

ANÁLISIS COMPARADO DE LA METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA ESTACIONALIDAD DE LA PRECIPITACIÓN

Mónica AGUILAR-ALBA¹, Juan Mariano CAMARILLO¹,
Leoncio GARCÍA-BARRÓN², Julia MORALES³, Arturo SOUSA³
1. Dpto. Geografía Física y AGR. Universidad de Sevilla
2. Dpto. Física Aplicada II. Universidad de Sevilla
3. Dpto. de Biología Vegetal y Ecología. Universidad de Sevilla
malba@us.es , jmcamarillo@us.es, leoncio@us.es, jmorales@us.es,
asousa@us.es

RESUMEN

Un aspecto destacable en el conocimiento del clima es la determinación del régimen pluviométrico intraanual. Además, es un elemento importante para la gestión ambiental. La caracterización de la distribución intranual, con su variabilidad interanual, requiere el análisis conjunto de dos factores: el volumen de los episodios de lluvia y su correspondiente localización a lo largo del año. Los estudios de estacionalidad utilizan frecuentemente indicadores que proporcionan únicamente un valor numérico anual: concentración pluviométrica I_{PC} formulado por Oliver, o el índice propuesto por Walsh-Lawler. Consideramos que la información de la distribución intranual requiere al menos dos parámetros: centralización y concentración. Para ello, existen básicamente dos procedimientos alternativos. El método lineal utiliza los momentos temporales de primer y segundo orden, propuesto por García-Barrón. El procedimiento angular emplea el cálculo fasorial (módulo y argumento) y es utilizado para determinar el índice de Markham.

Se pretende cuantificar, mediante la aplicación de los distintos métodos, la distribución intranual de la precipitación en un conjunto de observatorios de distintos ámbitos climáticos de la Península Ibérica y comparar los resultados así obtenidos sobre la estacionalidad de la precipitación. Detectamos la falta de correspondencia entre indicadores que teóricamente están diseñados para medir conceptos similares. Esto nos conduce a analizar los respectivos procedimientos de cálculo, establecer la capacidad de discriminación ofrecida por estos métodos y señalar sus limitaciones.

Palabras clave: estacionalidad, metodología, precipitación, régimen intranual

ABSTRACT

A remarkable aspect in the knowledge of the climate is the determination of the intrannual rainfall regime. In addition, it is an important element for environmental management. The characterization of the intrannual distribution, with its interannual variability, requires the joint analysis of two factors: the intensity of the rain episodes and their corresponding location throughout the year. Seasonality studies frequently use indices that provide only an annual numerical value: IPC rainfall

concentration formulated by Oliver, (1980) or the index proposed by Walsh-Lawler (1981). We consider that the information of the intrannual distribution requires at least two parameters: centralization and concentration. For this, there are basically two alternative procedures. The linear method uses the first and second order temporal moments, proposed by García-Barrón (2013). The angular procedure uses the phasor calculus (module and argument) and is used to determine the Markham index (1970).

The aim is to quantify, through the application of the different methods, the intrannual distribution of precipitation in a set of observatories of different climatic areas of the Iberian Peninsula and to compare the results thus obtained on the seasonality of the precipitation. We detect the lack of correspondence between indicators that are theoretically designed to measure similar concepts. This leads us to analyze the respective calculation procedures, establish the discrimination capacity offered by these methods and indicate their limitations.

Keywords: seasonality, methodology, precipitation, intrannual regime

1. INTRODUCCIÓN

La determinación del régimen pluviométrico intranual es un aspecto destacable en el conocimiento del clima. La localización del periodo de lluvias en unos meses determinados, la longitud temporal de tales periodos y el volumen que alcanza son los elementos más relevantes en caracterización de la pluviometría intranual. Estos elementos, además, juegan un papel fundamental en la formación de la diversidad natural. Multitud de procesos ambientales, ecológicos, económicos y sociales se encuentran en estrecha vinculación con el comportamiento que a lo largo del año presentan las precipitaciones. Destacamos la repercusión sobre sistemas hidráulicos no regulados: régimen de humedales y disponibilidad de recursos hídricos, la producción agropecuaria de secano, la gestión forestal (incluida la prevención de incendios), la erosividad, el turismo, etc. En climas mediterráneos, la estructura estacional de la precipitación y su variabilidad interanual son aspectos clave para la sostenibilidad del sistema.

La caracterización de la distribución intraanual de la precipitación requiere el análisis conjunto de dos factores: la intensidad de los episodios de lluvia y su correspondiente localización temporal a lo largo del año. Conceptualmente consideramos la estacionalidad como una medida de agrupación de las épocas de lluvia. Alta estacionalidad corresponde con concentración de las épocas de lluvia en meses sucesivos; baja estacionalidad indica dispersión de las épocas de lluvia a lo largo del año.

Los estudios de estacionalidad utilizan frecuentemente indicadores que proporcionan únicamente un valor numérico anual. Este valor permite su clasificación dentro de escalas establecidas y, en este sentido, la comparación espacial o temporal. Sin embargo, presentan la limitación de no ofrecer suficiente información de la distribución de la precipitación a lo largo del año. Ejemplo de estos indicadores son el de concentración pluviométrica I_{PC} formulado por Oliver (1980) o el propuesto por Walsh-Lawler (1981).

Consideramos que la información de la distribución intranual requiere al menos dos parámetros: centralización y concentración. Para ello, existen básicamente dos procedimientos alternativos: lineal y angular. El método lineal, propuesto por García-Barrón y colaboradores (2013) utiliza los momentos temporales de primer y segundo orden, para calcular los parámetros de centralización y dispersión intranual. El procedimiento angular emplea el cálculo factorial (módulo y argumento) y es utilizado para determinar el índice de Markham (1970).

A los cuatro métodos, cada uno con su denominación, su forma de cálculo y significado particular, los agrupamos bajo el nombre genérico de indicadores estacionales porque todos ellos se utilizan para caracterizar el régimen intranual. A pesar de la importancia del conocimiento del régimen de precipitaciones, con estudios de enfoques variados que emplean alguno de estos indicadores, desconocemos trabajos que analicen y comparen los métodos mencionados.

La presente comunicación pretende:

- Comparar los resultados obtenidos por distintos métodos sobre la estacionalidad de la precipitación y su evolución plurianual, en un conjunto de estaciones meteorológicas de distintos ámbitos climáticos.
- Establecer la capacidad de discriminación ofrecida por estos indicadores y señalar sus limitaciones.

El análisis llevado a cabo en series de precipitación también puede ser un procedimiento útil para el estudio de otras variables meteorológicas y, en general, de fenómenos naturales sometidos a régimen de oscilación intranual: hidrológicos, botánicos (polinización, ...), incidencias de enfermedades, etc, así como otros económicos y sociales.

2. AREA de ESTUDIO y DATOS

Con la finalidad de ofrecer una visión particularizada de la aplicación de los procedimientos de cálculo de la estacionalidad pluviométrica hemos seleccionado un conjunto de observatorios de distinta tipología climática, distribuidos espacialmente por la península Ibérica

Las áreas geográficas seleccionadas corresponden: Santander, al norte, en la costa cantábrica con régimen oceánico húmedo; Alicante, al este de la Península Ibérica, en la costa mediterránea, plenamente mediterráneo de veranos secos; Lisboa al oeste, característico de clima mediterráneo con fachada atlántica de lluvia invernal y verano muy seco. Consideramos que estas tres localizaciones son suficientes para poner de manifiesto las características de los indicadores estacionales.

Los datos empleados en este estudio provienen del geovisor *Global Climate Monitor* (<http://www.globalclimatemonitor.org>), proyecto desarrollado el Climate Research Group del Departamento de Geografía Física de la Universidad de Sevilla. Las series mensuales de precipitación que ofrece el visor GCM van desde enero de 1901 hasta el presente, y proceden de dos instituciones distintas: de la *Climate Research Unit* de la Universidad de East Anglia (Reino Unido) (CRU TS3.21) y de la *Deutscher Wetterdienst* (Camarillo-Naranjo et al 2018) El empleo de estos datos garantiza la calidad y requisitos exigidos para el análisis de la información climática (detección de errores, relleno de lagunas, homogeneidad, etc).

3. METODOLOGÍA

Para cada uno de los observatorio hemos calculado durante el periodo 1901-2017 cuatro indicadores seleccionados: parámetro de dispersión D_n (García-Barrón *et al*, 2013), índice de estacionalidad de Markham (1970), índice de concentración I_{PC} (Oliver, 1980), índice de estacionalidad de Walsh-Lawler (S_n) (1981). La aplicación de los métodos seleccionados sobre los observatorios procedentes de distintos ámbitos climáticos de la península Ibérica ofrece valores anuales para cada uno de los años analizados. A continuación se indica el procedimiento de cálculo que permite generar series temporales y determinar su comportamiento durante periodos multidecadales. Para la comparación entre estas series utilizamos el promedio y variabilidad, así como el coeficiente de correlación entre los valores internuales en los distinto ámbitos

3.1. Parámetros de centralización y dispersión intraanual

Para cada año n , el parámetro de centralización C_n corresponde a la fecha en que el momento temporal de primer orden con respecto al origen elegido (por simetría, 1 de agosto), de la precipitación registrada durante el año n , es equivalente al obtenido si toda la precipitación anual se produce en esa fecha única.

$$C_n = \sum (x_i p_i) / P_n ; \sum (p_i) = P_n \quad (i = 1, 2, \dots, 12); \quad (1)$$

Donde p_i representa la precipitación del mes i y x_i es el orden del día, estimado por interpolación en el mes respectivo, desde el origen anual seleccionado y P_n la precipitación anual total.

Es necesario introducir el parámetro D_n como una medida de la dispersión de lluvia alrededor del valor central. La dispersión intranual se calcula sumando los momentos temporales de segundo orden de la precipitación de cada mes, con respecto al centro calculado previamente C_n . Por lo tanto, el parámetro de dispersión intraanual se define como:

$$D_n = [\sum (d_i^2 p_i) / \sum (p_i)]^{1/2} ; d_i = |x_i - C_n| \quad (2)$$

Los valores extremos son $C_n = 365/2 = 182,5$ días y $D_n = 365/\sqrt{12} \approx 105$ días, en caso de equipartición con distribución uniforme en todos los meses del año; en el caso que toda la lluvia anual se concentre en un solo mes, C_n coincide con el centro mensual correspondiente y $D_n=0$. Por tanto, C_n informa de la fecha representativa de la precipitación anual (adelanto otoñal o retraso primaveral); valores bajos de C_n indican lluvia desplazada hacia inicio del año (otoño) y al contrario, valores altos de C_n indican lluvia desplazada hacia final del año. Así mismo, D_n indica la mayor o menor amplitud de la época de lluvia alrededor de la fecha central. Si la precipitación se concentra en los meses cercanos a la fecha C_n , se obtienen valores bajos de D_n ; por el contrario, si la lluvia se distribuye a lo largo del ciclo anual y, particularmente, durante los primeros meses del otoño y finales de la primavera, se obtienen valores altos de D_n

3.2 Índice de estacionalidad de Markham

El índice de estacionalidad de Markham se basa en el cálculo fasorial. Considera el carácter cíclico de la precipitación anual por lo que representa un sistema de ejes ortogonales, centrado en un círculo, cuyo origen es el eje OX . Cada uno de los meses se puede representar por segmentos radiales cuya longitud es proporcional a la precipitación mensual p_i y su dirección determinada por el ángulo θ_i , siendo $\theta_i = 2\pi (l_i/365)$ radianes y donde l_i es el orden del día, estimado por interpolación en el mes respectivo. (Gráficamente se asemeja a un conjunto de flechas de distinta longitud partiendo del centro en distintas direcciones).

Al proyectar sobre los ejes resulta

$$p_{xi} = p_i \cos \theta_i \quad ; \quad p_{yi} = p_i \sen \theta_i \quad (3)$$

Para cada año n , la caracterización anual de la estacionalidad se obtiene como la suma algebraica de los 12 meses de cada año

$$P_X = (\sum p_{xi}) \quad ; \quad P_Y = (\sum p_{yi}) \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, 12 \quad (4)$$

$$R_n = (P_X^2 + P_Y^2)^{1/2} \quad ; \quad \theta_n = \tan^{-1} (P_X / P_Y) \quad (5)$$

El índice de estacionalidad SI , se define, como el cociente entre el módulo resultante R_n y la precipitación total anual P_n :

$$SI = (R_n / P_n). \quad (6)$$

SI es un índice adimensional que varía desde 0 (todos los meses con la misma precipitación) hasta 1 (toda la precipitación ocurre en un único mes). Por tanto, valores bajos de SI indican lluvia distribuida a lo largo del año y valores altos de SI , lluvia concentrada en pocos meses. Frecuentemente los estudios que emplean el método Markham, sólo se interesan por el valor del índice de estacionalidad SI y consideran el ángulo θ_n como simple elemento intermedio de cálculo. Sin embargo, como se expone posteriormente, el argumento θ_n puede asociarse a una medida de centralización. En este sentido, realizamos una adaptación del método original para ofrecer la información completa.

3.3 Índice de distribución intranual de Oliver

Aunque no ofrecen la doble información de la distribución intranual, podemos contrastar los correspondientes valores del cálculo anual. El índice de concentración I_{PC} de Oliver, frecuentemente utilizado, se basa en el cociente entre la suma de los cuadrados de la precipitación mensual y el cuadrado de la suma de la precipitación mensual.

$$I_{PC} = 100 (\sum p_i^2) / P_n^2 \quad (7)$$

Si la distribución intranual fuera uniforme el numerador sería mínimo y el índice $I_{PC} = 100/12 = 8,33$; si toda la precipitación anual se produjera en un solo mes, la concentración sería máxima $I_{PC} = 100$. Para una determinada precipitación anual,

cuanto mayor sea la diferencia entre los meses, mayor es la concentración y mayor el índice.

3.4 Índice de estacionalidad de Walsh-Lawler

El índice de estacionalidad de Walsh-Lawler, basado en la diferencia entre la precipitación real mensual y el promedio teórico mensual si la precipitación fuera uniforme a lo largo del año.

$$S_n = \sum_i |p_i - (P_n/12)| / P_n \quad (8)$$

Teóricamente, el valor de S_n oscila entre $S_n = 0$ si se produjera la distribución real uniforme (todos los meses con igual precipitación) y $S_n = 22/12 = 1,83$ para la máxima estacionalidad en que toda la lluvia anual se registra en un único mes.

En las anteriores ecuaciones, para cada año n , $P_n = \sum(p_i)$; para $i = 1, 2, \dots, 12$.

Debemos señalar, por tanto, que salvo el D_n que se mide en días, el resto de indicadores son adimensionales.

4. APLICACIÓN METODOLÓGICA A LA PENÍNSULA IBÉRICA

4.1 Caracterización de la precipitación

A partir de los datos de precipitación mensual se determina la precipitación anual acumulada durante el periodo completo de observación (1901/2017), el promedio de la precipitación anual y coeficiente de variación en cada área geográfica analizada, durante el periodo completo de observación (1901/2017).

Los resultados obtenidos indican que Santander, zona cantábrica, alcanza altos valores de precipitación media ($P = 996$ mm) con alta estabilidad interanual (coeficiente de variación $CV = 0,15$) frente a Alicante, zona mediterránea, con escasa precipitación anual ($P = 382$ mm) y mayor variabilidad ($CV = 0,26$). En Lisboa, zona atlántica, el promedio de precipitación es 728 mm, con alta irregularidad interanual ($CV = 0,29$).

Denominamos “año tipo” el obtenido con el promedio de cada uno de los meses del periodo completo de observación. Por compensación de valores anuales extremos la distribución del año tipo tiende a centralizarse. Caracteriza la distribución durante un periodo plurianual. La gráfica 1 muestra la proporcionalidad de la distribución intranual relativa (proporción de la precipitación mensual respecto del total anual) de la precipitación del año tipo durante 1901/2017. Alicante presenta un perfil bimodal con máximo primario en otoño, máximo secundario en primavera y valle en invierno. Lisboa muestra un marcado perfil unimodal, ascendente en otoño con máxima precipitación en invierno, descendente en primavera y precipitación prácticamente nula en meses veraniegos. Santander, excluido los meses de verano, ofrece un perfil más plano con suave oscilación. La observación de la diversidad de perfiles indica que corresponden a ámbitos climáticos con diferente distribución intranual. Consideramos, por tanto, que la elección de los observatorios es adecuado para el análisis comparado de estacionalidad propuesto en el presente estudio.

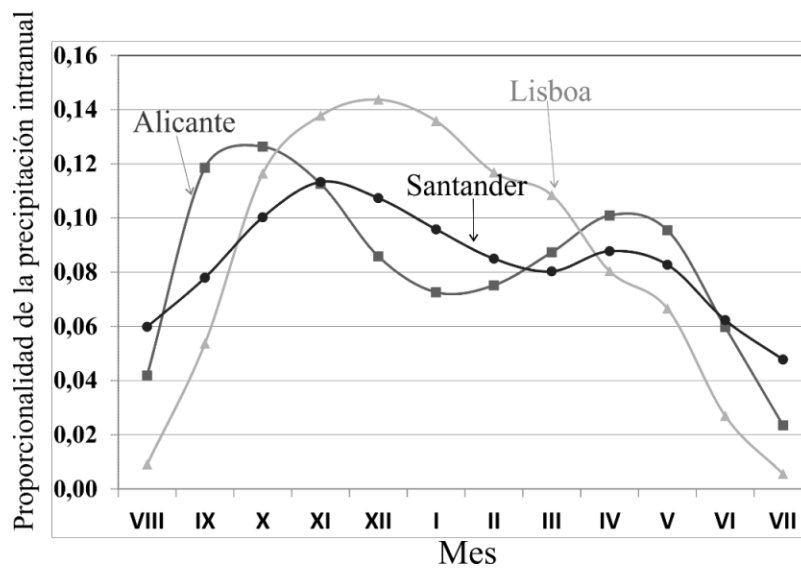


Fig 1. Distribución intranual relativa de precipitación en Alicante, Lisboa y Santander

Para cada uno de los observatorio hemos calculado el promedio interanual durante el periodo 1901-2017 de los cuatro indicadores seleccionados; parámetro de dispersión D_n , estacionalidad de Markham, índice de concentración I_{PC} , estacionalidad S_n de Walsh-Lawler. Los resultados se recogen en la tabla

	D_n Dispersión	SI Markham	I_{PC} Oliver	S_n Walsh-Lawler
Lisboa	68,8 (0,17)	0,15 (0,64)	15,9 (0,18)	0,76 (0,16)
Alicante	89,6 (0,12)	0,29 (0,44)	15,2 (0,23)	0,69 (0,19)
Santander	100,2 (0,14)	0,11 (0,58)	10,9 (0,11)	0,44 (0,23)

Tabla1: Valor promedio (y coeficiente de variación) durante el periodo 1901-2017 de los indicadores de estacionalidad analizados

También se indican entre paréntesis los respectivos coeficientes de variación. La observación del parámetro D_n muestra la menor dispersión –mayor estacionalidad– en Lisboa, seguida de Alicante y Santander con mayor dispersión, equivalente a menor estacionalidad. Esta ordenación interna se corresponde con la apreciación de los perfiles de la figura 1. También índices I_{PC} y S_n Walsh-Lawler mantienen los niveles decrecientes de estacionalidad en los observatorios indicados. Sin embargo, la comparación de valores del índice SI Markham de en los tres observatorios no responden a los mismos criterios, de forma que Alicante obtendría la mayor estacionalidad, aunque en ella concurren dos épocas de lluvias: otoñal y primaveral. También se indican entre paréntesis los respectivos coeficientes de variación. Podemos deducir que la variabilidad interanual en los distintos ámbitos climáticos no presenta uniformidad sino que depende del indicador utilizado. Por comparación

de los valores de la tabla podemos afirmar que la variabilidad de la estacionalidad, durante el mismo periodo, es superior en Lisboa (D_n , SI), o en Alicante (I_{PC}), o en Santander (S_n). Es decir, sorprendentemente los resultados no son función del fenómeno físico sino del sistema de medida.

4.2 Relación entre los indicadores estacionales

Los resultados anteriores inducen a profundizar la relación entre los elementos correspondientes de las series interanuales generadas. Para cada uno los ámbitos climáticos hemos calculado el coeficiente de correlación entre indicadores. Si todos los indicadores sirven para medir la estacionalidad, con sus particularidades, deberían tener una correspondencia interanual alta. Las tablas 2 a, b, c muestran los coeficientes de correlación r de Pearson entre los cuatro indicadores en Alicante, Lisboa y Santander.

Alicante	Markham	I_{PC} Oliver	Walsh-L
Dispersión	-0,46	-0,19	-0,28
Markham		0,46	0,47
I_{PC} Oliver			0,77

Lisboa	Markham	I_{PC} Oliver	Walsh-L
Dispersión	0,02	-0,43	-0,53
Markham		0,12	0,16
I_{PC} Oliver			0,83

Santander	Markham	I_{PC} Oliver	Walsh-L
Dispersión	-0,24	-0,17	-0,25
Markham		0,06	-0,02
I_{PC} Oliver			0,90

Tabla 2: Coeficiente de correlación de las series interanuales entre los indicadores de estacionalidad. 1a: Alicante; 1b: Lisboa; 1c: Santander

Es justificable y prevista la correlación negativa entre el parámetro D_n y los demás índices ya que miden la estacionalidad mediante escalas de conceptos opuestos: dispersión frente a concentración. Sin embargo, únicamente se obtiene correlación interanual climáticamente significativa ($r > 0,7$) entre el índice de concentración I_{PC} y el índice de Wals-Lawler y, además, en las tres áreas geográficas. Por el contrario, es llamativa la baja correspondencia, en valor absoluto, entre el resto de indicadores que se suponen diseñados para medir por distintos mecanismos los mismos efectos. Tampoco se detectan pautas que indiquen la dependencia de características de estacionalidad propias de cada ámbito climático.

5. ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA.

La falta de concordancia de resultados obtenidos en las secciones anteriores induce a realizar el análisis de los respectivos procedimientos de cálculo. El índice de concentración I_{PC} de Oliver y S_n de estacionalidad de Walsh-Lawler se obtienen matemáticamente a partir de la suma directa la precipitación mensual. Por la propiedad conmutativa de la suma, los resultados obtenidos son invariantes frente a la ordenación temporal de la precipitación mensual.

El índice de estacionalidad de Markham se basa en la suma de valores de la proyección sobre los ejes de la precipitación mensual; estos valores se ven afectados por la respectiva variable angular que sí es función del orden intranual. Sin embargo, la suma de fasores con sentidos opuestos (por ejemplo: primer y tercer cuadrante) puede dar lugar a que los respectivos argumentos se contrarresten e incluso se cancelen.

Como hemos indicado, el método lineal propuesto por García Barrón y colaboradores utiliza el parámetro de centralización C_n para la localización de las épocas de lluvia dentro del periodo anual y el parámetro de dispersión D_n para medir el agrupamiento de las épocas de lluvia alrededor de C_n . Ambos parámetros se basan en cuantificar conjuntamente cada episodio de lluvia por su volumen y su posición en el ciclo anual. Como consecuencia de efectuar el producto de ambas variables mensuales, el orden posicional en la distribución intranual es determinante en los resultados.

Como ejemplo aclaratorio, consideremos el caso hipotético simple en que la lluvia total anual (600 mm) se produce igualmente (100 mm) durante únicamente seis meses, con precipitación nula los otros seis meses restantes. En la situación A la precipitación tiene lugar en los seis meses iniciales del año, en la situación B en los meses finales y en la situación C de forma alternada, meses pares secos e impares lluviosos. Evidentemente la distribución intraanual es diferente y conllevaría efectos ambientales totalmente distintos.

La tabla 3 muestra que en estas tres situaciones A, B y C, los índices de concentración I_{PC} de Oliver, S_n de estacionalidad de Walsh-Lawler, proporcionan el mismo valor, (16,7 y 1,0 respectivamente) sin capacidad diferenciadora de la distribución intranual. El índice SI de Markham distingue adecuadamente la menor estacionalidad de la situación C (0,58) respecto de A y B (0,76); sin embargo el valor de argumento angular no establece la localización de las épocas de lluvia.

El parámetro de dispersión D_n también diferencia entre la situación C (104 días), de mayor dispersión que en A y B (52 días), iguales entre sí. Es decir, es un indicador de estacionalidad. Pero, además, aunque A y B obtienen la misma dispersión, el parámetro de centralización C_n (entre paréntesis en la tabla) informa que la situación A corresponde a un perfil de lluvias otoñales (93 días) y la situación de B a lluvias primaverales (292 días). Posee pues un poder discriminante del que carecen otros indicadores.

	Situación A	Situación B	Situación C
I_{PC} Oliver	16,7	16,7	16,7
S_n Walsh-Lawler	1,0	1,0	1,0
SI Markham	0,76 (151)	0,76 (269)	0,58 (269)
Dispersión D_n	52 (93)	52 (272)	104 (168)

Tabla 3: Valores de los indicadores seleccionados, ante tres situaciones hipotéticas diferentes A, B y C

6. CONCLUSIONES

Según se deduce en el análisis de las anteriores secciones, los índices que ofrecen similares resultados ante distribuciones intranuales diferentes (I_{PC} de Oliver y de estacionalidad de SI Markham y S_n de Walsh-Lawler) se basan en un sistema de cálculo parcial y, aunque posibilitan la comparación interanual, ofrecen soluciones imprecisas, carentes de la suficiente capacidad de discriminación. Por este motivo, consideramos que la estimación de estos indicadores es confusa para determinar la estacionalidad de la precipitación y pueden conducir a conclusiones incorrectas. Sin embargo, el método propuesto por García Barrón y colaboradores, basado en los momentos temporales, proporciona, mediante los parámetros de centralización y dispersión anual, una descripción sintética de la distribución intranual. Al estar los resultados medidos en días, su interpretación es directa y permite la localización temporal de las épocas de lluvia a lo largo del año. Comparado con los demás indicadores tiene la ventaja de ser más completo por la información que proporciona, de mayor precisión al ofrecer resultados unívocamente relacionados con la distribución intraanual y, por tanto, no está sometido a las limitaciones por indeterminación para la adecuada comprensión climática.

REFERENCIAS

- Camarillo J.M., Álvarez-Francoso J, Limones N., Pita M.F, Aguilar M. (2018). The global climate monitor system: from climate data-handling to knowledge dissemination. *International Journal of Digital Earth*.
- García-Barrón, L., Morales, J., Sousa, A. (2013). Characterisation of the intra-annual rainfall and its evolution (1837–2010) in the southwest of the Iberian Peninsula. *Theoretical and Applied Climatology*, 114 (3-4), 445-457. DOI 10.1007/s00704-013-0855-7
- Markham, C.G. (1970). Seasonality of precipitation in the United States. *Annals of the Association of American Geographers*, 60(3), 593-597.
- Oliver JE. (1980). Monthly precipitation distribution: A comparative index. *Professional Geographer*, 32, 300–309.
- Walsh, PD., Lawler DM. (1981). Rainfall seasonality: description, spatial patterns and change through time. *Weather* 36, 201–208