

METODO PARA ESTIMAR DIVERSOS ELEMENTOS CLIMATOLOGICOS, Y SU APLICACION EN LA CONFIGURACION DE LAS REDES DE ESTACIONES CLIMATICAS

*F. de Pablo Dávila, C. Tomás Sánchez, J. Garmendía Iraundegui
Departamento de Física del Aire, Facultad de Ciencias, Univ. de Salamanca*

1. Introducción

Los requisitos o condiciones para desarrollar una red de estaciones climatológicas pueden definirse de forma simple, como los necesarios para proveer de suficientes datos y observaciones que permitan explicar con precisión, dentro de ciertos límites específicos, el clima de una región o área determinada.

Una idea de la densidad de las estaciones necesarias a crear, la podemos encontrar en "Guide to Climatological Practices" (WMO n.º 100), en la cual se indica que "donde las condiciones geográficas sean suficientemente uniformes, una estación climatológica ordinaria (1) por cada 1.000 km² será suficiente para la mayoría de los propósitos climáticos".

Asimismo, la demanda de información climática como que todos los tipos de terreno estén satisfactoriamente representados, deben ser condiciones a tener en cuenta. Esto explica que deberá necesitarse un mayor número de estaciones en regiones o áreas industriales y lugares donde el hombre normalmente viva o trabaje, disminuyendo a medida que las necesidades y aplicaciones lo aconsejen.

Idealmente, el número de estaciones donde un elemento climatológico sea observado y cuanti-

ficado, debería ser lo suficientemente amplio para permitir un completo análisis de su distribución geográfica media, frecuencia, valores extremos y otras características de interés. Esto significa que el número y densidad de las estaciones depende enormemente del elemento en cuestión y de las características geo-orográficas de la zona. Así, mientras que para los estudios de la presión atmosférica a nivel del mar, el régimen de vientos o las temperaturas máximas, sería necesaria una distribución de densidad media de las estaciones, para el estudio de las temperaturas mínimas o frecuencia de los frentes y nieblas se necesitaría una alta densidad de observatorios.

En las Notas Técnicas (WMO n.º 265 y WMO n.º 82) se examinan los problemas que entraña la planificación y diseño de las redes de estaciones meteorológicas. Ambas notas señalan que los estudios realizados hasta el momento recomiendan una red fija de estaciones base, para obtener datos en función del tiempo, y otra de estaciones secundarias para la obtención de datos en función de aspectos geográficos. Asimismo, se hace una generalización del método de interpolación óptimo que permita determinar las medias espaciales de los elementos meteorológicos; además se obtienen funciones de correlación de diversos elementos promediados, analizando una gran cantidad de datos iniciales observados. Con ayuda de estos estudios y funciones se ha evaluado la densidad necesaria de una red de estaciones.

Teniendo presentes todos estos conceptos y desarrollos, y como posibilidad de afrontar estos

(1) La definición de estación climatológica ordinaria puede encontrarse en «Manual on the Global Observing System», (W.M.O. n.º 554), y está referida a la observación diaria de temperaturas extremas, así como de la precipitación observada.

mismos problemas desde un aspecto diferente, proponemos en este trabajo un nuevo método en la determinación de las estaciones base que configuren la red climatológica. Este método básicamente consiste en:

- Proponer ciertos parámetros o factores geo-climáticos característicos de cada zona, sencillos en su determinación y que mediante su posterior tratamiento matemático-estadístico, permitan obtener relaciones empíricas concordantes en un alto grado con los valores reales observados.
- Poner a punto y desarrollar ecuaciones que sean capaces de evaluar las distintas variables climáticas de manera localista y zonal, y sirvan para el conocimiento de sus características climáticas.
- Partiendo de los puntos anteriores, introducir, proponer o mejorar las condiciones, que bajo aspectos científicos simples y económicamente rentables, deben reunir los diversos emplazamientos o estaciones meteorológicas. Asimismo delimitar para cada zona, el menor número representativo de estaciones con las que se pueda tener información completa, y ser valorados o estimados los elementos climatológicos más importantes, así como sus posibles funciones o combinaciones (Índices climáticos).

2. Aspectos teóricos

Aunque muchos han sido los autores que han abordado el tema de las relaciones entre los Elementos del clima y diversos parámetros, la inmensa mayoría se han remitido a calcular las relaciones con uno de estos elementos: la precipitación, debido a que es el elemento climático más común y del que más se habla, ya sea por su escasez o exceso.

La realidad es sin embargo que sobre los cinco elementos climáticos considerados por diversos autores, Hallaire (1984) y Choissnell (1984), como más comunes e importantes —precipita-

ción, temperatura, humedad relativa del aire, radiación-insolación y velocidad del viento—, presentan gran influencia una serie de factores denominados geo-climáticos que podemos englobar bajo dos tipos de efectos: los orográficos y los de continentalidad.

El efecto orográfico se puede desglosar a su vez, en otros dos factores como son, la altitud de las estaciones y la topografía local de las mismas, dentro de un radio de acción considerado. Estos dos factores influyen notablemente en cuanto a la estabilidad o inestabilidad de las masas de aire, presentando además una gran influencia en la distribución de los vientos, así como en los enfriamientos o calentamientos de las mencionadas masas de aire, provocados estos efectos por la presencia de anomalías en la superficie del terreno, siendo por lo tanto estos factores parte importante en la estimación del elemento temperatura.

La humedad relativa del aire es un elemento climático íntimamente relacionado a la temperatura, por lo que tanto la altitud, como diversos factores orográficos producirán efectos que repercuten en las variaciones de humedad en el aire. Por lo que respecta a la dependencia de la precipitación respecto de estos factores geo-climáticos, no parece necesario indicarla aquí, estando corroborada ampliamente en la bibliografía existente.

En cuanto al efecto de continentalidad, sea la zona objeto de estudio costera o del interior, podemos afirmar que diversas distancias y parámetros relacionados con este efecto, son factores fundamentales en el estudio de los elementos meteorológicos, y como tal las hemos elegido para efectuar nuestros cálculos.

Spackman y Singleton (1982) han formulado la representación de un elemento climatológico (X) en un día (i), para la estación climatológica (j), mediante el uso de una expresión factorial de la forma

$$X_{ij} = a_{i1} f_{1j} + a_{i2} f_{2j} + \dots + a_{in} f_{nj} + r_i$$

donde

- f_{ij} f_{nj} son factores de la estación (j) considera.
- a_{i1} a_{in} son coeficientes específicos del día (i).
- r_{ij} es una constante que engloba los errores y residuos del día en cuestion.

Los autores encontraron que el 85 % del total de la varianza de X_{ij} podía ser descrito mediante la combinación de los primeros 15 factores (f_{i1} f_{i15}), y sus correspondientes coeficientes (a_{i1} a_{i15}). Los factores son variables dependientes de cada estación y resultan de las características físicas de la zona o sus combinaciones; mientras que los coeficientes dependen de la situación sinóptica existente.

En nuestro trabajo y como ejemplo ilustrativo del método propuesto que pudiera ser extrapolado a otras zonas, teniendo siempre en cuenta que los factores geo-climáticos capaces de estimar los diversos elementos meteorológicos deben ser determinados para cada región climatológicamente homogénea, hemos aplicado nuestras consideraciones teóricas a la cuenca hidrográfica del río Duero. Proponemos en el mismo una relación entre cada elemento o variable climática a estudiar, y cinco factores geo-climáticos de la forma que a continuación expondremos, donde se tiene en cuenta no sólo las aportaciones de los factores en su forma simple o lineal, sino las formas de segundo orden o cuadráticas de los factores considerados.

La relación matemática empleada es:

$$X_i = f(H_i, H_i^2, \Delta h_3, \Delta H_i, D_i, D_i^2)$$

donde los factores geo-climáticos elegidos son:

- H altitud del observatorio (m).
- Δh_3 laplaciana de la altitud con un radio de 3 km. Su cálculo se ha realizado siguiendo las consideraciones teóricas expuestas por Hernández Fuentes (1974)

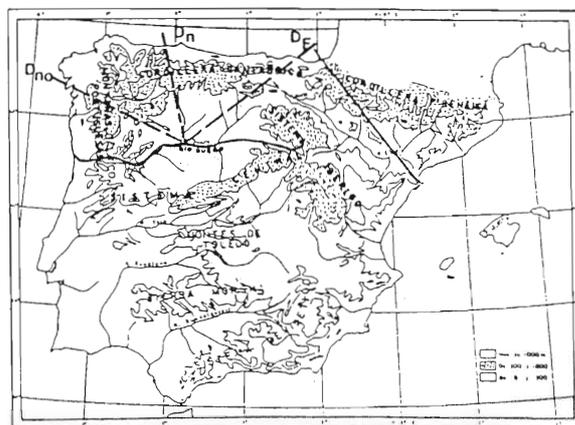
(m/km^2), y describe la curvatura del terreno.

- D_i diversas distancias al mar o a los centros de bajas presiones. En nuestro caso hemos empleado las siguientes:
- D_N distancias al mar en dirección norte (orientación 343°) (km).
- D_{NO} distancias al mar en noroeste (orientación 291°) (km).

Estas distancias han sido corregidas teniendo en cuenta la distribución de precipitación existente a lo largo de las costas Cantábrica y Gallega.

Su explicación reside en la variación y decrecimiento paulatino que la intensidad de los centros de baja presión, presentan a medida que se alejan del origen o punto de formación; la corrección ha consistido en dividir las correspondientes distancias existentes entre la estación y la costa con esa orientación, por el valor que presentan las isoyetas a lo largo de las costas en esas direcciones mencionadas (km).

- D_E distancia en dirección este. Viene a expresar la influencia sobre la zona de una de las trayectorias más comunes de los centros de baja presión que afectan a la Península Ibérica, y en especial a la cuenca del río Duero. Estas depresiones efectúan su paso del mar Cantábrico al mar Mediterráneo a través del sur de Francia (mapa I), y su cálculo se ha efectuado midiendo las distancias de las es-



Mapa I.—Orientaciones elegidas.

taciones empleadas, con una dirección perpendicular a la línea de la trayectoria indicada. Esta línea es aproximadamente paralela a una línea imaginaria que uniera Irún (Guipúzcoa) con la desembocadura del río Ebro en Tortosa (Tarragona), y además presenta la trayectoria una dirección paralela al Sistema Ibérico, sistema montañoso que de-

milita por su parte noroeste la Cuenca del río Duero, y que en cierta medida conforma su clima (km).

Todos estos factores pueden ser consultados con mayor profundidad en De Pablo, F. (1984). Sus valores para los observatorios de referencia pueden verse en la Tabla I.

TABLA I
OBSERVATORIOS DE REFERENCIA Y FACTORES GEOCLIMATICOS

Observatorio	Longitud	Latitud	H(m)	Lap ₃ (m/Km ²)	D _N (Km)	D _{NO} (Km)	D _E (Km)
1. Avila	4° 42'	40° 39'	1.131	1,78	350	265	356
2. Burgos	3° 42'	42° 20'	861	11,11	103	398	186
3. León (V. del Camino)	5° 39'	42° 20'	913	-9,44	116	225	292
4. Palencia	4° 32'	42° 01'	734	12,11	173	354	264
5. Salamanca (Matacán)	5° 29'	40° 56'	795	4,33	273	212	390
6. Segovia	4° 07'	40° 57'	1.002	-1,78	295	259	302
7. Soria	2° 28'	41° 46'	1.063	-1,89	136	492	146
8. Valladolid (Villanubla)	4° 50'	41° 42'	845	-3,33	224	250	296
9. Zamora	5° 45'	41° 30'	630	8,67	217	176	372

3. Resultados experimentales

En este apartado explicamos cómo es posible valorar o estimar los diversos elementos del clima propuestos, partiendo de una región múltiple con los factores geo-climáticos indicados en el apartado anterior. Hemos efectuado un estudio de las relaciones cuantitativas existentes en los elementos: precipitación, temperatura, humedad, radiación-insolación y viento, con factores geográficos y topográficos previamente seleccionados, valorando su influencia y aportación individual.

La zona estudiada ha sido la Cuenca Hidrográfica del río Duero, que ocupando una superficie de 78.972 km², casi la totalidad de la submeseta septentrional, es la segunda en importancia después de la del río Ebro (mapa II). Se han extraído y promediado los datos correspondientes a los elementos climáticos mencionados Tabla II, de nueve estaciones meteorológicas toma-

das como observatorios de referencia que indicamos en la tabla I. Su elección viene motivada por ser las únicas en la zona de estudio que poseen datos de todos y cada uno de los elementos a estudiar. Los valores promedios están consti-



Mapa II.—Cuenca del río Duero. Situación de las estaciones climatológicas.

TABLA II
VALORES PROMEDIO DE LOS ELEMENTOS CLIMATICOS

Observatorio	Temperatura-T (°C)	Viento-U (Km/día)	Humedad-Hu (%)	Precip.-R (mm)	Radiac.-G (Mj/m ² día)
	(1951-1980)	(1951-1980)	(1951-1980)	(1961-1980)	(1950-1973)
1. Avila	10,5	241	59	343	15,3
2. Burgos	10,7	178	70	554	14,1
3. León (V. del Camino)	10,6	258	67	573	15,5
4. Palencia	11,7	215	68	369	14,8
5. Salamanca (Matacán)	11,7	310	70	391	15,2
6. Segovia	11,5	168	63	469	14,5
7. Soria	10,3	209	66	533	14,3
8. Valladolid (Villanubla)	11,8	257	62	486	15,1
9. Zamora	12,3	225	67	412	15,0

ción R, y los cinco factores geo-climáticos elegidos para su valoración, teniendo en cuenta tanto su contribución en forma lineal, como la debida a las formas de segundo orden o de tipo polinomial cuadrática.

Presentamos los resultados obtenidos en los listados L-1 y L-2 en donde podemos apreciar de izquierda a derecha (L-1) el número y orden de prelación o influencia de los factores geo-climáticos aceptados estadísticamente; los coeficientes de correlación acumulados (múltiple R); los coeficientes de determinación acumulados o porcentajes de explicación del elemento (R square); los coeficientes de determinación simples o tuidos por las medias anuales y mensuales del período comprendido entre 1961-1980 ambos inclusive. El tratamiento de los datos lo hemos llevado a cabo empleando el programa "Análisis de Regresión Múltiple", perteneciente al manual de programación SPSS por Nie, N. H. y otros (1973).

3.1. Resultados para la precipitación

Hemos planteado un análisis de la regresión múltiple existente entre el elemento precipitación individuales, así como los coeficientes de correlación individuales (RSQ change, simple R); y por último los coeficientes normalizados de la ecuación de valoración propuesta u obtenida (B).

En L-2 podemos observar el número de or-

den de los observatorios empleados (Seqnum); los valores teóricos u observados de precipitación (R observed); los valores deducidos o estimados según la ecuación propuesta (R predicted) y la diferencia entre ambos valores para cada observatorio (Residual). En la parte derecha del listado aparece la gráfica correspondiente a los valores residuales normalizados frente al valor promedio en unidades de desviación standard.

Para este elemento observamos cómo se alcanza un coeficiente de correlación múltiple acumulado de prácticamente la unidad ($r = 0,999$), indicándonos de este modo que mediante estos factores geo-climáticos y este tipo de relación propuesta, la explicación del elemento precipitación es total, en las estaciones empleadas. En el listado L-2 apreciamos cómo los valores deducidos, respecto a los observados presentan una desviación nula, confirmando los resultados antes mencionados. Hemos de indicar que el pequeño número de estaciones empleadas y la poca oscilación de sus valores, hace que estos resultados tengan mayor importancia cualitativa que cuantitativa.

Según lo expuesto, la ecuación deducida, capaz de valorar la precipitación promedio anual observada en los nueve observatorios empleados es:

$$R = 2,492 + 1,3 D_N + 94,2 Lap_3 - 5,7 D_E + 2,5 D_{NO} - 10,5 Lap_3 - 72,6 D_{NO}^2 - 0,70 H$$

PRECIPITACIONES

..... MULTIPLE REGRESSION VARIABLE LIST
REGRESSION LIST

DEPENDENT VARIABLE: R		PRECIPITACION		SUMMARY TABLE			
VARIABLE		MULTIPLE R	R SQUARE	RSQ CHANGE	SIMPLE R	B	RET
DN	DISTANCIA NORTE	.71825	.51589	.51589	-.71876	-.1320137+001	1.30
LAP3	LAPLAC	.88195	.77783	.26193	-.45870	+.971862+002	8.01
DE	DISTANCIA ESTE	.83546	.80186	.07403	-.63395	-.5774437+001	-5.63
DNO	DISTANCIA NOROESTE	.90531	.81959	.01774	-.38812	-.2540958+001	3.16
LAPC3	LAPLAC CUADRADO	.92247	.85094	.03135	-.36612	-.1055367+002	-9.10
DNO2	DISTANCIA NOROESTE CUADRADO	.95936	.92037	.06943	-.41649	-.7260603+002	-5.48
H	ALTITUD	.99999	.99998	.07961	-.17196	-.7030613+000	-1.31
(CONSTANT)						-.2492028+004	

L-1.—Coef. de correlación, porcentajes de explicación y coef. de la ecuación deducida.

..... MULTIPLE REGRESSION
DEPENDENT VARIABLE: R FROM VARIABLE LIST 1
REGRESSION LIST 1

SEQNUM	OBSERVED R	PREDICED R	RESIDUAL	PLOT OF STANDARDIZED RESIDUAL				
				-2.0	-1.0	0.0	1.0	2.0
1	343.4000	343.0803	-.3156587			*		
2	554.0000	553.8112	-.1880852			*		
3	572.8000	572.9080	-.1080368			*		
4	360.5000	360.7015	-.2014727			*		
5	391.1000	391.2422	-.1422053			*		
6	469.1000	469.6953	-.5952803			*		
7	533.2000	533.2729	-.0791193+001			*		
8	486.2000	485.6221	.5778771			*		
9	411.9000	411.8664	.0356598+001			*		

L-2—Valores empleados; valores deducidos y diferencia entre ambos. Gráfica de la desviación de los residuos.

3.2. Resultados para la temperatura

Efectuamos un proceso similar al anterior, planteando una regresión múltiple, entre el elemento climático temperatura y los factores geo-climáticos propuestos para su explicación, teniendo en cuenta sus formas lineales y cuadráticas.

Los resultados, similares en estructura a los anteriormente descritos, los presentamos en los listados L-3 y L-4. El coeficiente de correlación acumulado es $r = 0,998$ y la explicación de la temperatura a partir de estos factores es la siguiente: un 63,6 % del total es explicado por la altitud del observatorio; el 25,8 % por la distancia al mar en dirección norte; un 6,9 %, 1,1 % y 1,5 % lo explican las formas cuadráticas de la distancia al mar en dirección norte, distancia al paso de bajas presiones en dirección este y por la laplaciana de la altitud, siendo explicado el 0,1 % del elemento el cuadrado de la altitud del observatorio y un 0,4 % la distancia al mar con orientación noroeste.

La explicación total de la temperatura partiendo de estos geo-factores es del 99,7 %.

La ecuación estimada para valorar la temperatura es:

$$T = 7,29 + 0,59 \cdot 10^{-2}H + 0,29 \cdot 10^{-1}D_N - 0,60 \cdot 10^{-4}D_N^2 - 0,49 \cdot 10^{-5}D_E^2 + 0,30 \cdot 10^{-2}Lap_3^2 - 0,37 \cdot 10^{-5}H^2 - 0,40 \cdot 10^{-2}D_{NO}$$

En L-4 observamos cómo los valores medidos de la temperatura, los deducidos según la ecuación anterior, así como sus residuos y su gráfica correspondiente, presentan un ajuste casi perfecto, indicando la alta significación del método propuesto.

3.3. Resultados para la humedad relativa del aire

Realizando un proceso similar a los anteriores entre el elemento humedad relativa del aire y las formas simples y de segundo orden de los factores geo-climáticos, los resultados obtenidos los vemos en los listados L-5 y L-6. El coeficiente

TEMPERATURA

..... MULTIPLE REGRESSION VARIABLE LIST
REGRESSION LIST

DEPENDENT VARIABLE.. T TEMPERATURA

SUMMARY TABLE

VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARE	R SQ CHANGE	SIMPLE R	B	BET
H ALTITUD	.75778	.63645	.63645	-.79778	-.5975012-002	1.34
DN DISTANCIA NORTE	.94605	.82502	.25857	.26985	-.2963766-001	3.51
DN2 DISTANCIA NORTE CUADRADO	.98184	.96402	.06900	-.12832	-.6038900-004	-3.18
DE2 DISTANCIA ESTE CUADRADO	.98777	.97570	.01168	-.53745	-.4952189-005	-.31
LAPC3 LAPLAC CUADRADO	.99557	.99117	.00157	-.33828	-.3077391-002	-.31
H2 ALTITUD CUADRADO	.99648	.99297	.00181	-.78391	-.3759999-005	-1.50
DNO DISTANCIA NOROESTE	.99851	.99702	.00404	-.67980	-.4061273-002	-.60
(CONSTANT)					.7293109+001	

L-3—Coef. de correlación, porcentajes de explicación y coef. de la ecuación deducida.

..... MULTIPLE REGRESSION
REGRESSION LIST

DEPENDENT VARIABLE: T FROM VARIABLE LIST 1
REGRESSION LIST 1

SEQNUM	OBSERVED T	PREDICTED T	RESIDUAL	PLOT OF STANDARDIZED RESIDUAL				
				-2.0	-1.0	0.0	1.0	2.0
1	10.50000	10.52141	-.2141168-001			*		
2	10.70000	10.65267	-.4732530-001			I*		
3	10.60000	10.63471	-.3471439-001			*		
4	11.70000	11.77828	-.7827947-001			**		
5	11.70000	11.68749	-.5250814-001			*		
6	11.50000	11.47592	-.2407888-001			*		
7	10.30000	10.28565	-.1434789-001			*		
8	11.80000	11.79755	-.2448554-002			*		
9	12.30000	12.26630	-.3369639-001			*		

L-4—Valores empleados; valores deducidos y diferencia entre ambos. Gráfica de la desviación de los residuos.

HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE

..... MULTIPLE REGRESSION VARIABLE LIST
REGRESSION LIST

DEPENDENT VARIABLE.. HU HUMEDAD

SUMMARY TABLE

VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARE	R SQ CHANGE	SIMPLE R	B	BET
DN2 DISTANCIA NORTE CUADRADO	.70388	.49544	.49544	-.70388	-.5181968-003	-5.20
DE2 DISTANCIA ESTE CUADRADO	.81367	.66205	.16661	-.13944	-.1938579-003	-2.37
DNO DISTANCIA NOROESTE	.89448	.80010	.11380	-.10767	-.1153925+000	3.28
LAP3 LAPLAC	.93633	.87671	.07662	-.46159	-.4691648+001	9.14
DNO2 DISTANCIA NOROESTE CUADRADO	.93924	.88217	.00546	-.16386	-.2350194-003	-4.05
LAPC3 LAPLAC CUADRADO	.94751	.89777	.01561	-.42651	-.4491661+000	-8.85
DN DISTANCIA NORTE	.98001	.96042	.06254	-.67053	-.2092573+000	4.72
(CONSTANT)					-.553845+002	

L-5—Coef. de correlación, porcentajes de explicación y coef. de la ecuación deducida.

..... MULTIPLE REGRESSION
REGRESSION LIST

DEPENDENT VARIABLE: HU FROM VARIABLE LIST 1
REGRESSION LIST 1

SEQNUM	OBSERVED HU	PREDICTED HU	RESIDUAL	PLOT OF STANDARDIZED RESIDUAL				
				-2.0	-1.0	0.0	1.0	2.0
1	59.00000	59.26802	-.2680189			*I		
2	70.00000	70.65948	-.6594796			I*		
3	67.00000	67.53233	-.4676733			I*		
4	68.00000	67.23449	-.7655081			I*		
5	70.00000	69.36939	-.3063271-001			*		
6	63.00000	62.06022	-.9397825			I*		
7	66.00000	66.78264	-.7826367			I*		
8	62.00000	63.47357	-.4735744			*		
9	67.00000	67.05476	-.0547617-001			*		

L-6—Valores empleados; valores deducidos y diferencia entre ambos. Gráfica de la desviación de los residuos.

de correlación acumulado es de $r = 0,98$ y la explicación total del elemento es de un 96,0 %. Este porcentaje de explicación o coeficiente de determinación se obtiene mediante las contribuciones realizadas por los valores cuadráticos de las distancias en dirección norte, dirección este, dirección noroeste y laplaciana de la altitud, además de las aportaciones de las formas simples de la distancia al mar en dirección noroeste y norte, así como de la laplaciana de la altitud.

La ecuación deducida, capaz de valorar este elemento es:

$$Hu = 55,9 - 0,51 \cdot 10^{-3} D_N^2 - 0,19 \cdot 10^{-2} D_E^2 + 0,11 D_{NO} + 4,6 Lap_3 - 0,23 \cdot 10^{-3} D_{NO}^2 - 0,44 Lap_3^2 + 0,20 D_N$$

En el listado L-6 análogamente a los anteriores se aprecian los valores observados, deducidos según la anterior ecuación, y residuos de la humedad relativa del aire, así como la gráfica de estos últimos valores respecto del valor promedio en unidades de desviación típica. Vemos que el ajuste de los valores observados frente a los deducidos es excelente.

3.4. Resultados para la radiación-insolación y el viento

A fin de no pecar de reiterativos, exponemos a continuación, solamente los resultados obtenidos para estos dos elementos climáticos, teniendo en cuenta el análisis de regresión múltiple efectuado entre ambos elementos y los factores geo-climáticos propuestos L-7, L-8, L-9, L-10.

A la vista de estos resultados, los razonamientos y observaciones son similares a los efectuados para los anteriores elementos climáticos, haciendo notar la alta significación en los coeficientes de correlación obtenidos y por lo tanto la correcta aplicación del método para su estimación.

4. Consideraciones sobre los resultados obtenidos

A la vista de todo lo expuesto en los apartados anteriores podemos generalizar las siguientes conclusiones:

RADIACION-INSOLACION

..... MULTIPLE REGRESSION

DEPENDENT VARIABLE.. 6 RADIACION		SUMMARY TABLE					VARIABLE LIST
		MULTIPLE R	R SQUARE	RSQ CHANGE	SIMPLE R	B	BET
DND2	DISTANCIA NORDESTE CUADRADO	.75544	.57068	.57068	-.75544	-.5394547-004	7.35
LAP3	LAPLAC CUADRADO	-.82157	.67498	.10429	-.46955	-.1035144-002	.16
DE	DISTANCIA ESTE	.63037	.68951	-.01453	.73640	-.9877622-001	17.41
DN	DISTANCIA NORTE	-.86345	.74555	-.05604	.32511	-.6998651-002	-1.25
DE2	DISTANCIA ESTE CUADRADO	.92410	.85396	.10842	.69900	-.1248803-003	-12.10
DNO	DISTANCIA NORDESTE	-.96676	.93463	.08067	-.71929	-.1455483-001	-3.27
LAP3	LAPLAC	.96803	.43708	.00245	-.36900	-.4602969-001	-.70
CONSTANT						-.1633472+001	

REGRESSION LIST

L-7—Coef. de correlación, porcentajes de explicación y coef. de la ecuación deducida.

..... MULTIPLE REGRESSION

DEPENDENT VARIABLE: 6	FROM	VARIABLE LIST 1	REGRESSION LIST 1	PLOT OF STANDARDIZED RESIDUAL				
SIGNATURE	OBSERVED	PREDICTED	RESIDUAL	-2.0	-1.0	0.0	1.0	2.0
1	15.26000	15.13943	-.1205677			I		
2	14.13000	14.06712	-.06288161-001			I*		
3	15.51000	15.54296	-.03296164-001			-I		
4	14.84000	14.90542	-.06542295-002			-E		
5	15.17000	15.22638	-.05638120-001			*I		
6	14.86000	14.67272	-.1872728			I		
7	14.29000	14.31519	-.02509871-001			*I		
8	15.09000	14.89298	-.1970702			I		
9	15.05000	15.09688	-.1467688-001			*		

L-8—Valores empíricos, valores deducidos y diferencia entre ambos. Gráfica de la desviación de los residuos.

VIENTO

..... MULTIPLE REGRESSION

DEPENDENT VARIABLE.. U		VIENTO		SUMMARY TABLE				VARIABLE LIST	REGRESSION LIST
VARIABLE		MULTIPLE R	R SQUARE	R SQ CHANGE	SIMPLE R	B	BET		
DEZ	DISTANCIA ESTE CUADRADO	.63279	.40042	.40042	.63279	-.5534012-002	5.40		
DM	DISTANCIA NORTE	.71382	.50955	.10913	.20032	-.2268696+001	-4.38		
DMO	DISTANCIA NORDESTE	.79902	.63843	.12888	-.44512	-.1674456+000	-.40		
LAP3	LAPLAC	.88598	.78497	.14654	-.24647	-.5768887+002	-9.60		
LAPC3	LAPLAC CUADRADO	.94332	.88986	.10489	-.37808	.5464895+001	9.20		
DMOZ	DISTANCIA NORDESTE CUADRADO	.95137	.90510	.01524	-.46071	.1994769-002	2.94		
DMZ	DISTANCIA NORTE CUADRADO	.96600	.93316	.02806	.15573	.3188060-002	2.73		
ICONSTANTJ						-.1067330+003			

L-9—Coef. de correlación, porcentajes de explicación y coef. de la ecuación deducida.

..... MULTIPLE REGRESSION

DEPENDENT VARIABLE: U	FROM	VARIABLE LIST 1	REGRESSION LIST 1	PLOT OF STANDARDIZED RESIDUAL				
SEQNUM	OBSERVED U	PREDICTED U	RESIDUAL	-2.0	-1.0	0.0	1.0	2.0
1	241.0000	236.9256	4.074396			I*		
2	178.0000	167.9747	10.025322			I*		
3	258.0000	265.1095	-7.109527			I		
4	215.0000	226.6372	-11.63718			I		
5	310.0000	310.4654	-.4653650			*		
6	168.0000	182.2865	-14.28649			I		
7	209.0000	212.3043	-3.304267			I		
8	257.0000	234.5973	22.40266			I		
9	225.0000	224.6995	.3004632			*		

L-10—Valores empleados; valores deducidos y diferencia entre ambos. Gráfica de la desviación de los residuos.

- Un estudio detallado de las condiciones o *factores geo-climáticos* fundamentales, que en cada región inciden de manera directa en los distintos elementos meteorológicos, es punto de partida del método por nosotros propuesto.
- Debe efectuarse una elección objetiva de los distintos observatorios o estaciones, que presenten valores extremos y medios de los citados factores geo-climáticos, de forma que cubran o comprendan la totalidad de las condiciones necesarias para la valoración y estima de cada elemento o *variable* meteorológica en toda la región.
- Las características geográficas determinarán la elección de las estaciones de referencia, y estos mismos factores geoclimáticos propuestos servirán como método operativo en la planificación y reestructuración del número y calidad de estaciones-observatorios existentes en la zona a estudiar.
- Se obtendrán mediante precisos cálculos estadísticos-matemáticos, las distintas ecuaciones de valoración para cada elemento en cuestión, partiendo de los observatorios tomados como estaciones de referencia, anteriormente elegidos.
- Una vez obtenidas las anteriores ecuaciones, podrá efectuarse un proceso de interpolación en la mismas, para cualquier lugar que presente condiciones o factores geo-climáticos comprendidos entre los valores extremos empleados para las estaciones de referencia.
- De este modo se conseguirá, partiendo de un número mínimo de estaciones de referencia, con valores geo-climáticos que comprendan o abarquen todos los existentes en la zona a estudiar, obtener ecuaciones de valoración capaces de estimar, directamente o mediante interpolación, los distintos elementos meteorológicos que son indicadores en última instancia del clima de la zona.

- Asimismo hemos de indicar que para ciertas aplicaciones climáticas donde es necesario poner en evidencia alguna característica más acusada de una región, o tener en cuenta fines determinados, se utilizan los denominados índices climatológicos. Estos índices suelen ser funciones más o menos complejas de los elementos meteorológicos, y por lo tanto podrán ser también valorados, estimados e interpolados mediante la obtención de sus correspondientes ecuaciones o regresiones múltiples basadas en los distintos factores geo-climáticos propuestos para cada zona.
- Por último hay que hacer constar que este trabajo pretende ser una primera introducción al tema. La carencia de datos en algunos de los elementos climáticos estudiados, debido a la inexistencia de su observación en las estaciones de la Cuenca, no permite que el análisis efectuado pueda ser considerado perfecto desde aspectos cuantitativos, si bien de forma cualitativa y como modelo para su posterior ampliación, puede ser aceptado.

Bibliografía

- CHOISNEL, E. (1984): "Methodologie d'étude des climats de moyenne montagne en bioclimatologie humaine". La Météorologie, VII serie, n.º 3, juin-aout.
- HALLAIRE, M. (1984): "Mesures meteorologiques pour l'agriculture". La Météorologie, VII serie, n.º 3, juin-aout.
- HERNÁNDEZ FUENTES, J. A. (1974): "Importancia de la laplaciana de la altitud en las cantidades de precipitación recogidas". Tesis Doctoral de Ciencias, U. de Salamanca.
- NIE, N. H. and others (1975): "Statistical Package for the Social Sciences". McGraw-Hill Book Company, 2th Ed. N. Y.
- DE PABLO, F. (1984): "Nuevo método para la estimación de los valores de los distintos elementos climatológicos. Aplicación a la Cuenca del Río Duero". Res. de Tesis Doctorales, T-C 376, U. de Salamanca.
- SPACKMAN, E. A. y SINGLETON, F. (1982): "Recent developments in the quality control of climatological data". Meteorol. Mag. 111, 301-311.
- World Meteorological Organization
- 1958 "Design of hydrological networks". Geneva, WMO n.º 82.
- 1960 "Guide to climatological Practices". Geneva, WMO n.º 100.
- 1970 "The Planning of meteorological station networks". Geneva, WMO n.º 265.
- 1981 "Manual on the global observing System". vol. I. Geneva, WMO n.º 354.