1, 2, 3, 5 7, 8, 10		4	
pH	1, 2, 4, 6, 7	3, 5, 8, 9, 10			
Yeso(%)	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				
C.E.C. (cmol·kg <sup>-1</sup> )	4, 5, 9	1, 2, 3, 6, 8, 10		7	
Grado saturac. (%)	1, 2, 3, 4, 5 7, 8, 10	9		6	
CO (%) 15 cm sup.	1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10	4		3	
C.E. (dS·m <sup>-1</sup> )	1, 2, 3, 5 6, 7, 8, 9, 10	4			
P.S.I.**	1, 2, 3, 4, 5 6, 7, 8, 9, 10				

\* Se refiere a suelos muy arcillosos con % elevados de arcillas hinchables

\*\* P.S.I. Porcentaje Na<sup>+</sup> cambiante

**Tabla 22.- Aplicación de la matriz de gradación para el cultivo del olivo**

Por último, y como era de esperar, destacamos la limitación por motivos de drenaje para el cultivo del olivo. Siendo nuevamente los perfiles 5, 6 y 10 los que peor grado de limitación

(3) tienen. Existen limitaciones por profundidad en el suelo 9 (LPli), pero apenas hay problemas significativos para el resto de características, por lo que en su mayoría son suelos muy recomendables para este cultivo.

## **VI. CONCLUSIONES**

## **6. CONCLUSIONES**

Se han caracterizado 10 perfiles de suelos en diferentes ubicaciones del término municipal de Cuevas de San Marcos, en la provincia de Málaga, con sus descripciones macromorfológicas, horizontes y resultados analíticos. Una vez realizada la evaluación de suelos de esos perfiles para 11 cultivos diferentes, típicos de la provincia de Málaga, y basándonos en sus grados de limitación, podemos concluir:

1ª. Los luvisoles son los más adecuados para el cultivo de cereales, salvo por el drenaje impedido debido a su vez a la poca profundidad del material impermeable. Pero realizando un buen laboreo y conservando la humedad se pueden obtener altos rendimientos.

2ª. Las leguminosas no irían tan bien como los cereales, por sus altas necesidades hídricas. Se les suma también el problema del drenaje impedido y la poca profundidad del material impermeable. A pesar de los problemas de drenaje de los luvisoles, son los que mejor se comportan para el resto de características analizadas.

3ª. El algodón necesita suelos profundos, los más adecuados son aquellos con una profundidad del solum mayor, como el perfil 1 (Fluvisol calcárico) y los perfiles 6 y 10 (luvisoles).

4ª. El cultivo del girasol requiere que la capa freática esté cerca de la superficie y con buen drenaje. El perfil que mejor se adaptaría por sus necesidades sería el perfil 6 (Luvisol calcárico), a pesar de tener un peor drenaje.

5ª. El cultivo del olivo se recomienda para estos suelos ya que la mayoría de perfiles no dan problemas de limitación, sólo algunos problemas de drenaje en los luvisoles.

## **VII. BIBLIOGRAFÍA**

## 7. BIBLIOGRAFÍA

**Allison, L. (1973).** *Oversaturation. Method for preparing saturation extract for salinity appraisal.* Soil Sci., 116, 65-69.

**Asensio, C. 1993.** *Génesis, Degradación y Evaluación de suelos vérticos en la hoja de Alora 1.052 (Málaga).* Tesis Doctoral. Universidad de Granada. 372 p. Granada.

**Asensio, C.; Ortega, E.; Saura, I. y Lozano, F.J. (1995).** *Distribución de N,P,K en Chromoxererts andaluces.* Rev. Ars Pharmaceutica. XXXVI, nº1:73-79.

**Asensio, C.; Ortega, E.; Lozano, F.J.; Martínez, F.J. y Sierra, C. (1997).** *Relaciones mineralógicas de suelos vérticos en Andalucía Oriental.* Edafología. 3-2:245-255.

**Barahona, E. et al. 1984.** *Determinaciones analíticas en suelos. Normalización de métodos. IV. Determinación de carbonatos totales y caliza activa.* Actas del Congreso Normalización de la Ciencia del Suelo I. 53-67. Madrid.

**Benavente, J.M. y Frontana, J. (1984).** *Temperaturas y evapotranspiraciones en el sector de la Vertiente Sur de España.* Cuadernos Geográficos de la Universidad de Granada, nº 12.

**Bouat, A. et Crouzet, C. (1965).** *Notes techniques sur un appareil semi-automatique de dosage de Pazote (et des certains composes volatils).* Ann. Agron. 16, (1): 107- 118.

**Bridges, E.M. and Davidson, D.A. (1982).** *Principles and applications of soil geography.* Loungnan Group. Ltd. New York.U.S.A.

**Carbon, B.A. and Galbraith, K.A. (1975).** *Simulation of the water balance for plants growing on coarse-textured soils.* Journal of Soil Research, 13. pp. 21-31.

**Díaz-Zorita, M.; Duarte, G. 2002.** *Manual práctico para el cultivo de girasol.* Ed. Hemisferio sur, S.A. pp. 313.

**Faniran, A. and Areola, O. (1978).** *Essentials of soil study.* Heinemann. London,pp. 278.

**F.A.O. 2009.** *Guía para la descripción de perfiles de suelos.* pp. 99. Roma. Italia.

**Fenger, M., Hignett, V. and Green, A. (1982).** *Soil of Basetn and Balangida Leln mapa reas.* Canadian International Developments Agency, Agronomic Research Institute Agricultura, Ottawa. Canada.

**Gerrard, A.J. (1981).** *Soils and Landforms*. George Allen & Unwin Publishers. Ltd. London. pp. 219. U.K.

**Gómez-Díaz, J.D. 1993.** *Modelling of land production potential of maize (Zea mays L) in different zones in Mexico*. International Training Centre for Post-Graduate Soil Scientists. State University of Gent. Belgium.

**Grossman, R.B.; Brasher, D.P.; Franzmeier, D.P. and Walter, J.L. (1968).** *Linear extensibility as calculated from natural-clod bulk density measurements*. Soil Science Soc. Amer. Proc. 32: 570-573.

**I.G.M.E. (1990).** *Mapa Geológico de España*. E. 1:50.000. Hoja 1007 Rute Servicio de Publicaciones Ministerio de Industria. pp. 71. Madrid.

**IUSS Working Group WRB, 2014.** *World Reference Base for Soil Resource 2014*. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.

**Lozano F.J., Delgado H., Ortega E., Pérez-Blanco E. y Asensio C. (2000).** *Uso de suelos para el cultivo de cereales en el término de Cuevas del Becerro (Málaga)* Rev. Edafología. 7-3:105-112.

**M.A.P.A. (1986).** *Mapa de Cultivos y aprovechamientos de la Provincia de Málaga*. Escala 1:200.000. Servicio de Publicaciones M.A.P.A. pp. 152. Madrid.

**Mastachi, C.A. (2010).** *Adaptación de un modelo de balance hídrico a un ambiente semiárido*. Tesis Doctoral. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Querétaro. México.

**Ministerio de Agricultura (1982).** *Métodos Oficiales de Análisis del Ministerio de Agricultura*. Madrid. 182p.

**Nadal Moyano, S. 2004.** *Leguminosas grano en la agricultura moderna*. Ed. Mundi prensa, pp. 318.

**Ortega, E., Lozano, F.J., Martínez, F.J., Bienes, R., Gallardo, J.F. and Asensio, C. (2016).** *Soil of the Mediterranean Areas*. In "The Soil of Spain". Ed. Springer. Chapter 5. ISBN: 978-3-319-20540-3 pp. 163-188.

**Ortega, E.; Sierra, C.; Martínez, J. and Lozano, J. (1990).** *Characterization of soil moisture and temperature regimes in southern Spain*. 14th. International Congress of Soil Science. Vol. V. p. 353-354. Kyoto. Japón.

**Osca Lluch, J. 2001.** *Cultivos herbáceos extensivos: cereales*. Ed. Universidad Politécnica Valencia, pp. 226.

**Papadakis, J. (1980).** *El Clima*. Editorial Albatros. Buenos Aires. Argentina.

**Parra, M.A.; Fernández-Escobar, R.; Navarro, C.; Arquero, O. 2003.** *Suelos y fertilización del olivar suelo calcáreo*. Ed. Mundi-Prensa & Junta de Andalucía, pp.256.

**Pérez Blanco, E.; Soriano, M.; Delgado, H. y Ortega, E. (2000).** *Evaluación de suelos del Sur de Teba (Málaga) para el cultivo de leguminosas*. *Ars Pharmaceutica*. 41(3):259-268

**Rivas Martínez, (1988).** Memoria del mapa de Series de Vegetación de España. Ministerio de Agricultura y Pesca. (MAPA). ICONA.

**Robertson, G.P. and Swinton, S.M. (2005).** *Reconciling agricultural productivity and environmental integrity: A grand challenge for agriculture*. *Frontiers in Ecology*, 3: 38–46.

## PÁGINAS WEBS

<http://institucional.us.es/suelos/index.php/p/vcr>

<http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2011/10/13/140087>

<http://es.slideshare.net/fmedin1/clasificacion-de-suelos-2459975>

<http://edafologia.ugr.es/cartos/tema03/imagenes/anda.gif>

[http://hydrologie.org/THE/MASTACHI\\_LOZA\\_C.pdf](http://hydrologie.org/THE/MASTACHI_LOZA_C.pdf)

<http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2011/10/13/140087>

<http://www.flickr.com/photos/soilscience/collections/72157624850318455>

<http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v26n4/v26n4a5.pdf>

<http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2011/10/13/140087>

<http://www.mapa.es>

<http://www.fao.org>

<http://edafologia.ugr.es>

<http://slideshare.com>

<http://www.malaga.es/es/turismo/>



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

