

ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA DE LAS D.O. RUEDA Y TORO Y VINOS DE LA TIERRA DE MEDINA DEL CAMPO

Pérez, A., Gómez-Miguel, V., Sotés, V.

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos

1.-INTRODUCCIÓN

La producción vitícola es el resultado de una serie de factores influyentes (variedad, patrón) dentro de un medio ecológico-climático-edáfico, en el que se interactúa por medio de técnicas de cultivo adecuadas.

En la caracterización climática del viñedo están presentes tanto los elementos tradicionales (temperatura, precipitación, insolación, etc.) así como los factores geográficos (latitud y longitud, altitud, orientación, exposición, proximidad a masas de agua, etc).

Para ver la influencia sobre el viñedo, en las distintas fases de su ciclo vegetativo, se cuantifican y se analizan los parámetros más relevantes en las D.O. Rueda y Toro, Tierra de Vinos.

Las características climáticas más destacables de la región pueden ser resumidas (García Fernández, 1986) como sigue:

- clima continental determinado por los efectos de encajamiento y aislamiento definidos por las cadenas montañosas que la rodean.
- rigurosos (crudos) y largos inviernos: bajas temperaturas medias y generalización de los valores negativos de las temperaturas medias de las mínimas del mes de enero, mínimas absolutas acusadamente bajas y largo período invernal.
- veranos cortos, relativamente suaves y con fuertes oscilaciones térmicas, con períodos estivales fríos y otros de calor riguroso.
- contrastes acusados en la cuantía y bajos índices de precipitaciones.
- aridez estival sensible y contrastada: acusada aridez estival, complejidad de la precipitación estival, duración de la aridez estival.
- régimen de precipitaciones con contrastes y matices con predominio de la de invierno y primavera.

2.- METODOLOGÍA

2.1.- DATOS CLIMÁTICOS

Para la caracterización climática de la zona se han utilizado los datos del I.N.M. de 54 estaciones meteorológicas, 16 termopluiométricas (TP) y 38 pluviométricas (P), repartidas geográficamente en las provincias de Valladolid, Segovia y Zamora, y aunque la Organización Meteorológica Mundial, recomienda la utilización de períodos isocronos de 30 años, no ha sido posible seguir este criterio, ya que las estaciones no presentan un período común de observaciones.

Los observatorios utilizados para la caracterización climática han sido los que contaban con información termopluiométrica, por tanto 16, el resto han sido utilizados principalmente de apoyo en la generación de isolíneas.

A partir de los datos térmicos y pluviométricos procedentes de las estaciones, se han calculado diferentes variables e índices climáticos y bioclimáticos vitícolas, los cuales se detallan a continuación:

Tabla 2.1. Abreviaturas, descripción y unidades de los parámetros climáticos utilizados

Abreviatura	Descripción
PRE	Precipitación anual (mm)
TM	Temperatura media anual (°C)
ETO	Evapotranspiración del cultivo
ETC	Evapotranspiración potencial FAO (Blaney-Criddle modificado)
ETV	Evapotranspiración del viñedo (Riou, 1990)
ITE	Integral térmica eficaz (Índice de Winkler)
PH	Producto heliotérmico de Branas
IH	Índice de Hugin
IC	Índice de Constantinescu
IB	Índice de Hidalgo
RES	Diferencia entre la fecha de Reserva "0" y el inicio del período Activo Medio de la vid (días)

PA	Duración del periodo Activo Medio de la vid (días)
PLH	Periodo libre de heladas de Emberger (días)
HEL	Diferencia entre el inicio del periodo activo de la vid y el inicio del periodo Libre de heladas de Emberger (días)
DAC	Déficit acumulado en Septiembre en el balance hídrico
IM	Indice Aridez de Martonne
IE	Indice Aridez de Emberger
SEE	Sequía Estival de Emberger
IG	Indice Continentalidad de Gorezyski
IT	Indice de Termicidad
IM1	Indice de Mediterraneidad de Rivas-Martinez (julio)
IM2	Indice de Mediterraneidad de Rivas-Martinez (julio +agosto)
IM3	Indice de Mediterraneidad de Rivas-Martinez (junio +julio + agosto)

2.2.- MÉTODOS ESTADÍSTICOS

Se emplea en primer lugar la estadística descriptiva univariante elaborándose una descripción cuantitativa de cada una de las 23 variables, para el conjunto de las 16 observaciones (valores máximo y mínimo, media aritmética, desviación estándar y coeficiente de variación de Pearson).

En el siguiente paso empleamos el análisis bivariante considerando en primer lugar la matriz de correlación, que permite conocer las relaciones de las variables dos a dos.

Para continuar con las técnicas de análisis de datos multidimensional, siguiendo la escuela francesa (Judez, 1989), clasificación automática, análisis de componentes principales (ACP).

3.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1.- ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LAS VARIABLES

En la tabla 3.1 se incluye la estadística descriptiva univariante de las 23 variables consideradas para el conjunto de observaciones ($n = 16$): valores mínimo y máximo, media, desviación típica y coeficiente de variación de Pearson.

A la vista de los resultados obtenidos podemos deducir cierta regularidad en los datos de la zona de estudio, ya que la desviación estándar, es poco elevada, con valores de $CV < 35\%$ en todos los casos, por este motivo las diferentes zonas bioclimáticas van a estar condicionadas por la existencia de grupos de observatorios con un comportamiento regular en el conjunto de algunas variables.

3.2.- ANÁLISIS MULTIVARIANTE: MODELO COMPLETO (23 VARIABLES)

3.2.1.-MATRIZ DE CORRELACIÓN

En la Tabla 3.2 se incluye la matriz de correlación de los 16 observatorios para el 99 % de garantía (error tipo alfa de 0,01) y 99,9 % ($\alpha = 0,001$, con asterisco). Las matrices de correlación parcial y múltiple no han podido realizarse en este caso (la matriz no es invertible por haber demasiadas variables ligadas).

Se observa que la mayor parte de las variables mantienen altas correlaciones entre sí. En efecto, casi todas las variables contienen en último término térmica, pluviométrica o una combinación más o menos compleja de estas, y debe esperarse que esta relación quede manifiesta en todos los análisis.

Tabla 3.1. Estadística descriptiva univariante de las variables climáticas, valores mínimo, máximo, medio, desviación estándar (D.S.) y Coeficiente de Variación de Pearson (C.V.)

Variables	Mínimo	Máximo	Media	D.S.	C.V.
PRE	361.4	466.4	412	35.2	8.3
TM	11.0	13.3	12.1	0.7	5.7
ETO	1009	1147	1082	45.5	4.1
ETC	634	702.9	669	21.2	3.1
ETV	581	692	625	34.8	5.4
ITE	1188	1683	1438	156	10.5
PH	2.9	4.9	3.9	0.6	15
IH	1817	2358	2067	170	7.9
IC	13.9	17.7	15.8	1.2	7.2
IB	6.3	9.1	7.7	0.9	10.7
RES	59	122	85.6	17.1	19.3

Variables	Mínimo	Máximo	Media	D.S.	C.V.
PLH	128	171	147.7	14.6	9.6
HEL	18	49	33.4	8.6	24.8
DAC	131	280	229	63.8	27
IM	15.6	21.3	18.7	1.9	9.6
IE	1.72	90	58.2	18.9	31.5
SEE	1.7	2.4	2	0.25	11.3
IG	22.1	30.6	26.7	2.5	8.9
IT	156	226	193.8	20	10
IM1	6.4	11.4	8.4	1.6	18
IM2	6.9	12	9.5	1.6	16.7
IM3	4.9	6.9	5.7	0.6	10.5

PA	178	231	202.6	15.1	7.2																		
----	-----	-----	-------	------	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabla 3.2. Matriz de correlación de las variables climáticas para el 99 % de garantía (error tipo alfa de 0,01) y 99.9 % ($\alpha = 0,001$, *)

	TM	PRE	ETO	ITE	PH	IH	IC	IB	PLH	HEL	ETC	ETV	PA	DAC	RES	IM	IE	SEE	IG	IT	IM1	IM2	IM3	
TM	1.000																							
PRE		1.000																						
ETO	0.744		1.000																					
ITE	0.929		0.783	1.000																				
PH	0.962		0.783	0.983	1.000																			
IH	0.729		0.669	0.834	0.838	1.000																		
IC		-0.626					1.000																	
IB	0.686	-0.845		0.620	0.636	0.623		1.000																
PLH	0.822		0.751	0.764	0.768	0.625			1.000															
HEL										1.000														
ETC	0.923		0.773	0.990	0.976	0.808			0.754		1.000													
ETV												1.000												
PA	0.947		0.683	0.832	0.901	0.738		0.700	0.712	0.685	0.818		1.000											
DAC													0.666	1.000										
RES															1.000									
IM		0.952						-0.943								1.000								
IE		0.655															1.000							
SEE								-0.611										1.000						
IG																			1.000					
IT	0.931		0.972	0.757	0.837			0.603	0.799		0.759		0.909							1.000				
IM1																					1.000			
IM2																						0.838	1.000	
IM3																						0.866	0.893	1.00

3.2.2.- ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

Ha sido elaborado con la matriz de datos centrada y reducida, eliminando de este modo que las diferentes magnitudes y modalidades tengan peso en el estudio.

El proceso de diagonalización permite la obtención de los autovalores (varianzas de los nuevos Ejes) y los correspondientes autovectores (coordenadas de los Ejes o Componentes Principales) .

El conjunto de los 5 ejes explica el 88.8 % de la variabilidad debida al conjunto de las variables, los 3 primeros Ejes explican el 75.4 %, debido fundamentalmente al primer Eje, que por sí solo explica el 44.5 %. El significado de los primeros Ejes es complejo (los Ejes 4 y 5 apenas intervienen en el modelo).

El primer eje esta correlacionado con las variables de tipo térmico, mientras que el segundo viene a explicar las variables hídricas, por último el tercer eje se encuentra directamente correlacionado con la variable RES (diferencia entre la fecha de reserva "0" y el inicio del período activo de la vid). La gran agrupación de variables con comportamientos similares hace pensar en la elección de un número muy reducido de ellas que las represente con mínima pérdida de información.

En la proyección de los observatorios sobre los ejes, aparecen distanciados térmicamente PAL (Palacios de Goda), MOR (Moraleja del Vino) y SVP (San Vicente de Palacio), en un extremo y al lado contrario VIL (Villanueva del Arenal) y COC (Coca) enlazados con el resto por TAB (Torrecilla de la Abadesa), por otro lado aparecen distanciados SJB (Santiuste de San

Juan Bautista) y OLM (Olmedo) separados por las variables hídricas.

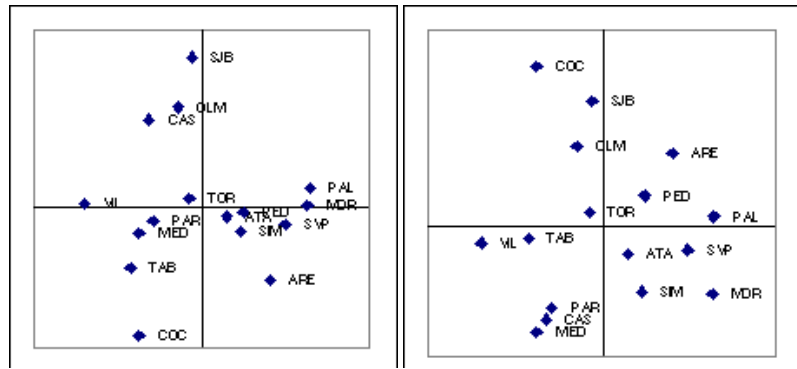


Fig.3.1.- Proyección de los observatorios sobre los ejes a la izquierda sobre los ejes 1 (horizontal) y 2 (vertical) y a la derecha sobre los ejes 1 (horizontal) y 3 (vertical)

3.3.3.- CLASIFICACIÓN AUTOMÁTICA

Se realiza una clasificación jerárquica de los 16 observatorios, siguiendo el método de la estrategia de agregación de Ward.

Por este método observamos una distribución de los observatorios en 5 clases:

Clase 1: PAL, SVP y MOR

Clase 2: VIL, TAB y COC

Clase 3: PAR, MED, TOR y CAS

Clase 4: SJB y OLM

Clase 5: ATA, PED, SIM y ARE

3.4.- MODELO REDUCIDO

Se han dejado de considerar los índices climáticos que no aportaban información acerca del viñedo, y por utilizar en su cálculo variables que ya están incluidas en el estudio.

Se realiza el mismo análisis estadístico (matrices de correlación, análisis de componentes principales, clasificación automática...) que con el modelo completo, los resultados son en todo caso comparables, observando alta correlación entre las variables, mientras que en el análisis de componentes principales el eje 1 sigue relacionado con las variables térmicas y el eje 2 con la hídricas, asimismo se mantiene en la clasificación automática las cinco clases ya propuestas.

Tabla 3.3. Contribución de las variables a las clases

	TM	PRE	ETO	ITE	PH	IH	IC	IB	PLH	HEL	ETC	ETV	PA	DAC	RES
CL 1	0	-1	2	42	0	53	0	0	0	0	1	1	0	0	0
CL 2	0	0	-1	-55	0	-38	0	0	0	0	-1	-1	0	-2	0
CL 3	0	1	-17	-53	0	-25	0	0	-1	0	-1	0	0	1	0
CL 4	0	3	0	3	0	-92	0	0	0	0	0	2	0	0	0
CL 5	0	0	4	27	0	61	0	0	0	0	0	3	0	3	0

Estudiando los resultados de la clasificación automática, en concreto la contribución de las variables a las clases se aprecia que las variables que condicionan la formación de las clases son ETO, ITE e IH.

La relación obtenida entre la varianza entre grupos dividida por la total (88%) indican la bonanza de la partición para los grupos propuestos.

Se ha intentado armonizar el peso de las variables térmicas e hídricas, por ello se ha realizado el estudio utilizando como variables la precipitación, la evapotranspiración potencial y el índice de Wilker .

Del mismo modo, se han realizado la matriz de correlación, ACP y la Clasificación Automática. En el ACP el eje 1 y el eje 2 explican el 93.4 % de la variabilidad. En la tabla 3.4.a , se refleja la contribución de las variables a las clases. Respecto a la clasificación automática según Ward y alrededor de Centros Móviles, los resultado obtenidos son los siguientes.

Clase 1: PAL, SVP y MOR

Clase 2: VIL y COC

Clase 3: PAR, MED y TAB

Clase 4: SJB, ATA, MOR, SIM y ARE

Clase 5: OLM, TOR y CAS

Como se puede apreciar se produce cierta confusión entre las clases, especialmente entre la cuatro y la cinco.

Del análisis estadístico del modelo formado por ETO, ITE e IH, se han obtenido similares resultados a los anteriores, en la clasificación automática según Ward, y también se calcula con la agregación alrededor de Centros Móviles en cinco clases, los observatorios que forman cada una de ellas son los mismos, que en los anteriores modelos, solamente el observatorio Torrecilla de la Abadesa, cambia de clase anteriormente pertenecía a la clase 2 ya ahora pasa a la clase 3, actúa a modo de enlace de una clase a otra.

La relación entre la varianza interclase y la total es del 94% . La contribución de las variables a la distribución en 5 clases se recoge en la tabla 3.4b.

Siguiendo con el proceso de reducción de variables, se realiza el estudio estadístico con las variables ITE e IH, aunque estas dos variables son índices bioclimáticos pero relacionados fundamentalmente con la temperatura, sin relación con la precipitación, pero dadas las características orográficas de la zona (altiplanicie de considerable altitud, 670-870 m con un ligero basculamiento de Sur a Norte), esto provoca que no haya grandes diferencias entre los observatorios en cuanto a temperatura y precipitación.

Estas dos variables, realizan una agrupación de observatorios, en 5 clases igual, a la realizada por las tres variables ETO, ITE e IH. La relación entre la varianza interclase y la total el del 95 % . y la contribución de las variables a las clases se recoge en la tabla(3.4c)

Tabla 3.4. Contribución de las variables a las clases

a)	PRE	ETO	ITE		b)	ETO	ITE	IH		c)	ITE	IH
CLASE 1	-1	5	93		CLASE 1	35	42	42		CLASE 1	44	56
CLASE 2	0	-1	-99		CLASE 2	-8	-36	-25		CLASE 2	-54	-46
CLASE 3	1	-10	-89		CLASE 3	-43	-15	-6		CLASE 3	-70	-30
CLASE 4	0	11	88		CLASE 4	0	1	-16		CLASE 4	3	-97
CLASE 5	31	-36	-34		CLASE 5	14	6	11		CLASE 5	31	69

4.- CONCLUSIONES

La agrupaciones obtenidas en el modelo con 23 variables, 15 variables son idénticos, asimismo el modelo formado por las variable ETO, ITE e IH, puede considerarse igualmente justificado, mientras que el formado por PRE, ETO e ITE aporta unas agrupaciones de algún modo diferentes, pero válidos para una explicación global de la caracterización climática de la zona.

A la vista de los resultados, todas las agrupaciones vienen a confirmar la gran homogeneidad climática existente en la zona. En la tabla 4.1 se recogen los valores de las variables, que permiten separar las cinco zonas.

Tabla 4.1. Valores de distribución de las zonas

	ITE	IH	ETO
1	>1600	>2250	>1125
2	<1250	1800 - 1950	1000-1100
3	1275 1415	1900 - 2100	1000-1100
4	1425 - 1500	<1900	1050-1100
5	1475 - 1525	>2100	1080-1150

Clase 1: PAL, SVP y MOR , que se mantiene constante en todos los casos, corresponde los observatorios con valores de integral térmica más elevados (>1600), así como del índice de Huglin (>2200), y valores de ETO elevados (>1125) presentan los valores más altos de temperatura, (mayores de 13°C) y bajos recursos hídricos. Estos observatorios están situados al Sur de la zona , y en el Oeste de la misma.

Clase 2: VIL, COC y TAB, esta caracterizado por observatorios con los valores más bajos de la integral térmica (<1250), y del

índice de Hugin (1800-1950) el observatorio TAB, actúa de enlace con la clase 3, porque es el que presenta un valor próximo a 1250 y a 1950, respectivamente, mientras que los otros dos observatorios tienen valores menores de 1200 y 1900.

Clase 3: PAR, MED, TOR y CAS, constituye toda la zona central de la D.O. con valores intermedios en las dos variables, (alrededor de 1300 y 2000) ocupa toda la zona central de la zona.

Clase 4: SJB y OLM, caracterizada por valores de ITE entre 1425 y 1500, y de IH <1900, estos dos observatorios se ubican en la zona Sureste de la zona.

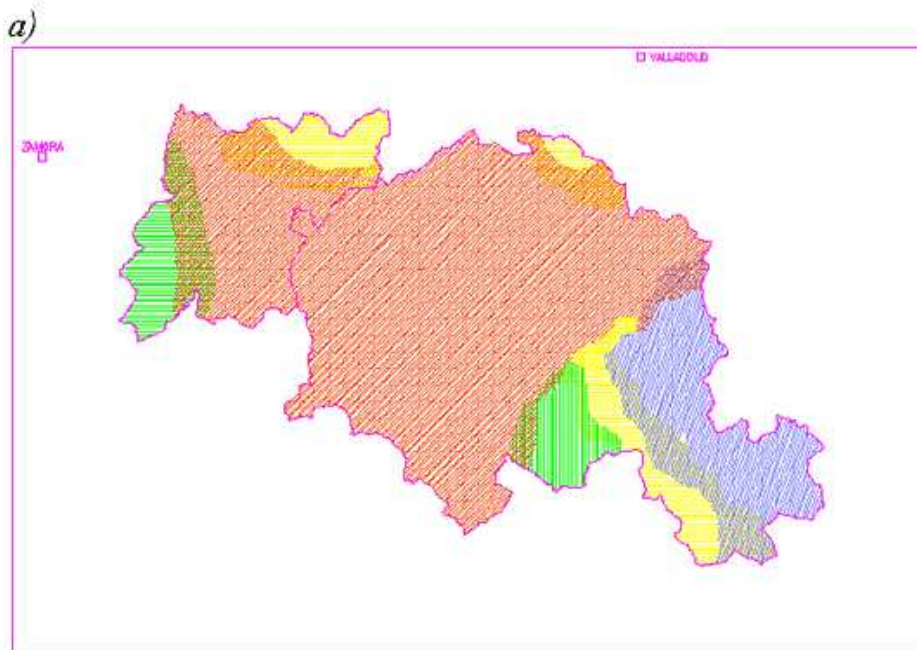
Clase 5: ATA, PED, SIM y ARE, esta clase está caracterizada por los valores más elevados del índice de Hugin (2100-2250) y valores de ITE alrededor de 1500. Están localizados al Norte y al Sureste de la zona.

En la figura 5.1, se muestran las zonas climáticas generadas durante el estudio, los valores medios de cada clase. En la tabla 5.2 se muestran los valores medios de las variables para cada clase, así como los centros de gravedad, reflejando las características ya descritas anteriormente.

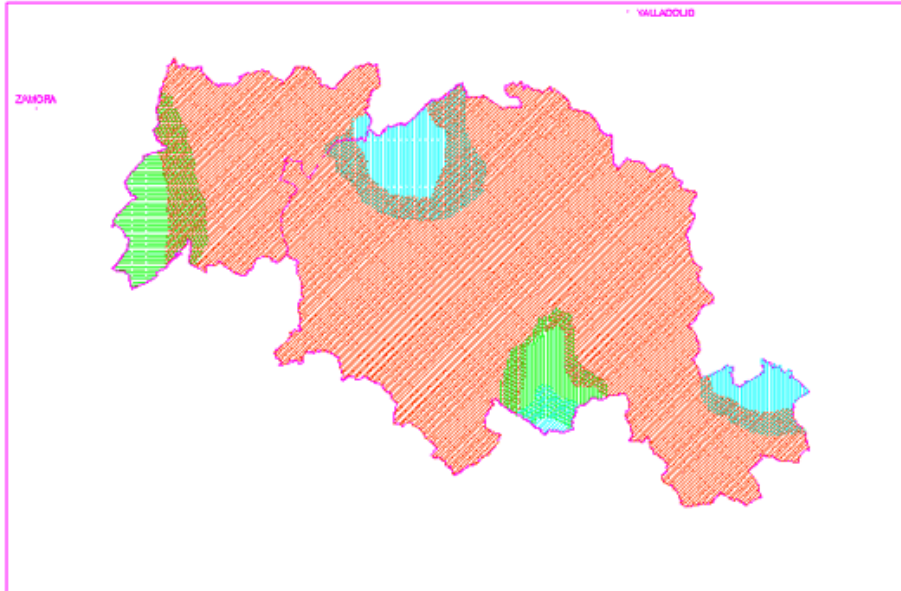
Tabla 4.2. Valores medios de las variables y centros de gravedad (G) de las clases

	TM	PRE	ETO	ITE	PH	IH	IC	IB	PLH	HEL	ETC	ETV	PA	DA	RES	IM	IE	SEE	IG	IT	IM1	IM2	IM3
1	13.1	385	1133	1655	4.8	2310	15	8.8	164	43	698	618	226	254	103	16.7	49.6	1.9	28.1	218	9.3	10.9	6.3
2	11.3	414	1049	1208	3.1	1875	16.1	7.2	135	28.3	638	589	188	175	83.7	19.5	41.7	2.2	23.8	179	7.1	8.4	5.3
3	11.7	424	1038	1359	3.6	2013	16.2	7.3	139	32.8	359	623	195	237	85.3	19.6	73.1	2	27	179	9	10.3	6
4	12.3	442	1089	1472	4.0	1885	15.2	7.3	144	32.5	374	652	201	220	83	19.8	60.7	2.2	27.4	200	7.1	7.9	5.3
5	12.3	403	1110	1511	4.2	2176	16.2	8.0	155	31	678	649	205	248	76	18	60.7	2.2	27.2	198	8.5	9.3	5.6
G	12.1	412	1083	1438	3.9	2068	15.8	7.7	148	33.4	669	626	203	229	85.6	18.7	58.2	2.1	26.7	194	8.4	9.5	5.7

Las agrupaciones, son lo suficientemente estables, como para dividir la zona climáticamente, pero no debe olvidarse que se trata de una zona muy amplia con un número bajo de observaciones, y además con una distribución irregular, sin embargo los resultados confirman la existencia de una zona central, rodeada por otra más amplia que se extendería prácticamente hasta los límites de la región, y solamente en las zonas extremas al Norte y al Oeste de la zona se producirían variaciones climáticas que se corresponderían con observatorios situados a una cota baja (<690m), mientras que la gran variabilidad que ocurre en el Sureste, con mayor densidad de observatorios, se debe a la proximidad de los relieves precámbricos que ejercen su influencia en esta zona, además de presentar las cotas más altas de toda la zona (la mayoría de los observatorios tienen una cota superior a los 800 m).



b)



c)

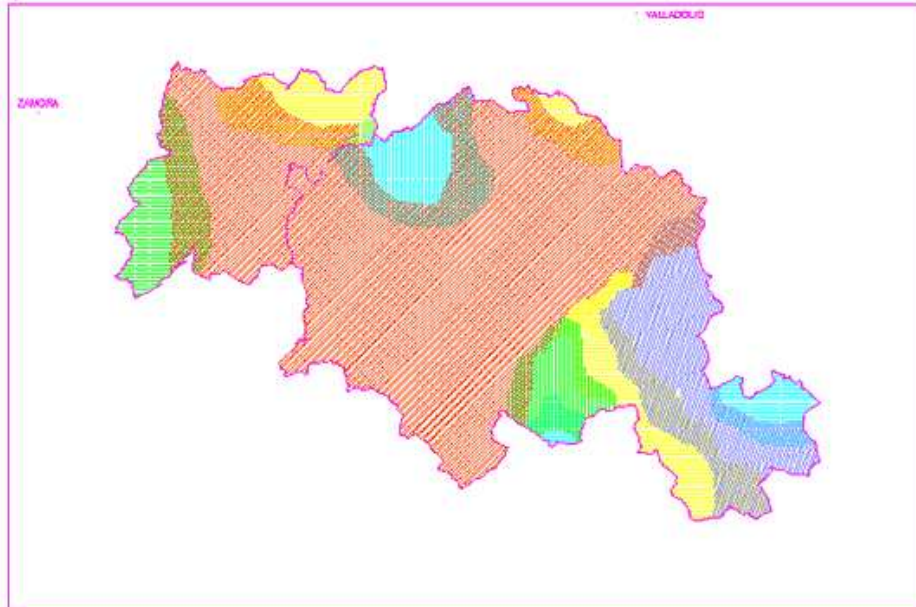


Fig 5.1. a) Zonificación climática generada por IH; b) Zonificación climática

generada por ITE; c) Mapa de distribución de las cinco zonas climáticas caracterizadas en la región

5.- BIBLIOGRAFÍA

BECKER, N.; 1984 Propositions pour une uniformisation des critères topographiques et climatiques. Bull del l'O.I.V., 639: 383-393.

DRY, P.R., SMART, R.E. 1984. An evaluation of heat degree days as a climatic index in Australia. Australian Grapegrower and Winemaker, 21, 248: 12-14.

FREGONI, M., ZAMBONI, M., BOSELLI, M., FRASCHINI, P., SCIENZA, A., VALENTI, L., PANONT, A., BRANCADORO, L., BOGONI, M., FAILLA, O., FILLIPPI, N., LARUCCIA, N., NARDI, I., LEGA, P., ZINONI, F., LIBÉ, A. 1992. Ricerca pluridisciplinare per la zonazione della Val Tidone (Piacenza, Italia).

GÓMEZ, P., 1995. Desarrollo de una metodología edafoclimática para zonificación vitícola: aplicación a la D.O. Ribera de Duero. Tesis doctoral. UPM. Madrid.

GÓMEZ-MIGUEL, V., SOTÉS, V., 1997. Primer Informe para la Delimitación Cartográfica de zonas vitícolas en la D.O. Rueda y Vinos de la Tierra de Medina. OTT. ETSIA. UPM.

GÓMEZ-MIGUEL, V., SOTÉS, V., 1997. Primer Informe para la Delimitación Cartográfica de zonas vitícolas en la D.O. Toro. OTT. ETSIA. UPM

LICUL, R., VUKSANOVIC, P., COLNARIC, J.; 1978. Critères scientifiques permettant la delimitation des zones d'appellation d'origine. Bull de l'OIV, 571: 677-689.

MATASSA, P., DI LENA, B. ANTENUCCI, F.. 1992. Gli indici bioclimatici applicati in un primo studio delle potenzialità viticole dell' Abruzzo. Vignevini, 3: 37-40.

SEOANE, L. F.; 1999. Caracterización, Integración y Análisis Espacial de variables edafo-climáticas. Metodología y aplicación al cultivo del viñedo en la D.O. Ca. Rioja. Tesis doctoral. UPM. Madrid.