
UNA MAYOR PERSPECTIVA HISTORICA, UTIL PARA LA PLANIFICACION HIDROLOGICA

Por José Ramón Témez Peláez*
Dr. Ing. de Caminos, Canales y Puertos

Nota de la Redacción

En los primeros días del pasado mes de mayo, se celebraron en Murcia las IV Jornadas Españolas de Presas, entre cuyas ponencias se presentó la que da origen al artículo que reproducimos a continuación.

La palpitante actualidad que tiene este tema nos ha llevado a solicitar del Comité Español de Grandes Presas la autorización pertinente para publicar este trabajo, haciendo una excepción en la norma vigente de que los artículos que recogemos en la ROP no hayan sido publicados con anterioridad. Situaciones excepcionales, como la que ahora vive nuestra península, justifican que demos la máxima difusión a aquellos trabajos que señalan, con evidente rigor técnico, las perspectivas que aparecen en nuestra planificación hidrológica, y que presentan una rara oportunidad en momentos en que se discute en tantos niveles el PHN.

Agradecemos, pues, muy vivamente al Comité Español de Grandes Presas, y a su Presidente D. José Luis Guitart, la autorización que nos han dado para esta publicación.

1. Introducción

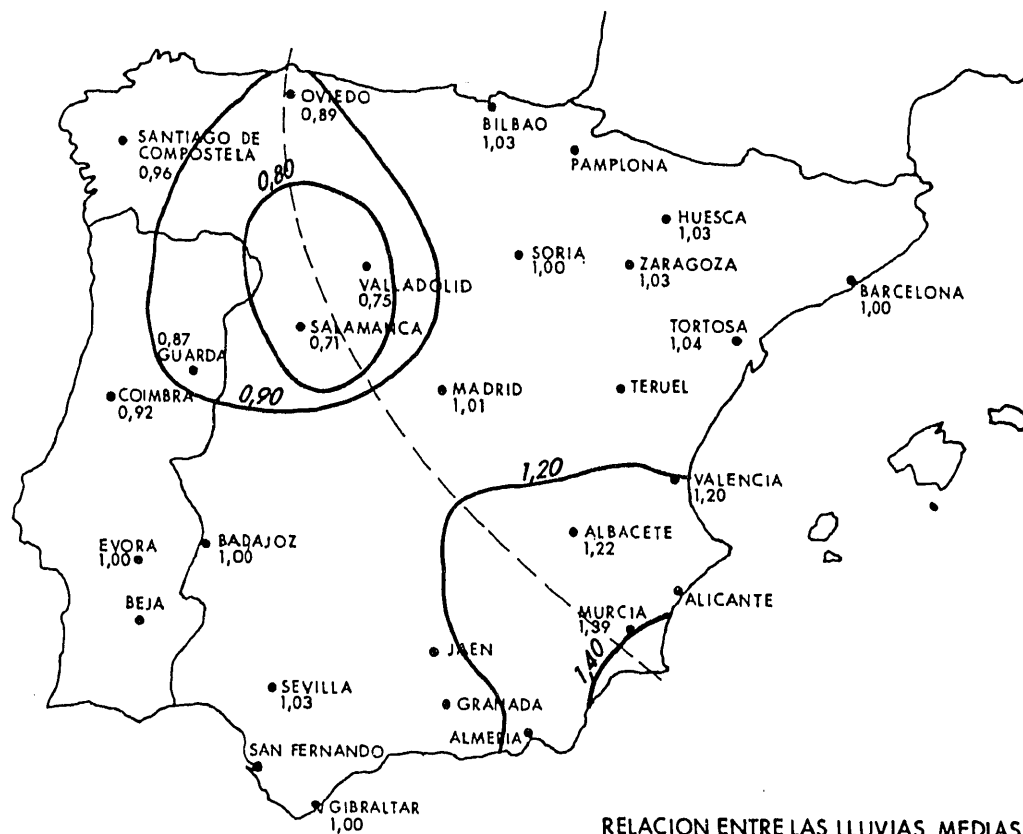
En esta comunicación se presenta un avance de la primera fase del estudio que el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX está desarrollando para la Dirección General de Obras Hidráulicas enfocado hacia el análisis de las sequías, y de la representatividad del período 1940/85, que razonablemente se eligió para los Planes Hidrológicos en base a la disponibilidad general de datos foronómicos en España.

* Jefe del Sector de Hidrología del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX.

2. Los datos

Los datos utilizados son los valores anuales de las estaciones pluviométricas con series muy largas, y complementariamente los de otros pluviómetros vecinos a ellas útiles para análisis críticos mediante dobles acumulaciones y relleno de algunas lagunas. Así, por ejemplo, la serie de la antigua estación de Murcia se completa en fechas recientes con los datos de Alcantarilla afectados de un coeficiente 0,95.

La historia de los cambios de emplazamiento de algunas estaciones arrojó nueva luz sobre la interpretación de la homogeneidad de sus series.



RELACION ENTRE LAS LLUVIAS MEDIAS DE LOS PERIODOS 1860/99 Y 1900/39

La ardua tarea crítica llevó a desechar algunas estaciones o corregir algunos de sus períodos, pero en general se llegó a la conclusión de que la calidad y homogeneidad de las series era buena y muy superior a la que inicialmente cabía esperar tanto de las vicisitudes de las estaciones como del desigual aspecto de los cronogramas, y de las aparentes anomalías observadas en unos primeros análisis de dobles acumulaciones que, sin embargo repetidos a escala geográfica más reducida desaparecían y confirmaban la bondad de los datos. La coherente distribución espacial de los índices pluviométricos en los distintos períodos avala también la homogeneidad de los registros.

No se contemplan los datos anteriores a 1860 porque solamente se dispone de ellos en un número muy escaso de estaciones.

3. Grandes ciclos y persistencias de primer orden

Lo más destacable del estudio, a juicio del autor, es la detección de dos regiones singulares dentro de España con largos ciclos pluviométricos de cronología antagónica. Estos tienen en común los rasgos nada envidiables de unas persistencias pluridecenales, que quizás no resulte demasiado atrevido calificar de cambios climáticos naturales y cuya duración es análoga a los de la

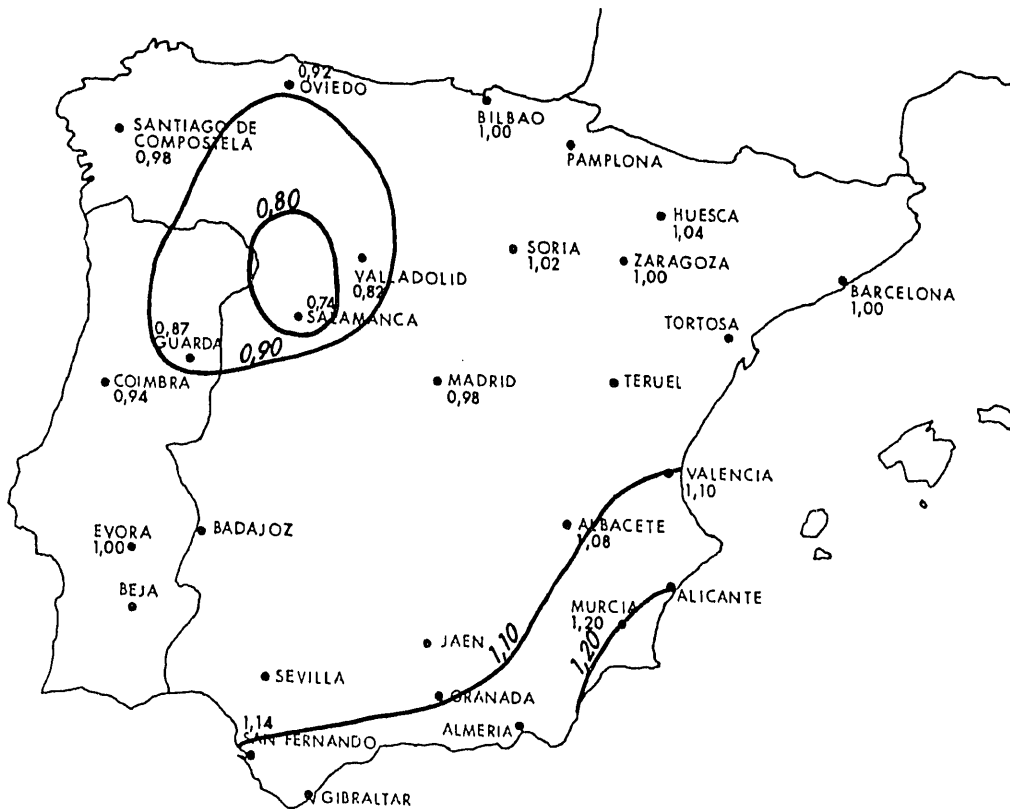
vida útil de las obras hidráulicas y supera la de los plazos contemplados en el horizonte de la planificación hidrológica. La severidad de esas persistencias de veinte y cuarenta años es análoga, cuando no superior, a la que se baraja en las estimaciones de los cambios climáticos antrópicos que dicen se avecinan.

En esas regiones, hasta la tradicional aceptación de la estabilidad del valor medio a largo plazo (40 años se considera largo plazo) se tambalea al haberse registrado diferencias entre períodos cuarentenales que superan el 30 % (Mapa n.º 1).

Una de las regiones está centrada en el antiguo Reino de León (Zamora, Salamanca y Valladolid), se extiende hacia el Noreste de Portugal y tiene unas ciertas estribaciones hacia Oviedo. Se la denominará «Oeste Castellano».

La otra región coincide con lo que habitualmente se denomina Sureste Español, tiene su centro en Murcia, abarca Alicante, Almería, Albacete y parte de Ciudad Real.

Ambas zonas son áridas y ello confirma una vez más lo ya constatado a escala mundial de que las sequías muy persistentes tienen lugar en zonas áridas (Sahel, Suroeste de EE.UU., etc.), lo cual parece lógico, pero también es cierto que afortunadamente eso no sucede en todas ellas, y por ejemplo dentro de España hay algunas, como las situadas en Aragón y margen izquierda del Guadalquivir, donde no ocurren esos fenómenos.



LLUVIAS DEL PERIODO 1860/1899 REFERIDAS A LA MEDIA GLOBAL

Exceptuadas las singularidades ya mencionadas del Oeste Castellano y del Sureste, en el resto de España se puede comprobar una acusada estabilidad de los valores medios a largo plazo (40 años), con pequeñas oscilaciones en torno al valor medio global (Mapas N.º 1 al 2), tal como implícita o explícitamente suelen pensar los hidrólogos y se admite en las planificaciones y en los cálculos.

Barcelona, etc., y alcanza valores de 1,30 en Madrid, 1,40 en Valencia, 1,50 en Valladolid y 1,64 en Murcia.

5. Periodos más secos de corta y media duración

Se entiende por corta y media duración aquella no superior a los 10 años. A este tipo de duraciones (1, 2 y 10 años) se refieren las garantías con que deben satisfacerse las demandas según la Normativa de los Planes Hidrológicos.

En las 22 estaciones pluviométricas con series más largas y fiables se determinaron los periodos más secos de 1, 2, 4 y 10 años. En el cuadro n.º 1 se facilita el porcentaje de esos sucesos localizados en cada uno de los periodos 1860/99, 1900/39 y 1940/91.

A grandes rasgos se puede decir que, dentro del periodo contabilizado (132 años desde 1860), dos tercios de los episodios más secos son anteriores a la fecha inicial de los cómputos de los planes hidrológicos y por tanto escapan a su control.

La cuenca donde mayor número de esos episodios ocurren con posterioridad a 1940 es la del Guadalquivir, mientras que en las del Duero y Tajo no se produce ninguno.

4. Veintenas extremas

La veintena más abundante en toda la península es la del periodo 1960/79, excepto en el sur y sureste (Mapa n.º 3), donde el predominio de los vientos húmedos del S. E. durante los años 1880/99 convierten a esta veintena en la más húmeda de dicha geografía.

Por contraposición, en estos mismos años 1880/99 hay déficit de lluvia en la zona antagónica del Oeste Castellano que se acumula al de la veintena anterior 1860/80, la más seca de la serie de registros en la zona señalada en el mapa n.º 4. La veintena más seca en el sur y levante es la de 1920/40 y en el norte predomina la de 1880/1900.

La relación entre las lluvias de la veintena más húmeda y la más seca no supera la cifra 1,25 en Oviedo, Bilbao, Soria, Teruel, Zaragoza, Huesca,



VEINTENAS MAS LLUVIOSAS

6. Análisis decenal

En este apartado se insiste en los comentarios de los precedentes, aunque con tratamiento a menor escala temporal, a la vez que se muestran algunos de los índices utilizados en el análisis de la pluviometría en general y de las sequías en particular.

En el gráfico n.º 1 se muestra la sucesión de lluvias decenales de Murcia referidas al valor medio del período total P/Pm.

En el gráfico n.º 2 se representa la variación temporal de las desviaciones acumuladas de esos valores, es decir $\sum |1 - P/Pm|$. Para su contraste se dibujan los ejemplos de Murcia y Valladolid.

Resulta estremecedor contemplar esos gráficos. En Murcia las cinco décadas consecutivas

iniciales son excedentarias, mientras las siete siguientes son prácticamente todas deficitarias. Algo análogo sucede en Valladolid pero en orden inverso, alcanzándose con los déficits sostenidos durante décadas un valor acumulado superior a 7 módulos. También merece destacarse el aspecto opuesto y casi simétrico de las curvas de ambas estaciones.

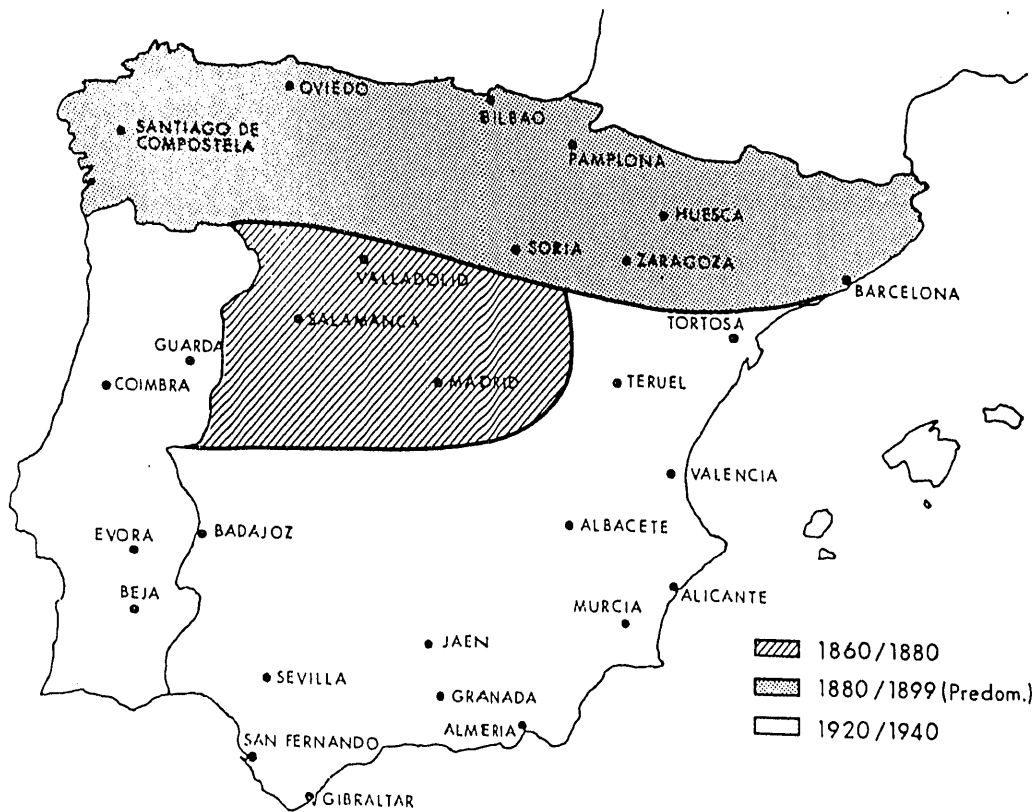
En esas zonas se comprueba que con series solamente de cuarenta o cincuenta años no se puede determinar ni siquiera el valor medio de la lluvia sin riesgo de graves errores, y que las persistencias de primer orden pueden ser a muchos efectos prácticos más significativas que las sequías más intensas de corto o medio plazo.

Con las lluvias que habitualmente se vienen bajando posteriores a 1940 y las series existentes de caudales, todas ellas posteriores a 1910, resulta pesimista la visión que se puede tener de la hidrología del Sureste español por corresponder la información a un ciclo seco y sobre todo por ignorar la posible repetición de grandes períodos de abundancia tal como ya ocurrió en la segunda mitad del siglo pasado.

Lo contrario sucede en la zona del Oeste de Castilla donde los datos manejados corresponden a épocas húmedas y ocultan la posibilidad de que se produzcan varios decenios consecutivos con severo déficit, tal como muestran los registros del siglo pasado, y se refleja también en las referencias históricas de épocas más antiguas como la

Cuadro n.º 1. Porcentaje de períodos más secos

Período	1 año	2 años	4 años	10 años
1860/99	45	50	50	41
1900/39	23	18	14	32
1940/91	32	32	36	27



VEINTENAS MAS SECAS

citada por D. Horacio Bentabol en su libro del año 1900 titulado «Las aguas de España y Portugal». «Año 1650 - Sequía de treinta años en Castilla que duró hasta 1680, con plaga de langosta».

Por otra parte se ha elaborado el gráfico n.º 3 en base a las lluvias de los períodos más secos de distintas duraciones y representa los déficits acumulados en ellos, referidos a la lluvia media del período global de registros. Se dibujan los ejemplos de una estación de tipo medio como Madrid y otra singular como Murcia.

7. Afinidad o complementariedad de regimenes pluviométricos

A muchos efectos prácticos (interconexión de sistemas de aprovechamientos, límites en estudios regionales, etc.) resulta muy conveniente conocer el grado de sincronismo entre los regimenes pluviométricos de las distintas zonas, es decir su afinidad, o por el contrario su antagonismo y complementariedad.

El autor propone utilizar para su análisis un nuevo índice, denominado de sincronismo. Para obtenerlo, la muestra de los valores de cada una de las dos series sometidas al análisis comparativo se divide en terciles (tres grupos con el mismo número de datos en cada uno de ellos) calificados como húmedos, medios y secos según la cuantía de su lluvia.

A continuación se establece la matriz de transición entre estaciones con las 3 filas correspondientes a los terciles de la estación A y las 3 columnas de los terciles de la estación B, indicando en cada uno de los 9 elementos E_{ij} de dicha matriz el número de períodos de registro en que la lluvia pertenece al tercil «i» en la estación A y al tercil «j» en la estación B.

En el cuadro n.º 2 se presenta el ejemplo de Murcia y Valladolid, en el que se ha trabajado con períodos decenales, aunque también podía haberse hecho con los valores anuales.

El índice de sincronismo se deduce a partir de esa matriz dividiendo por $2/3$ de N la diferencia entre la suma de los elementos de la diagonal principal y aquella otra de los elementos de la diagonal opuesta.

Cuadro n.º 2. Matriz de sincronismo

		Valladolid		
		Seco	Medio	Húmedo
Murcia	Seco	0	2	2
	Medio	1	1	2
	Húmedo	3	1	0

Gráfico 1.

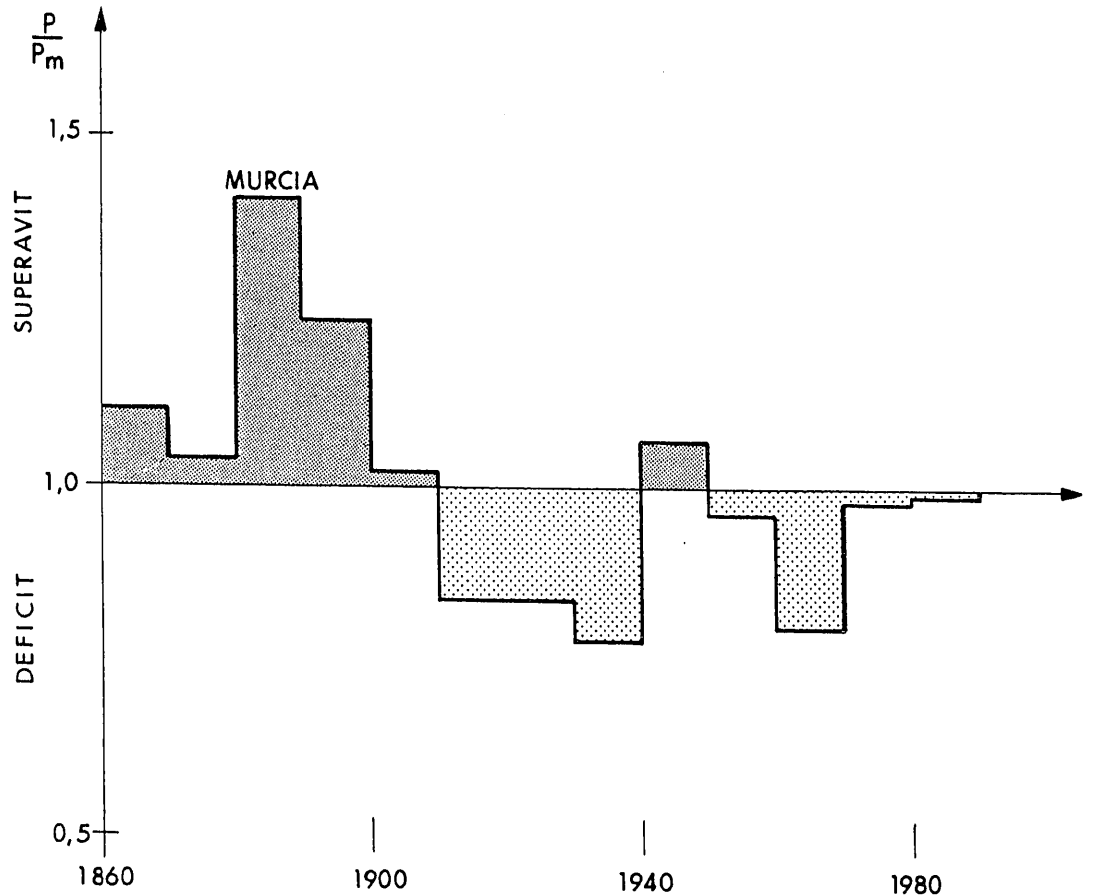


GRAFICO Nº 1.-CRONOGRAMA DE LLUVIAS DECENALES

Gráfico 2.

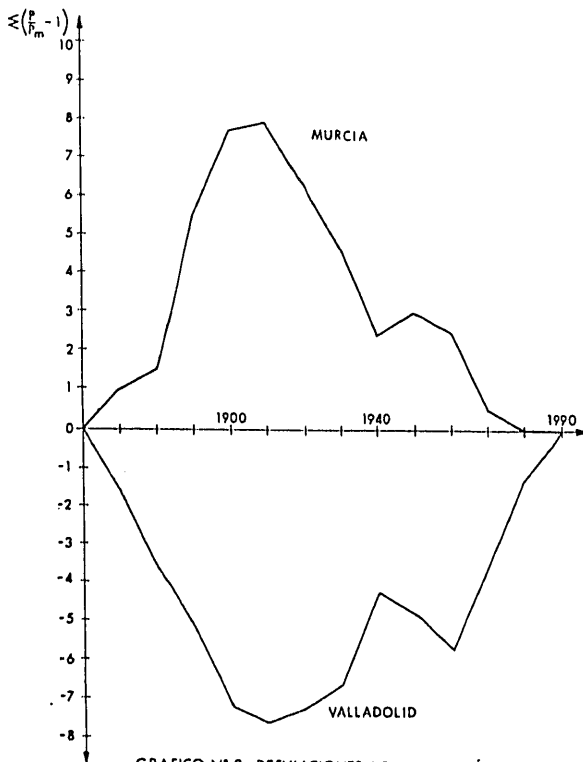


GRAFICO Nº 2.-DESVIACIONES ACUMULADAS

$$i = \frac{3}{2N} [(E_{11} + E_{22} + E_{33}) - (E_{13} + E_{22} + E_{31})]$$

La suma de todos los elementos es N y corresponde al número total de periodos de registro (decenios, o en su caso años).

En un perfecto sincronismo el valor del índice es 1, mientras que entre regimenes totalmente antagónicos o complementarios sería de -1. Los índices cuyo valor absoluto sea inferior a 0,25 corresponden a estaciones independientes. Por el contrario los que superen el valor absoluto de 0,50 hablan de una estrecha relación entre las lluvias de las dos estaciones, bien directa o inversa según el signo.

En el ejemplo de Murcia y Valladolid el índice vale -0,63, mostrando un marcado antagonismo o carácter complementario.

Ese antagonismo SE-NW no se presenta en otras direcciones como SW - NE (índice de Evora y Zaragoza de 0,25), ni N-S (índice de Bilbao y San Fernando de -0,16) ni E-W (índice de Valencia y Coimbra de -0,25).

Como ejemplos complementarios de esta caracterización parcial del panorama de afinidades pluviométricas se mencionan las lógicas concordancias de Valladolid con Salamanca (índice 0,63) y Guarda (índice 0,63). Más ilustrativa, por menos evidente, es la afinidad de Valladolid con

Oviedo (índice 0,75), hasta donde parecen llegar las estribaciones de la zona singular del Oeste de Castilla.

8. Recopilación de las principales consideraciones

En este apartado se repiten escuetamente aquellas consideraciones de mayor interés comentadas a lo largo del texto y basadas en las lluvias anuales desde 1860 en las estaciones pluviométricas de la península ibérica con series más largas, previamente sometidas a un detenido análisis crítico, que confirmó la bondad y homogeneidad de la mayoría de los datos:

- En la generalidad de la España peninsular se puede comprobar la estabilidad de los valores medios a largo plazo (20 y 40 años) con pequeñas oscilaciones en torno al valor medio del período global (Mapas 1 al 2), tal como implícita o explícitamente suele pensar el hidrólogo y admitirse en las planificaciones y los cálculos.
- Sin embargo se han detectado dos regiones singulares, localizadas en el Sureste de la península y en el Oeste de Castilla, con largos

ciclos pluviométricos de cronología antagónica y que tienen en común los rasgos nada envidiables de unas persistencias pluridecenaes, que quizás no resulte demasiado atrevido calificar de cambios climáticos, y cuya duración es análoga a los de la vida útil de las obras hidráulicas y supera la de los plazos contemplados en el horizonte de la planificación hidrológica. La severidad de esas persistencias de veinte y cuarenta años es análoga, cuando no superior, a la que se baraja en las estimaciones de los cambios climáticos antrópicos que dicen se avecinan.

- En los Mapas 3 y 4 se determinan las veintenas más secas y más húmedas en los distintos ambientes de nuestra geografía.
 - Dentro del período de 132 años contabilizados desde 1860, los dos tercios de los episodios más secos de 1, 2, 4 y 10 años son anteriores a la fecha inicial de los cómputos de los planes hidrológicos y por tanto escapan a su control.
- La cuenca donde mayor número de los episodios más secos se producen con posterioridad a 1940 es la del Guadalquivir, mientras que en las del Duero y Tajo no se produce ninguno.
- Resulta estremecedor contemplar los gráficos n.º 1 al 3 de Murcia y Valladolid, repre-

Gráfico 3.

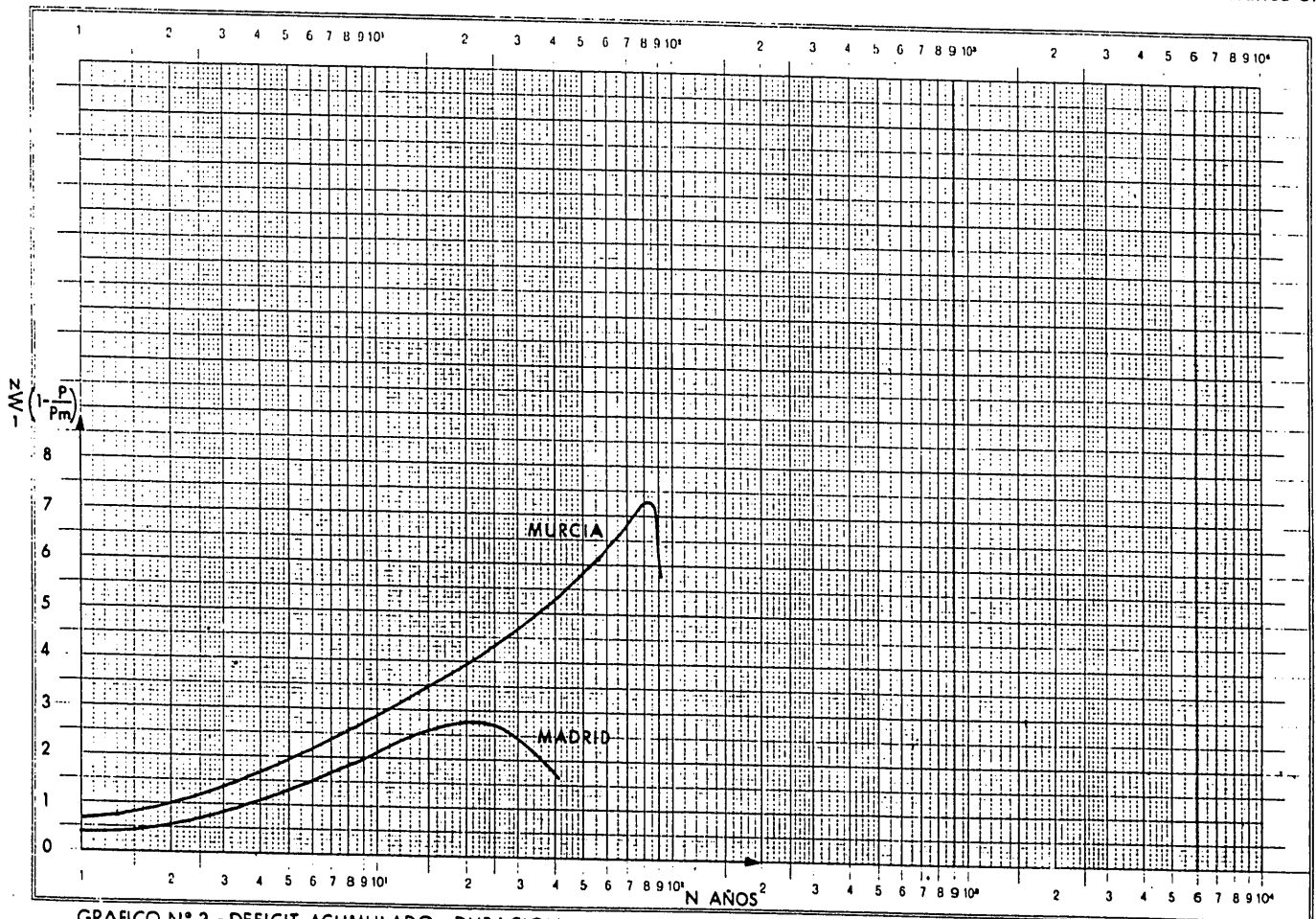


GRAFICO Nº 3.- DEFICIT ACUMULADO - DURACION

sentativos de las dos zonas singulares, donde las fases de escasez y abundancia persisten durante décadas y décadas consecutivas, alcanzándose unos déficits acumulados que superan los siete módulos. También hay que destacar el casi perfecto antagonismo de los regímenes de las dos zonas con gráficos simétricos y valores casi idénticos pero de signo contrario.

- Las lluvias habitualmente utilizadas posteriores a 1940, y sobre todo las series de caudales, todas ellas posteriores a 1910, dan una visión parcial y engañosa del régimen pluviométrico e hidrológico tanto del Sureste como del Oeste de Castilla, por no reflejar la posibilidad de situaciones persistentes como las del siglo pasado bien diferentes a las actuales. La contemplación de los datos del siglo XIX debe generar esperanza en la zona del Sureste y cautela en la del Oeste de Castilla.
- Aunque aún no se ha desarrollado todavía el análisis histórico en clave de caudales, se puede adelantar que las desviaciones observadas en las precipitaciones se verán significativamente ampliadas en las aportaciones de los ríos por el efecto no lineal de la relación precipitación-aportación, sobre todo tratándose de zonas áridas.
- Parece prudente incorporar este tipo de informaciones a los Planes Hidrológicos y extraer las oportunas conclusiones prácticas.

■ Por otra parte, se comentan y ponen ejemplos de una serie de índices adecuados para el análisis de los regímenes pluviométricos e hidrológicos en general y de las sequías en particular. Junto a métodos tradicionales, se presentan también otros originales como la curva «déficit acumulado-duración» o el índice de sincronismo.

Bibliografía

- Servicio Meteorológico Nacional.
 - Las series más largas de observaciones pluviométricas en la península ibérica, 1943.
 - Resumen de observaciones meteorológicas, diversos años.
 - El observatorio de Zaragoza, 1976.
- Pedro M. González Quijano. Mapa pluviométrico de España. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1946.
- Horacio Bentabol. Las aguas de España y Portugal, 1900.
- CEDEX. Curso sobre sequías, 1986.
- Real Academia de Ciencias. Las sequías en España, 1990.
- Unesco. Hydrological aspects of drought, 1985.
- V. Yevjevich et al. Drought research needs. Water Resources Publication, 1978.
- V. Yevjevich et al. Coping with droughts. Water Resources Publication, 1983.



APLICACIONES ESPECIALES
DE INGENIERIA CIVIL, S.A.

SOLUCIONES EFICACES A TRABAJOS ESPECIALES

■ CRUCES SUBTERRANEOS EN TIERRA

- Pequeños diámetros «topos»:
 - ø 45 mm.
 - ø 75 mm.
 - ø 130 mm.
 - ø 180 mm.
- Diámetros intermedios:
 - Varios torpedos hincadores de tubos de acero desde ø 200 mm. a ø 1.400 mm.
- Grandes diámetros:
 - Equipo completo de Mini-tuneladora con excavación mecánica del frente, empuje hidráulico de tubos de hormigón y guía por láser desde ø 1.000 a 1.500 mm.

■ CRUCES SUBTERRANEOS EN ROCA

Equipo especial de perforación por batería o martillo en fondo.

■ ENTERRADORES DE CABLES O TUBERIAS

Varios equipos para la colocación de cables o tuberías flexibles adaptados a diferentes condiciones de trabajo; muy interesantes para largas distancias y bajo zonas pavimentadas.

■ DESBROCE DE MARGENES DE CARRETERAS Y AEROPUERTOS

Tractores equipados con brazos articulados, segadoras de disco, trituradoras traseras y equipo especial para actuar entre hitos o captafaros.

■ EXCAVADORA HIDRAULICA FERROCARRIL-CARRETERA

ATLAS, 1.602 E, capaz de circular por F.F.C.C. o carretera, pudiendo trabajar en vías con tráfico, pues tiene popa corta y todos los seguros necesarios para este fin. Está equipada con retro bivalva e hincador neumático para tubos, perfiles, etc.

■ HINCAS VERTICALES

Tablestacas, perfiles, postes, entibación de zanjas en suelos blandos, desde F.F.C.C. o carreteras.