

LAS SEQUÍAS EN LA PROVINCIA DE ALMERÍA. IMPLICACIONES BIOGEOGRÁFICAS

Emilio Ferre Bueno y José Damián Ruiz Sinoga
*Universidad de Málaga**

RESUMEN

En el ámbito mediterráneo, la tipología y distribución espacial de las sequías resulta muy compleja, debido a las frecuentes y significativas diferencias territoriales, lo que dificulta determinar regiones homogéneas.

En el presente estudio, se analizan las sequías en los últimos 50 años en 18 observatorios representativos de las distintas unidades bioclimáticas de la provincia de Almería, con el objetivo de: realizar un análisis tipológico de las sequías, frecuencia e intensidad, y establecer tanto su dinámica y evolución como su tendencia en el contexto del cambio global.

Palabras clave: Sequías, Aridez, Mediterráneo, Cambio Climático.

Droughts in the province of Almeria. Biogeographical implications

ABSTRACT

In the Mediterranean area, the typology and spatial distribution of droughts is very complex, because of frequent and significant territorial differences, making it difficult to identify homogeneous regions.

This study examines droughts in the past 50 years in 18 observatories representative of the different bioclimatic units of the province of Almeria, with the aim of : to realize a typological analysis of droughts, frequency and intensity, and establish both its dynamics and evolution as its trend in the context of global change.

Keywords: Droughts, Aridity, Mediterranean, Climate Change.

1. INTRODUCCIÓN

En el ámbito mediterráneo la sucesión de situaciones climáticas extremas se han incrementado durante el siglo XX, con repercusiones en el sistema ecogeomorfológico, por lo que su análisis, tipología y caracterización es una línea prioritaria al objeto de llevar a cabo estrategias políticas de planificación (Easterling *et al.*, 2000; Kunkel *et al.*, 1999).

Dentro de estas anomalías climáticas extremas, la sequía es de los fenómenos más nefastos y complejos (Wilhite, 1993). Mientras que otros riesgos climáticos como las inundaciones, tienen una mayor concreción espacio-temporal, en el caso de las sequías resulta complejo determinar su inicio y final, así como su área de afección (Cuadrat Prats y Vicente-Serrano, 2005). Su aparición suele ser lenta y, a menudo, no se reconoce hasta que las actividades humanas o el medio ambiente quedan afectados; e incluso sus efectos pueden persistir mucho tiempo después de que haya terminado (Changnon y Easterling, 1989).

Fecha de recepción: 10 de abril de 2012.

Fecha de aceptación: 9 de julio de 2012.

* Departamento de Geografía. Universidad de Málaga. Campus de Teatinos. 29004 Málaga (España). E-mail: eferre@uma.es, sinoga@uma.es

En ambientes mediterráneos, y dado que son frecuentes las diferencias territoriales significativas en relación a las condiciones de sequedad, incluso entre espacios próximos (Oladipo, 1986; Komuscu, 1999; Nkemdirim y Weber, 1999; Cuadrat Prats y Vicente-Serrano, 2005), resulta difícil determinar regiones homogéneas. Esto sucede en la cuenca mediterránea andaluza, en el sur de España, cuyos espinazos montañosos ejercen de divisoria, y a veces de pantalla, entre las masas de aire procedente del estrecho de Gibraltar y las que se adentran por la depresión del Guadalquivir. La existencia de un relieve elevado y compartimentado genera, además, una diversa casuística en relación a la dinámica y tipología de las sequías.

Los estudios paleo-climáticos muestran que las sequías han sido muy frecuentes en la Península Ibérica (Martín Vide y Barriendos, 1995); y las estadísticas económicas muestran que las sequías causan importantes pérdidas. De hecho, en los últimos treinta años, la Península ha sufrido cinco sequías (CRED, 2003), y en la más reciente de ellas, la registrada entre 1992 y 1995, según las organizaciones agrarias, los daños directos e indirectos se estimaron en más de 3.500 millones de euros; y según las compañías de seguros agrarios las pérdidas en el cereal de secano en 1992 ascendieron a unos 360 millones de euros y en 1995 a unos 200 millones de euros (González Alonso *et al.*, 2000; Cuadrat Prats y Vicente-Serrano, 2005).

En el dominio mediterráneo, y debido a su situación latitudinal, los modelos climáticos predicen una mayor incertidumbre en las disponibilidades hídricas durante el siglo XXI (Houghton *et al.*, 2001), con una disminución importante de las precipitaciones si los niveles atmosféricos de CO² continúan subiendo (Jones *et al.*, 1996). Por este motivo resulta crucial el desarrollo de planes de seguimiento, prevención y alerta temprana de las sequías para la mitigación del riesgo. Estos planes requieren la tipificación y caracterización de las sequías para optimizar sus propósitos y permitir un uso más eficaz de los recursos (Wilhite y Svoboda, 2000; Ruiz Sinoga *et al.*, 2010). Asimismo se trata de comprobar cuál es la respuesta del sistema ante situaciones de déficit hídrico, especialmente en zonas en donde la pluviometría es baja, con objeto de determinar si se reproduce el modelo analizado por Ruíz Sinoga y León Gross (2012) en la provincia de Málaga, vinculando una variedad de anomalías pluviométricas secas a factores geográficos.

En el presente estudio, se analiza la evolución, características y tipología de las sequías en los últimos 50 años (según el *Standardized Precipitation Index*) en la provincia de Almería, con los objetivos de: realizar un análisis tipológico, concretar su frecuencia e intensidad, y establecer su dinámica, evolución y tendencia en el contexto del cambio global.

2. METODOLOGÍA

Existen múltiples métodos para analizar la intensidad, frecuencia y duración de las anomalías secas. Numerosos indicadores se han desarrollado y aplicado a múltiples áreas con la finalidad de determinar aquellos espacios afectados con especial virulencia por sequías climáticas, con la finalidad de llevar a cabo planes que limiten los impactos negativos que se pudieran derivar (Vicente-Serrano y Cuadrat Prats, 2002).

Dentro de los índices de sequía existentes merecen ser destacados el BMDI (Bhalme y Mooley, 1980), el análisis de períodos de retorno móviles (Perez Cueva y Escrivá, 1982), el RAI (Rooy, 1965); el índice de Gibbs (1975); el índice de Thonhwaite (1948), el índice de Palmer (PDSI, Palmer, 1965), etc.

Sin embargo, de los diferentes indicadores desarrollados para el análisis de las sequías (Heim, 2002), el más utilizado ha sido el *Standardized Precipitation Index* (SPI), desarrollado por McKee *et al.* (1993 y 1995) para identificar los períodos secos y húmedos de modo más

preciso que otros índices. Keyantash y Dracup (2002) analizaron la consistencia de 18 índices de sequía y concluyeron que el SPI es el de más utilidad, ya que no sólo las tipifica sino que las compara espacialmente y cuantifica la severidad, duración y magnitud espacial de las mismas. Aunque el desarrollo del SPI es reciente, se está utilizando ampliamente para el estudio de las sequías en EEUU (Hayes *et al.*, 1999), en Europa (Lloyd-Hughes y Saunders, 2002) y en la Península Ibérica (Poquet *et al.*, 2008; Cuadrat Prats y Vicente-Serrano, 2005; etc...).

En la Península Ibérica, la incidencia de las sequías no sólo afectan al ecosistema y a la agricultura, aunque la importancia económica del secano ha disminuido en las últimas décadas, sino también a otras actividades económicas como el turismo, que ha incrementado las demandas hídricas en las áreas litorales (Morales *et al.*, 2000), y en otras por la agricultura de regadío. La sequía adquiere, además, por su carácter relacionado con el aprovisionamiento de los recursos hídricos, un perfil socioeconómico y ambiental, relacionado también con indicadores de calidad o confortabilidad climática. Ello supone la necesidad de efectuar una tipología de las sequías tanto en función de su intensidad como de su duración y localización.

2.1. Utilización del SPI

El *Standardized Precipitation Index* (SPI) fue desarrollado por McKee *et al.*, (1993 y 1995) para conseguir una representación de los períodos anormalmente secos y húmedos de forma más precisa que el índice de Palmer, ya que el SPI presenta una serie de ventajas respecto al comúnmente utilizado índice de Palmer. El PDSI no tiene en cuenta las diferencias existentes en el intervalo entre precipitación y escorrentía (Karl, 1983) y la clasificación de los valores del PDSI varían ampliamente dependiendo de la localización, lo que dificulta la comparación espacial entre unas áreas y otras (Weber y Nkemdirim, 1998). Alley (1984) realiza una revisión de las limitaciones que presenta el PDSI destacando que no se trata de un índice probabilístico y que tiene una escala temporal rígida de unos 9 meses (Vicente-Serrano y Cuadrat Prats, 2002).

En general, los trabajos desarrollados hasta el momento muestran las ventajas que presenta el SPI en el reconocimiento de los períodos secos (Guttman, 1998). Existen diferentes trabajos que analizan la utilidad del SPI en el seguimiento de las sequías (Edwards y McKee, 1997; McKee *et al.*, 2000; Hayes *et al.*, 1999; Wu *et al.*, 2001; Vicente-Serrano *et al.*, 2004; Vicente-Serrano y López-Moreno., 2005; Moreira *et al.*, 2008; Lana *et al.*, 2009) y todos ellos ponen de manifiesto la enorme utilidad que supone la existencia de un índice que permita un seguimiento temporal continuo a diferentes escalas temporales, tal como posibilita el SPI.

La información básica necesaria para calcular el SPI debe ser una serie homogénea de precipitaciones mensuales de al menos 30 años de duración (Wu *et al.*, 2001), aunque en este trabajo se ha seguido el criterio de Guttman (1999), que señala la necesidad de disponer de, al menos, 50 años de registros de precipitaciones, previa homogeneización de los datos. Dentro de los diversos test de homogeneización de temperaturas y precipitaciones existentes (Peterson *et al.*, 1998), en este trabajo se ha utilizado el desarrollado por Alexandersson y Moberg (1997). Una vez creadas las series homogéneas de los observatorios para los que se quiere obtener el SPI, se deben decidir las escalas temporales a las que realizar el seguimiento de las sequías.

Las sequías en ambientes mediterráneos poseen una variable frecuencia a diferentes escalas temporales de análisis (Komuscu, 1999). Mientras que a escalas temporales largas (p.ej.: 48 meses) los períodos secos son menos frecuentes, a escalas cortas (3 meses) la frecuencia de estos períodos se incrementa. El SPI a cortas escalas temporales responde rápidamente a un mes muy seco o muy húmedo, lo que significa que cada nuevo mes tiene una larga influencia en el

período en el que se suma la precipitación. No obstante, cuando la escala temporal se incrementa el índice responde lentamente indicando pocos fenómenos de sequía pero de larga duración. Así pues, considerando que una de las ventajas del SPI es la de tipificar los períodos secos con un amplio espectro de escalas temporales (Edwards y McKee, 1997), se ha realizado un análisis del mismo a escalas de **3, 12, 24 y 48** meses, al objeto de poder determinar desde los períodos secos cortos o rachas secas, a las sequías de mayor duración o sequías propiamente dichas.

El SPI a una escala de 3 meses es un buen indicador de las sequías estacionales o sequías a corto plazo, incluso el de 12 meses es revelador de lo que ocurre a lo largo de un año. Sin embargo, el SPI de 24 meses y superiores escalas temporales se utiliza como un índice de sequía a largo plazo (Edwards, 2001). Dependiendo de la duración e intensidad de las sequías, así serán las consecuencias socioeconómicas, ambientales e hidrológicas, de ahí el interés que reviste el uso de diferentes escalas de tiempo. Desde el punto de vista ambiental, la humedad que contiene el suelo será muy sensible a períodos secos cortos (escalas inferiores a seis meses), lo que supone una menor disponibilidad hídrica para la vegetación, con directas consecuencias tanto para el ecosistema (agostamiento de la biomasa e incremento del riesgo de incendio forestal) como para la agricultura (reducción de las cosechas). Pero la determinación de los recursos hídricos disponibles en un área concreta sólo podrá realizarse a partir de escalas temporales largas que son las que marcan períodos críticos, incluso para la cubierta de vegetación.

2.2. Cálculo del SPI

Matemáticamente, el SPI está basado en la probabilidad acumulativa de un evento dado en una estación. Los datos históricos de precipitación de la estación están ajustados a una distribución gamma, ya que ésta distribución ha sido hallada para ajustar la distribución de las precipitaciones. Así, la probabilidad de la lluvia siendo menor o igual que el promedio de un área rondará sobre el 0.5, mientras que la probabilidad de la lluvia siendo menor o igual que una cantidad mucho más pequeña que el promedio será también más baja (0.2, 0.1, 0.01, etc., dependiendo de la cantidad). Por lo tanto si un evento de lluvia concreto tiene una baja probabilidad en la función de probabilidad acumulativa, será un indicativo probable de un evento de sequía.

El cálculo del SPI para un período de tiempo y lugar determinados requiere una base de datos de precipitaciones mensuales de larga duración, con datos recogidos de 30 años o más. Este período se ajusta a una distribución de probabilidad, la cual es transformada en una distribución normal y así el SPI es cero para el lugar y el período estudiado (desarrollado en Edwards & McKee, 1997).

El SPI representa el número de desviaciones estándar que los diferentes eventos quedan por encima o por debajo de la media de un determinado observatorio. Una vez obtenidos los valores de SPI, se establece una categorización con el fin de identificar la severidad de cada uno de los períodos secos identificados (McKee *et al.*, 1993).

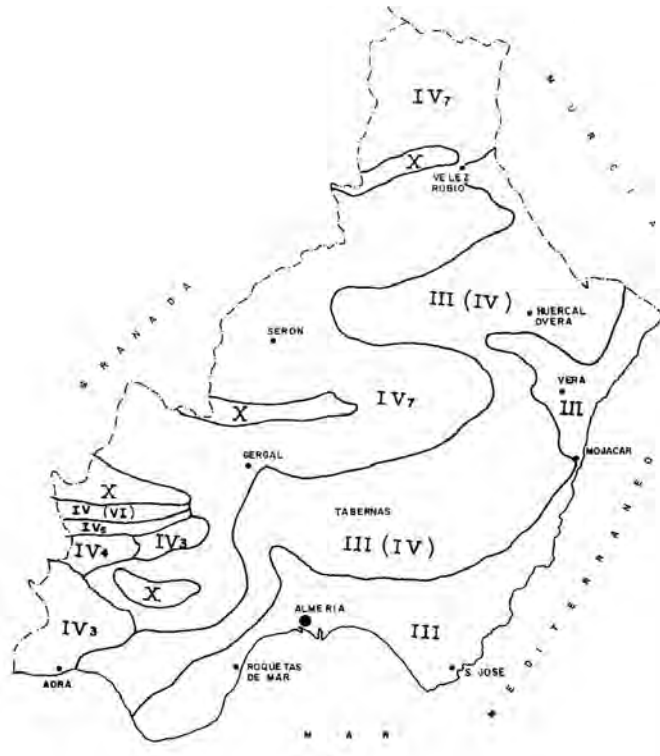
En este estudio hemos determinado la severidad de las sequías en 3 categorías: sequía moderada (SPI de -1 a -1.49); sequía severa (de -1.50 a -1.99), y sequía extrema (\leq a -2). Esta clasificación es de enorme utilidad para determinar qué espacios están sufriendo sequías de diferente grado a distintas escalas temporales.

2.3. Delimitación de unidades bioclimáticas

La provincia de Almería, situada en el sureste de la Península Ibérica, participa del rasgo climático más característico de esta región: la aridez. Sin embargo, su desarrollo espacial norte-sur

y la presencia de alineaciones montañosas importantes (de norte a sur: sierra de María, sierra de las Estancias, extremo oriental de Sierra Nevada alineada con la sierra de los Filabres, sierra de Gádor y sierra Alhamilla) en las que se sobrepasan con frecuencia los 1000m. de altitud e, incluso, los 2000m., introducen matices climáticos que se ponen de manifiesto en el análisis de las precipitaciones medias anuales; las cuales presentan un claro gradiente O-E y otro N-S. Por ello se establece una gradación diagonal hacia la aridez que culmina en el extremo sureste de la provincia: Cabo de Gata.

La clasificación fitoclimática de Walther y Lieth (1960), adaptada a España por Allúe Andrade (1966), pone en evidencia áreas bioclimáticas en Almería con disposición diagonal NE-SO en las que la aridez aumenta gradualmente desde las comarcas más occidentales hasta las más orientales y desde las situadas más al norte hasta las más meridionales. La existencia de alineaciones montañosas importantes, con dirección general O-E, introduce el factor altitud, aunque no trastoca el esquema general de las tendencias anteriormente señaladas.



Leyenda:

SUBDESÉRTICO: subárido.....		III(IV)
árido.....		III
MEDITERRÁNEO: semiárido y cálido: seco ...		IV ₃
menos seco..		IV ₄
semiárido moder. cálido: seco		IV ₇

Figura 1. Clasificación climática de la provincia de Almería. Subregiones fitoclimáticas. Walter y Lieth (1960). Tomado de Capel (1986).

En esta clasificación climática los índices decisivos hacen referencia a la precipitación anual, a la precipitación mensual estival mínima, al intervalo de sequedad y a la intensidad de la sequía. De su aplicación en la provincia de Almería (Capel, 1986) resultan áreas con fitoclimas dominantes (Fig. 1) que, en lo referente al comportamiento de las precipitaciones, se pueden resumir en:

- Mediterráneo semiárido (IV₇), desarrollado de noreste a suroeste en lo que se pueden considerar altiplanicies interiores.
- Subdesértico sub-árido [III(IV)], desarrollado en una amplia franja al este de la anterior que afecta al centro de las cuencas de los principales ríos almerienses (río Almanzora y río Andarax).
- Subdesértico árido (III) que afecta a la franja costera más al este y al sur de la provincia.
- Mediterráneo de alta montaña (X) que afecta a las alineaciones montañosas principales de Almería en territorios situados por encima de 1000 m. de altitud.

Siguiendo este criterio de delimitación se han escogido un total de 18 estaciones pluviométricas, con datos suficientes, distribuidas en cada una de las áreas bioclimáticas, de modo que se puedan manifestar los tres componentes de las precipitaciones en la provincia de Almería: longitudinal O-E, latitudinal N-S y altitudinal.

Cuadro 1. Características de las estaciones analizadas. Estaciones pluviométricas elegidas.

Estación	Altitud m.	Precipitación media anual (mm.)	Serie	Observaciones
Mediterráneo semiárido				Altiplanicies interiores
Chirivel	1038	324	1963-2008	
Serón	870	307	1968-2008	
Fiñana	950	269	1962-2008	
Laujar	904	486	1960-2008	
Berja	350	337	1960-2008	
Alhama de Almería	634	306	1960-2008	
Subdesértico sub-árido				Cuencas centrales
Albox	427	292	1960-2008	
Huércal-Overa	270	255	1960-2008	
Tabernas	427	231	1962-2008	
Subdesértico árido				Litoral este-sureste
Cuevas de Almanzora	90	215	1960-2008	
Cabo de Gata	41	144	1960-2008	
Almería	25	190	1960-2008	
Mojonera de Felix	80	209	1960-2008	
Alta Montaña				
Oria	1044	357	1960-2008	S^a de las Estancias
Cercillo	1800	628	1962-2008	S^a Nevada
Tahal	1005	396	1960-2008	S^a de los Filabres
La Zarba	1222	431	1960-2008	S^a de Gádor

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el marco de una tendencia hacia la reducción de la pluviometría como la demostrada para el sur de España, desde el estrecho de Gibraltar hacia Almería, (Ruíz Sinoga *et al.* 2010), el análisis de las anomalías secas en una zona cuyo umbral pluviométrico oscila entre el mediterráneo subhúmedo y el ámbito subdesértico y, por tanto, con una muy escasa disponibilidad de agua, ha mostrado unos resultados muy reveladores. En estas circunstancias el SPI nos ha permitido distinguir cómo unos períodos de anomalías pluviométricas cortas, determinadas mediante la aplicación del SPI3, son generalizadas en todos los observatorios, y especialmente se producen en otoño. Se pueden denominar rachas secas. De los 48 años considerados, en 19 se ha detectado una anomalía pluviométrica de este tipo que oscila entre los meses de julio-agosto a noviembre-diciembre, prolongando por tanto la estación estival hasta los meses de noviembre e incluso diciembre. A esta frecuencia, hay que añadir su intensidad, ya que el 66% de estas rachas secas adquieren la categoría de extremas, con SPI por debajo de -2, llegando incluso a -3.

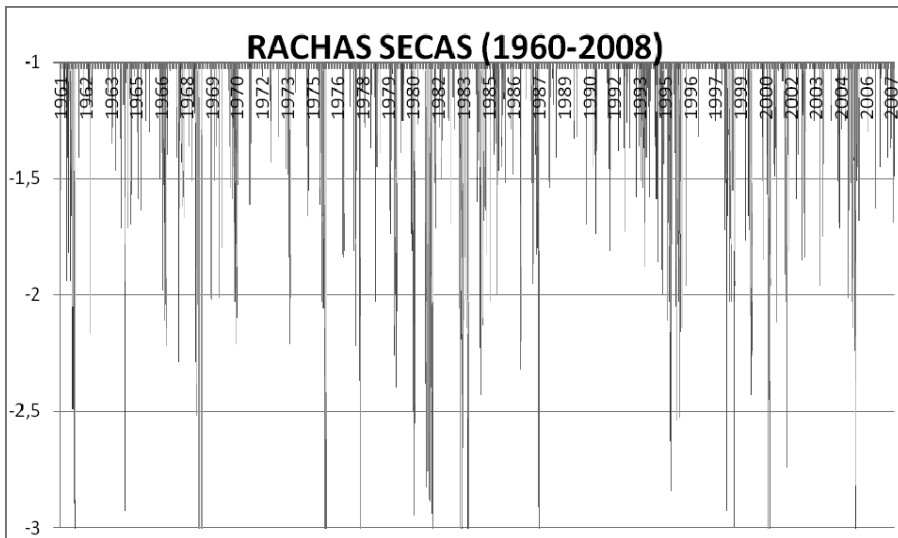


Figura 2. Rachas secas. (SPI3).

Son también frecuentes las que se producen antes de la estación estival, así como en algunos períodos aleatorios a lo largo del año. En ambos casos no es posible determinar una tendencia de las mismas para el período analizado. Se trata por tanto de un tipo de sequía absolutamente usual e inherente a la estructura del geosistema ambiental almeriense.

Las sequías anuales (SPI3) también son generalizadas y usuales y, por tanto, muy vinculadas a la extraordinaria variabilidad pluviométrica de la provincia. En cada uno de los observatorios analizados es muy frecuente encontrar uno o dos meses al año secos en relación a los once meses anteriores. Además, muchos de ellos, el 59%, adquieren una muy fuerte intensidad (se llega también a -3), mostrando una generalizada presencia de las extremas sequías de corta duración en la provincia de Almería.

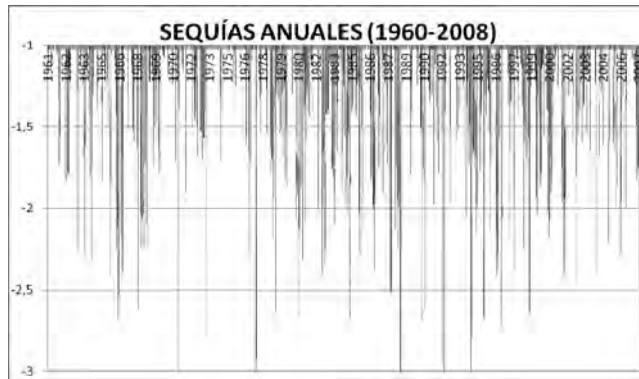


Figura 3. Sequías anuales. (SPI12).

Así que, como sucede con las rachas secas, es muy difícil establecer períodos prolongados especialmente secos de esta magnitud dada su extraordinaria frecuencia.

Y ello es debido a que la escasez de agua es inherente al geosistema, por lo que estos períodos secos, cortos y recurrentes, pertenecen a las propias características pluviométricas de Almería. Frente a otras áreas más húmedas en las que este tipo de anomalías son transitorias, coyunturales, con una rápida recuperación posterior, en la provincia de Almería, se puede considerar que están en la estructura interna del sistema: son estructurales. De ahí la adaptación de las comunidades vegetales a tales condiciones xéricas, tanto en biodiversidad como en el patrón de vegetación. Situación que ha sido puesta de manifiesto en numerosos estudios fitosociológicos desde el primer tercio del siglo XX (Pau, 1930; Alcaraz *et al.*, 1989; Asensi *et al.*, 1991-1995; Ferre *et al.*, 1985; Rivas Martínez, 1987 y 1990; Rivas-Martínez *et al.*, 1997) de los que se desprende la estrecha relación entre formaciones vegetales y condiciones bioclimáticas dentro de los matices que van del subhúmedo al árido.

Es a partir de períodos mas largos cuando pueden definirse situaciones de sequía que afecten al sistema ecogeomorfológico y biogeográfico de una forma mas inquietante, así como trascender a lo socioeconómico. Las sequías bianuales (SPI24) muestran esta situación. De su analisis pueden definirse claramente ocho períodos secos, algunos, con incidencia en sólo unos cuantos observatorios, como la sequías de 1964-1966, la de 1968-1970, y la de 2005-2007.

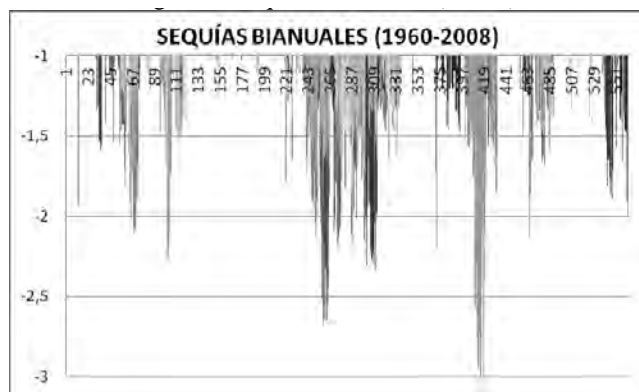


Figura 4. Sequías bianuales. (SPI12).

Otros, fueron generalizados, como el amplio período transcurrido entre 1980 y 1988, la sequía de 1993-1996, o la acaecida entre 1999 y 2001. Excepto las más recientes, las de los años 80 y 90, fueron sequías severas que llegaron a alcanzar episodios extremos en algunos meses (alcanzan valores de -3).

Por último, son las sequías plurianuales las que muestran con una mayor claridad la existencia de períodos de anomalías pluviométricas, y por tanto, con una posible mayor incidencia en el aprovisionamiento hídrico así como en el sistema ecogeomorfológico.

A lo largo del período analizado pueden distinguirse 5 sequías plurianuales de diferente intensidad y duración, quedando muy bien definida la que se produjo en la década de los años 80. Las otras se produjeron entre los años 65 y 70, entre los años 94 a 98, entre los años 2001 a 2003, y durante los años 2006 y 2007. Por tanto, no es posible definir un patrón secuencial de las mismas. Además, en ellas, sólo en momentos muy concretos se alcanzó el grado extremo, de apenas un par de meses de duración en 1967, y de 4 meses en 1995. Nuevamente en este aspecto, cabe resaltar que durante la sequía de la década de los años 80, desde 1982 a 1986 se llegó al grado de sequía extrema.

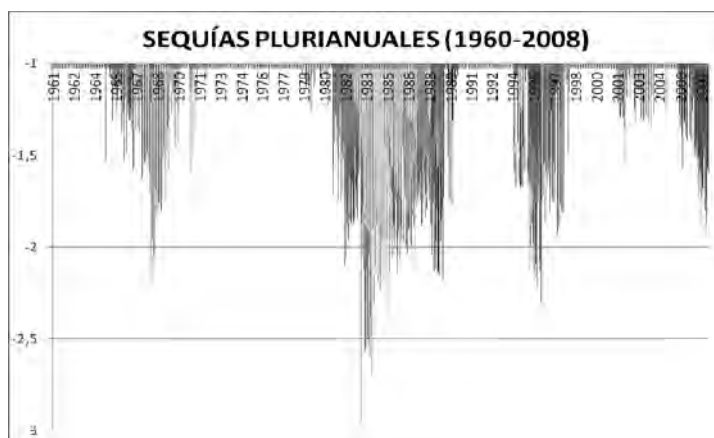


Figura 5. Sequías plurianuales. (SPI48).

Dentro de esta tendencia general pueden observarse desajustes zonales derivados de las características ecogeomorfológicas y bioclimáticas de la provincia de Almería. En la alta montaña el número de meses afectados por sequías aumenta desde las mensuales (SPI3) hacia las anuales (SPI12) lo que muestra una mayor presencia de meses con déficit pluviométrico porque el período evaluado es de un año en el segundo caso. Pero los períodos bien definidos de sequía sólo se observan cuando se trata de sequías plurianuales consideradas en los SPI24 y SPI48. Los ejemplos de Oria para los primeros casos y el de Cerecillo para el tercer caso ponen de manifiesto tal tendencia (Fig. 6).

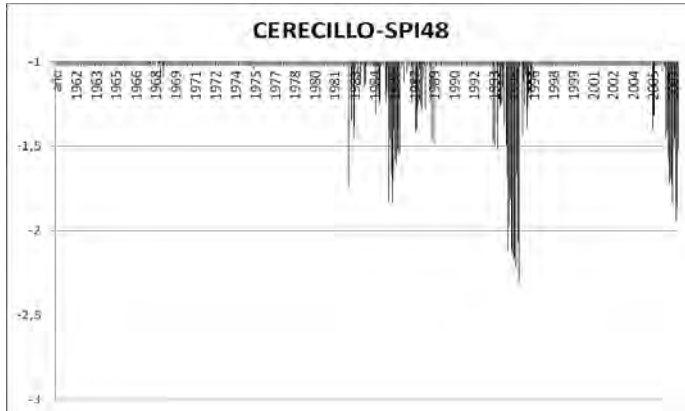


Figura 6. Sequías en Alta Montaña. Oria (SPI3 y SPI12). Cerecillo (SPI48).

En las altiplanicies, dominio climático semiárido, aunque se reproduce el modelo anterior, la casuística es mas diversa. La importante sequía que se produjo en la provincia en la década de los 80, en términos generales, apenas si tuvo cierta relevancia en las altiplanicies, y tan sólo el observatorio de Canjáyar participa de esta circunstancia general. Sin embargo, aparecen sequías plurianuales a mediados de los años 90 (Chirivel) y un mayor número de episodios en Lujar. Aunque en cualquiera de los casos, con una menor duración.

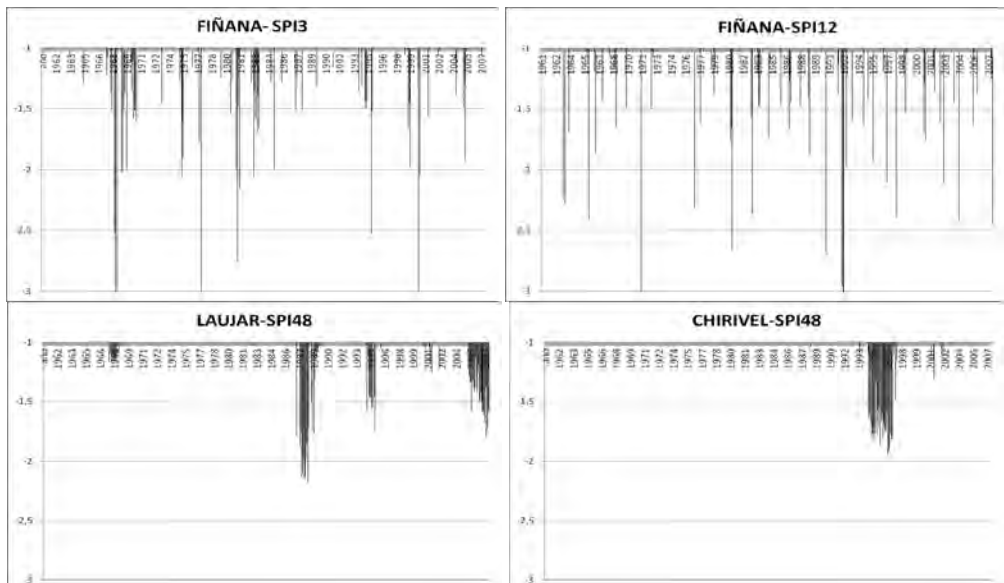


Figura 7. Sequías en altiplanicies. Fiñana (SPI3 y SPI12). Lujar y Chirivel (SPI48).

En las cuenca interiores y en el litoral, dominio climático subdesértico, se reproduce un esquema muy similar. Tanto en unas como en otro el número de meses afectados por sequías de recurrencia anual es superior al de rachas secas, por lo que es un buen indicador de déficit

pluviométrico estructural, siendo dos buenos ejemplos los observatorios de Tabernas y Alhama. Sin embargo, en estos ámbitos y para todo el período considerado, sólo se tipifica una importante sequía plurianual, la producida durante los años 80.

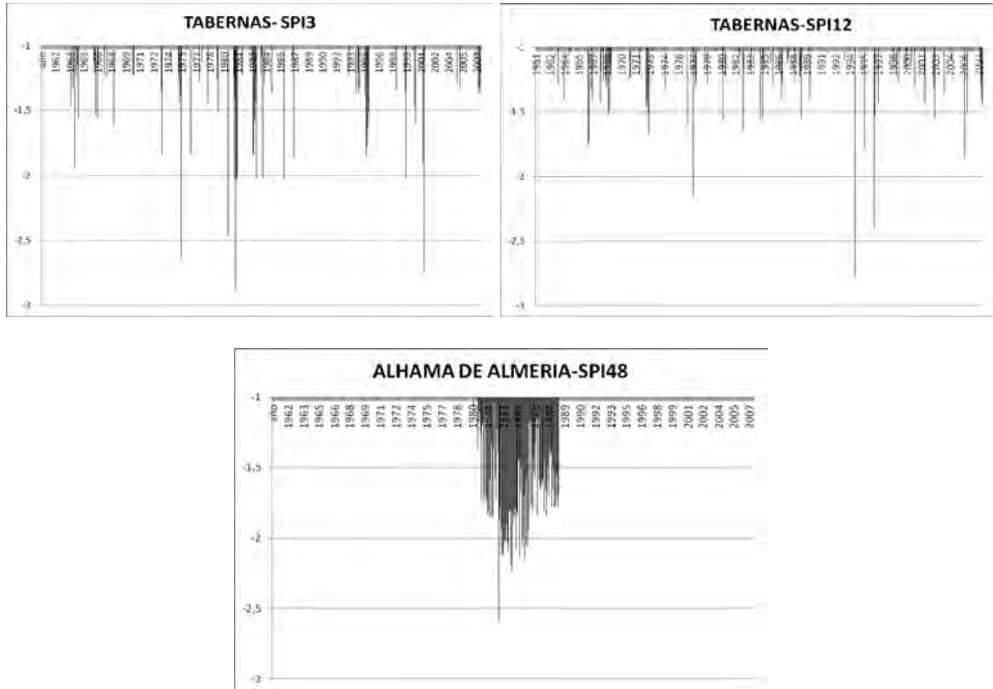


Figura 8. Sequías en cuencas interiores. Tabernas (SPI3 y SPI12). Alhama (SPI48).

Un patrón similar sucede en el litoral, si bien existe una mayor profusión de sequías de corta duración, (SPI3 y SPI12) especialmente en la última década, manteniendo intensidades extremas. Y en cierto modo, también con las plurianuales, en donde aparece sólo un episodio de 5 años de duración a mediados los años 80 que durante un par de años alcanza una intensidad extrema.

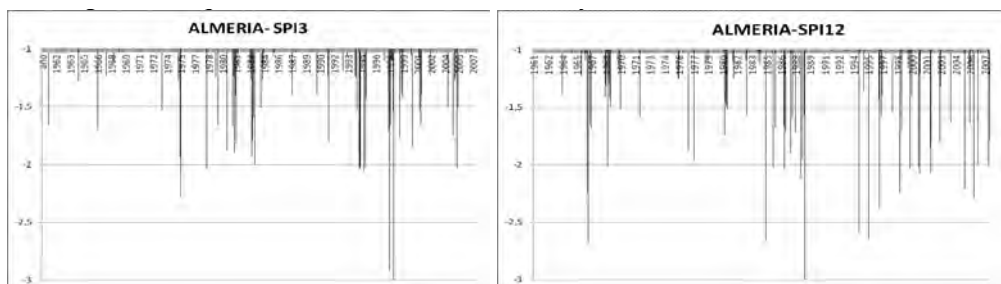


Figura 9. Sequías en el litoral. Almería (SPI3 y SPI12). Cabo de Gata (SPI48).

4. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en este estudio se pueden derivar las siguientes conclusiones:

1. A nivel general, los períodos de sequía más cortos, denominados rachas secas (SPI3), se observan en todas las estaciones analizadas; pero su intensidad alcanza valores máximos en las altiplanicies con bioclima semiárido. También se da esta tendencia, incluso incrementada, en los períodos secos analizados anualmente (SPI12). Por ello se considera que estos períodos de sequía son inherentes al sistema climático en el que su rasgo general y dominante es la escasez de precipitaciones y la variabilidad anual e intra-anual de las mismas.
2. Las zonas de montaña son menos sensibles a este tipo de sequías, tanto en frecuencia como en intensidad, debido a que el volumen medio de precipitación anual es mayor.
3. En las zonas más áridas estos períodos cortos de sequía son menos frecuentes y menos intensos por cuanto que el SPI calcula sus resultados con los datos de cada estación y en estas zonas el volumen mensual y anual de agua gestionado por el sistema es muy bajo.
4. Los períodos de sequía mejor reconocibles son los plurianuales (SPI24 y SPI48) en todos los ambientes bioclimáticos: se definen en un grupo de años concreto, de forma ocasional. Son estas sequías ocasionales las que presentan mayor peligro para los recursos de ecosistema y para las actividades socio-económicas. Son sequías propiamente dichas.
5. Este tipo de sequías aumenta en intensidad desde las zonas con más precipitación (alta montaña) hasta las que tienen valores más bajos (subdesértico árido). En éstas y en el semiárido es donde pueden ocasionar las consecuencias más peligrosas para la vegetación del ecosistema y para las actividades socioeconómicas. Se cumple así, una vez más, la tendencia ya señalada de que la aridez aumenta, con todos sus elementos, en el sentido de los vectores N-S y O-E en la provincia de Almería, incluso en la importancia de la sequía plurianuales.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGNEW, C.T. (2000): "Using the SPI to identify drought". University of Nebraska-Lincoln: National Drought Mitigation Center. *Drought Networks News*. 12, pp. 6-12.
- ALCARAZ, F.; DÍAZ, T.; RIVAS-MARTÍNEZ, S. y SÁNCHEZ GÓMEZ, P. (1989): "Datos sobre la Vegetación del sureste de España: Provincia biogeográfica Murciano-Almeriense" (IV Excursión Internacional de Fitosociología). *Itinera Geobotánica*, 2.
- ALEXANDERSSON, H. Y MOBERG, A. (1997) : "Homogeneization of Swedish Temperature Data. Part I: Homogeneity Test for Linear Trends". *International Journal of Climatology*. 17, pp. 25-34.
- ALLEY, W.M. (1984): "The Palmer drought severity index: limitations and assumptions". *Journal of Climate and Applied Meteorology*. 23, pp. 110-1109.
- ALLÚE ANDRADE, J.L. (1966): *Subregiones fitoclimáticas de España*. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- ASENSI, A. y DÍEZ, B. (1991-95): *Mapa de Vegetación actual. Escala 1:100.000*. Hojas: Sorbas, 1031; Mojácar, 1032; Tabernas, 1030; Alhama de Almería, 1044; Almería, 1045; Cabo de Gata, 1059; Carboneras, 1046; Pozo de los Frailes, 1060. Proyecto LUCDEME. Inédito.

- BHALME, H.N., MOOLEY, D.A. (1980): "Large-scale drought/floods and monsoon circulation". *Monthly Weather Review*, 108, pp. 1197-1211.
- CAPEL MOLINA, J.J. (1986): *El clima de la provincia de Almería*. Publicaciones de la Caja Rural de Almería.
- CHANGNON, S.A. & EASTERLING, W.E. (1989): "Measuring drought impacts: the Illinois case". *Water Resources Bulletin*, 25, pp. 27-42.
- CRED. (2003): The Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. Disasters Database. On-Line: <http://www.cred.be/emdat/intro.htm> Université Catholique de Louvain – Brussels – Belgium.
- CUADRAT PRATS y VICENTE-SERRANO (2005): "Comportamiento de las sequías en la Península Ibérica: análisis mediante el Standardized Precipitation Index. El clima, entre el mar y la montaña" (Santander). Asociación Española de Climatología y Universidad de Cantabria, pags. 245-254.
- EASTERLING, D.R. *et al.* (2000): "Climate extremes: observations, modelling and impacts". *Science*, 289, pp. 2068-2074.
- EDWARDS, D.C. and MCKEE, T.B. (1997): "Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales". Atmospheric Science Paper No. 634.
- EDWARDS, D.C. 2001. Methodology of SPI. <http://ccc.atmos.colostate.edu/>
- FERRE, E., DÍEZ, B., ASENSI, A. (1985): "Relaciones geomorfología-vegetación en el litoral sudeste de la provincia de Almería (España)". *Documents Phytosociol.*, 9, pp. 445-454. Camerino.
- GIBBS, W.J. (1975): "Drought, its definition, delineation and effects". In *Lectures presented at the 26th session of the WMO Executive Committee. Special Environmental Report n° 5*. WMO. Geneva. pp. 3-30.
- GONZÁLEZ-ALONSO, F. *et al.* (2000): "Towards an operational monitoring of drought conditions in Spain using satellite images". In: Casanova, J.L. (Ed). *Remote sensing in the 21st century: economic and environmental applications*. Balkema. Rotterdam, pp. 403-405.
- GUTTMAN, N.B. (1998): "Comparing the Palmer Drought Index and the Standardized Precipitation Index". *Journal of American Water Resources Association*. 34 (1), pp. 113-121.
- GUTTMAN, N.B. (1999): "Accepting the Standardized Precipitation Index: a calculation algorithm". *Journal of American Water Resource Association*, 35, pp. 311-322.
- HAYES, M.J, WILHITE, D.A., SVOBODA, M., VANYARKHO, O. (1999): "Monitoring the 1996 drought using the Standardized Precipitation Index". *Bulletin of American Meteorological Society*, 80(3), pp.429-438.
- HEIM, R.R. (2002): "A review of twentieth-century drought indices used in the United States". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83, pp. 1149-1165.
- HOUGHTON, J.T. *et al.* (2001): *Climate Change 2001: The scientific Basis*. Cambridge University Press. Cambridge.
- JONES, P.D. & HULME, M. (1996): "Calculating regional climatic time series for temperature and precipitation: methods and illustrations". *International Journal of Climatology*, 16, pp. 361-377.
- KARL, T.R. (1983): "Some spatial characteristics of drought duration in the United States". *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 22., pp. 1356-1366.

- KEYANTASH, J. and DRACUP, J. (2002): "The quantification of drought: an evaluation of drought indices". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83, pp. 1167-1180.
- KOMUSCU, A.U. (1999): "Using the SPI to analyze spatial and temporal patterns of drought in Turkey". *Drought Network News*, 11, pp. 7-13.
- KUNKEL, K.E.; PIELKE, R.A. & CHANGNON, S.A. (1999): "Temporal fluctuations in weather and climate extremes that cause economic and human health impacts: a review". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 80, pp. 1077-1098.
- LANA, X., BURGUEÑO, A., MARTINEZ, M.D., SERRA, C. (2009): "Una revisión de los análisis estadísticos de las precipitaciones diarias y mensuales en Cataluña". *Revista del tiempo y el clima del Mediterráneo occidental. Tethys*, 6, pp. 15-30.
- LLOYD-HUGHES, B. & SAUNDERS, M.A. (2002): "A drought climatology for Europe". *International Journal of Climatology*, 22, pp. 1571-1592.
- MARTÍN-VIDE, J. y BARRIENDOS, M. (1995): "The use of rogation ceremony records in climatic reconstruction: a case study from Catalonia (Spain)". *Climatic Change*, 30, pp. 201-221.
- MCKEE, T.B., DOESKEN, N.J., & KLEIST, J. (1993): "The relationship of drought frequency and duration to time scales". *Preprints, 8th Conference on Applied Climatology*, 17-22 January, Anaheim, CA, pp.179-184.
- MCKEE, T.B., DOESKEN, N.J., and KLEIST, J. (1993): "Drought monitoring with multiple time scales". *Preprints, 9th Conference on Applied Climatology*, 15-20 January, Dallas, TX.
- MCKEE T.B.N., DOESKEN, J., & KLEIST, J. (1995): "Drought monitoring in multiple time scales". *Ninth Conf. on Applied Climatology, Dallas, TX, Amer. Meteor. Soc.*, pp. 233-236.
- MCKEE T.B.N., DOESKEN, J., KLEIST, J. and SHRIER, C.J. (2000): A history of drought in Colorado. <http://cwrr.colostate.edu>. 20 pp.
- MORALES, A.; OLCINA, J. Y RICO, A.M. (2000): "Diferentes percepciones de la sequía en España: adaptación, catastrofismo e intentos de corrección". *Investigaciones Geográficas*, 23, pp. 5-46.
- MOREIRA, E.E., COELHO, C.A., PAULO, A.A., PEREIRA, L.S., MEXIA, J.T. (2008): "SPI-based drought category prediction using loglinear models". *Journal of Hydrology*, 354 (1-4), pp. 116-130.
- NKEMDIRIM, L. and WEBER, L. (1999): "Comparison between the droughts of the 1930s and the 1980s in the southern prairies of Canada". *Journal of Climate*, 12, pp. 2434-2450.
- OLADIPO, E.O. (1986): "Spatial patterns of drought in the interior plains of North America". *Journal of Climatology*, 6, pp. 495-513.
- PALMER, W.C. (1965): *Meteorological droughts*. U.S. Department of Commerce Weather Bureau Research Paper 45, 58 pp.
- PAU, C. (1930). "Plantas de Almería". *Cavanillesia*, 2, pp. 162-163.
- PÉREZ CUEVA, A., ESCRIVÁ ORTEGA, J. (1982): "Análisis de la sequía en el ámbito mediterráneo". *Cuadernos de Geografía*, 30, pp. 1-12.
- POQUET, D., BELDA, F. Y GARCÍA-HARO, F.J. (2008): "Seguimiento y regionalización de la sequía en la Península Ibérica mediante SPI y técnicas de teledetección". En: Hernández, L. y Parreño, J. M. (Eds.), *Tecnologías de la Información Geográfica para*

- el Desarrollo Territorial*. Servicio de Publicaciones y Difusión Científica de la ULPGC. Las Palmas de Gran Canaria. pp. 707-713.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. (1987): *Memoria y mapas de series de vegetación de España*. Instituto para la Conservación de la Naturaleza . Madrid.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. (1990): “Bioclimatic belts of West Europe (relations between Bioclimate and Plant Ecosystems). Commission of the European Communities, European School of Climatology and Natural Hazards, Course” on *Climate and Global Change*, Arles (Rhône), 4-12, April 1990, 22 pp.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S., ASENSI, A., DÍEZ-GARRETAS, B., MOLERO, J. y VALLE, F. (1997): “Biogeographical synthesis of Andalusia (southern Spain)”. *Journal of Biogeography* 24: 915-928.
- ROOY, M.P. (1965): “A rainfall anomaly index independent of time and space”. *Notos* 14: 43.
- RUÍZ SINOGA, J.D., GARCÍA MARÍN, R., MARTÍNEZ MURILLO, J.F., GABARRÓN GALEOTE, M.A. (2010): “Precipitation Dynamics in southern Spain: trends and cycles”. *International Journal of Climatology*, 30. DOI: 10.1002/joc.2235.
- RUÍZ SINOGA, J.D., Y LEÓN GROSS, T. 2012. “Droughts and their social perception in the mass media (southern Spain)”. *International Journal of Climatology*, 32. DOI: 10.1002/joc.3465.
- VICENTE-SERRANO, S.M., CUADRAT PRATS, J.M., (2002): “Desarrollo de un método analítico para la obtención del SPI (Standardized Precipitation Index) como herramienta para el seguimiento y prevención de sequías climáticas”. *VII Reunión Nacional de Climatología. Grupo de Clima de la Asociación de Geógrafos Españoles*, pp. 145-156.
- VICENTE-SERRANO, S.M., et al, (2004): “Drought patterns in the Mediterranean area: the Valencia region (eastern Spain)”. *Climate Research*, 26, pp. 5-15.
- VICENTE-SERRANO, S. M., LÓPEZ-MORENO, J.I. (2005): “Hydrological response to different time scales of climatological drought: an evaluation of the Standardized Precipitation Index in a mountainous Mediterranean basin”. *Hydrology and Earth System Science*, 9, pp. 523-533.
- WALTHER, H. y LIETH, H. (1960): *Klimodiagramm. Weltatlas*. Veb Gustav Fisches Verking. Jena.