

LA RIOJA, la AGROMETEOROLOGÍA y el OLIVO

LA REGIÓN

1. EL CLIMA EN LA RIOJA

1.1. Régimen térmico

1.2. Bioclimatología

1.3 Cambio climático

1.4 Pluviometría

CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA

2. CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA

2.1. Régimen de temperatura

2.1.1 Tipo de invierno

2.1.2 Tipos de verano

2.2 Régimen de humedad

2.2.1 Clasificación agroclimática por el criterio de Humedad

EL OLIVO

3. CONDICIONANTES CLIMÁTICAS DEL OLIVO

3.1 Sequía, Frío, Fisiología del estrés

3.1.1 La adaptación de la hoja al entorno

3.1.2 Respuesta al estrés

3.2 Condicionantes Térmicos

3.2.1. Necesidades de calor

3.2.2. Temperaturas medias

3.2.3 Integral Térmica

3.2.4 Horas-frío

3.2.5 Temperaturas mínimas absolutas

3.2.6 Riesgo de heladas

3.3. Condicionantes de humedad

ANEXO 1. FICHAS AGROCLIMÁTICAS DE LOS MUNICIPIOS RIOJANOS EN ESTUDIO

LA REGIÓN



1. EL CLIMA EN LA RIOJA

La comunidad de La Rioja tiene, como la mayor parte de la península ibérica, un clima mediterráneo. Este clima tiene como característica principal la presencia de un periodo seco, al menos de dos meses, en épocas veraniegas. Según el criterio de Rivas Martínez, se entiende por periodo seco aquel en el que la **Evapo Transpiración Potencial (ETP)** es mayor que el doble de la **Pluviometría (P)**, ($ETP > 2P$).

El clima mediterráneo es propio de las tierras que bordean este mar y, por extensión, de las zonas templadas situadas entre los 30° y los 45° de latitud de ambos hemisferios (la latitud de Logroño es 42° 27').

Las tierras con clima mediterráneo se sitúan en el occidente de las masas continentales y en las proximidades de los océanos; ejemplos de ello encontramos en California, Chile central, extremo sudoccidental de la provincia de El Cabo en Sudáfrica y Australia meridional.

Para determinar la posición que ocupa La Rioja dentro de la región Mediterránea y, siguiendo a Rivas Martínez, podemos asignar un valor a la mediterraneidad de cada localidad mediante los índices que este autor propone. Utilizando el Índice de Mediterraneidad (Im_2), que tiene como fórmula de cálculo:

$$Im_2 = ETP (Jul + Ag) / P (Jul + Ag)$$

obtenemos los siguientes valores :

<u>Ciudad</u>	<u>Im₂</u>
PAMPLONA	2'6
VITORIA	3
LOGROÑO	4'8
ZARAGOZA	7'7
TOLEDO	15'8
JAEN	43'5
SEVILLA	70'6
MÁLAGA	75'2

Si tenemos en cuenta que este autor encuadra tanto a Pamplona como a Vitoria en la región Eurosiberiana, Logroño es, por tanto, la localidad Mediterránea con un valor de mediterraneidad más bajo dentro del conjunto de localidades estudiadas. Esta lista se ha confeccionado recogiendo las capitales de provincia que podrían ser referencia en olivicultura y las dos capitales de provincia vecinas que comparten con nosotros situación y contratiempos climáticos en este cultivo (Navarra y Álava).

1.1. Régimen térmico

En climatología se tiene por cierto que la temperatura media anual del aire decrece conforme aumenta la altitud, en una proporción próxima a 0'5 °C/100 m, siendo este coeficiente mayor en verano que en invierno. Dicho de otra forma, entre Alfaro y Ezcaray hay más diferencias en las temperaturas veraniegas que en las invernales.

En la zona agrícola principal de La Rioja, valle del Ebro y tramo inferior de sus afluentes, las temperaturas **medias anuales** oscilan entre los 12'37 °C de Santo Domingo de la Calzada y los 14'89 °C de Alfaro, presentando las temperaturas medias de las **mínimas del mes más frío** valores positivos en todos los observatorios del valle. Estas condiciones térmicas están en los límites de las exigencias de producción del olivo, siendo el Periodo o Estación Libre de Heladas el factor más limitante.

El factor **altitud** y la situación de la región en la **cabecera del valle**, encajonada por diversos sistemas montañosos, son los elementos geográficos que modulan los aspectos del clima que más influyen en la ecología de los cultivos: distribución de temperaturas, lluvias, heladas, etc.

El estudio de los extremos climáticos permite definir adecuadamente las aptitudes de las tierras de cultivo. La extremosidad o continentalidad de un clima es una de las primeras condiciones que es necesario establecer en el estudio de la agroclimatología de una zona.

Gorzinsky calcula el **Índice de Continentalidad** en función de la amplitud térmica anual (diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y la del mes más frío) y de la latitud del lugar utilizando la siguiente fórmula:

$$G = (1'7 \cdot A / \text{sen } \Phi) - 20$$

Siendo:

- G = La continentalidad
- A = La diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y más frío de la localidad.
- Φ = Latitud

En la siguiente tabla se relacionan los valores del Índice de continentalidad de Gorzinsky de algunas localidades representativas de La Rioja y de otras localidades españolas de producción oleícola.

Cuzcurrita	17'94	Miranda de Arga /Navarra	24'23
Santo Domingo	19'77	Calaceite /Teruel	26'67
Cornago	20'26	Mollerusa /Lérida	30'41
Haro	20'28	Alcalá de Henares /Madrid	30'50
Arnedillo	21'14	Mora de Toledo	34'04
Arnedo	21'24	Canena /Jaén	34'53
Logroño	22'46	Teba /Málaga	32'67
Alfaro	24'76		

En la península Ibérica, para la interpretación de estos valores, se consideran los siguientes criterios de clasificación:

- $G < 10$, marítimo acusado.
- $G > 20$, netamente continental.
- $G > 30$, extremadamente continental.

Como se puede ver en la tabla anterior, La Rioja tiene un **índice de continentalidad inferior** a la media de las zonas oleícolas españolas debido principalmente a la acción moderadora de los vientos del Cantábrico.

En las zonas más frías, los olivos viejos están plantados a media ladera, aprovechando los carasoles y el hecho de la menor amplitud térmica (menos heladas) que presentan estas zonas intermedias respecto a los

hoyos y las crestas, situados a alturas similares. Este hecho es una forma de aprovechamiento microclimático que minimiza el riesgo de heladas y amplía la zona de cultivo en zonas frías. En tiempos pasados el autoconsumo era una forma de vida prevalente en la sociedad rural y la autosuficiencia en el suministro de aceite era un asunto capital en la economía de las familias.

1.2. Bioclimatología

La orografía regional y su situación en el alto valle del Ebro proporcionan a La Rioja una diversidad bioclimática notable que, de acuerdo con Rivas Martínez, presenta un piso **Crioromediterráneo** en las cumbres de la Demanda y Urbión con pino negro, enebro rastrero, arándano, etc.

El segundo piso en la serie altitudinal es el **Supramediterráneo** que ocupa la mayoría del territorio serrano, dedicado a actividades ganaderas, forestales y de recreo. La temperatura media anual oscila entre ocho y doce grados y la media de las mínimas del mes más frío entre uno y cuatro grados bajo cero.

Por último, el más bajo de los pisos bioclimáticos riojanos corresponde al piso **Mesomediterráneo**, que es el típico del valle y que propicia la presencia de una agricultura variada donde predominan la vid, cereales, olivo y cultivos de huerta. Este piso tiene una **Temperatura media anual** que oscila entre los 12 y 17 °C y una **media de temperaturas mínimas** del mes más frío por debajo de cuatro grados Celsius. Las heladas están presentes durante un periodo que oscila entre 4 y 7 meses.

1.3 Cambio climático

Elías Castillo y Ruiz Beltrán publicaron una obra de gran valor “La Agrometeorología de España”. Esta obra se publica en el 1977 con datos climatológicos recogidos lógicamente en periodos anteriores. La **diferencia** de datos térmicos de esta época y los actuales que sirve la AEMET, con datos obtenidos en los últimos quince años, ofrecen algunas diferencias que en el caso de La Rioja podemos cifrar en valores próximos a un grado Celsius.

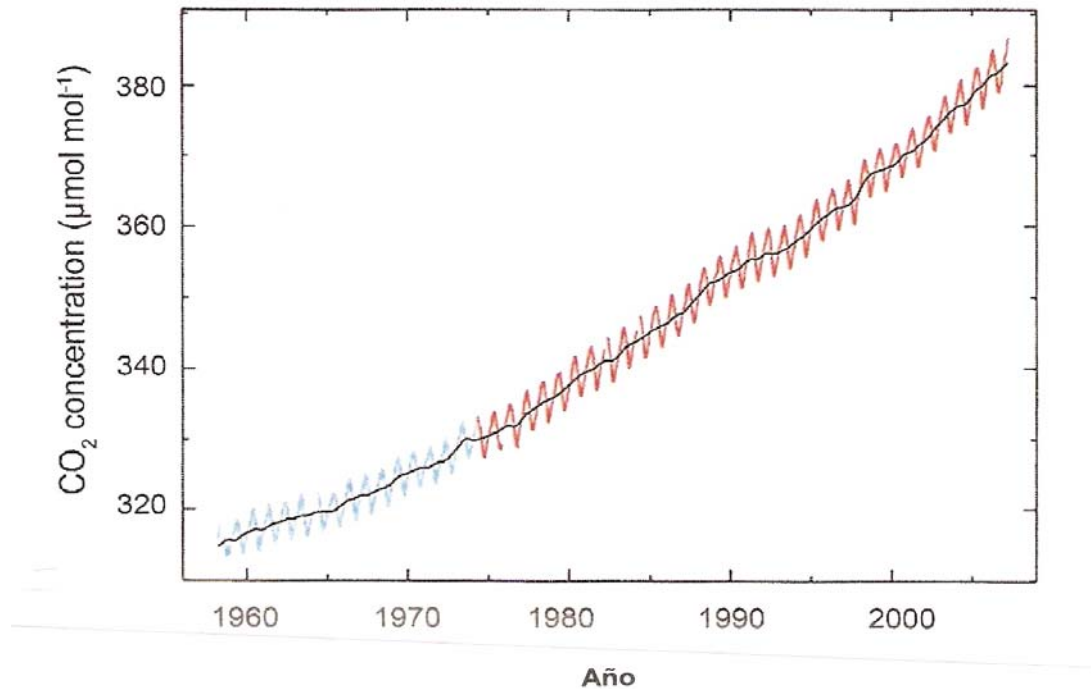
Estos **incrementos térmicos**, cuando estamos trabajando con una especie que está cultivada en el límite de la temperatura recomendada, afectan notablemente las **expectativas** de cultivo. La importancia de este **sesgo acumulativo** es de especial relevancia si consideramos el largo ciclo de vida productiva de los olivos.

Mientras la afectación térmica está sometida a manipulación y polémica, el cambio en el contenido atmosférico de CO₂ es un proceso mucho más preciso, estudiado y técnico, menos ideologizado.

Grandes cantidades de carbono están presentes en la corteza terrestre en forma de carbonatos. El carbono orgánico derivado de restos vegetales, combustibles fósiles y restos de plantas es otro reservorio crucial de carbono que nos explica como se ha desarrollado a lo largo de los periodos geológicos la atmósfera actual de **bajo CO₂ / alto O₂**.

La utilización masiva de combustibles fósiles y los cambios en el uso de la tierra, deforestación, arado de praderas, explotación de turberas, etc., ocasionan unas **emisiones a la atmósfera** de 10¹⁵ g anuales de carbono (10¹⁵ g = 1 Pg Petagramo = 10⁹ Tm). Comparando los 720 Pg de carbono presentes en la atmósfera con estas ingentes emisiones, es fácil comprender que este hecho está ocasionando un cambio sustancial y sostenido en la atmósfera de la tierra.

El aumento en la concentración de CO₂ esta próximo a 2'0 μmol/mol anuales según las mediciones realizadas en el Observatorio de Mauna Loa (Hawai) por la National Oceanic and Atmospheric Administration (U.S.A.). Su evolución durante los últimos años se puede apreciar en la siguiente gráfica.



El valor 320 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ equivale a 0,032 %

El valor 380 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ equivale a 0,038 %

La concentración actual de CO_2 en la atmósfera (Próxima al 0,0385 % o 385 $\mu\text{mol/mol}$) es **inferior a la óptima** para la fijación fotosintética del CO_2 en el ciclo de Calvin.

En las plantas C_3 , como el olivo, cuando la radiación solar es plena, **la cantidad de CO_2 limita siempre** la fotosíntesis. En estas plantas es posible provocar un aumento de la producción aumentando el contenido de CO_2 de la atmósfera. Esta maniobra está siendo utilizada por algunos invernaderos en determinadas producciones.

Resumiendo, el aumento del contenido de CO_2 puede contribuir a un aumento en la eficiencia de la fotosíntesis en plantas C_3 mientras que el contenido actual de 385 $\mu\text{mol/mol}$ alcanza el umbral de **saturación** del proceso fotosintético de las C_4 .

1.4 Pluviometría

La Rioja esta situada en la parte meridional del dominio templado de los vientos del oeste, hecho que nos condiciona fundamentalmente el tiempo invernal. Durante el verano el anticiclón de las Azores asciende unos grados hacia el norte proporcionando el típico verano cálido y seco de los climas mediterráneos.

Entre estas dos estaciones en las que predomina el tiempo anticiclónico tenemos la primavera y el otoño con un cierto equilibrio entre situaciones ciclónicas y anticiclónicas y que ofrecen los máximos de lluvia anual.

Las precipitaciones en La Rioja son generalmente **escasas** (400-600 l/m^2) y distribuidas con una notable **irregularidad** (intraanual e interanual). Esta irregularidad es una de las características de las zonas de transición climática como la mediterránea. Para definir, con solvencia, la pluviometría son necesarios estudios más largos en el tiempo que los que se precisan para describir el régimen térmico, mucho más predecible y constante. Las estaciones más lluviosas son la primavera y el otoño, especialmente en la Rioja oriental con más influencia mediterránea. En la zona occidental el máximo secundario de lluvia tiende a ocupar la estación invernal. La precipitación en estas épocas suele presentarse en forma de lluvias y lloviznas, más raramente en forma de nieve.

El mínimo pluviométrico es, en todos los casos, veraniego y las escasas precipitaciones estivales se presentan en forma de chubascos (diámetro gota > 3 mm y velocidad > 7 m/seg), características peligrosas y que nos obligan a calcular el factor de **erosividad** (Energía cinética, J/m^2 por mm de lluvia) de una borrasca de esta naturaleza. **El control de la erosión es muy importante**, debiera ser obligado, para mantener la fertilidad, especialmente en un cultivo leñoso permanente, que aprovecha las tierras de ladera y que para optimizar el uso de maquinaria va buscando surcos largos.

La distribución pluviométrica es dependiente de la altura al igual que la temperatura, aunque de forma más irregular, aumentando las precipitaciones conforme aumenta la altitud.



CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA



2. CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA

Las plantas están sujetas a numerosos factores de estrés, bióticos o abióticos, durante su periodo de crecimiento y desarrollo. En el clásico artículo de la revista Nature (1982), Boyer demostró que nuestros cultivos (genotipos cultivados) ofrecen producciones a un nivel próximo del **25% de su potencial genético**.

Mientras algunas de las reducciones pueden ser atribuidas a factores bióticos como enfermedades, insectos o malas hierbas, la mayor parte del descenso de los rendimientos son consecuencia de estrés abióticos principalmente **sequías** y **temperaturas subóptimas**.

La temperatura es **un factor de producción agrícola** de primer orden y, puesto que el proceso de la fotosíntesis incluye múltiples reacciones **catalizadas** por enzimas, está muy influida por ella. Las **reacciones enzimáticas** siguen la regla de Van't Hoff, según la cual la velocidad de una reacción se duplica conforme la temperatura del medio aumenta 10 °C, hasta alcanzar el máximo. Esta es una norma general que explica una parte importante de la productividad, aunque como siempre en biología, hay que tener en cuenta los matices y la actuación de otros cofactores.

Las producciones vegetales son sensibles a las temperaturas extremas tanto como puedan serlo a las medias. Cada planta y **estado fenológico** presenta unas necesidades térmicas diferentes, con sus temperaturas **óptimas** y temperaturas **extremas**. Así el óptimo térmico de la fotosíntesis en el olivo está en el rango de 25-30 °C, mientras que una correcta floración se logra con unas temperaturas que oscilan entre 5 °C como mínima nocturna y 20 °C de máxima diurna. Temperaturas próximas a cero en otoño pueden arruinar las cosechas, caídas de frutos y pérdidas de calidad, mientras que temperaturas de -5 °C no tienen mayores consecuencias si se producen a primeros de febrero en un olivo aclimatado por los fríos otoñales.

En el olivo las temperaturas superiores a 35 °C son perjudiciales para el metabolismo general de la planta. Los enzimas más sensibles paralizan o deterioran el funcionamiento de diversas rutas metabólicas de importancia, los estomas se cierran con lo que queda comprometido el normal suministro de CO₂ y este **estrés térmico** perjudica la capacidad productiva y desarrollo de la planta.

La acción de las temperaturas se manifiesta también y, de forma capital, en las relaciones hídricas de las plantas y los suelos, dada la estrecha relación que existe entre la temperatura y el intercambio gaseoso (transpiración, admisión CO₂).

El clima de la zona, si nos atenemos a los criterios de la **FAO**, está clasificado como **templado**, ya que todas las localidades elegidas como representativas del valle tienen las temperaturas medias mensuales positivas y las temperaturas medias del mes más frío están comprendidas entre 0 y 10 °C.

Papadakis utilizó preferentemente los valores extremos de las temperaturas, que son sin duda más representativos a la hora de **delimitar y definir zonas aptas** para determinados cultivos que las temperaturas medias utilizadas por otras clasificaciones (FAO y otros).

El frío invernal (**Tipo de Invierno**), el calor estival y el Periodo o Estación Libre de Heladas (**Tipo de verano**) y la **Pluviosidad** y su distribución a lo largo del año son las características climáticas que Papadakis considera esenciales en la caracterización desde la perspectiva de la **ecología de los cultivos**.

Para su clasificación este autor se apoyó en los siguientes parámetros meteorológicos fundamentales calculados generalmente de forma mensual:

- Temperatura media de las Máximas. (T)
- Temperatura media de las mínimas. (t)
- Temperatura media de las mínimas absolutas. (t')
- Precipitaciones medias mensuales. (P)

A partir de estos parámetros obtiene otros derivados que son cruciales en su clasificación como: ETP, Agua de Lavado, Periodo Libre de Heladas, etc.

Este Periodo (o Estación) puede ser de tres tipos:

- A) **Estación libre de heladas mínima, (e)**, que comprende aquellos meses en los que la media de las temperaturas mínimas absolutas es superior a 7 °C; **La probabilidad** de que haya algún día con valores térmicos negativos a nivel de los cultivos es **cero**.
- B) **Estación libre de heladas disponible, (E)**, que comprende los meses en los que la media de las mínimas absolutas es superior a 2 °C; en ellos existe **cierta posibilidad** de que se registren valores negativos.
- C) **Estación libre de heladas media**, o de heladas bastante probables, comprende aquellos meses en los que la media de las mínimas absolutas queda comprendida entre 2 y 0 °C.

Los umbrales que fija para caracterizar los tipos climáticos no han sido establecidos arbitrariamente sino que corresponden a los límites climáticos naturales de determinados cultivos que se toman como **indicativos**: Avena, Oryza, Citrus, etc .

2.1. Régimen de temperatura

En términos generales partimos de la premisa que el olivo necesita unos veranos cálidos, secos, junto con unos inviernos suaves y cortos, siempre que aporten las 400-500 horas de frío que el olivo necesita para florecer sin restricciones.

Los problemas que ocasionan en La Rioja las temperaturas excesivamente altas son muy limitados comparados con los producidos por los **fríos y las heladas**. Son la escasa longitud del periodo de calor estival, el corto Periodo Libre de Heladas, y la presencia de inviernos "prolongados", más que las temperaturas mínimas absolutas (t') lo que compromete la idoneidad de las tierras de La Rioja para el cultivo del olivo.

2.1.1 Tipo de invierno

Papadakis propone los siguientes valores para la clasificación de los inviernos agrícolas:

TIPOS DE INVIERNO Y SUS LÍMITES EN TÉRMINOS DE TEMPERATURA

Presentes en la península,

Tipo	Temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío	Temperatura media de las mínimas del mes más frío	Temperatura media de las máximas del mes más frío
Citrus			
Ct (tropical)	7 a -2'5 °C	Mayor de 8 °C	Mayor de 21 °C
Ci	7 a -2'5 °C	Mayor de 8 °C	10 a 21°C
Avena			
Av (cálido)	- 2'5 a -10 °C	Mayor de -4 °C	Mayor de 10 °C
av (fresco)	Mayor de -10 °C	Mayor de -4 °C	Entre 5 y 10 °C

Además de estos tipos recogidos en la tabla existen otros tipos, pero fuera de nuestra zona de estudio, como pueden ser el tipo Tropical en la franja cálida o los tipos Triticum o Primavera en las tierras más frías.

En la siguiente tabla podemos contemplar los parámetros necesarios para la clasificación de los inviernos y la clasificación misma de varias localidades del valle agrícola riojano en el que tradicionalmente o en los últimos tiempos hay o ha habido presencia de olivos. Ninguna tiene media de las mínimas negativa en el mes más frío ni la media de sus mínimas absolutas llega a -7 °C que serían los umbrales de exclusión para el cultivo del olivo.

Tipos de inviernos para las localidades de la Rioja y valores climáticos

Población Rioja	t' °C	t min °C	T max °C	Tipo de invierno	Símbolo	Nº días de helada
Alfaro	-3'6	1'94	10'5	Avena cálido	Av	33
Arnedo	-4'2	1'6	9'63	avena fresco	av	35
Arnedillo	-5'61	0'83	8'9	avena fresco	av	47
Cornago	-4'39	1'26	8'8	avena fresco	av	36
Logroño	-4'53	2'03	10'18	Avena cálido	Av	30
Haro	-3'4	2'9	9'03	avena fresco	av	30
Cuzcurrita	-4'4	2'23	8'65	avena fresco	av	40
Sto Domingo	-4'4	1'67	8'39	avena fresco	av	41

Según los criterios propuestos por Papadakis, la mayoría de las localidades riojanas estarían en un tipo de invierno de avena fresco, excepto Logroño y Alfaro que se clasifican como Avena cálido. Son un poco sorprendentes los datos de las temperaturas mínimas de Haro y Cuzcurrita; sería necesario seguir el dato con unas series más largas de años para aclarar, lo que a primera vista parece un comportamiento errático.

En el cuadro anterior se han anotado los días de helada que, si bien, no son necesarios para su clasificación, aportan un valioso conocimiento del invierno de estas localidades y proporcionan un dato adicional de diferenciación del invierno de cada una de ellas.

Según el criterio FAO, La Rioja tiene un "invierno moderado" pues todas las temperaturas medias de las mínimas del mes más frío están comprendidas entre -1 y 3 °C.

A modo de comparativa y para ir aproximando la valoración de las tierras de La Rioja como productoras de aceite de oliva, se presenta la siguiente tabla, con la clasificación de inviernos de localidades oleícolas españolas, elegidas como hitos comparativos o de referencia.

Tipos de inviernos en localidades españolas oleícolas españolas

Población oleícola referencia	t °C	t min °C	T max °C	Tipo de invierno	Símbolo	Nº días de helada
Miranda de Arga/Navarra	-4'76	1'44	9'18	avena fresco	av	46
Alcalá de Henares/Madrid	-7'7	-0'62	9'83	avena fresco	av	80
Calaceite /Teruel	-3'3	2'45	10'63	Avena cálido	Av	24
Mollerusa /Lérida	-3'93	1'56	9'62	avena fresco	av	33
Mora de Toledo	-5'36	-0'44	9'44	avena fresco	av	61
Canena /Jaén	-1	4'68	11'76	Avena cálido	Av	6
Teba /Málaga	-0'06	5'24	12'46	Avena cálido	Av	5

La continentalidad hace que poblaciones del interior de la meseta tengan unas limitaciones con las temperaturas mínimas del mes más frío por debajo de cero; Mora y Alcalá presentan temperaturas mínimas absolutas próximas a -7 °C, por lo que están en el límite de tolerancia del olivo y expuestas a sufrir daños periódicos en los años de fuertes heladas. El número de heladas de estas localidades refleja de igual forma su continentalidad, observándose un número de días muy superior a las acaecidas en La Rioja.

Según la FAO, Canena y Teba tienen un **invierno suave** ($7\text{ °C} > t_{\min} < 3\text{ °C}$); el resto de las localidades están englobadas en zona de **invierno moderado**, salvo Alcalá y Mora que alcanzan valores negativos en la media de las mínimas del mes más frío y, por tanto, su invierno se clasificaría como **frío**.

2.1.2 Tipos de verano

Los tipos de verano vienen caracterizados, al igual que los inviernos, por valores térmicos límites pero tienen un factor determinante adicional que es el Periodo Libre de Heladas. Como veremos es este último aspecto el que limita más seriamente el cultivo en nuestra región.

TIPOS DE VERANO Y SUS LÍMITES EN TÉRMINOS DE TEMPERATURA

Presentes en La Rioja,

Tipo de verano	Duración de la Estación Libre de Heladas (mínima o disponible) (en meses)	Temperatura media de las Máximas de los <i>n</i> meses más cálidos
Oryza (Arroz)		
O	Mínima > 4 meses	21 a 25 °C
Maíz		
M	Disponible > 4'5 meses	> 21 °C

Además de los valores que se recogen en la tabla anterior, que son los que soportan las tierras de olivo en La Rioja, en España están también presentes los tipos Gossipium y Cafeto más cálidos que los tipos presentes en La Rioja y el tipo Triticum, de tierras más frías, presente en nuestra región pero en las tierras de la sierra.

Tipos de veranos en localidades de la Rioja y valores climáticos

Población Rioja	Duración de la estación libre de heladas (mínima o disponible, en meses)		Temperatura media de las Máximas de los 6 meses más cálidos	Tipo de verano	Símbolo
	Mínima	Disponible			
Alfaro	Mínima	154 días > 4 m	27´18	Oryza	O
Arnedo	Mínima	139 días > 4 m	25´18	Oryza	O
Arnedillo	Disponible	195 días > 4´5 m	23´72	Maíz	M
Cornago	Disponible	210 días > 4´5 m	23´47	Maíz	M
Logroño	Mínima	132 días > 4 m	26´35	Oryza	O
Haro	Disponible	201 días > 4´5 m	24´96	Maíz	M
Cuzcurrita	Disponible	182 días > 4´5 m	23´99	Maíz	M
Santo Domingo	Disponible	193 días > 4´5 m	23´95	Maíz	M

Hay consenso entre los diversos autores exigiendo el tipo Oryza como mínimo térmico satisfactorio para el cultivo del olivo. En las localidades donde el tipo de verano pertenece al tipo Maíz vemos que la limitación no son las medias de las temperaturas Máximas sino la escasez en la Estación Libre de Heladas. Es obligado hacer elección de variedades adecuadas si se pretende capear estas limitaciones.

Estudio y Clasificación de verano en localidades oleícolas de referencia

Población oleícola referencia	Duración de la estación libre de heladas (mínima o disponible, en meses)		Temperatura media de las Máximas de los 6 meses más cálidos	Tipo de verano	Símbolo
	Mínima	Disponible			
Miranda de Arga/Navarra	Mínima	172 días > 4 m	25´5	Oryza	O
Alcalá de Henares/Madrid	Disponible	177 días > 4´5 m	27´7	Maíz	M
Calaceite/Teruel	Mínima	169 días > 4 m	27´2	Oryza	O
Mollerusa/Lérida	Mínima	170 días > 4 m	28´2	Oryza	O
Mora de Toledo	Mínima	130 días > 4 m	27´3	Oryza	O
Canena/Jaén	Mínima	288 días > 4 m	29´7	Algodón	g
Teba/Málaga	Mínima	191 días > 4 m	29´3	Algodón	g

Alcalá es una zona claramente marginal donde el invierno y el verano son más fríos de lo que el olivo requiere. El verano del resto de localidades cumple los requisitos (Oryza, O) especialmente las andaluzas que les sobra condiciones térmicas con su verano tipo Algodón (Gossipium, g).

2.2 Régimen de humedad

El agua tiene una importancia vital para las plantas. Ninguna de las funciones fisiológicas se puede realizar sin ella, pensemos en la fotosíntesis, el transporte de nutrientes o la evapotranspiración. El agua es el vehículo obligado de todos los productos obtenidos en el suelo o los sintetizados por la actividad clorofílica y el metabolismo subsiguiente. En las plantas C₃, por cada gramo de materia orgánica producida por la planta, las raíces absorben aproximadamente 500 gr de agua que serán transportados y liberados a la atmósfera mayoritariamente a través de los estomas de las hojas.

Aunque el agua es la molécula más abundante en la superficie de la tierra, la disponibilidad de agua es el factor que más fuertemente restringe la producción agraria. La sequía causa más pérdidas en las cosechas que la suma de todos los demás factores estresantes que actúan sobre los cultivos, sean estos bióticos o abióticos.

El olivo es una planta xerófila ya que se adapta a climas caracterizados por sequías veraniegas anuales, a veces, extensas y muy severas. En Sfax, norte de Túnez, se cultivan olivares con una pluviometría anual cercana a los 200 l/m².

En España, el olivar ha sido tradicionalmente un cultivo de secano, dependiendo su producción directamente de la pluviometría de la zona, presentando este cultivo unos aceptables rendimientos, aun en situaciones de escasa disponibilidad de agua. Es en condiciones de regadío, aunque la disponibilidad de agua sea escasa, donde el olivo manifiesta toda su capacidad y su plasticidad productiva.

2.2.1 Clasificación agroclimática por el criterio de Humedad (Papadakis)

Para definir el régimen de humedad de un clima necesitamos establecer unos cuantos parámetros, a saber:

- A) **ETP**, Evapotranspiración Potencial.
- B) **Índice de humedad**. Se obtiene al dividir la lluvia por la ETP ($I_h = P / ETP$) en un periodo determinado, mensual, anual, etc.
- C) **Periodos húmedos o secos**. Un periodo, mes o estación, es húmedo cuando la lluvia caída en ese periodo es mayor que la ETP. Si la precipitación más el agua utilizada de la reserva excede del 50% de la ETP se considera un mes Intermedio y será considerado seco si es menor que este valor, $I_h < 0.5$.
- D) **Lluvia de lavado (Ln)**. Se corresponde con la diferencia entre la Pluviosidad y la ETP durante la estación húmeda. Este valor es muy importante en ecología y se usa en el establecimiento de clases en edafología y bioclimatología.

Papadakis exige a los climas mediterráneos las siguientes condiciones:

- Latitud mayor de 20°.
- Precipitación invernal mayor que la estival.
- Estación estival seca y cálida.

La Rioja cumple todos los requisitos que este autor exige a estos climas. Según sus características de humedad, estas zonas se subdividen en tres apartados:

A -. **ME (Mediterráneo húmedo)** Ln mayor que el 20% de la ETP y/o Índice anual de humedad igual o mayor del 0'88.

B -. **Me (Mediterráneo seco)** Ln menor que el 20% de la ETP. Índice anual de humedad entre 0'22 y 0'88. En uno, al menos, de los meses con media de las máximas superior a 15 °C el agua disponible cubre completamente la ETP.

C -. **me (Mediterráneo semiárido)**. Demasiado seco para Me.

Como se puede comprobar en la siguiente tabla y según los criterios anteriores, todas las localidades riojanas potencialmente oleícolas estudiadas pertenecen a la clase de Mediterráneo seco (Me), excepto Alfaro que pasaría a ser considerado como Mediterráneo semiárido (me).

Tipos de regímenes de humedad en localidades de la Rioja

Población Rioja	ETP mm	Índice Humedad Anual	Nº meses			Pluviometría mm	Ln mm	Ln /ETP anual en %	Clasificación
			Hum	Int	Secos				
Alfaro	802	0'42	3	5	4	339	18'65	2'32	me
Arnedo	738	0'60	5	4	3	440	66'67	9'03	Me
Arnedillo	715	0'64	6	3	3	460	82'04	11'48	Me
Cornago	709	0'62	5	4	3	440	77'71	10'96	Me
Logroño	769	0'54	4	5	3	416	64'95	8'44	Me
Haro	740	0'66	6	3	3	487	122'22	16'5	Me
Cuzcurrita	708	0'60	4	5	3	459	87'90	12'41	Me
Santo Domingo	705	0'68	7	2	3	477	91'50	12'99	Me

Hum: Meses húmedos; Int: Meses intermedios

Según estos datos, estamos en una zona con recursos hídricos bastante limitantes especialmente para los cultivos de verano, situación corroborada si observamos los resultados del **Índice Termopluviométrico de Dantín Revenga**. Cuando lo aplicamos a nuestra zona y las localidades oleícolas de referencia, calculado según la siguiente fórmula:

$$I_{DR} = 10 t / P$$

En donde t representa la temperatura media anual y P la pluviometría media anual, obtenemos:

I_{DR} de localidades riojanas y oleícolas de referencia

Sto Domingo	2'59	Miranda de Arga /Navarra	2'90
Cuzcurrita	2'73	Calaceite /Teruel	3'53
Arnedillo	2'69	Mollerusa /Lérida	4'74
Haro	2'76	Alcalá de Henares/Madrid	3'22
Cornago	2'84	Mora de Toledo	3'80
Arnedo	3'07	Canena /Jaén	2'81
Logroño	3'40	Teba /Málaga	3'75
Alfaro	4'38		

Este autor clasifica las zonas según los siguientes criterios:

- Zona húmeda	I_{DR}	0-2
- Zona semiárida	I_{DR}	2-3
- Zona árida	I_{DR}	3-6
- Zona subdesértica	I_{DR}	> 6

Por tanto, según este índice, Logroño, Arnedo y Alfaro serían considerados zonas áridas y el resto de localidades zonas semiáridas, quedando las localidades de referencia encuadradas en los mismos grupos clasificatorios. La idea que trasciende indistintamente de cualquiera de los dos autores es que existe una limitación para la producción óptima de los cultivos por falta de recursos hídricos, salvo que al agua de lluvia la suplementemos con agua de riego.

EL OLIVO



3. CONDICIONANTES CLIMÁTICAS DEL OLIVO

El olivo es un árbol de tamaño mediano, perennifolio, esclerófilo, de vida larga incluso milenaria, **muy bien adaptado**, anatómica y fisiológicamente, a los climas mediterráneos con veranos largos, cálidos y secos e inviernos más o menos suaves. Entendemos que el olivo es una especie muy bien adaptada a los diferentes factores de estrés, bióticos y abióticos, de la zona.

3.1 Sequía, Frío, Fisiología del estrés

Entendemos por estrés a cualquier factor ambiental potencialmente desfavorable para las plantas y, por tanto, podemos definir la **resistencia al estrés** como la capacidad de un organismo para resistir, evitar o escapar a los estímulos ambientales negativos.

La capacidad del olivo de sobrevivir y ofrecer rendimientos aceptables en tierras marginales está basada en la resistencia de la especie a las inclemencias ambientales, en La Rioja fundamentalmente sequía, frío y, en menor grado, salinidad.

La sequía es común en las tierras mediterráneas y se ha considerado al olivo el árbol adaptado por excelencia a esta restricción y a los demás rasgos climáticos de este clima.

La importancia, entre los factores de estrés, de las bajas temperaturas se ha incrementado conforme se han trasladado a mayores alturas las plantaciones de olivo que además abandona las laderas y se implanta en zonas más cercanas al fondo de los valles.

Para adaptarse a este duro ambiente el olivo adopta unas respuestas anatómicas y fisiológicas que le permiten una gestión más equilibrada y eficiente de agua, temperatura y luz y como adaptaciones más significativas podemos reseñar:

- Gran aparato radical con gran volumen de suelo prospectado, longitud y densidad de las raíces.
- Alta conductancia hidráulica.
- Hojas con escasa superficie, que minimizan la sobrecarga de radiación solar.
- Mantenimiento de la turgencia de la célula mediante ajustes osmóticos. El olivo puede bajar el Potencial Hídrico Foliar (Ψ_f) hasta valores tan bajos como -4MPa, en condiciones de sequía, e incluso hasta -8 MPa en casos extremos y, después recuperarse de ellos y aprovechar las primeras aguas otoñales para acabar de engordar el fruto. Para valorar correctamente estos datos, pensemos que valores de (Ψ_f) de -0'5 a -1 MPa son los habitualmente medidos en las plantas sin restricción de agua, regadas, mientras que valores entre -1 y -2 MPa se miden en plantas sometidas a estrés hídrico suave y valores de (Ψ_f) entre -2 y -4 MPa se corresponden con plantas que habitan ecosistemas desérticos.

3.1.1 La adaptación de la hoja al entorno

Las hojas presentan gruesas capas de cutina que, con la colaboración de las ceras epidérmicas, minimizan la evaporación superficial, limitando los intercambios gaseosos a los realizados a través de los estomas. La permeabilidad de esta cutícula cerosa es despreciable.

Solamente la cara inferior de la hoja está provista de estomas (400-800 estomas/mm²). Estas pequeñas aperturas (11 x 5 µm aprox.) están protegidas por unos pelos aparasolados, **tricomas peltados**. Estos conforman debajo de sus escamas una especie de pórtico que limita la pérdida por transpiración de agua al crear una **atmósfera estacionaria intermedia** entre el interior y el exterior de la planta.

Son estos pelos aparasolados los que dan a la cara inferior de las hojas su apariencia blanquecina y le proporcionan una gran reflectividad, lo que, añadido al pequeño tamaño de la hoja, favorece la pérdida de calor sensible; este hecho minimiza las diferencias entre las temperaturas de la hoja y la del aire, aspecto importante cuando, en las horas centrales de un día de verano, los estomas están cerrados a causa de la sequía.

La importancia de este mecanismo adaptativo la podemos intuir si tenemos en cuenta la considerable cantidad de biomasa que el olivo invierte en los tricomas peltados, que en la variedad Koroneiki llega a ser del 2'6% de su materia seca.

En la figura inferior se puede apreciar la estructura superficial de la hoja mostrando los tricomas peltados. Es preciso notar la imbricación de las escamas.



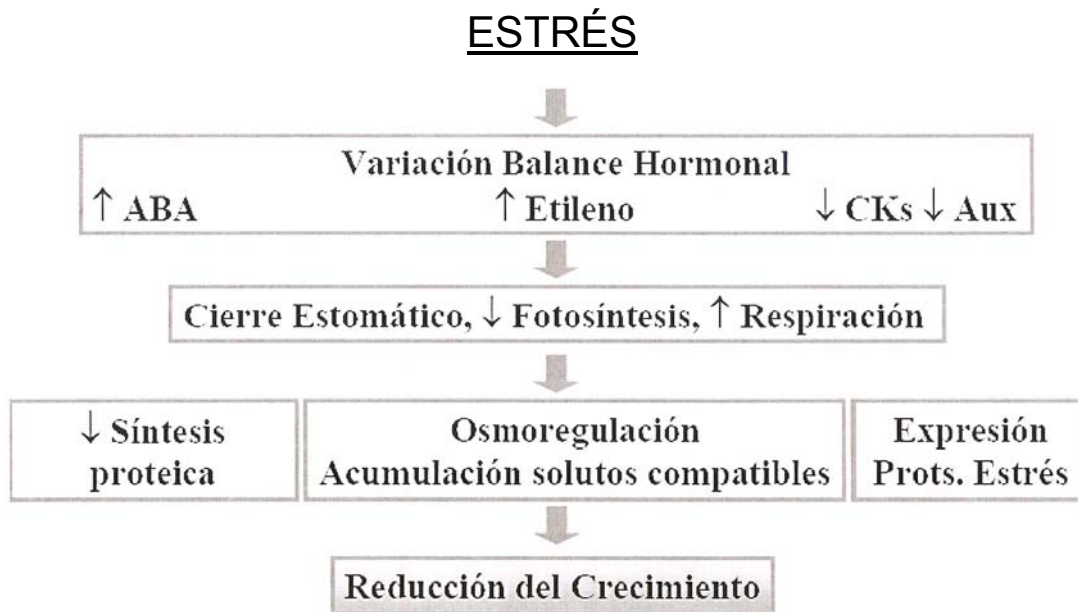
Bajo condiciones de estrés por falta de agua, las hojas tienden a ser más gruesas, con células más pequeñas, más densamente empaquetadas y con tricomas más numerosos. El resultado final es una mayor reflectividad, cutículas menos permeables y mejor control de las pérdidas de agua por los estomas.

3.1.2 Respuesta al estrés

En la respuesta que las plantas dan a estas condiciones limitantes hay una especie de patrón común, aunque la causa del disturbio sea distinta. Aún así, no deja de sorprender las analogías que se producen entre las sequías y las heladas en lesiones, síntomas, respuesta hormonal y otros mecanismos de defensa.

En el cuadro siguiente se pueden contemplar los mecanismos generales de respuesta general a distintos factores de estrés:

Respuesta general al estrés



Frecuentemente se han observado efectos positivos de la fertilización potásica en el rendimiento de las plantas sometidas a condiciones adversas. Esto ha sido interpretado como evidencia que el Potasio (K) incrementa la resistencia a los estados de estrés bióticos y abióticos.

Está perfectamente establecido que las plantas deficientes en K presentan mayores daños frente a: excesiva intensidad de luz, sequía, frío y heladas, toxicidades diversas y ataque de enfermedades y plagas. En casos de baja actividad radicular por frío, sequía, hipoxia, etc. es preciso tener en cuenta, la dificultad añadida para la planta de absorción de potasio dada la escasa movilidad de este elemento en el suelo y compensar o corregir la situación.

3.2 Condicionantes Térmicos

El olivo es un árbol más sensible al frío que la mayoría de los frutales cultivados en la zona templada. La escasez de las temperaturas es el factor limitante en la extensión del cultivo por las tierras de La Rioja. Este déficit térmico se manifiesta de forma diversa a lo largo del ciclo productivo anual: las temperaturas mínimas absolutas, medias, periodo libre de heladas, Integral térmica...

3.2.1. Necesidades de calor

Las necesidades de calor del **olivo** se cubren con un verano tipo **Arroz** de Papadakis (**O, Oryza**). Este autor establece las siguientes condiciones de pertenencia para esta clase de verano:

- Duración de la estación **Libre de Heladas Mínima** (> 7 °C) superior a 4 meses.
- Media de las Máximas de los seis meses más cálidos entre 21-25 °C.

La estación libre de heladas insuficiente es la que empuja a varias localidades de la zona a una clase de verano más frío (Maíz) que ya es marginal para este cultivo.

Alfaro, Logroño y Arnedo tienen un verano Arroz, perteneciendo el resto de las localidades riojanas estudiadas al tipo Maíz. En un tema tan aleatorio como el clima no es sensato ni ignorar este déficit en los requisitos ni considerarlo estrictamente; por tanto, si nos movemos por esta zona límite, será conveniente elegir el material vegetal apropiado al clima (Fructificación precoz y resistente a heladas), huir de las zonas más propensas al hielo, recoger el fruto con un Índice de Madurez igual o inferior a 3-4, y otras maniobras agrícolas adecuadas a la defensa de heladas (abonado potásico, limpieza de malas hierbas, etc.).

3.2.2. Temperaturas medias

El olivo se cultiva en zonas con temperaturas medias anuales que van desde los 13 a 25 °C.

Temperaturas medias anuales de Rioja y localidades de referencia

Santo Domingo	12'37 °C	Miranda de Arga/Navarra	13'61 °C
Cuzcurrita	12'55 °C	Calaceite /Teruel	15'13 °C
Arnedillo	12'35 °C	Mollerusa /Lérida	15'42 °C
Haro	13'45 °C	Alcalá de Henares/Madrid	13'50 °C
Cornago	12'53 °C	Mora de Toledo	14'01 °C
Arnedo	13'54 °C	Canena /Jaén	17'53 °C
Logroño	14'14 °C	Teba /Málaga	17'35 °C
Alfaro	14'89 °C		

Según este criterio, solamente la mitad de las localidades riojanas cumplirían el requisito, quedando el resto levemente por debajo de las necesidades térmicas pautadas. El resultado de la comparativa con las localidades de referencia es determinante ya que todas cumplen sobradamente el valor umbral, siendo Miranda y Alcalá las zonas más ajustadas.

3.2.3 Integral Térmica

Desde mediados del siglo XIX se sabe que las especies requieren para su maduración una cantidad determinada de grados-día o grados de calor. La energía calorífica no puede ser empleada por las plantas directamente para el crecimiento; la energía utilizada es la radiación aprovechada en la fotosíntesis y, por tanto, el calor sólo modifica la velocidad de los procesos bioquímicos.

Diversos autores han cifrado **las necesidades** de calor del olivo en **5.300 horas**.

Con mayor detalle, Diego Barranco y otros, en el trabajo de Estremera del Tajo y citando a Francolini, recogen las siguientes exigencias térmicas:

Fase	Integral térmica necesaria horas
Brotación	750
Floración	550
Fecundación	560-700
Maduración	3.978 (a partir de la floración)

Los valores calculados en las localidades referenciadas en el presente trabajo son:

Integral Térmica

Cuzcurrita	4.583 horas	Miranda de Arga/Navarra	4.983 horas
Santo Domingo	4.528 horas	Calaceite /Teruel	5.539 horas
Cornago	4.589 horas	Mollerusa /Lérida	5.646 horas
Haro	4.925 horas	Alcalá de Henares/Madrid	4.967 horas
Arnedillo	4.523 horas	Mora de Toledo	5.132 horas
Arnedo	4.956 horas	Canena /Jaén	6.416 horas
Logroño	4.995 horas	Teba /Málaga	6.348 horas
Alfaro	5.450 horas		
		Necesidades	5.300 horas

Este valor es indicativo de la productividad esperada en tierras riojanas. Se pueden establecer diversas modificaciones a este parámetro para ajustarlo mejor a cada especie, por ejemplo, el uso del Índice Fototérmico. En nuestro caso es un dato que corrobora nuestra posición marginal por la disponibilidad de calor. El déficit, lógicamente, aumenta conforme la localidad se encuentra más alta. De las localidades de referencia, Miranda de Arga, Alcalá y Mora demuestran también su debilidad en la producción olivarera y su situación marginal.

3.2.4 Horas-frío

En invierno el olivo entra en una fase de reposo, deteniéndose el crecimiento de los meristemas vegetativos y florales. Para romper esta fase de latencia, en las yemas reproductivas, es preciso que el árbol acumule una ciertas horas de frío, entendiéndose por frío temperaturas inferiores a los 7 °C, aunque no hay unanimidad en este umbral y otros autores calculan este período a partir de 9 °C e incluso 12 °C.

Las necesidades son distintas según sea la variedad cultivada aunque las cifras más citadas oscilan entre 400 y 800 horas.

Para calcular las horas frío se suele utilizar la fórmula de Mota:

$$Y = 485'1 - 28'5 X$$

Y = nº de horas-frío mes

X = Temperatura media mensual.

Calculando las horas frío de la localidad con mayor Índice térmico de la Rioja, Alfaro, obtenemos:

		Nov	Dic	Ene	Feb	Total horas acumuladas
Año medio	Temperatura media mensual (X)	9'74	6'49	6'28	7'75	1078
	Nº horas-frío (Y)	207'51	300'13	306'12	264'22	
	Nº horas frío acumuladas	207'5	507'6	813'7	1078	

Por tanto este requisito no tiene que constituir ningún problema en ninguna localidad de La Rioja sea cual fuere la variedad cultivada. En el anexo de las localidades riojanas está recogido este valor termométrico.

3.2.5 Temperaturas mínimas absolutas

Se acepta que heladas de -5 °C causan daño al olivo y éste es grave con temperaturas por debajo de -8° C. Según Elías Castillo, el límite que separa la tierra idónea para este cultivo lo marca la línea de la media de las mínimas absolutas (t') anuales **inferiores a -7 °C**. Los valores medios de t' obtenidos en estos últimos 15 años son igual o mayor de -5 °C, salvo en Arnedillo que tiene una media de -5'6 °C en este valor. En el estudio de "Agroclimatología española" de Elías y Ruiz Beltrán, que recoge registros climáticos del siglo pasado, tampoco se alcanzan estos niveles excluyentes en las localidades riojanas de estudio.

3.2.6 Riesgo de heladas

La distribución de las heladas presenta una gran irregularidad entre años, siendo difícil de sistematizar de forma precisa y sencilla. Papadakis establece tres criterios, anteriormente expuestos, que, a pesar del valor que tienen para expertos cada uno de ellos, ocasionan cierta confusión en usuarios más ocasionales.

En la siguiente tabla podemos ver los resultados obtenidos en La Rioja.

Régimen de heladas en La Rioja

Localidad	Estación libre de heladas mínima (e, t' > 7 °C)	Estación libre de heladas disponible (E, t' > 2 °C)	Estación media libre de heladas (t', 2—0 °C)
Alfaro	154 días	244 días	259 días
Arnedillo	109 días	195 días	211 días
Arnedo	141 días	218 días	255 días
Cornago	105 días	210 días	245 días
Cuzcurrita	85 días	182 días	208 días
Haro	103 días	201 días	222 días
Logroño	134 días	206 días	238 días
Santo Domingo	100 días	193 días	221 días

Además de las Estaciones Libre de Heladas de Papadakis, se ofrece la siguiente tabla en la que aparecen los días de helada extremos (en los últimos quince años) y el “teórico” periodo entre heladas mínimo.

Localidad	Fecha última helada en últimos 15 años	Fecha primera helada en últimos 15 años	Período entre fechas extremas de heladas
Alfaro	17 abril	28 octubre	195 días
Arnedillo	7 mayo	19 octubre	166 días
Arnedo	17 abril	7 noviembre	205 días
Cornago	23 abril	29 octubre	190 días
Cuzcurrita	30 abril	21 octubre	175 días
Haro	17 abril	19 octubre	186 días
Logroño	19 abril	19 octubre	184 días
Santo Domingo	1 mayo	16 octubre	169 días

Las fechas extremas no tienen porque ser del mismo año con lo que el periodo entre heladas real se alarga considerablemente sobre los datos expuestos que serían unos **mínimos teóricos**.

Las heladas otoñales son seguramente las más temibles, ya que pueden afectar severamente a la cosecha con caídas de fruto y pérdidas dramáticas de biofenoles, tocoferoles y otras sustancias deseables. Las lesiones que el hielo produce en los frutos provocan un proceso muy rápido de oxidación y descomposición, volviendo a las olivas inapropiadas para la obtención de un aceite de calidad virgen extra. La Arbequina es citada en la literatura técnica, como una variedad especialmente sensible y propensa a la pérdida de calidad por estas heladas tempranas.

Los árboles jóvenes son más sensibles a los daños por frío que los adultos. En olivares recientemente plantados, las hojas y meristemas están más próximos al suelo donde la temperatura es menor en las heladas por radiación.

En contraste con la sustancial resistencia de corteza y hojas, los órganos reproductivos, flores y yemas florales, son mucho más sensibles y son seriamente dañadas por temperaturas próximas a cero. Ordenando las partes del olivo en cuanto a la sensibilidad a las heladas obtendríamos la serie siguiente: flores > raíces > hojas > ramitas > yemas vegetativas.

Como propuesta de medidas preventivas frente a este riesgo podemos citar:

- No podar hasta finales del invierno. Hay consenso entre los expertos que consideran que los olivos no podados sufren menor daño que los podados.
- No descuidar el abonado, especialmente el potásico.
- No plantar en hondonadas. D. Barranco refiere que en trabajos llevados a cabo en Córdoba se observó que un descenso en la cota altitudinal de 2 m fue suficiente para incrementar en un 14% la cantidad de materia seca de los tallos helados/ árbol.
- Eliminar y controlar malezas y malas hierbas, especialmente en otoño, pues éstas provocan un descenso sensible de las temperaturas.
- Seleccionar las variedades, ponderando en la selección el carácter de resistencia a las heladas. No siempre coinciden los autores a la hora de clasificar variedades según su resistencia a las heladas. A modo de síntesis podemos agrupar:
 - Variedades siempre citadas como **resistentes** (R): Cornicabra, Redondilla de Logroño, Ascolana, Chiquitita, Leccino, Royal de Calatayud, Royuela, Hojiblanca.
 - Variedades citadas en ambas categorías (**S+R**): Frantoio, Coratina, Arbequina, Picual, Lechín de Granada, Lechín de Sevilla, etc.
 - Variedades citadas uniformemente como **sensibles** (S): Barnea, Empeltre, Blanqueta, Morrut, Nevadillo, Koroneiki, etc.
- Seleccionar variedades de maduración precoz para escapar de las temibles heladas otoñales.

Fechas medias obtenidas en Córdoba de Floración y Maduración

Variedad	Fecha media Floración	Variedad	Fecha media Maduración
Royal de Calatayud	3/5	Leccino	22/10
Frantoio	5/5	Royal de Calatayud	27/10
Empeltre	5/5	Empeltre	8/11
Arbequina	7/5	Frantoio	8/11
Picual	8/5	Redondilla	12/11
Leccino	9/5	Arbequina	3/12

La diferencia entre especies en la fecha de floración es muy pequeña, 6 días, siendo mucho mayor la diferencia entre añadas, por lo que este criterio debe ponderar bajo a la hora de elegir variedad; caso distinto es el de la **fecha de maduración**, en el que las diferencias entre las variedades reseñadas son de 40 días y la diferencia entre añadas de 15 en estos datos obtenidos en Córdoba. Este carácter es importante, especialmente, en nuestras circunstancias. Este tema merece estudios adicionales incorporando datos locales.

3.3. Condicionantes de humedad

Hay una gran cantidad de trabajos y artículos estableciendo los condicionantes (época, severidad, distintos tipos de suelos, etc.) de la sequía y sus consecuencias en la cantidad y calidad de la cosecha de olivas. Tomados en su conjunto, estos trabajos señalan que se produce una gran reducción en la tasa fotosintética a causa de la falta de agua, siendo el cierre de los estomas el principal factor desencadenante. A causa de la sequía, en una tierra que tiene como factor limitante las horas de sol, estamos infrutilizando las partes del día con mayor potencial de insolación.

Una pluviometría media anual entre los 500 y los 800 l/m² se consideran adecuados para esta especie, valores entre 500 y 200 permiten el cultivo, si bien, las producciones son progresivamente menores conforme nos alejamos de los valores óptimos.

Este es el argumento principal del riego en olivo en nuestras circunstancias. En zonas con una clasificación (**me**) de Papadakis sería prescriptivo el riego, en las (**Me**) sería una sugerencia muy provechosa.

La falta de agua produce diversos efectos, dependiendo la parte del ciclo de desarrollo anual afectado:

- Al inicio del ciclo, una falta de agua se traduce en una reducción del desarrollo de los brotes y las flores del año siguiente.
- Si la sequía coincide con el desarrollo de las inflorescencias, se reducirá el número de flores y aumenta el aborto ovárico. La fecundación se reduce y disminuye el número de frutos.
- La sequía estival afecta al tamaño del fruto, tanto por producir un menor número de células como por afectar al tamaño de las mismas, haciéndolas mas pequeñas.
- Los déficit de agua acaecidos entre julio y noviembre reducirán el rendimiento graso de los frutos.

La disponibilidad suficiente de aguas primaverales, favorece una correcta floración, fecundación y fructificación, y unida a la disponibilidad hídrica en el fin de verano y primera mitad del otoño conforman las bases de una correcta cosecha. En régimen de riego, los Coeficientes de cultivo (k_c) publicados son menores que los recomendados para cultivos herbáceos como resultado de la buena gestión que el olivo hace del agua.

Se tienen como **resistentes** a la sequía las siguientes variedades: Cornicabra, Hojiblanca, Lechín de Sevilla y de Granada, Verdial, Frantoio, entre otras.

Se consideran **sensibles** a la falta de agua: Blanqueta, Empeltre, Picual, etc.

Ocupando una **situación intermedia** estarían: Arbequina, Manzanilla de Sevilla, etc.

En el desierto del Neguev, el olivo es regado con aguas de 7'5 dS/m de conductividad, obteniéndose unos crecimientos muy aceptables (41 cm de circunferencia de tronco en nueve años) y unas producciones de 15 Tm/ha (datos ofrecidos por Wiesman con unos olivos de variedad Barnea y obtenidos en Ramat Neguev). Estos **sorprendentes datos**, aunque sean **experimentales**, ponen en evidencia la oportunidad que ofrece el olivo de aprovechamiento de aguas aunque estas sean escasas o consideradas no apropiadas para otros cultivos. Las producciones obtenidas con agua de 4'2 dS/m no han presentado "limitación productiva" reseñable, en múltiples variedades estudiadas, entre las que se encuentran varias españolas que son consideradas como **tolerantes a la salinidad**: Picual, Arbequina, Lechín de Sevilla, Nevadillo, Frantoio (It), etc. No se dispone de datos de las variedades locales.

Hay un componente genético en la diferente resistencia a la salinidad que presentan las distintas variedades. El mecanismo fisiológico implicado parece ser el diferente comportamiento de las raíces restringiendo selectivamente la entrada de iones salinos a los vasos del xilema.

El riego con aguas salinas tiene lógicamente sus procedimientos y sus restricciones que se deben seguir de forma estricta.

En España ciertamente exigimos más calidad a las aguas de riego que las que en el desierto de Israel son consideradas como aceptables y un criterio prudente de valoración de la calidad de agua de riego podría ser el expuesto en la siguiente tabla, adoptando como valor límite (CE < 4 dS/m) y tomando precauciones adicionales por encima de 3 dS/m.

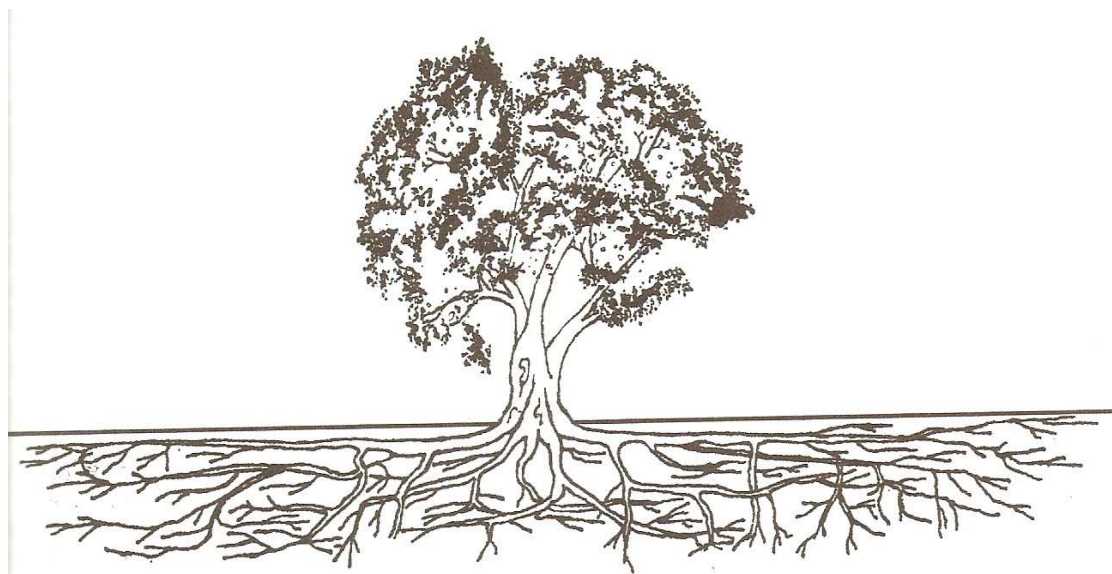
Índice de salinidad	CE (dS/m)	Riesgo de salinidad
1	<0'75	Bajo
2	0'75 – 1'5	Medio
3	1'5 - 3	Alto
4	>3'0	Muy alto

Además de la salinidad es necesario tener controlado el riesgo de sodicidad, para lo cual se utiliza habitualmente la fórmula del RAS ajustado:

$$RAS = Na / ((Ca + Mg) / 2)^{1/2}$$

Valor recomendado para el RAS < 9.

N.B: Los datos locales básicos están disponibles en los anexos.



BIBLIOGRAFÍA GENERAL

Barranco D., Fernández-Escobar R., Rallo L. (2008). *El cultivo del olivo*. 6ª Edición. Junta de Andalucía , Mundi Prensa.

Barranco D., Gómez del Campo M., Centeno A. (2006). *Estudio de viabilidad del cultivo del olivo en parcelas de la vega del Tajo afectadas por el proyecto de modernización de la zona de regadío del canal de Estremera*.

Cadahía López,(2005) C. *Fertirrigación, cultivos hortícolas, frutales y ornamentales*. ·3ª Edición.Mundi Prensa.

.Connor D.J, Fereres E. (2010). *The physiology of adaptation and yield expresión in olive*. Horticultural Rewievs, vol. 31

Elías Castillo F., Castellví Sentis F. (2001). *Agrometeorología*. 2ª edición. Mundi Prensa.

Elías Castillo F., Ruiz Beltrán L. (1975). *Agroclimatología de España*. Cuaderno I.N.I.A. N°7

Fernández García F.(1996). *Manual de climatología aplicada*. Síntesis.

Lambers H., Chapin F.S, Pons T.L. (2008). *Plant Physiological Ecology*. Second edition.Springer.

Marschner P. (2012). *Mineral Nutrition of higer Plants*.Third edition. Academic Press.

Rallo L. et alt (2005). *Variedades de Olivo en España*. Junta de Andalucía, M.A.P.A y Mundi Prensa

Rivas-Martínez .S. (1987). *Memoria del Mapa de series de Vegetación*. Serie técnica. I.C.O.N.A. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Sibbet G. S, Ferguson L. (2005). *Olive, production manual*. Second edition University of California Agriculture and Natural Resources.

Taiz L., Zeiger E. (2006). *Fisiología vegetal*. 3ª edición Publicacions Universitat Jaume I.

Wiesman Z. (2009). *Desert Olive Oil Cultivation*. Academic Press

NB : La información ha sido elaborada utilizando entre otras, la suministrada por la Agencia Estatal de Meteorología, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Agua de lavado:** Diferencia entre P y ETP durante la estación húmeda. (Papadakis) (2)
- **Clima mediterráneo:** Clima templado con un periodo de aridez veraniega superior a dos meses (1)
- **Climas mediterráneos.** Clasificación Papadakis (2.2.1):
 - Mediterráneo húmedo (ME): Ln mayor que el 20% de ETP y/o Índice anual de humedad igual o mayor del 0,88.
 - Mediterráneo seco (Me): Ln menor que el 20% de la ETP. Índice anual de humedad entre 0,22 y 0,88. En uno, al menos, de los meses con media de las máximas superior a 15 °C, el agua disponible cubre completamente la ETP.
 - Mediterráneo semiárido (me): demasiado seco para Me.
- **Coefficiente de cultivo (Kc):** En los cálculos de riego se denomina Kc, a la relación entre las necesidades diarias de riego del cultivo (ETc) y la Evapotranspiración de referencia (ETo) (3.3).
- **Conductancia hidráulica:** Capacidad de transportar agua en la planta (3.1)
- **Evapotranspiración potencial (ETP).** Pérdida de humedad de una superficie por evapotranspiración directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación (1, 2, 2.2.1)
- **Factor de erosividad:** Capacidad potencial de una lluvia de provocar erosión, depende de su energía cinética (1.4)
- Fecha primera helada en últimos 15 años (3.2.6)
- Fecha última helada en últimos 15 años (3.2.6)
- **Horas-frío:** Cantidad de horas en un rango determinado de tiempo en donde las temperaturas son inferiores a un valor determinado llamado "temperatura base" que generalmente suele ser 7° C (2.1, 3.2.4)
- **Índice de continentalidad de Gorzinsky (G):** Índice que indica la oscilación anual de las temperaturas (1.1)
- **Índice de humedad (Ih):** Obtenido al dividir la lluvia por la ETP en un período determinado (mensual, anual...). $Ih = P / ETP$ (2.2.1)
- **Índice de Madurez:** Valora el estado de la madurez de la oliva; los procedimientos de Uceda o Ferreira son los más utilizados (3.2.1)
- **Índice de Mediterraneidad (Im2):** ETP (junio+agosto)/ P (julio+agosto). Se utiliza para separar los climas eurosiberianos y los subdesérticos o subtropicales de los genuinamente mediterráneos (1)
- **Índice de Salinidad:** Clasificación de idoneidad de un agua para el riego (3.3)



- **Índice fototérmico:** Índice agroclimático que se calcula a partir de las temperaturas máximas, mínimas y de la luminosidad de los periodos considerados (3.2.3)
- Índice termopluviométrico de Dantín Revenga (I_{DR}): $10 t / P$ (t: Temperatura media anual y P: Pluviometría media anual). (2.2.1) Clasificación:
 - Zona húmeda (I_{DR} : 0-2)
 - Zona semiárida (I_{DR} : 2-3)
 - Zona árida (I_{DR} : 3-6)
 - Zona subdesértica (I_{DR} : > 6)
- **Integral térmica:** Cantidad de calor recibida por la planta en un período determinado. Algunas veces se calcula a partir de un valor umbral (3.2, 3.2.3)
- **Lluvia de lavado** (L_n): diferencia entre la Pluviosidad y la ETP durante la estación húmeda (2.2.1)
- Período entre fechas extremas de heladas (3.2.6)
- Período/Estación libre de heladas (1.1, 2, 2.1, 3.2.1, 3.2.6)
 - Estación libre de heladas disponible, (E)
 - Estación libre de heladas mínima, (e)
 - Estación media libre de heladas
- **Período húmedo:** Período en que la lluvia caída es mayor que la ETP (2.2.1)
- **Período intermedio:** Período en que la precipitación más el agua utilizada de la reserva excede del 50% de la ETP (2.2.1)
- **Período seco:** Período en que el $I_h < 0.5$ (2.2.1)
- Pisos bioclimáticos (1.2):
 - **Piso Crioromediterráneo:** Integra los pisos Criomediterráneo y Oromediterráneo. Propio de las altas montañas a ambos lados de la línea límite arbórea.
 - **Piso Supramediterráneo:** la temperatura media anual oscila entre 8 y 12 °C y la media de las mínimas del mes más frío entre 1°C y – 4°C.
 - **Piso Mesomediterráneo:** temperatura media anual entre 12 y 17 °C y una media de mínimas por debajo de 4 °C. Heladas presentes durante un período que oscila entre 4 y 7 meses.
- **Potencial Hídrico Foliar** (Ψ_f). Potencial Hídrico de la planta a nivel de la Hoja, sirve para evaluar el estado hídrico de la planta (3.1)
- Precipitación media mensual (2)
- **Sodicidad:** Porcentaje de Sodio en los suelos o las aguas salinas (3.3)
- Temperatura media anual (1.1, 1.2, 2.2.2, 3.2.2)
- Temperatura media de la temperatura media de las máximas de los n (6) meses cálidos (3.2.1)
- Temperatura media de las Máximas (2)
- Temperatura media de las Máximas del mes más frío (2.1.1)
- Temperatura media de las mínimas (1.2, 2)

- Temperatura media de las mínimas del mes más frío (1.1, 1.2, 2.1.1)
- Temperatura media de las mínimas absolutas (t') (2, 3.2.5)
- Temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío (2.1.1)
- Temperatura media del mes más cálido (1.1)
- Temperatura media del mes más frío (1.1)
- Temperatura media mensual (2, 3.2.4)
- Tipo de invierno. Clasificación FAO (2.1.1)
 - Invierno suave
 - Invierno moderado
 - Invierno frío
- Tipo de invierno. Clasificación Papadakis (2, 2.1.1)
 - Avena
 - Avena (cálido): Av
 - Avena (fresco): av
 - Citrus
 - Citrus tropical: Ct
 - Citrus: Ci
 - Primavera
 - Triticum
 - Tropical
- Tipo de verano. Clasificación Papadakis (2, 2.1.2, 3.2.1)
 - **Cafeto.** Café
 - **Gossipium.** Algodón (g)
 - Maíz (M)
 - **Oryza** (O). Arroz
 - Triticum
- **Tricomas peltados:** Pelo aparasolado de la superficie foliar (3.1.1)



GLOSARIO DE ABREVIATURAS

- A: Diferencia entre Temperatura media del mes más cálido y más frío de la localidad (1.1)
- ABA: Ácido abscísico. Hormona vegetal (3.1.2)
- Av: Tipo de invierno Avena cálido (2.1.1)
- av: Tipo de invierno Avena fresco (2.1.1)
- Aux: Auxina. Hormona vegetal (3.1.2)
- CE: Conductividad eléctrica (3.3)
- Ci: Tipo de invierno Citrus (2.1.1)
- Ck: Citoquina. Hormona vegetal (3.1.2)
- Ct: Tipo de invierno Citrus tropical (2.1.1)
- dS/m: unidad de medida de la Conductividad eléctrica (3.3)
- ETP: Evapotranspiración potencial (1, 2, 2.2.1)
- FAO: Food and Agricultura Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2, 2.1.1)
- G: Índice de continentalidad de Gorzinsky (1.1)
- I_{DR}: Índice Termopluviométrico de Dantín Revenga (2.2.1)
- I.N.I.A.: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (Bibliografía)
- lh: Índice de humedad (2.2.1)
- Im2: Índice de Mediterraneidad (1)
- K: Potasio (3.1.2)
- Kc: Coeficiente de cultivo (3.3)
- Ln: Lluvia de lavado (2.2.1)
- M: Tipo de verano Maíz (2.1.2)
- ME: Clima mediterráneo húmedo (2.2.1)
- Me: Clima mediterráneo seco (2.2.1; 3.3)
- me: Clima Mediterráneo semiárido (2.2.1; 3.3)
- MPa: Megapascal, unidad de medida de presión (3.1)
- O: Tipo de verano Oryza (Arroz) (2.1.2)
- P: Pluviometría // Pluviometría media anual (1)
- Pg: Petagramo (10^{15} g) (1.3)
- R: Variedad resistente (3.2.6)
- RAS: Riesgo de sodicidad (2.2)
- S: Variedad sensible (3.2.6)
- S+R: Variedad citada como sensible y como resistente (3.2.6)
- t: Temperatura media anual (2.2.1)



- t : Temperatura mínima absoluta (2, 2.1, 3.2.5)
- t_{\min} (2.1.1)
- T_{\max} (2.1.1)
- Tm: Tonelada métrica (1.3)
- Φ : Φ , letra griega símbolo de Latitud (1.1)
- Ψ_f : Psi, Potencial Hídrico Foliar (3.1)



Anexo 1: FICHAS AGROCLIMÁTICAS DE LOS MUNICIPIOS RIOJANOS EN ESTUDIO

ALFARO

TERMOMETRIA

PERIODO: 1998-2012
AÑOS: 15
ALTITUD: 300m
LONGITUD: 14°50'12"
LATITUD: 42°10'57"

TIPO CLIMATICO: MEDITERRÁNEO SEMIÁRIDO CONTINENTAL (TE, me)

T'	temperatura media de las máximas absolutas
T	temperatura media de las máximas
tm	temperatura media
t	temperatura media de las mínimas
t'	temperatura media de las mínimas absolutas
H	fechas que fijan la estación libre de heladas disponible
	Probabilidad de Helada (%)

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANO
17.26	19.46	25.5	29.06	33.1	37.83	35.75	38.2	33.03	28.5	20.6	17.96	39.3
10.5	12.85	17.37	19.76	24.49	29.48	29.36	31.4	26.74	21.58	14.45	10.63	20.72
6.28	7.75	11.28	13.62	17.82	22.05	23.77	23.96	20.07	15.83	9.74	6.49	14.89
1.94	2.6	5.12	7.43	11.11	14.6	15.7	16.49	13.36	10.02	4.98	2.29	8.80
-3.6	-2.43	-0.33	2.26	6.13	9.93	11.46	12.26	8.36	4.23	-1.2	-3.8	-5.4
		25								23		
100%	100%	73%	13%	0%				0%	0%	67%	93%	

INTEGRAL TÉRMICA HORAS DE FRÍO

194.68	217	349.68	408.6	552.42	661.5	736.87	742.76	602.1	490.73	292.2	201.19	5449.7
306.12	264.2	163.62	96.93	-22.77	-143.325	-192.345	-197.76	-86.9	33.945	207.51	300.14	729.39

INVIERNO: t' mes más frío ENERO -3.6
 t mes más frío ENERO 1.94
 T mes más frío ENERO 10.5

VERANO: M media de las máximas del semestre más cálido 27,18°C
 e duración de la estación libre de heladas mínima 5.1 meses
 E duración de la estación libre de heladas disponible 244 días

Tipo de Invierno: Avena Cálido (Av)

Tipo de verano: Oryza(O)

Régimen térmico: Templado Cálido (TE)

BALANCE DE AGUA

P	precipitación media anual
ETP	evapotranspiración potencial media mensual
Ih	índice de humedad
LL	número medio de días de lluvia
N	número medio de días de nieve
G	número medio de días de granizo

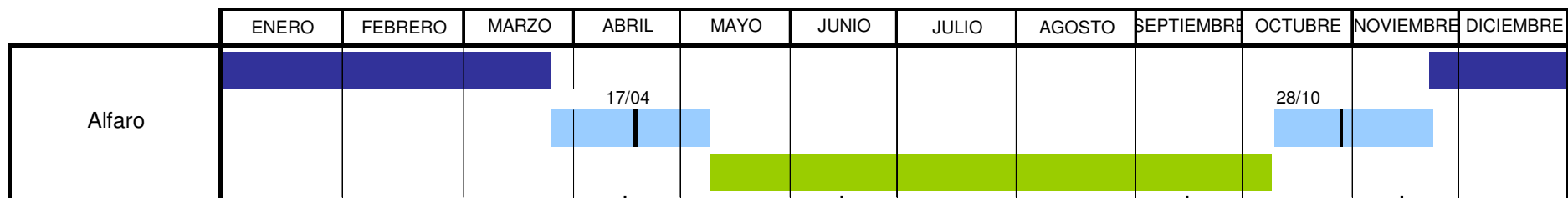
HUMEDAD (Humedo , Intermedio, Seco)

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANO
16.25	15.86	23.29	41.4	51.21	28.76	18.35	18.52	36.52	39.69	29.92	19.54	339.31
11.799	16.55	36.7378	53.504	91.301	128.0218	144.9613	136.4421	90.611	57.295	23.296	11.962	802.48
1.8	1.0	1.0	0.9	0.6	0.2	0.1	0.1	0.4	0.7	1.6	2.3	0.42
8.33	6	8.13	15.3	15.8	5.26	3.66	4.73	5.8	10.4	9.53	8.73	101.67
0.53	1.26	0.73	0	0	0	0.06	0	0	0	0.13	0.66	3.37
0.06	0.13	0	0.3	0.4	0.06	0.2	0	0.06	0	0	0	1.21
H		I				S			I		H	

Ln: 18.7mm < 20% ETP anual

Régimen de Humedad: Mediterráneo semiárido (me)

Gráfica de los periodos de Heladas.



Periodo Heladas PROBABLES

Periodo Heladas POCO PROBABLES

Periodo LIBRE DE HELADAS

17 de Abril: Fecha última helada Primavera en los últimos 15 años

28 de Octubre: Fecha primera helada del otoño en los últimos 15 años.

Tabla con los números de días de helada, con temperaturas iguales o inferiores a -5°C durante los últimos 15 años (Temperaturas extremas).

AÑO	E	F	M	N	D
1999					2
2000	1				
2001					10
2003		2			
2005		2	3		6
2006	1				3
2007	1				4
2008	1				
2009					1
2010				1	

ARNEDILLO

TERMOMETRIA

PERIODO: 1999-2012

AÑOS: 13

ALTITUD: 690m

LONGITUD: 21°42'32"

LATITUD: 42°12'40"

TIPO CLIMATICO: MEDITERRANEO TEMPLADO (TE, Me)

T'	temperatura media de las máximas absolutas
T	temperatura media de las máximas
tm	temperatura media
t	temperatura media de las mínimas
t'	temperatura media de las mínimas absolutas
H	fechas que fijan la estación libre de heladas disponible
	Probabilidad de Helada (%)

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANO
16.30	16.70	21.43	24.76	28.23	33.10	34.91	35.19	30.30	25.88	19.00	16.23	36.32
8.90	9.72	13.52	15.72	19.70	25.08	27.74	27.98	23.29	18.53	11.96	9.35	17.62
4.84	5.54	8.47	10.56	14.14	18.68	20.82	21.10	17.30	13.32	8.08	5.38	12.35
0.83	1.50	3.44	5.43	8.59	12.26	13.90	14.20	11.29	8.12	4.17	1.45	7.10
-5.61	-3.60	-1.96	-0.03	2.96	6.86	9.16	9.11	5.73	2.07	-2.15	-4.30	-6.67
			20							1		
73%	93%	93%	67%	20%				0%	27%	87%	87%	

INTEGRAL TERMICA HORAS DE FRÍO

150.04	155.12	262.57	316.80	438.34	560.40	645.42	654.10	519.00	412.92	242.40	166.78	4523.89
347.16	327.21	243.71	184.14	82.11	-47.28	-108.27	-116.25	-7.95	105.48	254.82	331.77	1596.65

INVIERNO: t' mes más frío ENERO -5.61
 t mes más frío ENERO 0.83
 T mes más frío ENERO 8.9

VERANO: M media de las máximas del semestre más cálido 23,72°C
 e duración de la estación libre de heladas mínima 3,5 meses
 E duración de la estación libre de heladas disponible 195días

Tipo de Invierno: Avena Fresco (av)

Tipo de verano: Maíz(M)

Régimen térmico: Templado Cálido (TE)

BALANCE DE AGUA

P	precipitación media anual
ETP	evapotranspiración potencial media mensual
Ih	índice de humedad
LL	número medio de días de lluvia
N	número medio de días de nieve
G	número medio de días de granizo

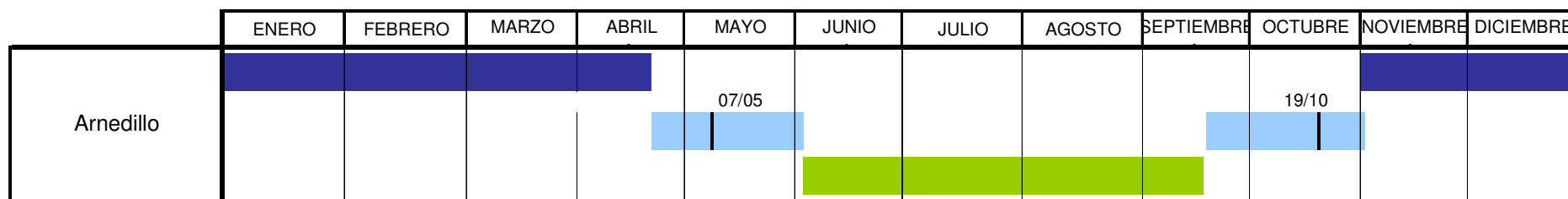
HUMEDAD (Humedo , Intermedio, Seco)


E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANO
28.92	27.06	38.25	52.43	63.75	41.88	31.5	20.07	36.53	40.82	51.07	27.6	459.88
12.33	14.87	32.05	46.42	76.33	110.49	128.22	121.29	81.89	53.25	24	13.63	714.75
3.7	2.6	1.4	1.3	1	1	0.3	0.2	0.4	0.8	3.3	3.1	0.64
6	6.54	7.85	11.21	9.78	6.85	4.07	5.15	5.69	9.25	7.93	6.83	7.26
2.1	2.54	1.71	0.36	0.07	0	0	0	0	0.08	1.07	1.25	0.77
0	0	0	0	0.14	0.07	0.31	0.07	0.07	0	0.07	0	0.06
H			I			S			I	H		

Ln: 82.0mm < 20% ETP anual

Régimen de Humedad: Mediterráneo seco (Me)

Gráfica de los periodos de Heladas.



 Periodo Heladas **PROBABLES**

 Periodo Heladas **POCO PROBABLES**

 Periodo **LIBRE DE HELADAS**

7 de Mayo: Fecha última helada en Primavera en los últimos 15 años

19 de Octubre: Fecha primera helada del otoño en los últimos 15 años.

Tabla con el número de días de helada, con temperaturas iguales o inferiores a -5°C durante los últimos 15 años (Temperaturas extremas).

AÑO	E	F	M	N	D
1998					2
1999	2				
2000	3				
2001					11
2002	1				
2003		2			
2005	4	5	3		2
2006	5	1			
2007				2	3
2008	1				
2009	4				4
2010	1			2	3
2011	4				
2012	1	2			

ARNEDO**TERMOMETRIA**

PERIODO: 1998-2012

AÑOS: 15

ALTITUD: 519m

LONGITUD: 25°73'72"

LATITUD: 42°13'18"

TIPO CLIMATICO: MEDITERRANEO TEMPLADO (TE, Me)

T' temperatura media de las máximas absolutas
T temperatura media de las máximas
tm temperatura media
t temperatura media de las mínimas
t' temperatura media de las mínimas absolutas
H fechas que fijan la estación libre de heladas disponible
Probabilidad de Helada (%)

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
16.67	18.36	23.30	26.63	30.40	35.07	35.77	35.03	31.10	24.47	19.20	16.20	36.90
9.63	11.38	15.53	17.44	21.94	27.09	29.03	28.52	24.61	19.91	13.16	9.74	19.00
5.63	6.74	9.98	11.95	16.01	20.44	21.93	21.91	18.63	14.51	8.97	5.72	13.54
1.60	2.08	4.33	6.38	10.03	13.72	14.80	15.22	12.60	9.10	4.73	1.63	8.02
-4.20	-2.87	-1.10	1.27	4.73	8.57	10.57	10.43	7.63	3.50	-0.79	-3.80	5.56
			6							10		
100%	100%	80%	20%	0%				0%	0%	53%	93%	

INTEGRAL TERMICA**HORAS DE FRÍO**

174.53	188.72	309.38	358.50	496.31	613.20	679.83	679.21	559.90	449.81	269.10	177.32	4955.81
324.65	293.01	200.67	144.53	28.82	-97.44	-139.91	-139.34	-45.85	71.57	229.46	322.08	1192.23

INVIERNO: **t'** mes más frío ENERO -4.2**t** mes más frío ENERO 1.6**T** mes más frío ENERO 9.63VERANO: **M** media de las máximas del semestre más cálido 25,18°C**e** duración de la estación libre de heladas mínima 4,6 meses**E** duración de la estación libre de heladas disponible 218días

Tipo de Invierno: Avena Fresco (av)

Tipo de verano: Oryza(O)

Régimen térmico: Templado Cálido (TE)

BALANCE DE AGUA

P precipitación media anual
ETP evapotranspiración potencial media mensual
Ih índice de humedad
LL número medio de días de lluvia
N número medio de días de nieve
G número medio de días de granizo

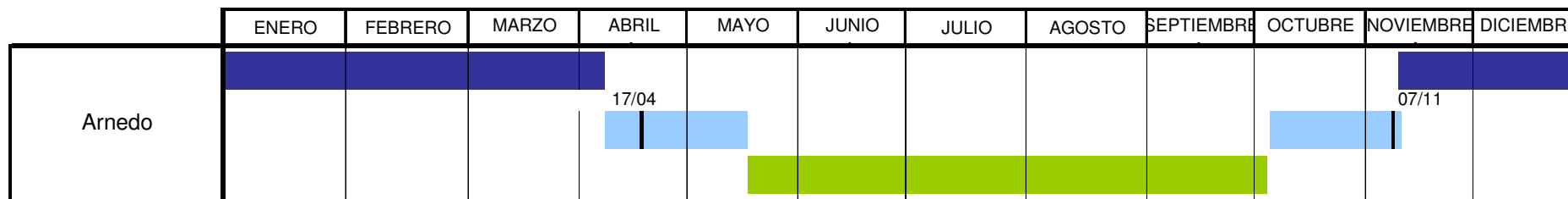
HUMEDAD (Humedo , Intermedio, Seco)

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
31.31	26.87	30.48	52.93	65.38	47.14	34.25	29.81	12.93	40.29	40.64	28.46	440.49
12.443	16.2	34.8364	48.747	82.591	117.19	130.34	121.0208	84.284	54.259	23.886	12.257	738.06
4.0	2.3	1.0	1.2	1.0	0.8	0.3	0.2	0.2	0.7	2.4	3.6	0.60
17.13	10.07	11.8	17.33	15.4	9.46	6.33	7.8	12.93	12.66	12.66	11.8	145.37
1.68	2.2	1.2	0.13	0.066	0	0.26	0	0	0	0.6	1.07	7.21
0	0	0.13	0.46	0.73	0.66	0.4	0.47	0.067	0	0	0	2.92
H	I	H	I	S	I	S	I	H				

Ln: 66.67mm < 20% ETP anual

Régimen de Humedad: Mediterráneo seco (Me)

Gráfica de los periodos de Heladas.



Periodo Heladas **PROBABLES**

Periodo Heladas **POCO PROBABLES**

Periodo **LIBRE DE HELADAS**

17 de Abril: Fecha última helada en Primavera en los últimos 15 años

07 de Octubre: Fecha primera helada del otoño en los últimos 15 años.

Tabla con el número de días de helada, con temperaturas iguales o inferiores a -5°C durante los últimos 15 años (Temperaturas extremas).

AÑO	E	F	M	N	D
1998	1				3
2000	1				
2001					9
2003		2			
2005	1	2	3		5
2006	1				5
2007	1			1	1
2011	3				
2012	2				

CORNAGO

TERMOMETRIA

PERIODO: 1998-2012

AÑOS: 15

ALTITUD: 704m

LONGITUD: 20°54'32"

LATITUD: 42°03'57"

TIPO CLIMATICO: MEDITERRANEO TEMPLADO (TE, Me)

T' temperatura media de las máximas absolutas
T temperatura media de las máximas
tm temperatura media
t temperatura media de las mínimas
t' temperatura media de las mínimas absolutas
H fechas que fijan la estación libre de heladas disponible
Probabilidad de Helada (%)

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANO
15.58	17.36	21.6	24.56	28.21	32.58	34.33	34.36	30.35	25.79	18.36	16.2	35.82
8.82	10.22	13.78	15.66	20.01	24.88	27.22	27.23	23.12	18.38	11.74	9.41	17.54
5.04	6.14	8.88	10.62	14.5	18.75	20.62	20.91	17.6	13.63	8.1	5.62	12.53
1.26	2.04	3.93	5.58	8.99	12.6	13.99	14.58	12.05	8.88	4.4	1.81	7.51
-4.39	-3.06	-1.59	0.54	3.7	7.41	9.28	9.74	6.79	3.7	-1.4	-3.84	-5.83
			14							10		
100%	100%	93%	53%	0%				0%	7%	73%	93%	

INTEGRAL TERMICA

HORAS DE FRÍO

156.24	171.92	275.28	318.60	449.50	562.50	639.22	648.21	528.00	422.53	243.00	174.22	4589.22
341.46	310.11	232.02	182.43	71.85	-49.28	-102.57	-110.84	-16.50	96.65	254.25	324.93	1534.52

INVIERNO: t' mes más frío ENERO -4.39

t mes más frío ENERO 1.26

T mes más frío ENERO 8.82

VERANO: M media de las máximas del semestre más cálido 23,47°C

e duración de la estación libre de heladas mínima 3,3 meses

E duración de la estación libre de heladas disponible 210días

Tipo de Invierno: Avena Fresco (av)

Tipo de verano: Maíz(M)

Régimen térmico: Templado Cálido (TE)

BALANCE DE AGUA

P precipitación media anual
ETP evapotranspiración potencial media mensual
Ih índice de humedad
LL número medio de días de lluvia
N número medio de días de nieve
G número medio de días de granizo

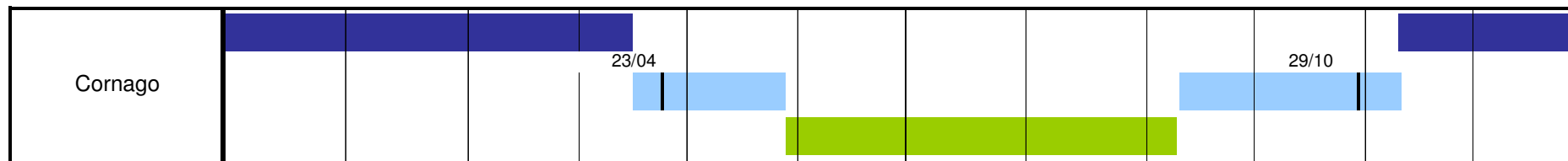
HUMEDAD (Humedo , Intermedio, Seco)


E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANO
38.6	20.38	28.87	55.26	61.76	45.8	28.34	22.9	28.51	34.52	37.2	38.34	440.48
12.58	16.19	33.18	45.61	77.16	108.9	124.32	117.71	82.08	53.64	23.42	13.98	709.07
5.1	1.5	1	1.4	1	1	0.2	0.2	0.3	0.6	2.2	4.5	0.62
7.66	5.86	7.8	11.2	11	7.26	5.33	5.93	6.53	7.8	8.73	7.53	92.63
1.86	2.06	1.26	0.26	0	0	0	0	0	0	0.33	1	6.77
0	0	0	0.53	0.46	0.2	0.13	0.2	0.06	0	0	0	1.58
H	I	I	H	I	I	I	S	I	I	H	H	

Ln: 77.7mm < 20% ETP anual

Régimen de Humedad: Mediterráneo seco (Me)

Gráfica de los periodos de Heladas.



 Periodo Heladas **PROBABLES**

 Periodo Heladas **POCO PROBABLES**

 Periodo **LIBRE DE HELADAS**

23 de Abril: Fecha última helada en Primavera en los últimos 15 años

29 de Octubre: Fecha primera helada del otoño en los últimos 15 años.

Tabla con el número de días de helada, con temperaturas iguales o inferiores a -5°C durante los últimos 15 años (Temperaturas extremas).

AÑO	E	F	M	N	D
1996					1
2000	2				
2001					9
2005	5	5	2		1
2006	2	1			
2007	1				2
2009	6				5
2010	2	3		2	3
2011	6				
2012	1	7			

CUZCURRITA

TERMOMETRIA

PERIODO: 1998-2012
AÑOS: 15
ALTITUD: 519m
LONGITUD: 25°73'72"
LATITUD: 42°32'25"

TIPO CLIMATICO: MEDITERRANEO TEMPLADO (TE, Me)

T'	temperatura media de las máximas absolutas
T	temperatura media de las máximas
tm	temperatura media
t	temperatura media de las mínimas
t'	temperatura media de las mínimas absolutas
H	fechas que fijan la estación libre de heladas disponible
	Probabilidad de Helada (%)

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANO
15.7	17.71	22.83	25.76	29.56	34.1	35.16	35.1	31	26.16	18.56	15.53	36.06
8.65	10.2	14.33	16.34	20.81	25.49	27.49	27.6	23.89	18.67	11.99	8.92	17.87
5.47	6.14	9.04	10.82	14.65	18.68	20.36	20.56	17.5	13.44	8.34	5.56	12.55
2.23	2.02	3.7	5.28	8.44	11.82	13.16	13.53	11.08	8.22	4.65	2.17	7.19
-4.4	-2.96	-2.13	-0.73	2.33	6.36	7.56	8.26	5.06	1.46	-1.66	-4.36	-6
			29						27			
100%	93%	100%	93%	0%				0%	33%	100%	100%	

INTEGRAL TÉRMICA HORAS DE FRÍO

169.57	171.9	280.24	324.6	454.15	560.4	631.16	637.36	525	403.2	258.54	166.8	4582.9
329.21	310.1	227.46	176.73	67.575	-47.28	-95.16	-100.86	-13.65	102.06	247.41	326.64	1530.2

INVIERNO: t' mes más frío ENERO -4.4
 t mes más frío ENERO 2.23
 T mes más frío ENERO 8.65

VERANO: M media de las máximas del semestre más cálido 23,99°C
 e duración de la estación libre de heladas mínima 2,9 meses
 E duración de la estación libre de heladas disponible 182 días

Tipo de Invierno: Avena Fresco (av)

Tipo de verano: Maíz (M)

Régimen térmico: Templado Cálido (TE)

BALANCE DE AGUA

P	precipitación media anual
ETP	evapotranspiración potencial media mensual
Ih	índice de humedad
LL	número medio de días de lluvia
N	número medio de días de nieve
G	número medio de días de granizo

HUMEDAD (Humedo , Intermedio, Seco)

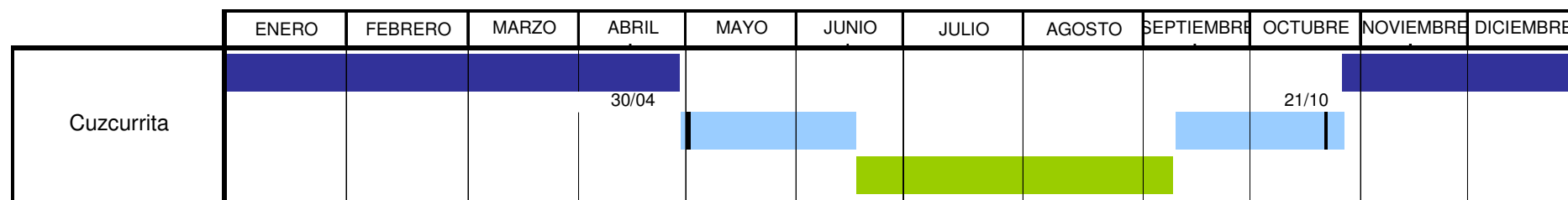
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANO
34.9	23.93	28.81	42.63	65.63	36.03	25.9	25.83	28.96	49.16	52.23	45.53	459.54
14.02	16.51	34.01	46.80	78.30	108.51	122.42	115.28	81.58	52.73	24.36	13.80	708.32
4.0	1.9	1.0	1.0	1.0	0.9	0.2	0.2	0.4	0.9	3.3	5.6	0.6
7.49	6.4	6.73	10.33	10.4	6.26	3.66	5.4	5.8	0.8	10.26	9.8	83.33
1.95	2.4	1.06	0.13	0	0	0	0	0	0	0.6	1.13	7.27
0	0	0.06	0.4	0.26	0	0.13	0	0	0	0	0.06	0.91

H			I			S		I		H
---	--	--	---	--	--	---	--	---	--	---

Ln: 87.9mm < 20% ETP anual

Régimen de Humedad: Mediterráneo seco (Me)

Gráfica de los periodos de Heladas.



 Periodo Heladas **PROBABLES**

 Periodo Heladas **POCO PROBABLES**

 Periodo **LIBRE DE HELADAS**

30 de Abril: Fecha última helada Primavera en los últimos 15 años

21 de Octubre: Fecha primera helada del otoño en los últimos 15 años.

Tabla con el número de días de helada, con temperaturas iguales o inferiores a -5°C durante los últimos 15 años (Temperaturas extremas).

AÑO	E	F	M	N	D
1998				2	
1999	1				
2001					8
2003		1			
2005	1	4	2		5
2006	1				1
2007	2			2	5
2008					1
2009	1				4
2010	2		1	1	2
2012	1	2			

HARO

TERMOMETRIA

PERIODO: 1998-2012

AÑOS: 15

ALTITUD: 465m

LONGITUD: 25°11'72"

LATITUD: 42°34'31"

TIPO CLIMATICO: MEDITERRANEO TEMPLADO (TE, Me)

T'	temperatura media de las máximas absolutas
T	temperatura media de las máximas
tm	temperatura media
t	temperatura media de las mínimas
t'	temperatura media de las mínimas absolutas
H	fechas que fijan la estación libre de heladas disponible
	Probabilidad de Helada (%)

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
15.9	18.44	-23.94	26.73	30.91	35.71	36.92	37.03	32.94	27.38	19.08	16.29	38.03
9.03	10.68	14.78	16.88	21.53	26.35	28.57	28.86	25.03	19.44	12.24	9.03	18.54
5.96	6.8	9.75	11.67	15.7	19.86	21.68	21.99	18.78	14.39	8.9	5.95	13.45
2.9	2.87	4.72	6.46	9.85	13.39	14.78	15.11	12.53	9.34	5.55	2.91	8.37
-3.4	-2.5	-1.46	0.11	3.74	7.84	9.53	9.51	6.23	2.04	-1.15	-3.84	-5.36
			15							2		
100%	100%	73%	13%					0%	0%	67%	93%	

INTEGRAL TÉRMICA HORAS DE FRÍO

184.76	190.4	302.25	350.1	486.7	595.8	672.08	681.69	563.4	446.09	267	184.45	4924.7
315.24	291.3	207.225	152.51	37.65	-80.91	-132.78	-141.615	-50.13	74.985	231.45	315.53	1220.4

INVIERNO: t' mes más frío ENERO -3.4
 t mes más frío ENERO 2.9
 T mes más frío ENERO 9.03

VERANO: M media de las máximas del semestre más cálido 24,96°C
 e duración de la estación libre de heladas mínima 3.8 meses
 E duración de la estación libre de heladas disponible 201 días

Tipo de Invierno: Avena Fresco (av)

Tipo de verano: Maíz(M)

Régimen térmico: Templado Cálido (TE)

BALANCE DE AGUA

P	precipitación media anual
ETP	evapotranspiración potencial media mensual
Ih	índice de humedad
LL	número medio de días de lluvia
N	número medio de días de nieve
G	número medio de días de granizo

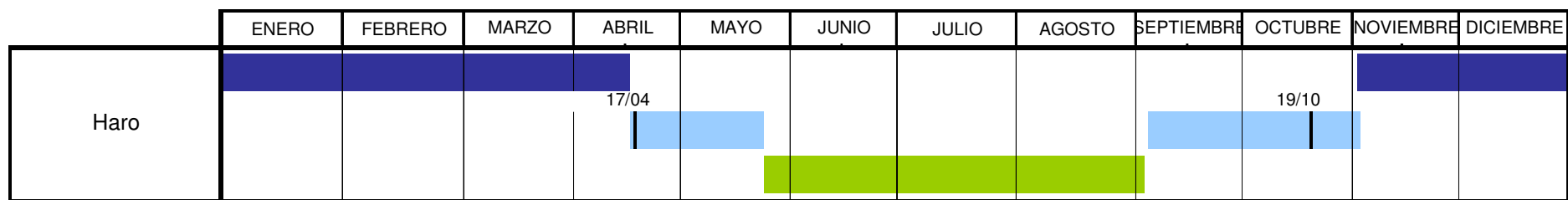
HUMEDAD (Humedo , Intermedio, Seco)

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
44.03	34.24	37.94	43.07	57.24	37.53	23.07	17.37	30.22	58.99	62.62	40.71	487.03
13.70	16.67	34.27	47.92	81.67	114.39	130.35	123.62	86.62	54.50	24.01	13.16	740.89
5.4	3.1	1.2	1.0	1.0	1.0	0.3	0.1	0.3	1.2	4.2	5.2	0.66
10.6	9.2	10.2	12.53	11.4	6.93	4	5.8	7.86	12.86	13.33	12	116.71
2.26	3	1.6	0.26	0	0.06	0	0	0	0	0.73	1.6	9.51
0.13	0.2	0.26	0.5	0.66	0.33	0.33	0	0.06	0.13	0.13	0.13	2.86
H		I				S			H			

Ln: 122.2mm < 20% ETP anual

Régimen de Humedad: Mediterráneo seco (Me)

Gráfica de los periodos de Heladas.



- Periodo Heladas **PROBABLES**
- Periodo Heladas **POCO PROBABLES**
- Periodo **LIBRE DE HELADAS**

17 de Abril: Fecha última helada en Primavera en los últimos 15 años
19 de Octubre: Fecha primera helada del otoño en los últimos 15 años.

Tabla con el número de días de helada, con temperaturas iguales o inferiores a -5°C durante los últimos 15 años (Temperaturas extremas).

AÑO	E	F	M	N	D
1998				1	2
2001					4
2005		3	3		5
2006	1				5
2007					1
2009					3
2010	2				

LOGRONO/AGONCILLO

TERMOMETRIA

PERIODO: 1998-2012

AÑOS: 15

ALTITUD: 353m

LONGITUD: 21°95'22"

LATITUD: 42°27'08"

TIPO CLIMATICO: MEDITERRANEO TEMPLADO (TE, Me)

T'	temperatura media de las máximas absolutas
T	temperatura media de las máximas
tm	temperatura media
t	temperatura media de las mínimas
t'	temperatura media de las mínimas absolutas
H	fechas que fijan la estación libre de heladas disponible
	Probabilidad de Helada (%)

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANO
17.01	19.01	24.28	27.43	31.42	36.21	37.27	37.16	32.92	27.33	19.96	17.42	38.33
10.18	11.97	16.27	18.44	22.96	28.15	30.23	30.31	25.99	20.51	13.56	10.12	19.89
6.11	7.21	10.45	12.56	16.53	21.08	22.83	22.97	19.49	14.91	9.35	6.18	14.14
2.03	2.45	4.62	6.67	10.07	13.98	15.43	15.62	12.98	9.28	5.09	2.24	8.37
-4.53	-3.23	-1.21	0.52	4.13	8.6	10.71	11.01	6.96	2.6	-1.46	-4.39	-5.82
			11							3		
100%	100%	93%	40%	0%				0%	7%	93%	100%	

INTEGRAL TÉRMICA

HORAS DE FRÍO

189.41	201.9	143.22	376.8	512.43	632.4	707.73	712.07	584.7	462.21	280.5	191.58	4994.9
310.97	279.6	187.275	127.14	13.995	-115.68	-165.555	-169.545	-70.36	60.165	218.63	308.97	985.61

INVIERNO: t' mes más frío ENERO -4.53
t mes más frío ENERO 2.03
T mes más frío ENERO 10.18

VERANO: M media de las máximas del semestre más cálido 26,35°C
e duración de la estación libre de heladas mínima 4,7 meses
E duración de la estación libre de heladas disponible 206 días

Tipo de Invierno: Avena Cálido (Av)

Tipo de verano: Oryza(O)

Régimen térmico: Templado Cálido (TE)

BALANCE DE AGUA

P	precipitación media anual
ETP	evapotranspiración potencial media mensual
Ih	índice de humedad
LL	número medio de días de lluvia
N	número medio de días de nieve
G	número medio de días de granizo

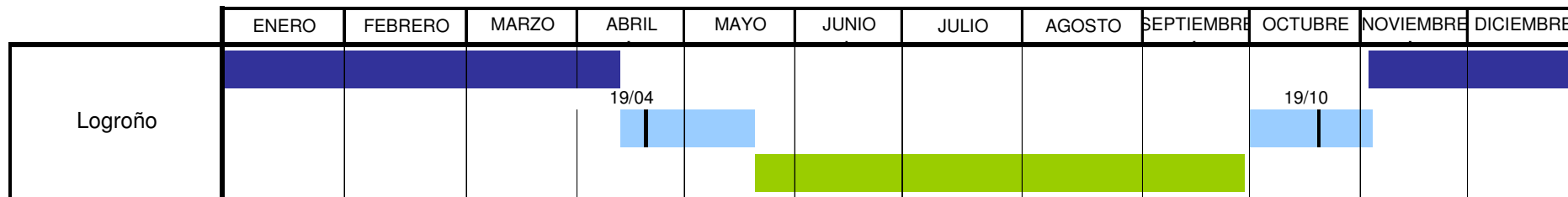
HUMEDAD (Humedo , Intermedio, Seco)

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANO
32.03	24.05	30.65	43.28	51.55	40.36	27.51	18.15	32.45	42.47	43.45	30.39	416.34
12.62	16.31	35.07	50.06	84.56	122.15	138.53	129.96	89.07	54.73	23.68	12.36	769.09
4.1	1.9	1.0	1.0	1.0	0.5	0.2	0.1	0.4	0.8	2.7	3.9	0.54
11.4	8.73	11.06	15.53	12.7	12.67	5.53	5.93	7.6	12.2	12.93	12.33	128.61
1.53	1.6	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0.33	0.86	5.12
0	0	0.33	0.2	0.10	0.13	0.066	0.2	0.066	0.066	0.066	0	1.22
H				I				S		I		H

Ln: 65mm < 20% ETP anual

Régimen de Humedad: Mediterráneo seco (Me)

Gráfica de los periodos de Heladas.



 Periodo Heladas **PROBABLES**

 Periodo Heladas **POCO PROBABLES**

 Periodo **LIBRE DE HELADAS**

19 de Abril: Fecha última helada en Primavera en los últimos 15 años

19 de Octubre: Fecha primera helada del otoño en los últimos 15 años.

Tabla con el número de días de helada, con temperaturas iguales o inferiores a -5°C durante los últimos 15 años (Temperaturas extremas).

ANO	E	F	M	N	D
1998	1				2
2000	2				
2001					9
2003		1			
2004	1				
2005	1	1	3		4
2006	1				3
2007	1				4
2008	1				
2009					1
2010	1			1	

SANTO DOMINGO DE LA CALZADA

TERMOMETRIA

PERIODO: 1998-2012

AÑOS: 15

ALTITUD: 638m

LONGITUD: 25°51'72"

LATITUD: 42°26'26"

TIPO CLIMATICO: MEDITERRANEO TEMPLADO (TE, Me)

T'	temperatura media de las máximas absolutas
T	temperatura media de las máximas
tm	temperatura media
t	temperatura media de las mínimas
t'	temperatura media de las mínimas absolutas
H	fechas que fijan la estación libre de heladas disponible
	Probabilidad de Helada (%)

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
15.39	16.56	21.64	24.6	28.83	34.26	35.48	35.47	31.39	25.73	18.26	15.66	36.12
8.39	9.55	13.8	15.73	20.16	25.52	27.85	27.95	23.84	18.39	11.51	8.67	17.61
5.04	5.72	8.76	10.49	14.2	18.62	20.52	20.83	17.6	13.35	8.03	5.25	12.37
1.67	1.85	3.7	5.21	8.18	11.67	13.15	13.67	11.32	8.26	4.52	1.82	7.09
-4.4	-3.08	-1.9	-0.28	2.52	6.13	8.27	8.85	6.11	2.3	-1.58	-4.18	-5.76
			22							1		
100%	100%	100%	40%	7%				0%	20%	93%	100%	

INTEGRAL TÉRMICA HORAS DE FRÍO

156.24	160.2	271.56	314.7	440.2	558.6	636.12	645.73	528	413.85	240.9	162.75	4528.8
341.46	322.1	235.44	186.14	80.4	-45.57	-99.72	-108.555	-16.5	104.63	256.25	335.48	1591.5

INVIERNO: t' mes más frío ENERO -4.4

t mes más frío ENERO 1.67

T mes más frío ENERO 8.39

VERANO: M media de las máximas del semestre más cálido 23,95°C

e duración de la estación libre de heladas mínima 3 meses

E duración de la estación libre de heladas disponible 193 días

Tipo de Invierno: Avena Fresco (av)

Tipo de verano: Maíz (M)

Régimen térmico: Templado Cálido (TE)

BALANCE DE AGUA

P	precipitación media anual
ETP	evapotranspiración potencial media mensual
Ih	índice de humedad
LL	número medio de días de lluvia
N	número medio de días de nieve
G	número medio de días de granizo

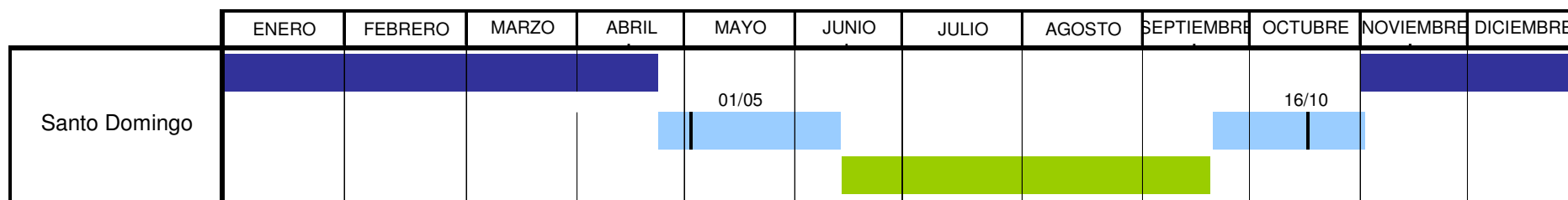
HUMEDAD (Humedo , Intermedio, Seco)

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
37.83	28.11	33.04	46.76	75.93	39.58	22.88	20.74	30.63	54.36	52.52	34.48	476.86
12.82	15.30	33.04	45.41	75.74	108.58	124.17	117.71	82.64	52.70	23.49	13.03	704.62
4.9	2.7	1.0	1.1	1.0	1.0	0.4	0.2	0.4	1.1	3.5	4.3	0.68
9.86	8.33	9.6	13.6	12.4	7.33	5.6	6.33	8.33	12.27	12.93	11.93	118.51
3.26	3.2	1.53	0.47	0	0	0	0	0	0	1.2	1.73	11.39
0.067	0.067	0.13	0.13	0.47	0.27	0.27	0.2	0.13	0.07	0.07	0	1.874
H	I	H	I	I	I	I	I	I	H	H	H	H

Ln: 91.5mm < 20% ETP anual

Régimen de Humedad: Mediterráneo seco (Me)

Gráfica de los periodos de Heladas.



■ Periodo Heladas **PROBABLES**

■ Periodo Heladas **POCO PROBABLES**

■ Periodo **LIBRE DE HELADAS**

01 de Mayo: Fecha última helada en Primavera en los últimos 15 años

16 de Octubre: Fecha primera helada del otoño en los últimos 15 años.

Tabla con el número de días de helada, con temperaturas iguales o inferiores a -5°C durante los últimos 15 años (Temperaturas extremas).

AÑO	E	F	M	N	D
1999	1			1	
2000	2				
2001					7
2005	3	4	2		3
2006	1				
2007					1
2009	2				4
2010	2				1
2012		2			