

EL RIESGO POTENCIAL DE SEQUÍA EN ANDALUCÍA

M.^a Fernanda PITA LOPEZ*

1. INTRODUCCION

El *objetivo* del presente trabajo es analizar el riesgo potencial de sequía existente en Andalucía, con especial énfasis en las variaciones espaciales que éste presenta en el conjunto de la región.

Este planteamiento nos exige explicitar el sentido que damos a términos tales como “riesgo”, “potencial” o “sequía”, todos ellos patrimonio del lenguaje común, pero suficientemente ambiguos en su significado como para necesitar de tales aclaraciones.

Entendemos por sequía la aparición en un lugar determinado de un déficit pluviométrico suficientemente intenso y prolongado como para generar perjuicios en la sociedad que ocupa dicho espacio. La sequía sería pues el resultado de la existencia durante un cierto período de tiempo de precipitaciones inferiores a las habituales para el lugar en cuestión, siendo esta anomalía pluviométrica negativa la propiciadora de los perjuicios sobre la sociedad, al estar ésta adaptada a los comportamientos habituales o normales y, por tanto, inerme, (más o menos según los casos) ante sus comportamientos extremos, en este caso, por defecto.

En cuanto al riesgo, lo entendemos como la amenaza de que se produzcan sobre el espacio andaluz tal tipo de déficits pluviométricos. No entramos por tanto en la consideración, ni mucho menos en la evaluación, de los daños generados por la sequía, los cuales, muchas veces participan en la deficiencia del riesgo tal como éste es entendido en la terminología propia de la investigación relativa a los desastres naturales, en la cual se suele reservar el término peligrosidad para la mera consideración de la probabilidad de ocurrencia de los mismos. Nosotros en

(*) Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional. Universidad de Sevilla.

este caso equiparamos riesgo a peligrosidad y, en consecuencia, nos proponemos únicamente mostrar el comportamiento de las precipitaciones en Andalucía y la frecuencia con que en ella se generan situaciones prolongadas de déficit pluviométrico.

Por último, el término potencial contribuye a matizar y limitar el sentido dado al riesgo y a manifestar su no concordancia con el riesgo real de sequía en la región. Este último vendría dado por la componente natural del fenómeno más la intervención de su componente humana o socioeconómica. Así, en una sociedad perfectamente adaptada a los comportamientos extremos de su medio, podría registrarse un gran riesgo potencial de sequía (una alta probabilidad de ocurrencia de déficits pluviométricos intensos y prolongados) sin que ello se tradujera en graves impactos socioeconómicos. En este caso, a un riesgo potencial de sequía elevado correspondería un bajo riesgo real. La situación inversa es también imaginable para aquellas sociedades escasamente adaptadas a las fluctuaciones de su medio natural.

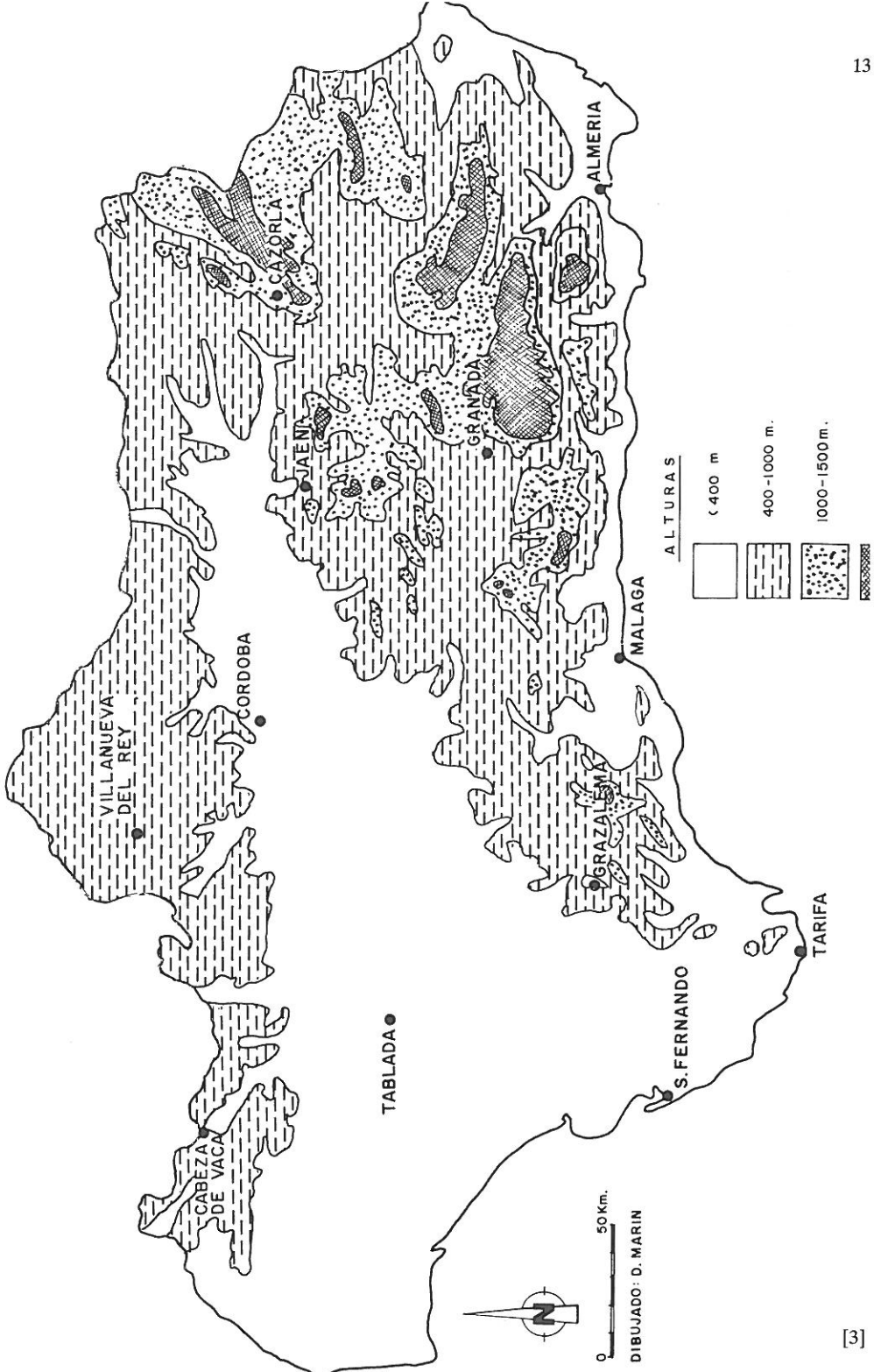
En consecuencia, lo que pretendemos en este trabajo es analizar el comportamiento de las sequías pluviométricas en los distintos ámbitos del espacio andaluz, independientemente de los impactos que en cada caso puedan generarse.

Para ello utilizaremos las *fuentes de información* suministradas por el Instituto Nacional de Meteorología en doce observatorios distribuidos sobre el espacio andaluz y que consideramos representativos de las distintas condiciones topográficas y pluviométricas que en éste se dan (ver mapas 1 y 2).

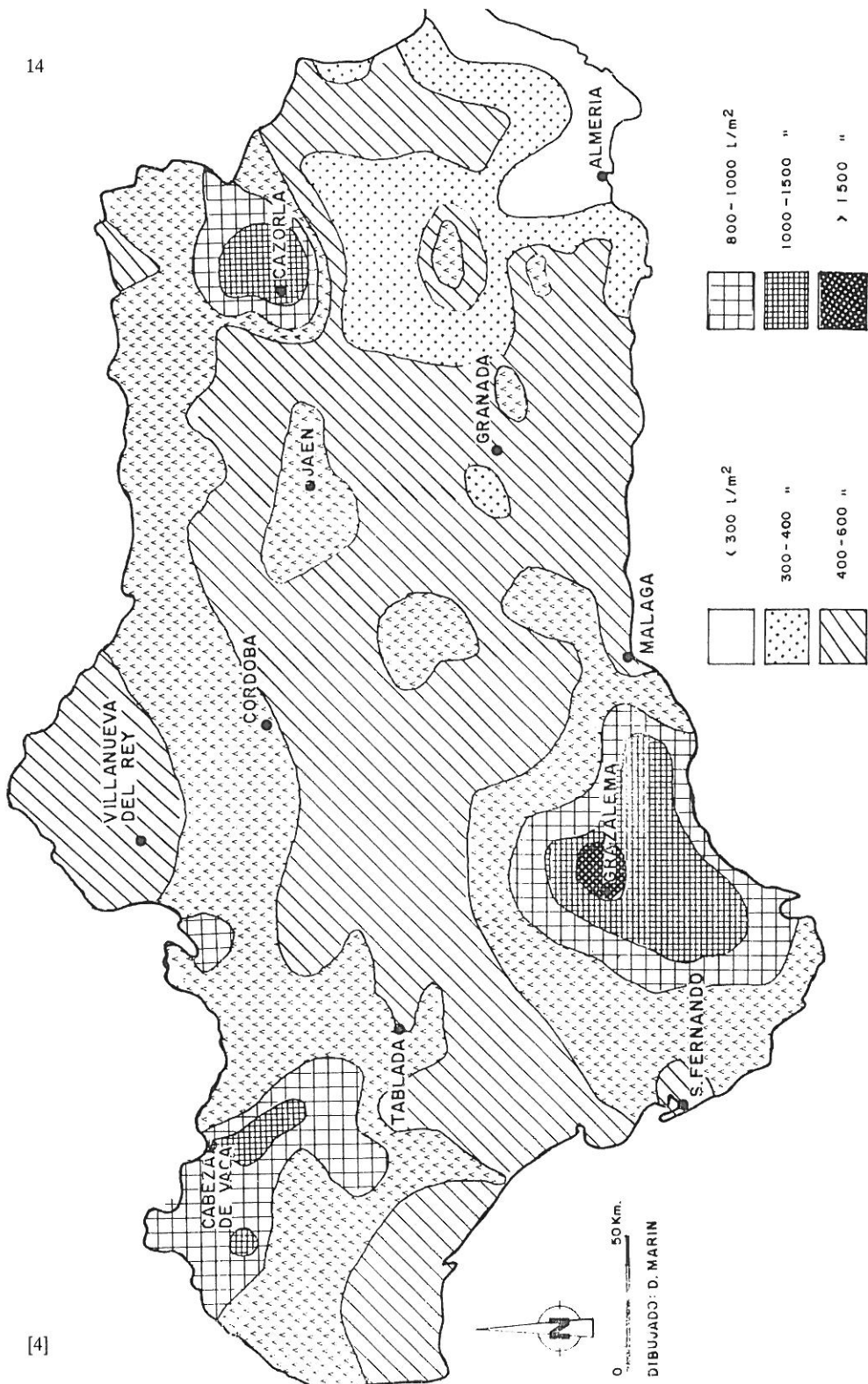
Así, aparecen representadas las costas mediterránea (Málaga y Almería) y atlántica (Tarifa y San Fernando), el interior del valle del Guadalquivir (Tablada y Córdoba), la cadena montañosa de Sierra Morena (Cabeza de Vaca y Villanueva del Rey) y el conjunto de las cadenas Béticas con sus depresiones interiores (Grazalema, Cazorla, Jaén y Granada). Asimismo, los observatorios utilizados nos permiten analizar el comportamiento pluviométrico registrado en enclaves con muy distintos niveles de precipitación, desde los más áridos (Almería) hasta los más lluviosos (Grazalema), pasando por todas las situaciones intermedias.

Pensamos que estos doce observatorios son suficientes para estudiar la variabilidad espacial de la sequía en Andalucía dada la amplia extensión sobre el espacio que caracteriza a este fenómeno. No hay que olvidar que el mecanismo fundamental en la génesis de la sequía es la existencia de anticiclones potentes y persistentes, los cuales, por sus dimensiones, pueden abarcar a regiones enteras bajo su radio de acción. No es la sequía un fenómeno puntual, lo que exigiría para su estudio del concurso de numerosos puntos de observación, sino regional, lo cual reduce las exigencias informativas en este sentido.

MAPA 1.- REGIONES TOPOGRAFICAS DE ANDALUCIA



MAPA 2: PRECIPITACION MEDIA ANUAL EN ANDALUCIA



0 50 Km.

DIBUJADO: D. MARIN

En estos observatorios hemos delimitado las secuencias secas registradas en el período comprendido entre 1940 y 1986, utilizando para ello el siguiente *método*: usando como tiempo inicial de referencia el mes, hemos obtenido el déficit pluviométrico registrado en cada mes del período en los distintos observatorios, calculando la diferencia existente entre la precipitación caída en ese mes y la considerada habitual para el mes del año de que se trate, entendiendo como precipitación habitual para un mes dado la mediana de la serie de observaciones correspondiente a dicho mes¹.

Cuando esta diferencia resulta positiva nos encontramos ante un mes húmedo (en él se han registrado unas precipitaciones superiores a las habituales, se ha registrado pues una anomalía pluviométrica positiva); por el contrario, si la diferencia resulta negativa el mes en cuestión puede ser considerado como seco al presentar una anomalía negativa.

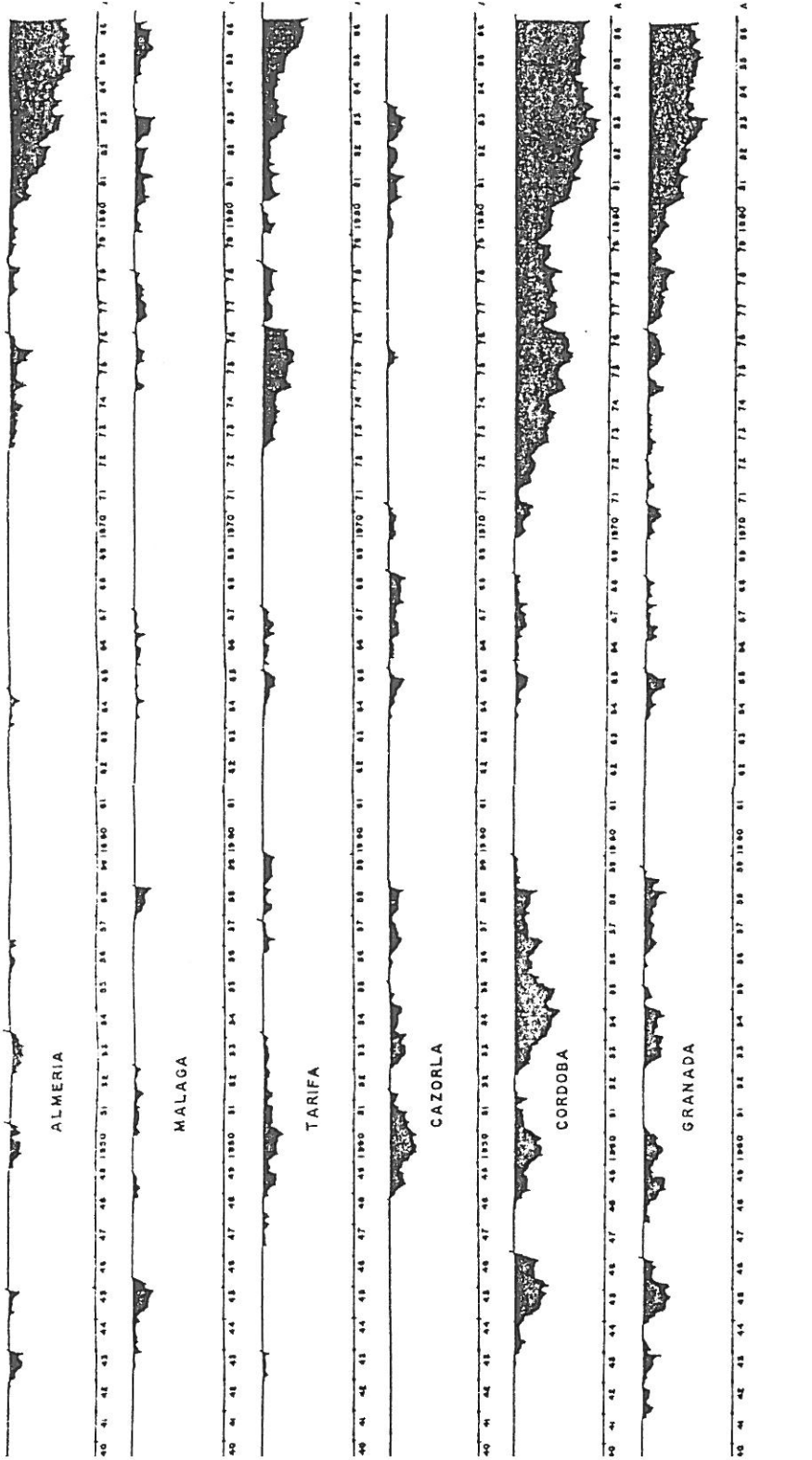
Una vez obtenidos los déficits mensuales de precipitación para cada observatorio, basta con adicionar sucesivamente estos valores para delimitar las distintas secuencias secas. Así, la primera secuencia de cada observatorio, se inicia en el primer mes en que aparece un déficit de precipitación. A partir de él se acumulan las anomalías pluviométricas en los meses sucesivos, manteniéndose la secuencia seca en tanto que el resultado de las acumulaciones siga siendo negativo y terminando en el primer mes en el que se obtiene un valor positivo como resultado de tales acumulaciones. En ese momento ya puede darse por terminada la sequía; las anomalías pluviométricas positivas de los últimos meses han conseguido paliar los déficits anteriores, apareciendo un período excedentario en agua, el cual perdurará hasta que aparezca de nuevo un mes en que se registre un déficit de precipitación. Este mes inicia una nueva secuencia seca cuya duración delimitaremos acumulando las anomalías pluviométricas mensuales y así sucesivamente.

El empleo de este método en los distintos observatorios nos permite, no sólo identificar las secuencias secas que en ellos se registran, sino además, fijar con bastante precisión para cada una de estas secuencias sus fechas de inicio y final, su duración y su intensidad.

De hecho, el resultado de la aplicación de este método, si se representa gráficamente (ver gráfico 1), produce una curva con tramos ascendentes y descendentes y situados en torno al valor 0, que es el representativo de las condiciones habituales de aporte de agua. Las secuencias secas figuran como tramos situados por debajo del valor 0 (con valores negativos), iniciándose en el primer mes en que la curva corta a este valor para situarse por debajo de él y terminando en el mes en que de nuevo la curva corta al valor 0, adoptando valores positivos.

1. Los histogramas de frecuencias de las series mensuales de precipitación son tan asimétricos, que en ellos la media aritmética tiene un escaso valor representativo de las precipitaciones habituales, siendo más fidedignas en este sentido las medianas de las series, es decir, aquellos valores que las dividen en dos partes iguales, de forma tal que un 50 % de los valores son inferiores a ellas y otro 50 % las superan.

GRAFICO 1 SECUENCIAS SECAS DE DURACION SUPERIOR A UN AÑO REGISTRADAS EN LOS OBSERVATORIOS ANDALUCES (1940-





JAEN



GRAZALEMA



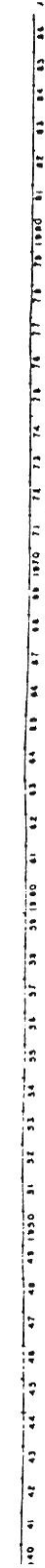
SAN FERNANDO



TABLADA



CABEZA DE VACA



VILLANUEVA DEL REY



Lo habitual es que estas curvas, expresivas de las secuencias secas, contengan un primer tramo descendente en el que se va profundizando el déficit de agua, y un segundo tramo ascendente, aunque todavía negativo, el cual corresponde a los meses en los que se va paliando el déficit anterior gracias a la caída de precipitaciones superiores a las habituales. Este período de recuperación de la sequía será, evidentemente, tanto más largo cuanto más intensa haya sido ésta y cuanto menos abundantes sean los superávits hídricos que la suceden.

En cuanto a la intensidad, ésta nos viene dada para cada mes de la secuencia, a través del valor alcanzado en dicho mes por los déficits acumulados desde el inicio de la sequía. Como valor representativo de la intensidad registrada en el conjunto de la secuencia utilizaremos el valor de intensidad mensual más alto registrado en toda ella.

El problema que plantea el empleo de este método es que con él los valores de intensidad obtenidos en los distintos observatorios no son comparables. Es evidente, por ejemplo, que un déficit de 20 l/m² en el mes de enero en Grazalema, con una precipitación mediana en dicho mes de 260 l/m², apenas tiene relevancia; supone la recogida de sólo un 7 % menos de precipitación de lo que es habitual en esas fechas. En Almería, sin embargo, con una precipitación mediana de 20 l/m² en el mes de Enero, tal anomalía sería elevadísima, suponiendo una merma de precipitaciones equivalente al 100 % de las recogidas habitualmente.

Para obviar este problema hemos corregido los valores de intensidad de sequía de las secuencias, expresándolos como porcentajes respecto a la precipitación media anual de su respectivo observatorio y obteniendo así valores porcentuales, que sí son perfectamente comparables en los distintos ámbitos de la región.

Hay que precisar, por último, que de todas las secuencias secas identificadas en Andalucía para el período 1940-1986, hemos seleccionado y analizado sólo aquellas cuya duración es superior a un año, dado que las secuencias de menor duración apenas generan impactos negativos en una sociedad mínimamente adaptada a su medio natural.

2. LAS SECUENCIAS SECAS REGISTRADAS EN EL PERIODO 1940-1986

Las secuencias secas de duración superior al año detectadas en Andalucía en los últimos 47 años aparecen consignadas en el gráfico 1. En él se aprecia que no es sencillo delimitar con exactitud estas secuencias, dadas las diferencias que surgen entre las distintas estaciones a la hora de establecer el inicio y el final de sus respectivos períodos de sequía.

Es cierto, sin embargo, que aparecen numerosas coincidencias en este sentido entre los distintos ámbitos espaciales, de forma tal, que pueden detectarse ciertas épocas caracterizadas por el predominio en la región de excedentes pluviométricos, otras en las que la variabilidad espacial es la protagonista y, por último, aquellas épocas en las que de forma general la sequía es la situación predominante en Andalucía, las cuales, por otro lado, son mayoritarias.

Así, son muy escasos los años en los que la sequía está totalmente ausente de la región (1941, 1960, 1963 y 1969), tampoco son numerosos los períodos en los que la sequía se presenta de forma minoritaria en el espacio (1940-42, 1960-63 y 1971-72), y el resultado es la presencia más que frecuente de situaciones de sequía general o casi generalizada en Andalucía.

En concreto, existen nueve períodos que adolecen de este carácter (1942-46, 1948-51, 1953-55, 1956-59, 1964-65, 1966-68, 1970-71, 1973-76 y 1980-86), cada uno de ellos con distintos índices de gravedad en función de sus respectivas duraciones, intensidades y extensiones espaciales.

Las situaciones de mayor gravedad se presentan en los extremos del período estudiado, durante los años cuarenta y cincuenta por un lado, y a partir de mediados de los años setenta por otro, siendo mucho más suaves las secuencias ubicadas en los años centrales del mismo.

Así, las secuencias 1964-65, 1966-68 y 1970-71 presentan duraciones breves, comprendidas entre uno y dos años, sus intensidades tampoco son alarmantes (por término medio en las estaciones, se alcanzan como máximo déficits equivalentes al 23 % de las respectivas precipitaciones medias anuales), y no cubren de manera general el espacio andaluz, quedando en todos los casos algunos ámbitos libres del azote de la sequía.

Las secuencias ubicadas en las dos primeras décadas del período presentan ya situaciones de mayor gravedad. En todas ellas la sequía se convierte en un carácter generalizado en la región, las duraciones se sitúan en torno a los tres años en cada caso, y las intensidades, por término medio, superan el valor del 30 %, siendo por este concepto la más grave la secuencia 1953-55, con una intensidad media del 43 % y un valor máximo en Córdoba del 90 %.

Pero, sin duda, las situaciones más extremas del período corresponden a los años finales del mismo, en los que dos grandes secuencias secas: 1973-76 y 1980-86, protagonizan el contenido de la información meteorológica, generando severísimos impactos que aún se conservan en la memoria colectiva.

La primera de ellas alcanzó una duración aproximada de cuatro años y una intensidad media del 45 %, si bien en algunas estaciones, como la de Córdoba, se superó la intensidad del 100 %. Fue además absolutamente generalizada en la región, aunque en algunas estaciones, como Málaga y, sobre todo, Cazorla, su duración e intensidad fueron muy reducidas.

En la secuencia 1980-1986 ni siquiera este pequeño alivio se produjo. Absolutamente todos los observatorios experimentaron sequías prolongadas, que en el mejor de los casos (Cazorla) superó los cuatro años, pero que por término medio alcanzó los siete años de duración.

Esta elevada duración se acompañó además de unas intensidades alarmantes, situadas por término medio en torno al 80 %, pero con numerosos observatorios en los que se superó el 100 % y con un valor máximo en Córdoba del 165 %, alcanzado en el mes de Octubre de 1983, el momento más duro de la secuencia en toda la región. De hecho, a partir de ese momento se reanuda el régimen habitual de precipitaciones en la mayoría de los observatorios, lo que conduce al fin de la sequía en algunos de ellos (Villanueva del Rey, San Fernando, Cazorla y Málaga); en otros, sin embargo, el déficit pluviométrico estaba ya tan excavado que estas abundantes precipitaciones no podrán compensarlo, continuando la sequía hasta finales de 1986, momento en que interrumpimos las observaciones.

El hecho de que sean los últimos años los que registran las sequías más duraderas e intensas, podría hacer pensar en la existencia en la región de una tendencia hacia unas condiciones progresivas de mayor aridez. El fenómeno, sin embargo, no alcanza una amplitud suficiente como para que una afirmación semejante pueda establecerse. Ello puede apreciarse en el gráfico 2, en el cual hemos representado la evolución temporal de las precipitaciones en los distintos observatorios, y en el que queda patente cómo esta evolución en ningún caso dibuja una curva claramente descendente en sus tramos finales; los valores anuales se disponen alternativa y aleatoriamente en torno al valor central y este hecho se mantiene a lo largo de todo el período.

No obstante, conviene seguir con atención el devenir próximo de las precipitaciones en la región, al objeto de verificar la posible existencia de una tendencia hacia una mayor persistencia de la sequía, fenómeno que pudiera estarse iniciando en los últimos años y cuyo conocimiento sería de trascendental importancia.

3. EL COMPORTAMIENTO ESPACIAL DE LA SEQUIA EN ANDALUCIA

Pero ante estas situaciones de sequía cada observatorio responde con un comportamiento peculiar, de forma tal que dentro de la homogeneidad general que la región presenta en este sentido puede detectarse una gran variabilidad espacial en cuanto a los parámetros caracterizadores de la sequía en los distintos observatorios (ver cuadro 1).

CUADRO I

CARACTERÍSTICAS DE LAS SECUENCIAS SECAS DE DURACION SUPERIOR A UN AÑO REGISTRADAS EN ANDALUCIA (1940-1986)

Observatorios	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Almería	10	272	47,3	27,2	109	Dic-77 Dic-86	8	80,0	1	10,0	1	10,0	37,3	133,2	Oct-85
Málaga	11	268	46,7	24,4	51	Nov-79 Ene-84	9	81,8	2	18,2	—	—	29,5	44,2	Nov-81
Tarifa	10	332	57,6	33,2	83	Abr-47 Feb-54	7	70,0	1	10,0	2	20,0	35,5	90,6	Dic-86
Granada	12	415	72,4	34,6	119	Feb-77 Dic-86	9	75,0	2	16,7	1	8,3	42,9	125,7	Oct-83
Jaén	11	326	60,7	29,6	50	Nov-79 Dic-83	7	63,6	4	36,4	—	—	33,5	56,0	Jul-83
Grazalema	6	307	53,6	51,2	97	Feb-48 Feb-56	3	50,0	2	33,4	1	16,7	54,1	77,5	Ene-76
Cazorla	9	264	57,0	29,3	52	Dic-79 Mar-84	7	77,8	2	22,2	—	—	31,7	55,3	Abr-50
San Fernando	10	304	53	30,4	62	Nov-79 Dic-85	7	70,0	3	30,0	—	—	33,6	62,4	Nov-81
Tablada	7	277	48,4	39,6	91	Nov-79 Oct-86	5	71,4	1	14,3	1	14,3	32,4	80,9	Oct-83
Córdoba	6	438	76,4	73,0	203	Dic-70 Dic-86	2	33,3	2	33,3	2	33,3	70,82	164,6	Oct-83
Villanueva del Rey	8	234	46,4	29,2	60	May-79 Oct-84	7	87,5	1	12,5	—	—	34,1	57,9	Nov-81
Cabeza de Vaca	8	293	51,1	36,9	86	Nov-79 Dic-86	4	50,0	3	37,5	1	12,5	38,7	74,1	Mar-83

1. N.º de secuencias.

2. N.º de meses implicados en las secuencias.

3. % respecto al n.º total de meses del período de estudio.

4. Duración media de las secuencias (n.º de meses).

5. Duración de la secuencia más larga (n.º de meses).

6. Fecha en la que se registró.

7. N.º de secuencias cortas (Duración comprendida entre 12 y 36 meses).

8. % respecto al n.º total de secuencias.

9. N.º de secuencias medianas (Duración comprendida entre 36 y 72 meses).

10. % respecto al n.º total de secuencias.

11. N.º de secuencias largas (Duración superior a 72 meses).

12. % respecto al n.º total de secuencias.

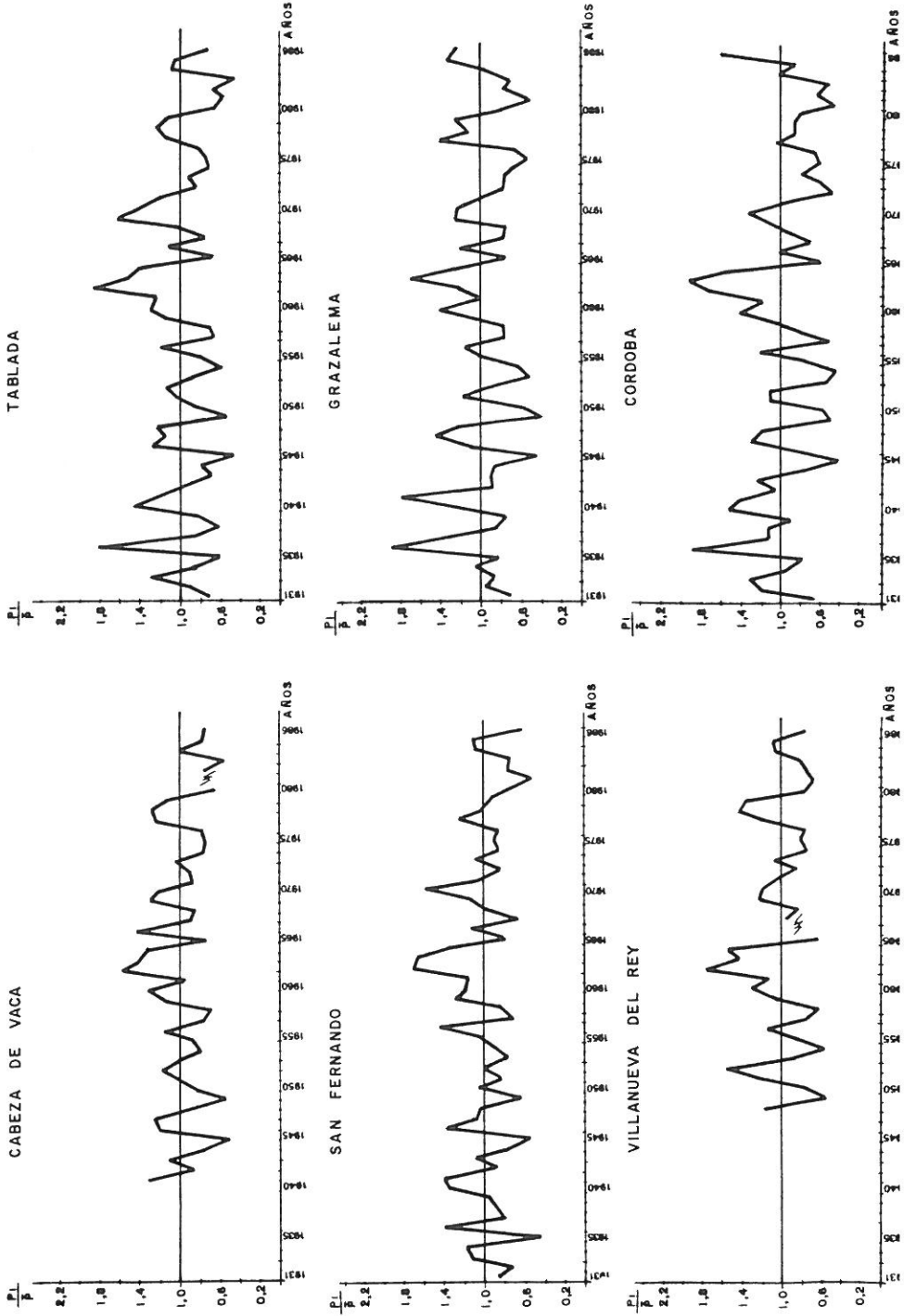
13. Intensidad media de las secuencias (Anomalia pluviométrica acumulada/

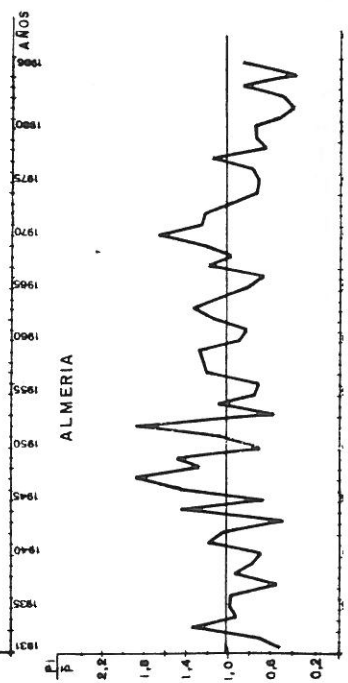
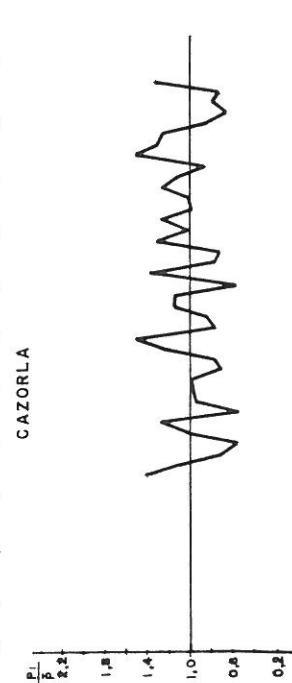
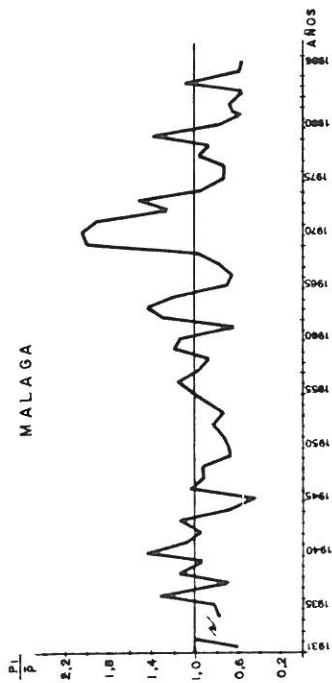
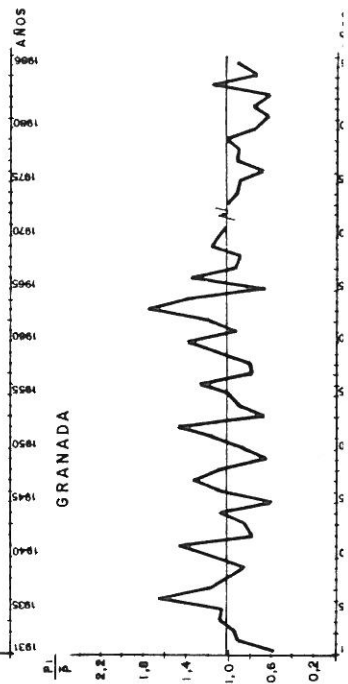
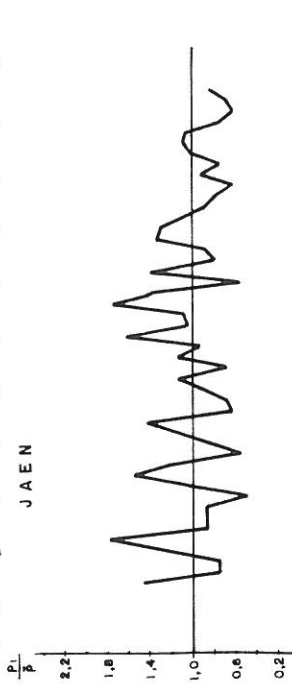
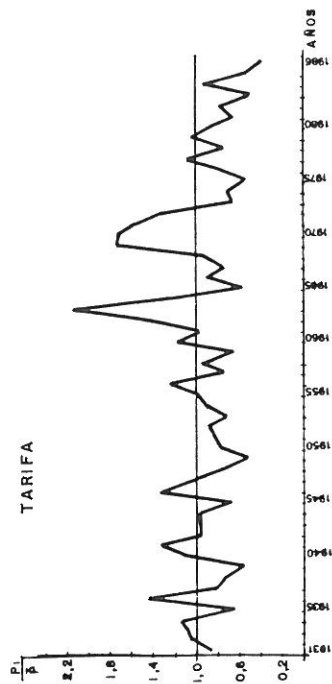
P media anual del observatorio x 100).

14. Intensidad máxima registrada.

15. Fecha en la que se registró.

GRAFICO 2 : EVOLUCION TEMPORAL DE LA PLUVIOMETRIA EN LOS OBSERVATORIOS ANDALUCES





De ellos nos parece especialmente significativo el relativo al porcentaje de meses que en cada observatorio se encuentran implicados en secuencias secas de duración superior al año, porque, en gran medida, este parámetro sintetiza y refleja el riesgo de sequía experimentado en cada caso. Y en este sentido es necesario destacar que en ningún caso este porcentaje desciende por debajo del 45 %, lo que implica un elevado riesgo de sequía para todo el conjunto de la región. No obstante existen matices diferenciales muy marcados entre unos ámbitos y otros, que hay que reseñar.

El ámbito espacial dotado de mayor riesgo de sequía por este concepto es el triángulo delimitado por Jaén, Granada y Córdoba, en el cual más del 60 % de los meses analizados se inscribieron en secuencias secas de duración superior a un año; en Córdoba este porcentaje se eleva al 76,4 %, lo que la sitúa como el enclave de mayor riesgo de toda la región.

Le siguen, aunque de lejos, los restantes observatorios situados en las cadenas Béticas (Tarifa, Cazorla y Grazalema por este orden), en los cuales el porcentaje oscila en torno al 55 %. Estos valores pasan a situarse en torno al 50 % en los observatorios de San Fernando, Cabeza de Vaca y Tablada y dan paso así a las zonas que presentan los menores riesgos de sequía de toda Andalucía con arreglo a este criterio, las cuales se localizan en la costa mediterránea (Almería y Málaga) y en el extremo oriental de Sierra Morena (Villanueva del Rey), en las que el porcentaje se sitúa siempre por debajo del 50 %.

Puede resultar sorprendente asignar valores reducidos de riesgo de sequía precisamente a uno de los ámbitos más áridos de la región: la costa mediterránea. Pero la sorpresa no es tal si recordamos que los conceptos de aridez y sequía no tienen por qué ir asociados. La aridez alude a condiciones permanentes o casi permanentes de escasez de agua en tanto que la sequía alude a déficits de agua coyunturales y anómalos y que, por ello precisamente, consiguen alterar los ritmos habituales de la colectividad. En consecuencia, puede detectarse la existencia de lugares muy áridos pero con un riesgo moderado de sequía, o bien, lugares habitualmente húmedos, pero susceptibles de experimentar con cierta frecuencia sequías prolongadas.

En realidad el riesgo de sequía no alude para nada a los totales habituales de precipitación, sino que está en función de la variabilidad pluviométrica y, sobre todo, del modo como se encadenan en el tiempo los totales pluviométricos o, lo que es lo mismo, del grado de persistencia que presentan las situaciones deficitarias en agua. Cuando este grado de persistencia es alto, de modo que los déficits pluviométricos tienden a ubicarse sucesivamente en el tiempo, pueden producirse secuencias secas muy prolongadas, que son las que otorgan el elevado riesgo de sequía, máxime si tras esos déficits no se registran excedentes suficientemente marcados como para compensar y anular las situaciones deficitarias anteriores.

Y es que, efectivamente, el porcentaje de meses implicados en secuencias secas está a su vez en función de otros dos parámetros: el número de secuencias registradas en el período y la duración de esas mismas secuencias. Y en ese sentido nuestro ámbito presenta también una gran variabilidad espacial (ver cuadro 1).

El número de secuencias secas registradas en el período de observación oscila entre seis, que es el número atribuible a las estaciones de Grazalema y Córdoba, y doce, que son las consignadas para Granada. Por su parte, la duración de estas secuencias no es menos variable; las sequías más prolongadas se registran en Córdoba, con una duración media para sus secuencias de 73 meses (¡más de seis años!) y una duración máxima de 203 meses, generada entre Diciembre de 1970 y Diciembre de 1986; las más cortas se registran en Málaga, que presenta una duración media para sus secuencias de 24,4 meses y una duración máxima de 51 meses, acaecida entre Noviembre de 1979 y Enero de 1984.

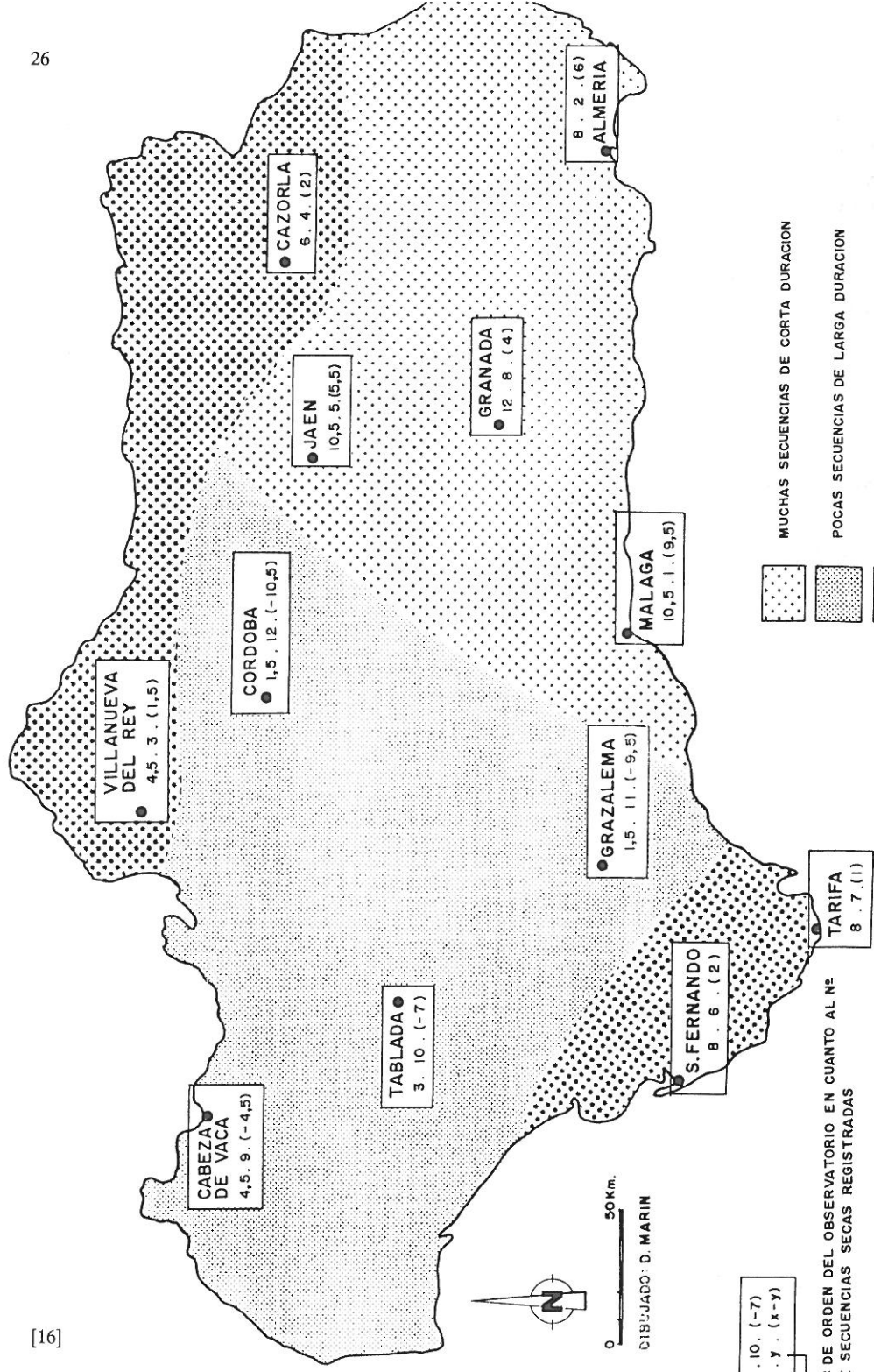
Además, no siempre se produce una concordancia entre el número de secuencias aparecidas en una estación y la duración registrada por esas secuencias, pudiendo darse en este sentido todas las posibles combinaciones. En el mapa 3 hemos representado para cada estación la diferencia existente entre su número de orden respecto al número de secuencias registradas y ese mismo número teniendo en cuenta la duración media de las secuencias, y en él puede observarse como se registran tres tipos de situaciones distintas.

Aparecen en primer lugar una serie de estaciones, ubicadas en el interior y el oeste de la región (Córdoba, Grazalema, Tablada y Cabeza de Vaca), en las cuales las diferencias adoptan valores claramente negativos; registran, en consecuencia, un número bajo o moderado de secuencias secas, pero éstas presentan una larga duración. Córdoba y Grazalema son arquetípicas de esta situación; su número de secuencias es el más bajo de toda la región, presentando, sin embargo, las duraciones más largas de la misma.

Un segundo conjunto, ubicado en el mediterráneo y el corazón de las Béticas (Málaga, Almería, Granada y Jaén) presenta la situación contraria a la anterior. Su número de secuencias es muy elevado, siendo éstas, sin embargo, de corta duración. En la estación de Málaga encontramos el caso más extremo de este tipo de situación.

Por último, un tercer conjunto de estaciones, que se disponen periféricamente respecto a las demás (Villanueva del Rey, Cazorla, Tarifa y San Fernando) registran un elevado grado de concordancia entre su número de secuencias y la duración de las mismas. En el caso de Villanueva del Rey esta concordancia apunta hacia la existencia de pocas secuencias y de corta duración, y en el caso de Cazorla, Tarifa y San Fernando la concordancia se realiza gracias a la aparición de valores intermedios en ambos parámetros.

MAPA 3 : EL COMPORTAMIENTO DE LAS SECUENCIAS SECAS EN ANDALUCIA



Nos encontramos pues con distintos niveles de riesgo en la región, que se originan además por muy diversos mecanismos (ver mapa 4). En realidad, sólo en las zonas dotadas de un bajo riesgo de sequía se constata la existencia de un rasgo general concordante: la corta duración de las secuencias. En los demás dominios la variedad es la nota dominante.

Así, las zonas dotadas de mayor riesgo de sequía ostentan este calificativo, bien por la larga duración de sus secuencias (Córdoba), bien por la abundancia de las mismas asociada a una duración considerable (Jaén y Granada). En las zonas dotadas de un riesgo intermedio nos encontramos con dos tipos de situaciones: observatorios con un número reducido de secuencias pero de larga duración (Tablada, Cabeza de Vaca y Grazalema) y aquellos en los que existe concordancia entre ambos parámetros (San Fernando, Tarifa y Cazorla).

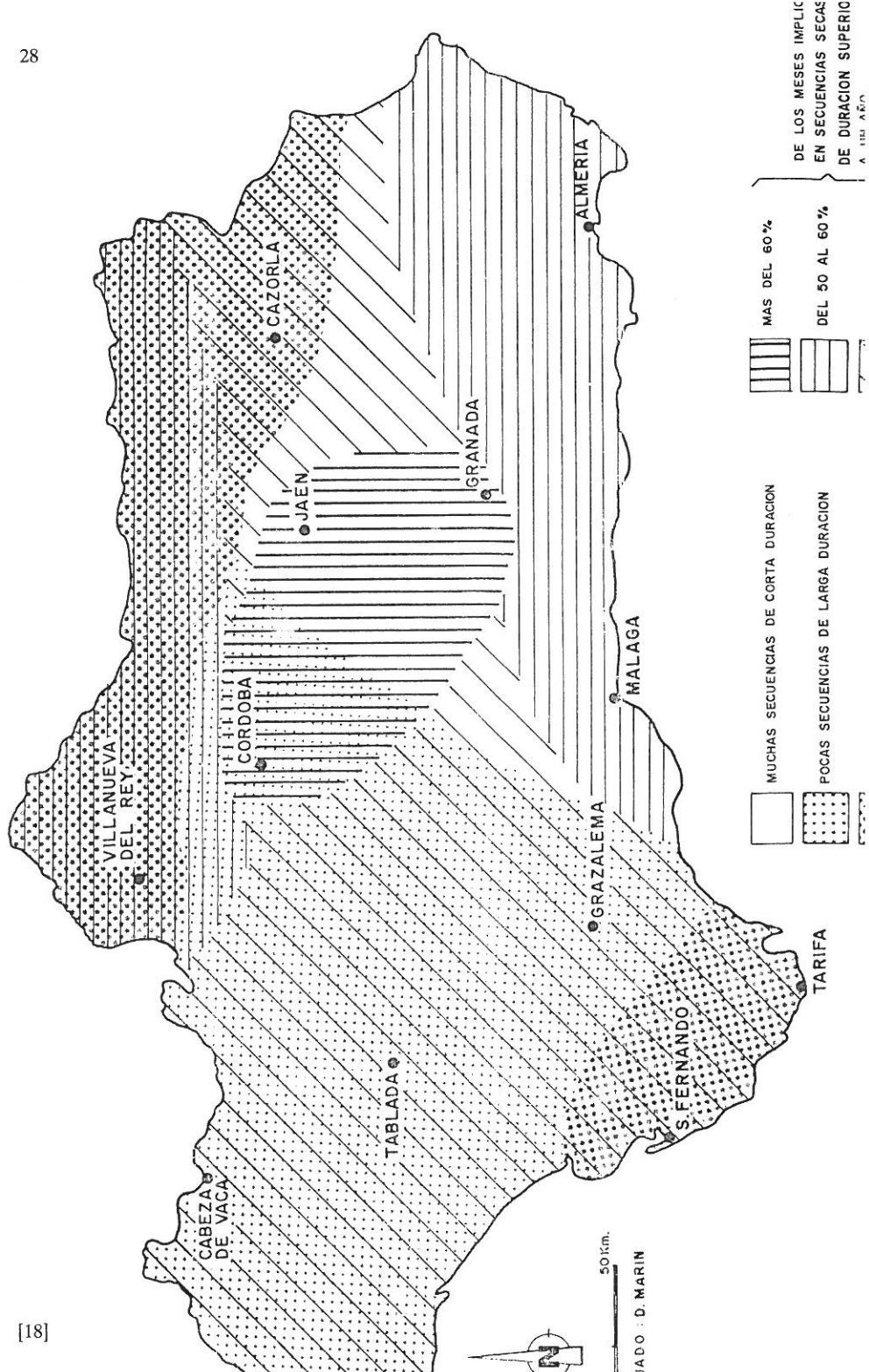
No obstante, parece que no todos los parámetros caracterizadores de la sequía deban tener el mismo peso a la hora de valorar el riesgo general de sequía que se registra en nuestra comunidad. En este sentido conviene destacar el importante papel jugado por el parámetro duración, uno de los más influyentes en la génesis de los impactos negativos sobre la sociedad. Así, un porcentaje determinado de meses implicados en secuencias secas nos parece mucho más amenazante cuando está generado por secuencias muy largas, aunque sean escasas, que cuando se debe a la existencia de muchas secuencias de corta duración, y ello por el efecto acumulativo de los sucesivos déficits, que agota la capacidad de previsión de la sociedad y la deja en consecuencia mucho más inerme frente a la sequía.

De hecho, se puede observar cómo la intensidad de la sequía guarda una estrecha relación con la duración de la misma, en tanto que esta relación se desdibuja al comparar la intensidad con el porcentaje de meses implicados en secuencias secas (ver cuadro 2). La relación duración media de las secuencias —intensidad de las mismas es estrechísima en todos los observatorios a excepción de los de Almería y Tablada—², siendo éstos, sin embargo, una mera excepción a la regla.

Por ello, para completar el análisis del riesgo de sequía conviene considerar conjuntamente en cada observatorio el porcentaje de meses implicados en secuencias secas, la duración de las mismas y su intensidad. Con ello se modifican ligeramente los resultados expuestos hasta ahora, como puede apreciarse en el cuadro 3 y en su representación gráfica, el mapa 5.

2. En Almería el número de orden asignado a su intensidad es mucho más elevado que el correspondiente a la duración, pero ello se debe al hecho de que en este observatorio, aunque predominan claramente las secuencias cortas, existe una secuencia de 109 meses de duración en la cual se registra una altísima intensidad (133,2 %) y es este valor el que dispara el propio valor de la intensidad media. En el caso de Tablada sucede justamente lo contrario; ocupa el lugar décimo en cuanto a la duración media de sus secuencias, pero sólo el tercero por lo que respecta a la intensidad. Aquí la discordancia se origina por el hecho de que una de sus secuencias más largas, la comprendida entre Noviembre de 1972 y Agosto de 1976, registró unos déficits muy poco marcados en todo su desarrollo, elevando así la duración media de las secuencias, pero no la intensidad.

MAPA 4.- EL COMPORTAMIENTO DE LAS SECUENCIAS SECAS EN ANDALUCIA



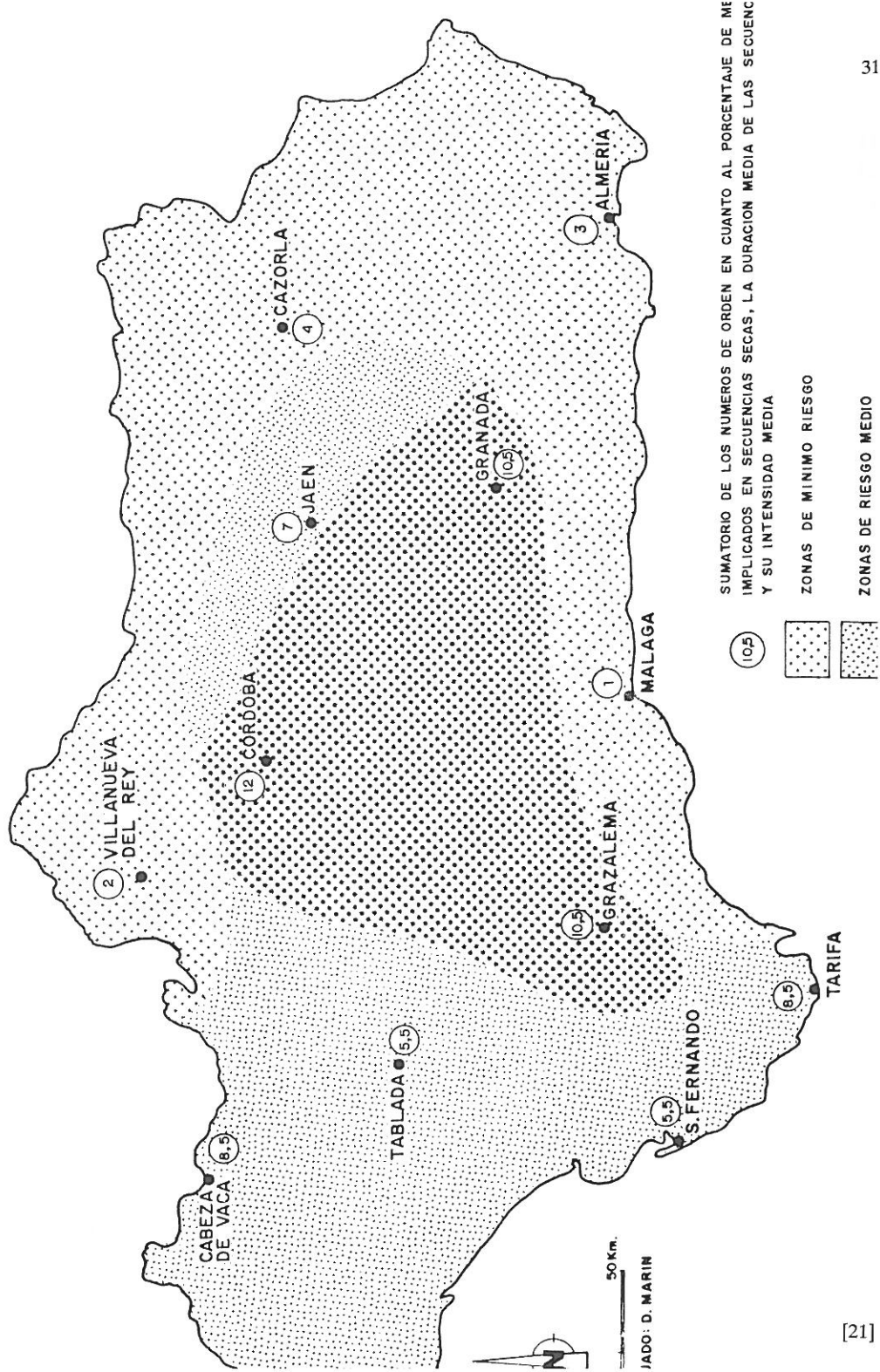
CUADRO II
RELACION ENTRE EL PORCENTAJE DE MESES IMPLICADOS EN SECUENCIAS SECAS.
SU DURACION Y SU INTENSIDAD EN LOS OBSERVATORIOS ANDALUCES

Estaciones	(A)	(B)	(C)	A-C	B-C
	N.º Orden % meses implicados en secuencias secas	N.º Orden Duración media secuencias secas	N.º Orden Intensidad media secuencias secas		
Almería	3	2	8	-5	-6
Málaga	2	1	1	1	0
Tarifa	9	7	7	2	0
Granada	11	8	10	1	-2
Jaén	10	5	4	6	1
Grazalema	7	11	11	-4	0
Cazorla	8	4	2	6	2
San Fernando	6	6	5	1	1
Tablada	4	10	3	1	7
Córdoba	12	12	12	0	0
Villanueva del Rey	1	3	6	-5	-3
Cabeza de Vaca	5	9	9	-4	0

CUADRO III
EL RIESGO DE SEQUÍA EN ANDALUCÍA

Estaciones	(A)	(B)	(C)	N.º orden Riesgo de sequía	
	N.º Orden % meses implicados en secuencias secas	N.º Orden Duración media secuencias secas	N.º Orden Intensidad media secuencias secas		A+B+C
Almería	3	2	8	13	3,0
Málaga	2	1	1	4	1,0
Tarifa	9	7	7	23	8,5
Granada	11	8	10	29	10,5
Jaén	10	5	4	19	7,0
Grazalema	7	11	11	29	10,5
Cazorla	8	4	2	14	4,0
San Fernando	6	6	5	17	5,5
Tablada	4	10	3	17	5,5
Córdoba	12	12	12	36	12,0
Villanueva del Rey	1	3	6	10	2,0
Cabeza de Vaca	5	9	9	23	8,5

MAPA 5 : EL RIESGO DE SEQUIA EN ANDALUCIA



Los mayores riesgos de sequía siguen apareciendo centrados en el eje de las Béticas y el interior de la región, pero ahora se acrecienta el riesgo registrado por Grazalema, dada la gran duración e intensidad de sus secuencias, al mismo tiempo que se minimiza dicho riesgo en Cazorla por el fenómeno justamente contrario, pasando a convertirse en uno de los enclaves dotados de menor riesgo de toda la región tras la costa mediterránea y Villanueva del Rey. Tablada y San Fernando, por su parte, continúan ostentando unos riesgos moderados de sequía, y por último, Cabeza de Vaca sufre un proceso similar al experimentado por Grazalema y aumenta en consecuencia su riesgo de sequía.

Está claro, pues, que los máximos riesgos se registran en pleno corazón de Andalucía (Córdoba, Grazalema y Granada) y los más bajos en la franja mediterránea y el extremo oriental de Sierra Morena, presentando los demás enclaves niveles de riesgo intermedios. Pero está claro también que los mecanismos que intervienen en la génesis de estos niveles de riesgo no son en absoluto homogéneos. En cada caso se registra una peculiar combinación de los parámetros caracterizadores de la sequía, de ahí que surjan modelos de comportamiento de ésta muy variados de unos espacios a otros.

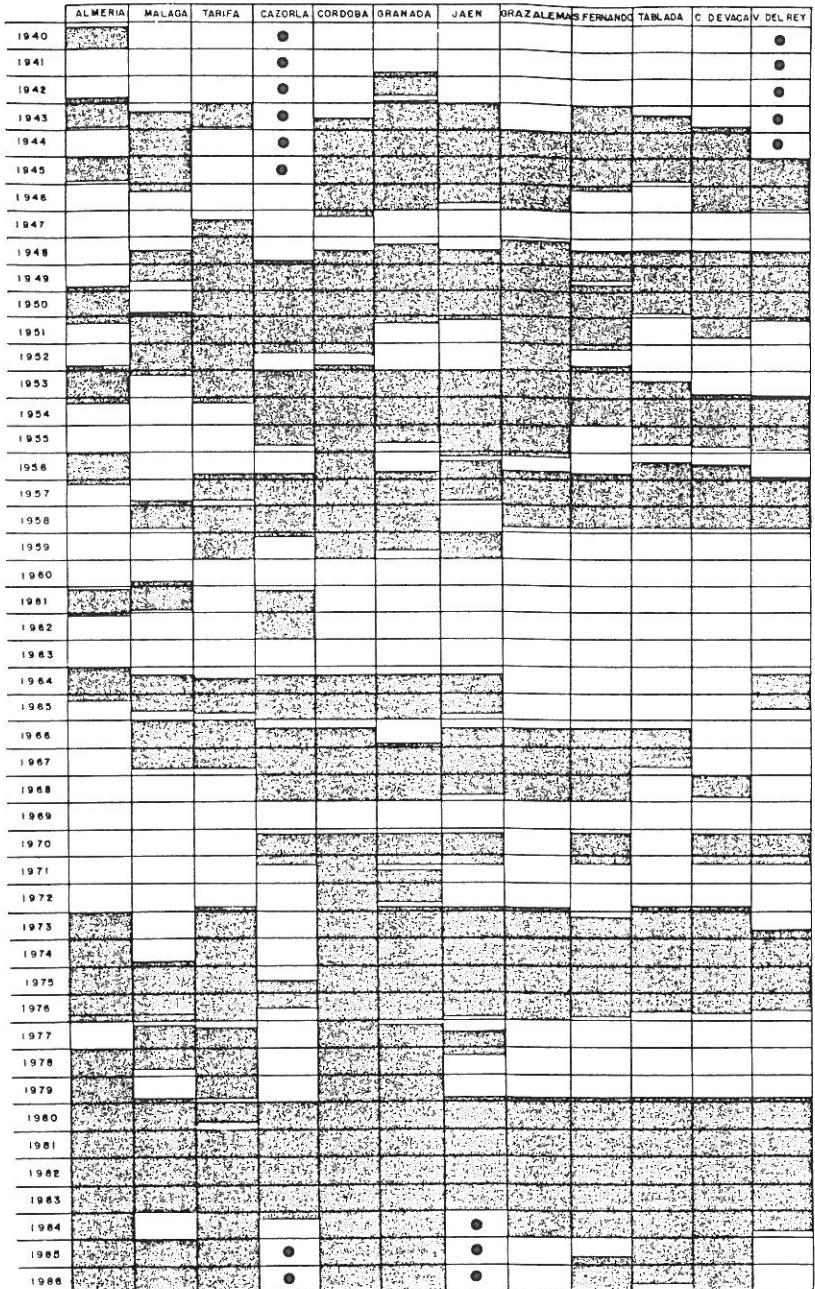
4. LA COVARIACION DE LA SEQUIA EN LOS DISTINTOS AMBITOS ANDALUCES

Esta variabilidad no implica, sin embargo, la existencia de una total independencia entre las precipitaciones registradas en los distintos observatorios de la región. Los diversos modelos de comportamiento de la sequía son compatibles con una cierta concordancia temporal en el acaecimiento de las secuencias secas, como puede apreciarse en el gráfico 3 y, más detalladamente, en el cuadro 4.

En éste hemos consignado, por pares de estaciones, el cociente resultante de dividir el número de meses concordantes en su calificación de secos o húmedos por el número de meses discordantes con arreglo al mismo criterio, y todo ello para el período comprendido por aquellos meses en los que alguna de las dos estaciones o ambas simultáneamente registraban alguna secuencia seca de duración superior a un año.

Los resultados aparecen plasmados en el mapa 6, en el cual sólo hemos representado aquellos vínculos definidos por un cociente entre los meses concordantes y discordantes superior a 1,5. Por debajo de este valor, consideramos que la relación entre las estaciones puede definirse como nula; a su vez, sólo consideramos como buena relación, la definida por un cociente superior a 2, lo cual implicaría que las concordancias son, al menos, dos veces superiores a las discordancias.

GRAFICO 3.- COVARIACION DE LAS SECUENCIAS SECAS DE DURACION SUPERIOR A UN AÑO REGISTRADAS EN ANDALUCIA (1940-1986)



PERIODOS SECOS

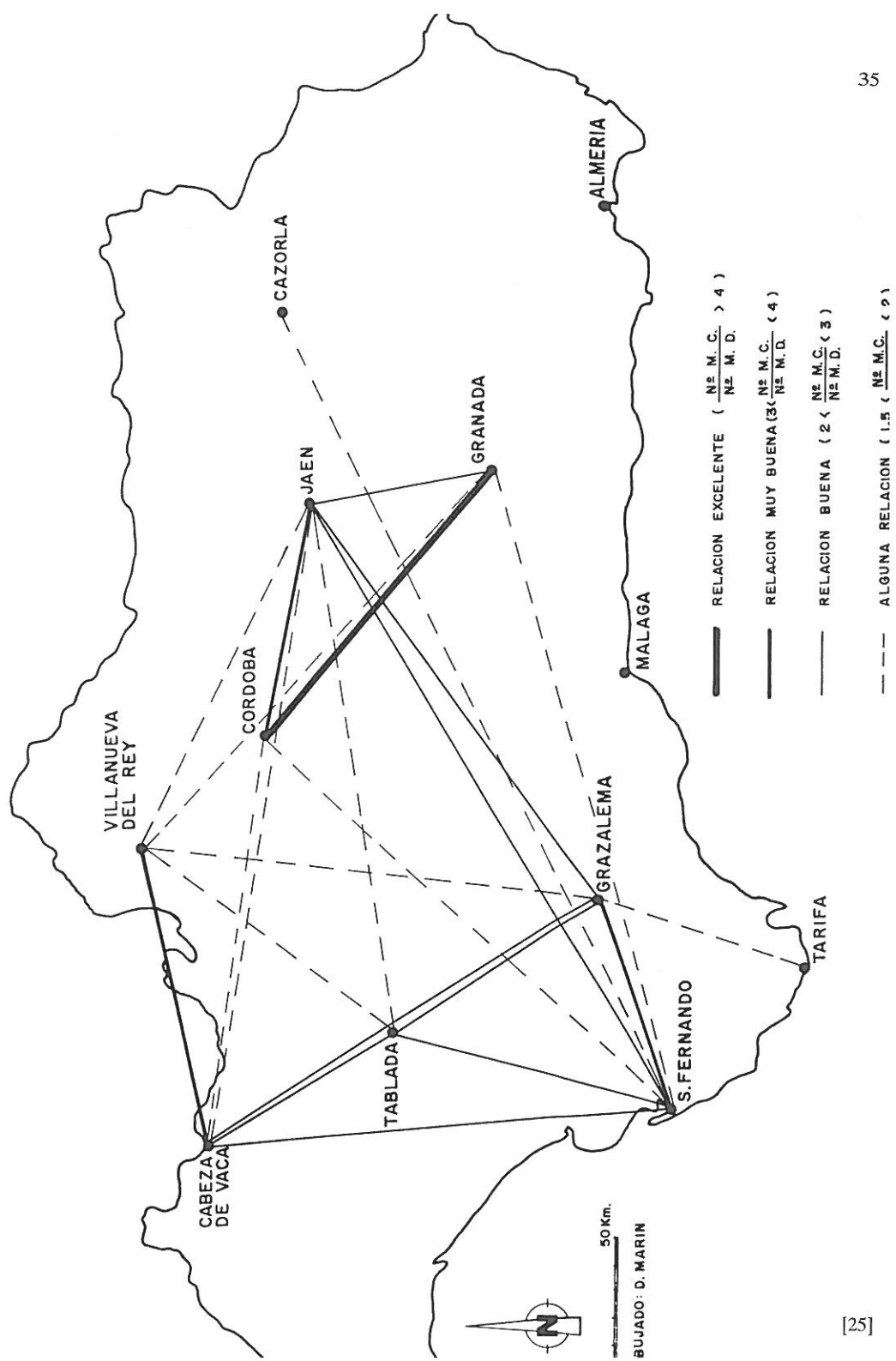


PERIODOS HUMEDOS

CUADRO IV
COVARIACION DE LAS SECUENCIAS SECAS ENTRE LOS OBSERVATORIOS ANDALUCES (COCIENTE ENTRE EL N.º DE MESES CONCORDANTES Y DISCORDANTES EN SU CALIFICACION DE SECOS O HUMEDOS POR PARES DE OBSERVATORIOS)

Observatorios	V. del Rey	C. de Vaca	Tablada	San Fernando	Tarifa	Grazalema	Jaén	Granada	Córdoba	Cazorla	Málaga	Almería
V. del Rey	1,00	3,0	1,72	1,47	0,63	1,6	1,9	1,52	1,14	1,21	0,54	0,56
Cabeza de Vaca	3,00	1,0	2,10	2,20	0,60	2,6	1,6	1,30	1,50	1,00	0,50	0,50
Tablada	1,72	2,1	1,00	2,50	0,90	2,2	1,8	1,40	1,10	1,00	0,60	0,60
San Fernando	1,47	2,2	2,50	1,00	1,10	3,2	2,5	1,70	1,70	1,80	0,80	0,50
Tarifa	0,63	0,6	0,90	1,10	1,00	1,6	1,2	1,20	1,30	0,70	1,00	0,60
Grazalema	1,60	2,6	2,20	3,20	1,60	1,0	2,0	1,40	1,80	1,40	0,80	0,50
Jaén	1,90	1,6	1,80	2,50	1,20	2,0	1,0	2,90	3,00	1,40	0,80	0,50
Granada	1,52	1,3	1,40	1,70	1,20	1,4	2,9	1,00	4,20	1,20	0,60	0,70
Cazorla	1,21	1,0	1,00	1,80	0,70	1,4	1,4	1,20	1,20	1,00	0,70	0,40
Málaga	0,54	0,5	0,60	0,80	1,00	0,8	0,7	0,60	0,80	0,70	1,00	0,50
Almería	0,56	0,5	0,60	0,50	0,60	0,5	0,7	0,70	0,60	0,40	0,5	1,0

MAPA 6 - COVARIACION DE LAS SECUENCIAS SECAS ENTRE LOS OBSERVATORIOS ANDALUCES



En función de estos criterios surgen cuatro estaciones dotadas de un alto grado de independencia respecto a las demás: Almería, Málaga, Cazorla y Tarifa. En los dos primeros casos la independencia es absoluta e incluso en Almería las discrepancias respecto a los demás observatorios son siempre superiores a las concordancias. En Cazorla y Tarifa el panorama no es muy diferente, aunque se aproximan algo a San Fernando y Grazalema respectivamente.

Estos cuatro observatorios se disponen periféricamente respecto al resto de Andalucía, donde sí aparecen ya lazos de unión entre las estaciones; lazos que, no obstante, presentan diferencias entre unos ámbitos y otros.

El conjunto mejor relacionado es el constituido por las estaciones de Córdoba, Granada y Jaén, todas ellas con un elevado grado de concordancia, aunque ésta es especialmente fuerte entre los dos primeros observatorios, que presentan una covariación casi perfecta. Por otro lado surge el conjunto formado por los observatorios de San Fernando, Grazalema, Tablada y Cabeza de Vaca, con buena relación entre todos ellos y muy buena entre los dos primeros. Este conjunto, a su vez, se comunica con el eje de las cadenas Béticas a través de las buenas relaciones mantenidas por Jaén con Grazalema y San Fernando, y con el eje de Sierra Morena a través de las muy buenas relaciones que mantienen los observatorios de Cabeza de Vaca y Villanueva del Rey.

Para completar esta afirmación y verificar su grado de validez hemos procedido a correlacionar las precipitaciones anuales estandarizadas que se registran en los doce observatorios analizados (ver cuadro 5 y mapa 7)³.

La absoluta independencia de Málaga y Almería se pone una vez más de manifiesto, así como la independencia también notoria de estaciones tales como Tarifa y Cazorla. A su vez, el resto de la región muestra de nuevo una elevada relación entre sus estaciones, registrando todas entre sí coeficientes de correlación superiores a 0,6 unidades y, en muchos casos, superiores a 0,7 y 0,8.

En este caso, sin embargo, se hace mucho más palpable la aproximación existente entre los observatorios de las cadenas Béticas, por un lado, (Grazalema, Granada y Jaén) y los observatorios atlánticos y de Sierra Morena, por otro (San Fernando, Tablada, Cabeza de Vaca y Villanueva del Rey), apareciendo entre ambos la estación de Córdoba como un ámbito de transición, que presenta fuertes lazos de unión con los dos, aunque más destacados respecto a las estaciones de las cadenas Béticas.

Así pues, por lo que respecta a los ritmos seguidos por la precipitación, no es Andalucía un espacio tan homogéneo como en principio pudiera pensarse. En ella aparecen ámbitos casi totalmente independientes del resto, en los cuales son esperables situaciones de sequía o excedentes pluviométricos aislados.

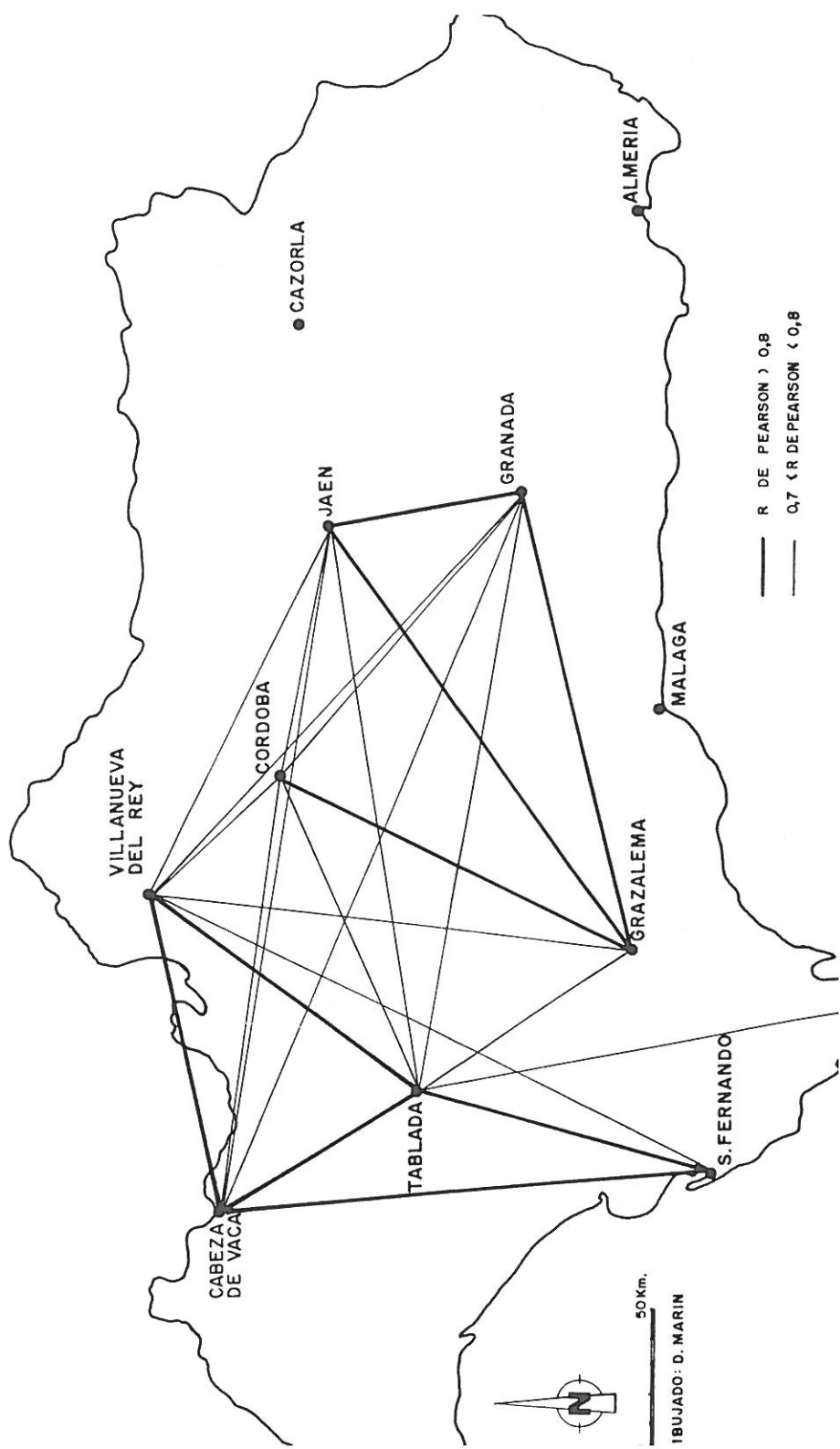
3. Las precipitaciones estandarizadas resultan de dividir la precipitación de cada año en un observatorio dado por su precipitación media anual. Con las series de valores resultantes de esta operación se han calculado los coeficientes de correlación de Pearson por pares de observatorios.

CUADRO V

COEFICIENTES DE CORRELACION DE PEARSON REGISTRADOS ENTRE LAS PRECIPITACIONES ANUALES ESTANDARIZADAS (P_i/p) DE LOS OBSERVATORIOS ANDALUCES (1922-1986)

Observatorios	Almería	Granada	Málaga	Jaén	Cazorla	Córdoba	Tarifa	C. de Vaca	V. del Rey	Grazalema	Tablada	San Fernando
Almería	1,0000	0,3795	0,8997	0,3168	0,2199	0,2175	0,3407	0,1755	0,1487	0,2377	0,2769	0,2264
Granada	0,3795	1,0000	0,3826	0,8830	0,6465	0,7655	0,6190	0,7620	0,7017	0,8083	0,7110	0,6217
Málaga	0,2997	0,3826	1,0000	0,3511	0,3482	0,4615	0,6777	0,4644	0,3931	0,4317	0,5830	0,5751
Jaén	0,3168	0,8830	0,3511	1,0000	0,6611	0,7875	0,6413	0,7413	0,7274	0,8861	0,7159	0,6559
Cazorla	0,2199	0,6465	0,3482	0,6611	1,0000	0,4910	0,3246	0,5670	0,5778	0,6845	0,5140	0,4293
Córdoba	0,2175	0,7655	0,4615	0,7875	0,4910	1,0000	0,6613	0,7858	0,7079	0,8195	0,7704	0,5791
Tarifa	0,3407	0,6190	0,6777	0,6413	0,3246	0,6613	1,0000	0,5934	0,4330	0,6466	0,7058	0,6812
Cabeza de Vaca	0,1755	0,7620	0,4644	0,7413	0,5670	0,7858	0,5934	1,0000	0,8226	0,8187	0,8644	0,8243
V. del Rey	0,1487	0,7017	0,3931	0,7274	0,5758	0,7079	0,4330	0,8226	1,0000	0,7200	0,8036	0,6394
Grazalema	0,2377	0,8083	0,4317	0,8861	0,6845	0,8195	0,6466	0,8187	0,7200	1,0000	0,7583	0,6725
Tablada	0,2769	0,7110	0,5830	0,7159	0,5140	0,7704	0,7058	0,8644	0,8036	0,7853	1,0000	0,8324
San Fernando	0,2264	0,6217	0,5751	0,6559	0,4293	0,6791	0,6812	0,8243	0,6394	0,6725	0,8324	1,0000

MAPA: 7 - CORRELACION EXISTENTE ENTRE LAS PRECIPITACIONES ESTANDARIZADAS (P_i/\bar{p}) DE LOS OBSERVATORIOS ANDALUCES



50 Km.

IBUJADO: D. MARIN

— R DE PEARSON $\geq 0,8$

— R DE PEARSON $\geq 0,7$

Por otra parte, dentro del conjunto que podemos considerar homogéneo en el interior de la misma, son notorias las diferencias existentes entre las cadenas Béticas por un lado y la costa atlántica y Sierra Morena por otro. Se diría que las perturbaciones que riegan Andalucía penetrando por el Atlántico, no ejercen tanto su acción diferencial en el sentido costa-interior, cuanto en el sentido norte-sur, barriendo alternativamente, bien las cadenas montañosas que flanquean la región por el norte, bien las que se sitúan al sur del valle del Guadalquivir.

5. CONCLUSIONES

De todo este panorama merecen destacarse algunos hechos especialmente relevantes. En primer lugar el alto grado de covariación que se registra en la mayor parte del territorio andaluz por lo que respecta a la sequía, lo cual dificulta las estrategias de ajuste a seguir durante su acaecimiento por la escasez de mecanismos compensatorios interregionales. Estos, sin duda, han de proceder básicamente de las áreas periféricas (costa mediterránea y sierras de Segura y Cazorla), con escasísima covariación respecto al resto de la región, lo que las convierte en ámbitos complementarios de aquélla.

En realidad, observando el mapa 6 puede constatarse cómo ambos dominios coinciden básicamente con las dos grandes cuencas hidrográficas que comparten el espacio andaluz: la cuenca hidrográfica del Sur y la cuenca del Guadalquivir.

La primera, a pesar de su marcada aridez, aparece mucho mejor dotada que la última respecto a la sequía. En ella se inscriben los enclaves con menor riesgo de toda la región y aquéllos en los que aparece un menor grado de covariación espacial, reduciéndose así la probabilidad de ocurrencia de déficits generalizados.

La segunda, por el contrario, cuenta con un riesgo de sequía mucho más acentuado, presentando además una fuerte covariación espacial, lo que la convierte en mucho más proclive a las situaciones generalizadas de sequía prolongada.

La conexión entre las dos cuencas parece, pues, imprescindible a la hora de abordar la planificación del abastecimiento de agua en el conjunto de la región.

No obstante, dentro de la propia cuenca del Guadalquivir cabe arbitrar algunos mecanismos compensatorios en función de la ligera disimetría que presentan sus vertientes norte y sur, con moderada covariación entre ambas y con riesgos de sequía muy diferentes, más reducido en la primera, y mucho mayor en la segunda, verdadero punto negro de la región, sobre todo, en su triángulo Córdoba-Granada-Jaén.

Dado que los mayores núcleos industriales y poblacionales de la cuenca se encuentran en el eje central de la misma, su abastecimiento alternativo desde ambas vertientes reduciría considerablemente la probabilidad de sequía o desabastecimiento.

Tal hecho no impediría, sin embargo, la existencia de períodos en los cuales la sequía fuera una nota general y dominante para toda la región andaluza. Estos períodos se han registrado en numerosas ocasiones en los tiempos recientes, siendo de hecho mucho más frecuentes que los caracterizados por la variabilidad espacial.

Ello exige por nuestra parte aprender a convivir con la sequía, generando unos mecanismos de previsión y ajuste capaces de minimizar sus impactos negativos, lo cual sólo podrá lograrse adaptando al máximo nuestras actividades a los ritmos marcados por unas precipitaciones que no se caracterizan precisamente por su regularidad.