

El cambio climático ¿un movimiento cíclico o irreversible?

N. J. ÁLVAREZ VÁZQUEZ (*)

RESUMEN El presente trabajo analiza el problema de la naturaleza del cambio climático, utilizando una serie histórica de las precipitaciones españolas entre los años 1791 y 1993. Mediante la descomposición espectral, se fundamenta cuantitativamente la naturaleza cíclica de dicho cambio, alternativa a la de un movimiento irreversible. La predicción muestra una razonable conformidad histórica así como una concordancia aceptable a los valores observados de 1994 y 1995 no utilizados en la cuantificación.

THE CLIMATIC CHANGE CYCLICAL NATURE INSTEAD IRREVERSIBLE MOVEMENT?

ABSTRACT The present work deals with the likely nature of the climatic change, by using a time series data of the Spanish rainfall between 1791 and 1993. The spectral decomposition seems to be supporting the hypothesis that the so called climatic change, would be of cyclical nature, instead the alternative of an irreversible movement. Forecasts are presented, showing satisfactory historical conformity as well as a good approach to the observed rainfall values for 1994 and 1995, not included in the time series data used in the estimation.

Palabras clave: Climático; Descomposición espectral; Cíclica; Precipitaciones.

INTRODUCCIÓN

En esta introducción se pretende plantear el problema, su explicación y los hechos. El punto de partida de este artículo es el hecho aceptado de que estamos ante un cambio climático, cuya naturaleza pretendemos acotar, tanto en términos cualitativos como cuantitativos. El objeto es presentar evidencias cuantitativas que permitan verificar la tesis cualitativa de si este cambio, es un movimiento recurrente o irreversible.

El reconocimiento de este hecho como algo no meramente episódico, aparece constatado en la literatura científica: "Se sabe que la temperatura global de la Tierra experimenta cambios notables en intervalos de diez a veinte años. ¿Nos hallamos en las puertas de uno de esos episodios?" (W. S. Broecker, p. 23, 1996).

Es decir, no solo se reconoce el cambio, sino un cierto patrón de recurrencia cuya duración se cifra entre diez y veinte años.

El objeto mencionado obliga a precisar cual es la contribución de la cuantificación, lo que también se conoce como el alcance de los métodos estadísticos al descubrimiento y verificación de hipótesis y teorías. La dificultad de este problema metodológico estriba en precisar la relación entre teoría y experiencia, de especial dificultad en las ciencias sociales de observación, como es la meteorología o la economía, siendo aparentemente menor, en las ciencias experimentales.

1.1) SIGNIFICADO Y ALCANCE DE LAS TEORÍAS

Una hipótesis significa una explicación de un problema. En principio, podemos aceptar que tal explicación se formula en términos causales. Entendida en estos términos, en el presente artículo no hay una verdadera hipótesis causal sino la constatación de un hecho, como es la alteración del clima, sobre el que se busca determinar si su naturaleza es recurrente o no.

El artículo se concentra en el efecto, manteniéndose implícita una de las hipotéticas causas, como es la contaminación atmosférica. Como la naturaleza de la causa debe estar contenida en el efecto, el análisis de este, puede llevar al descubrimiento de la causa, eliminando las menos plausibles.

El inventario de hipótesis a considerar es amplio. No es la contaminación, la única de las hipótesis plausibles. Por ejemplo, en el artículo antes citado, se introduce otra, aparentemente independiente de las anteriores: "¿Que hay detrás de esta turbulenta historia? ¿Podría repetirse? Aunque no existe una certeza absoluta, cabe presumir que así será a tenor de los indicios. De acuerdo con diversos modelos, puede alterarse bruscamente la circulación de calor y sal a través de los océanos, lo que ejercería efectos drásticos sobre el clima global... La circulación de la cinta transportadora atlántica... origina un enorme transporte de calor hacia el norte. El agua que fluye en esa dirección está, en promedio, ocho grados más caliente que el agua fría que avanza hacia el sur. La cesión de este calor a las masas de aire ártico sobre el Atlántico Norte explica el clima anómalo, por templado, de que disfruta Europa" (pp. 22-24). Por tanto, el calor, de resultar escasamente afectado por la contaminación, podría contemplarse como una hipótesis alternativa a la contaminación.

(*) Doctor en Ciencias Económicas. Profesor de Econometría en la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED).

Sugiero en aras de un mejor entendimiento, adoptar el convenio de denominar teorías a las hipótesis aceptadas. Mis connotaciones económicas me obligan a matizar que a mi entender, la asociación de teorías a hipótesis contrastadas o verificadas empíricamente, adolece de un cierto empirismo, que no favorece al progreso del discurso científico. Por ilustrarlo con algún ejemplo, no resulta fácil dilucidar cual ha sido el progreso que las aproximaciones empíricas han reportado a las correspondientes construcciones racionales, como ocurre en la psicología, en la sociología o la economía.

Si en las dos primeras, la discutible naturaleza cuantitativa podría paliar las insuficiencias empíricas, en el caso de la economía, este argumento carecería de fundamento, dada su naturaleza eminentemente cuantitativa como señala Schumpeter. Sin embargo, la econometría se ha revelado hasta el momento incapaz de dotar de contenido empírico a las proposiciones de la economía racional.

Lo cual no sería excesivamente grave si el estado actual se evalúa a la luz de los plazos que las ciencias establecidas suelen tomarse para adoptar nuevas direcciones. Lo que es al menos inquietante, es que en economía no sólo se acepta la relativa incapacidad de obtener leyes económicas, con valores de sus constantes determinados. La situación ha entrado en esos peligrosos derroteros en los que el papel que por tradición se reconocía a la certeza ha pasado a ser ocupado por la probabilidad y su frecuente e inseparable compañero que es la incertidumbre.

La principal implicación de esta matización metodológica es que, desde mi interpretación, sólo debieran someterse a cuantificación las hipótesis que gozan de una aceptación si no universal, al menos, generalizada, es decir, las teorías que se consideran aceptadas. Implica su vez que sólo son las hipótesis simples y generales las que tienen mayores visos de aspirar a ser aceptadas.

En economía, que es el paradigma que tengo en la mente, desde Cournot y Marshall aceptamos que la ley de demanda con respecto al precio tiene pendiente negativa, como que es positiva la pendiente que corresponde a la oferta. Si los datos de precios y cantidades se corresponden sin ambigüedad a las variables teóricas, estamos en condiciones de abordar el problema de la cuantificación de dichas leyes.

Aquellas proposiciones que explican la demanda no sólo en los precios de ese bien, sino en los precios de los demás bienes, las rentas, riquezas y otras causas, corren el riesgo de abandonar el estrecho campo de las teorías para pasar a formar parte del mucho más amplio espacio de los inventarios de hipotéticos posibilismos.

Si la teoría sometida a cuantificación no presenta su contenido en términos ciertos, la cuantificación carece de significado. Unos resultados favorables, sólo indican una buena correlación, un buen ajuste, no una explicación.

En conclusión, la cuestión sometida a verificación, versa no sobre la existencia del cambio, sino sobre su naturaleza, recurrente o irreversible. Una vez establecida la naturaleza del efecto, se procedería en una segunda fase a la cuantificación de la hipótesis explicativa.

En la metodología aplicada en este trabajo, lo recurrente se corresponde con lo que en economía llamamos ciclos (en otras disciplinas, se habla de ondas). Lo no recurrente, lo caracterizo como tendencia (ciclo incompleto), aunque en la literatura sobre series de tiempo, existen otras interpretaciones.

Si el cambio climático es cíclico, y la contaminación se supone que hasta el momento actual, se ha venido manifestando como una tendencia creciente, ello estaría implicando

que en el cambio climático, hay al menos otras causas, como podría ser la hipótesis de Broecker.

1.2) LOS HECHOS

Establecida la cuestión en términos bien definidos, es posible proceder a la selección de los hechos pertinentes. Es de aceptación general que los datos constituyen mediciones de los hechos, es decir, de los fenómenos.

En este caso, se ha seleccionado la serie histórica de precipitaciones españolas. Se ha basado en el M^a de Agricultura de 1950 a 1993, y para años anteriores (de 1791 a 1949), se ha prolongado con la obtenida de Carreras, y Otros (1989). Los datos en consecuencia, son susceptibles de la objeción de falta de homogeneidad. Entre 1791 y 1816, solo hay datos de Gibraltar, desde 1817, se incorpora con cierta continuidad San Fernando, desde 1850, Barcelona, desde 1855, Madrid, y desde 1862, se incorporan otras doce provincias más. El hecho de que las dos primeras series correspondan a provincias del Sur, ha obligado a ciertas correcciones en el nivel medio de las series, entre sí bastante dispares. Por ejemplo, en 1817, Gibraltar registra 668 mm por 300 San Fernando.

A priori, la reconstrucción numérica, basada en criterios de la misma índole, corre el verosímil riesgo de que no poder garantizar la fidelidad histórica.

Para este trabajo, ello reviste a mi entender una importancia menor. Sería de mayor relevancia la trayectoria, es decir, el movimiento cíclico o tendencial. Indudablemente, este estudio tal vez podría beneficiarse de disponerse de series mejores, pero por lo que vamos a ver, la prolongación de la evidencia cuantitativa, parece preferible a la alternativa de empezar el estudio en 1950.

En la figura 1 se muestran las precipitaciones desde 1856 a 1984 de Málaga (Sur) y Burgos (Norte), en la que puede hacerse una idea de la medida en que las trayectorias pueden obedecer a un cierto patrón común. Basándonos en la simple observación de los hechos, no parece registrarse un cambio en el nivel de la trayectoria, que aconseje un estudio separado. En consecuencia, lo que interpreto como perturbador sería un desplazamiento vertical en el nivel de la serie, es decir, un cambio de tendencia. De haber sido así, no implica que el problema fuera inabordable, sino que obligaría a un tratamiento separado de ambos períodos procediendo a estimación y tratamiento de tendencia separadas. En economía, rara vez trabajamos con series históricas que no obliguen a tratar previamente las tendencias. A mi entender,

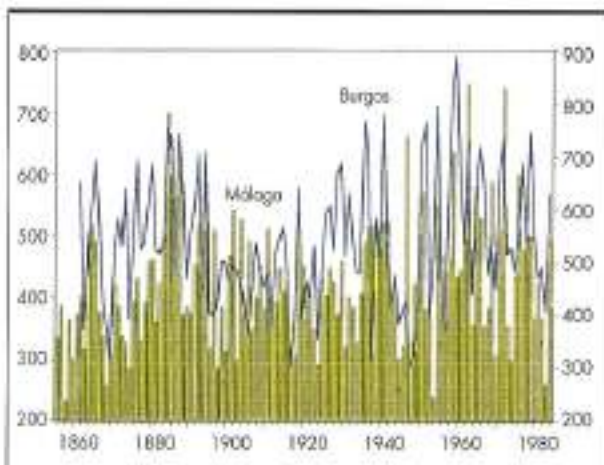


FIGURA 1. Precipitaciones de Málaga y Burgos: series originales.

van demasiado lejos quienes sostienen que tales tratamientos pueden generar movimientos cíclicos inexistentes, aspecto este que por ser sustancial, merece un análisis más adelante.

Un antecedente de este trabajo, realizado el año pasado, basado en la serie hasta 1993, permite verificar lo que predice la modelización para los años 1994 y 1995. Estas son las predicciones que se someten al criterio de conformidad fáctica. No se incorporan en la base de la predicción, los dos últimos años disponibles en este momento.

La observación de los hechos indica que desde los años cincuenta se ha producido una importante oscilación, no la aparición de una tendencia decreciente en las lluvias, debida a la diferente extracción de las series. Existen antecedentes en la primera y segunda mitad del siglo pasado de movimientos similares.

Si reducimos la observación al siglo XX, podemos afirmar sin necesidad de modelos, que parece existir un cambio en las precipitaciones que se inicia con un nuevo ciclo de lluvias fechado algunos años antes de 1950, cuyo máximo se sitúa hacia 1960, a partir del cual se produce una caída ininterrumpida. El movimiento descendente, parte de un ciclo de mayor duración, es lo que calificaríamos de tendencia. Es lo que puede estar sirviendo de fundamento para los temores de un cambio climático irreversible de sequía. Que el cambio climático sea irreversible, significa que la tendencia decreciente continuaría de forma ininterrumpida sin límite.

La hipótesis de un cambio climático cíclico se traduce en que a partir de un determinado momento, las precipitaciones deben volver a crecer. La tendencia decreciente desde los años sesenta, es solo la parte final del ciclo largo iniciado en los años cincuenta, no el final de la historia.

Se deduce de lo anterior la utilidad de haber intentado trabajar con una serie anterior a los años 50. Sin ella, difícilmente podríamos dilucidar si hay un cambio climático dado que sólo percibiríamos un ciclo. Por otra parte, dado que en el entorno de los años 1800, se produce un ciclo similar, parece razonable descartar que la serie anterior a 1950, presente una tendencia diferente, que pudiera inducir al error de interpretar tan amplio ciclo como un problema real, cuando sería una cuestión de los datos.

La evidencia empírica de la figura 2 permite plantear otra cuestión de índole formal. La aceptación del ciclo exige que precisemos si estamos adoptando como hipótesis la regularidad de un movimiento recurrente o no. La evidencia

empírica presentada en las figuras 1 y 2, aparentemente induciría a defender la hipótesis contraria, es decir, la elevada irregularidad de las precipitaciones.

La regularidad o irregularidad de un fenómeno son atributos teóricos, consecuencia de un proceso intelectual denominado abstracción, que no se deriva de modo necesario de los hechos, ni debiera confundirse con las proposiciones empíricas relativas a ellos. En consecuencia, se someten los hechos representados en las figuras 1 y 2 al análisis cuantitativo.

II) ANÁLISIS DE LAS PRECIPITACIONES

Los datos de las precipitaciones históricas originales, pese a la abundancia de fluctuaciones de corta duración, apuntan de forma imprecisa la posibilidad de un cambio climático. Para una mejor percepción del mismo, conviene recurrir a algunas transformaciones empleadas con relativa frecuencia en los análisis cuantitativos. Utilizo a continuación algunas en las que concurren un principio de sencillez, razonando sucintamente la elección de una de ellas.

II.1) ESTUDIO DE LOS EFECTOS DE LAS TRANSFORMACIONES DE MEDIAS MOVILES Y DIFERENCIAS

En la figura 2a se presenta un ejemplo, que permite ilustrar una cuestión sobre la que los economistas han venido estableciendo largas controversias, lo siguen haciendo, y a mi modo de ver, como ya anticipaba, en exceso.

Digo excesiva porque siendo cuestión eminentemente formal, no esta exenta de los prejuicios connotados a una parte no desdeñable de los investigadores en ciencias sociales. La ciencia económica, ha venido evolucionando desde el contenido al método, en otras palabras, desde la materia hacia la forma.

Aunque escriba este artículo como economista, albergo la confianza de que determinados procedimientos aplicables a la economía, son útiles y por ende, generalizables a otros campos. Lo cual no me exime de la justa acusación de intromisión en un campo que no me es propio.

Pero encuentro ciertos atenuantes. La tabla de Buys-Ballot, antecedente histórico del periodograma, en el que se soporta mi análisis, fue desarrollada por un meteorólogo, y aplicada, bien es verdad que con escasa fortuna, a cuestiones económicas. La economía y la meteorología han hecho en ocasiones, recorridos comunes.

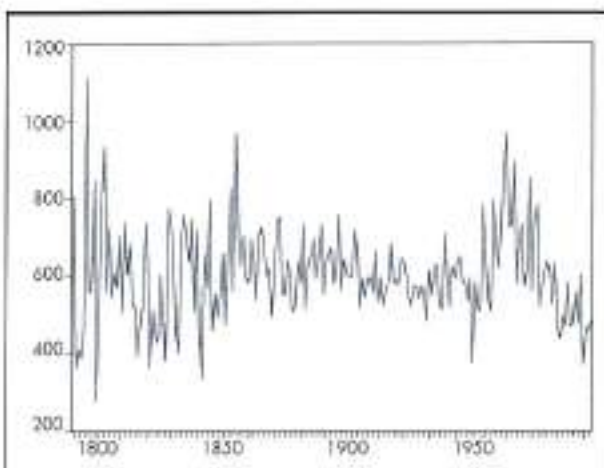


FIGURA 2. Precipitaciones en España: serie original.

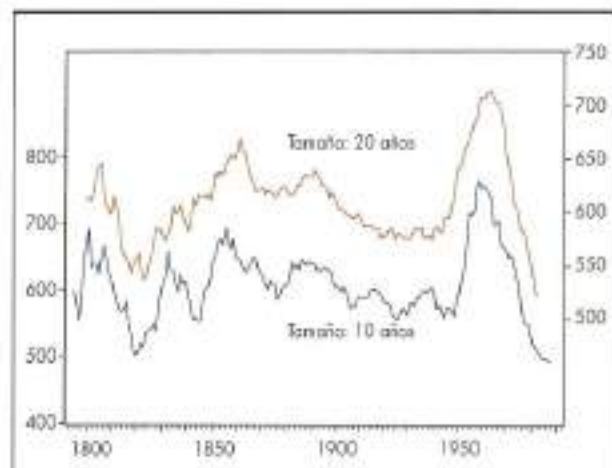


FIGURA 2a. Precipitaciones en España: medias móviles.

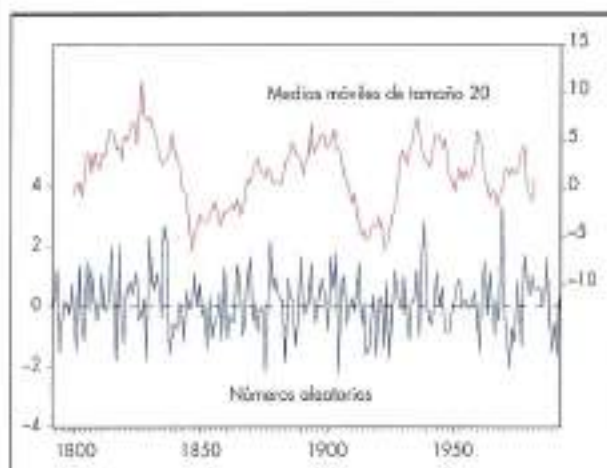


FIGURA 2b. Ilustración de los efectos de la transformación de medias móviles.

Tomando como punto de partida, la afirmación de Borecker, se ha aplicado sobre la serie original de precipitaciones, medias móviles de 10 y 20 años, que se representan en la figura 2a.

Se comprueba como la transformación de medias móviles, permite una mejor percepción de oscilaciones de duración corta y media, una vez que las cortas, que prevalecían en la serie original, han sido atenuadas, que no eliminadas. En particular, lo que se ha identificado como cambio climático, la parte descendente del ciclo iniciado hacia la segunda mitad del siglo XX, aparece dibujada con mayor nitidez. Mientras las medias móviles de 10 años fechan el inicio del ciclo en el umbral de la segunda mitad, el promedio móvil de 20 años lo anticipa algunos años. Según esta misma serie, el mínimo de precipitaciones de los años 90, no habría sido igualado en la historia anterior, mientras que se estaría al mismo nivel de 1820, si se atiende a la serie de medias móviles de 10 años.

Comparando hechos, el cambio climático se manifestaría en forma de amplificación de la amplitud del ciclo, no en la aparición de una nueva tendencia.

La transformación de medias móviles, tiene como ventaja, que amplifica los ciclos de mayor duración, pero arrostra el inconveniente, de que no descompone el movimiento observado en movimientos elementales que permitan un mejor análisis, encaminado al descubrimiento, es decir, diagnóstico de las causas.

Aunque signifique una digresión en relación con el discurso argumental de este trabajo, considero conveniente salir al paso de una posible objeción, basada en lo que se denomina efecto Slutsky: los promedios móviles podrían generar ciclos (movimientos aparentemente regulares) a partir de series puramente aleatorias, que deberían ser diagnosticados como espurios, es decir, falsos.

Como he puesto de manifiesto en algunos de mis trabajos (1994), los promedios móviles no generan ciclos que no existan previamente en las series originales. Amplifican los ciclos de mayor duración, y atenúan los ciclos de muy corta duración.

En determinadas disciplinas relacionadas con los movimientos ondulatorios, este tipo de modificaciones se contemplan con naturalidad, algo que en economía ha devenido en campo abonado para múltiples controversias metodológicas.

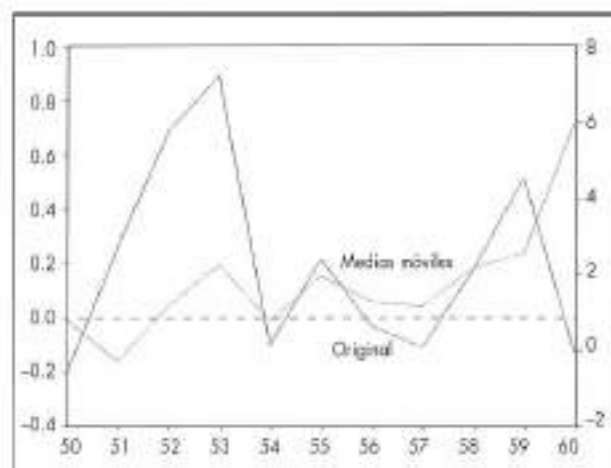


FIGURA 2c. Ilustración de los efectos de la transformación de medias móviles.

La amplificación de los ciclos de mayor duración es precisamente el efecto buscado para la detección del cambio climático. El movimiento que se manifiesta en la segunda parte de este siglo, es una mera confirmación del principio general. Está presente en la serie original de la figura 2, pero se percibe mejor en cualquiera de las dos series de la figura 2a. En consecuencia, se comprende en términos intuitivos que el efecto de las medias móviles, operación meramente formal, no genera nada nuevo, sino que favorece la percepción del movimiento largo, en el que se manifiesta el cambio climático.

Hay una segunda razón, tesis defendida en mis trabajos citados, que apoya el que no es posible tal efecto: un proceso puramente aleatorio en el tiempo, es imposible.

En el campo continuo, esta afirmación está establecida con carácter general dentro de la propia teoría probabilística. En el campo discreto, no hay resultados que hayan establecido dicha existencia. Por ejemplo, Kendall menciona una aparente incompatibilidad entre aleatoriedad y continuidad en el tiempo, que a mi entender lo es entre aleatoriedad y tiempo. En los juegos de azar, en los que se desarrolla la aleatoriedad, el tiempo no cuenta.

Parece posible aducir razones que soportan la imposibilidad de la aleatoriedad en el tiempo en el campo discreto. En la teoría de las probabilidades atemporal, existen las distribuciones aleatorias continuas y discretas, no existiendo problema, en pasar de lo discreto a lo continuo o de éste a aquél.

Las tablas de números aleatorios consideradas de forma atemporal, presentan el mismo tipo de distribución con independencia del orden en que se consideren los valores de la distribución. A pesar de mantenerse en el campo atemporal, se habla de números "pseudo aleatorios". El atributo "pseudo" es tan impreciso como no neutral: ¿son o no son aleatorios?

Cuando se introduce la correspondencia de tales números con la dimensión temporal, aparece una característica esencial, que es el orden de la sucesión. Una correspondencia entre la sucesión de números aleatorios y el tiempo, supone un salto lógico.

Ahora bien, parece que un proceso aleatorio puramente discreto debiera poder obtenerse mediante muestreo en el tiempo de un proceso continuo. Siendo este imposible, tam-

bién lo sería el discreto. No podemos plantear la operación alternativa del discreto al continuo mediante el paso al límite, mientras no se establezca la aleatoriedad discreta en el tiempo. Desconozco si existen argumentos sólidos que invaliden esta conclusión.

En la figura 2b, presento una ilustración empírica de mi tesis. Aplico una media móvil de tamaño 20 a una serie de números "pseudo-aleatorios" a los que se hace corresponder el tiempo (los mismos años de las precipitaciones).

Aparentemente, la tesis de Slutsky, resultaría probada dado que tras la transformación de medias móviles, surgirían de una serie aleatoria, una serie con ciclos regulares.

La figura 2c analiza más en detalle esta conclusión. Se ha reducido el periodo de observación a los años 1950-1960.

Puede observarse ahora que los dos elementos que permiten a mi entender, invalidar la tesis de Slutsky, encuentran plena confirmación, en el ámbito de lo que es una argumentación empírica basada en los hechos. En primer lugar, la serie de medias móviles (que incluye el promedio de 20 observaciones) presenta una concordancia sustancial con la serie "aleatoria" a partir de la que está obtenida, sobre todo en la parte central desde 1952 a 1958. Las divergencias en los extremos se explican porque la media móvil incluye valores que no estamos observando en la serie original.

En segundo lugar, la serie que se supone "aleatoria", presenta notables regularidades que excluyen la presunción de la aleatoriedad. Hay un primer ciclo, entre 1950 y 1954 (cuatro años), un segundo ciclo de 1954 a 1957 (tres años), y un tercer ciclo, de 1957 a 1960 (tres años). O en otros términos, tres máximos y cuatro mínimos. De manera que los hechos parecen conformes a la tesis de que en este caso particular no existe aleatoriedad en el campo discreto.

En tercer lugar, podríamos comprobar que ocurre si aplicamos una media móvil a una serie en la que todos los valores son iguales. La resultante sigue siendo una constante. El argumento prueba en la medida en que la media móvil no genera nada que no se encuentre en la serie de partida. Si es constante, no aparecen ciclos.

En conclusión, la tesis de Slutsky da por supuesto que las series irregulares en el tiempo son aleatorias. De la irregularidad aparente cuantitativa de una serie particular (inducción), se concluye cualitativamente en la aleatoriedad.

De la aleatoriedad así aceptada, infiere cualitativamente que es posible generar ciclos, no que los ciclos observados lo hayan sido de acuerdo a esta hipótesis.

La irregularidad vendría a resultar una causa posible de la regularidad.

Lo que ha resultado no neutral para el aprovechamiento posterior de los procedimientos de cuantificación es que los seguidores de Slutsky, no siempre han separado convenientemente la diferencia entre lo posible y lo fáctico.

Que las transformaciones de datos tienen el efecto de amplificar determinadas oscilaciones y atenuar otras, se pone de manifiesto con la transformación de diferencias, ampliamente utilizada en determinadas etapas de la ciencia económica cuantitativa. Tiene el efecto opuesto. Atenúa las oscilaciones medias y largas y amplifica las cortas, tal como ilustra la figura 2d.

Ahora podríamos inferir a partir de la serie diferenciada que en los años cincuenta no se produce un cambio climático, dado que nada se aprecia en las precipitaciones. Si partimos de que hay cambio climático, las diferencias no favorecen su percepción. La ecuación de que parte el investigador es determinante. En términos generales, la serie de primeras diferencias, ha aumentado el grado de irregularidad de la serie de precipitaciones.

En la figura 2e, para el periodo desde 1950, se comprueba que con la diferenciación, se eliminan movimientos de la serie original, como el ciclo entre 1955 y 1974, o la tendencia descendente entre 1960 y 1991. No se perciben en la serie diferenciada.

Esta transformación claramente inadecuada para analizar el cambio climático, y desde mi punto de vista, para la ciencia económica basada en el análisis de series de tiempo (Alvarez, 1983), se comprende cuando se pretende fundamentar el empleo de la probabilidad en dicha ciencia.

La serie diferenciada de precipitaciones sería más irregular, y en consecuencia, favorable para establecer el salto desde la irregularidad cuantitativa a la aleatoriedad cualitativa.

Sin embargo, desde la propia interpretación probabilística como es la reciente cointegración que viene a respaldar mi tesis de 1983, la diferenciación permite el objetivo formal de estimar consistentemente, al nada desdeñable coste de ignorar los movimientos a medio y largo plazo.

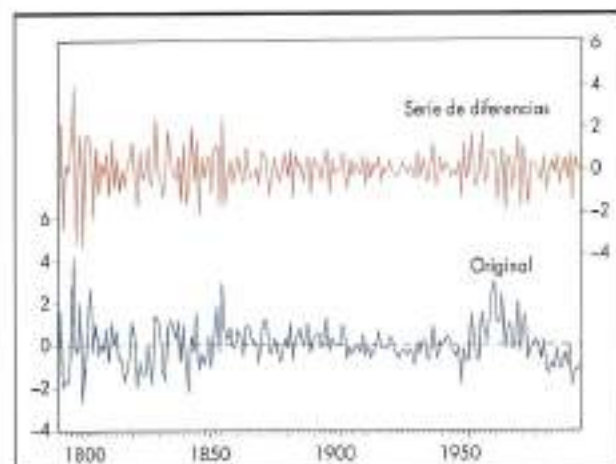


FIGURA 2d. Ilustración de los efectos de la transformación de diferencias precipitaciones.

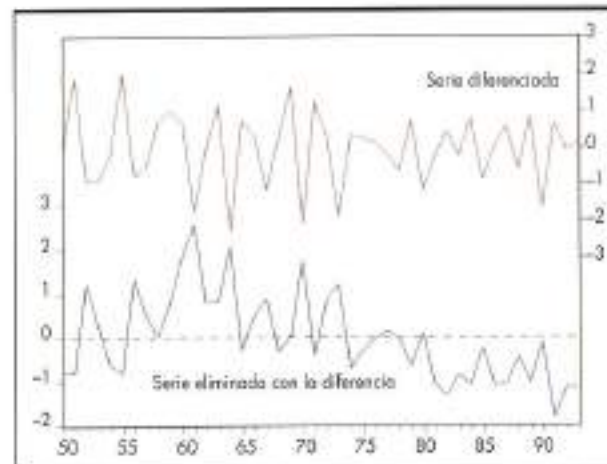


FIGURA 2e. Ilustración de los efectos de la transformación de diferencias.

Las más recientes referencias a los así denominados "sistemas caóticos" que forman parte del título y último párrafo del artículo de Borecker (p. 29, 1996), nos llevarían demasiado lejos: "No hay razón para que se produzca ahora un paro en la cinta transportadora o un cambio radical de magnitud pareja".

Esta cinta transportadora no parece que puede reducirse a un movimiento irregular, base para postular la aleatoriedad: "Unas células de circulación, a manera de cintas transportadoras gigantes, abarcan la extensión de cada océano. En el Atlántico, las aguas superficiales viajan hacia el norte... Algunas lenguas del agua antártica del fondo, la más densa del mundo, fluyen en dirección norte hasta los océanos Atlántico, Pacífico e Índico, aflorando de nuevo para repetir el ciclo" (pp. 22-23, 1996). Es evidente, que tales movimientos parecen albergar movimientos recurrentes.

En cambio, es menos claro la procedencia de aplicar la probabilidad a un contexto como el presente: "Pero si ello ocurriera (el paro de la cinta transportadora), el impacto resultaría catastrófico. La probabilidad de un suceso tal será máxima de aquí a 50 o 150 años..." No parece que la probabilidad se emplea ahora en su adecuado contexto. De la probabilidad contemplada como fenómeno repetitivo y experimental, de los juegos de azar sin la menor constatación temporal, estamos dando un salto a la repetición de ciclos en el tiempo, en un contexto de observación.

La conclusión parece acorde con la indefinición de las premisas: "Nos conviene tomar esta posibilidad en serio. No deberíamos ahorrar esfuerzo en el intento de comprender mejor el comportamiento caótico del sistema climático global".

La combinación de ciclo temporal y probabilidad (atemporal por definición), incluye a mi entender, posiciones contradictorias, que cuestionan la fundamentación de enfoques como el que subyace en las teorías del caos, término caótico utilizado si no antes, en el trabajo de Slutsky de 1937, para referirse a series sin correlación en valores sucesivos.

En consecuencia, entre diferencias y medias móviles, a mi entender, estas serían preferibles para diagnosticar la naturaleza del cambio climático, cuya existencia forma parte de las hipótesis de partida de este trabajo.

El inconveniente de las medias móviles de considerar el movimiento global de las precipitaciones, encuentra solución en el análisis espectral. Se basa en el principio de descomposición de los movimientos observados en ciclos teóricos de duraciones definidas (hipótesis de periodicidad).

Con todo, queda a mi entender establecido sin perseguir mayores sofisticaciones, que del simple empleo de medias móviles, se desprende que el cambio climático, dada su mayor amplitud del movimiento, conservaría la naturaleza cíclica, quedando en consecuencia descartado que se trate de un movimiento degenerativo e irreversible.

En cambio, si hubiéramos basado el análisis en la serie de primeras diferencias de las precipitaciones, llegaríamos a negar la existencia del cambio climático. Como vengo señalando, en ese trabajo, tal hecho es un dato del que se parte.

Es preciso advertir que en lo que sigue se vuelve a la serie original de precipitaciones, que se somete a la descomposición espectral sin transformación alguna. La razón es que a lo largo de toda la historia entre 1791 y 1993, no se observa tendencia alguna.

En cambio, una correcta aplicación del análisis espectral entre 1960 y 1993, hubiera requerido de la eliminación de la tendencia descendente.

II.2) EL ESTUDIO DE LAS PRECIPITACIONES MEDIANTE LA DESCOMPOSICIÓN ESPECTRAL

El fundamento y aplicación se ilustra con la analogía del problema de la luz blanca, que se descompone espectralmente en ondas de diferentes colores (frecuencias). En economía, las frecuencias las interpretamos por su recíproco, (el período). Mediante síntesis espectral de los tres colores denominados fundamentales, se llega a reconstruir aproximaciones satisfactorias a los colores observados.

Este es el proceso seguido en el análisis de la serie observada de las precipitaciones. En la figura 3 se muestra el espectro completo. En ordenadas, se representa el porcentaje de contribución a la explicación de la varianza, en abscisas, los períodos (duraciones) de cada ciclo.

En las series económicas agregadas, el espectro concentra su potencia en los ciclos largos. En las precipitaciones, la descomposición espectral, descubre que la explicación de la varianza (movimiento) se distribuye a lo largo de toda la gama de periodicidades entre 202 y 2 años. En relación con este hecho, puede constatar que ningún ciclo supera el 6%, excepto el de cincuenta años.

Para otro tipo de estudios, como el problema de las sequías, probablemente tendríamos que concentrar el análisis en otros ciclos de menor duración, entre 3.5 y 2.5 años.

Puede decirse que los ciclos de interés para el análisis del cambio climático, se concentran en un sentido amplio entre los 100 y los 20 años, con una especial acumulación de la potencia espectral entre los 50 y los 25 años. Esta conclusión es empírica. Mayor precisión hubiéramos obtenido de haber analizado las causas, como puede ser la contaminación.

Para comprender mejor la naturaleza del fenómeno, en la figura 3a se muestra una parte del espectro anterior, entre los 202 y los 7.5 años.

Observamos picos espectrales, indicadores de ciclos relevantes, en los 20 y 9.5 años, por lo que la evidencia empírica española de las precipitaciones, parece apoyar la conjetura de Borecker.

Al igual que con los tres colores fundamentales descubiertos mediante la descomposición espectral, se consigue en casos como la televisión en color, reproducir colores muy similares a los observados, en el estudio del cambio climático, podemos seguir una vía similar pasando a predecir las precipitaciones mediante un reducido número de ciclos teóricos, aquellos que el espectro sugiere como picos principales.

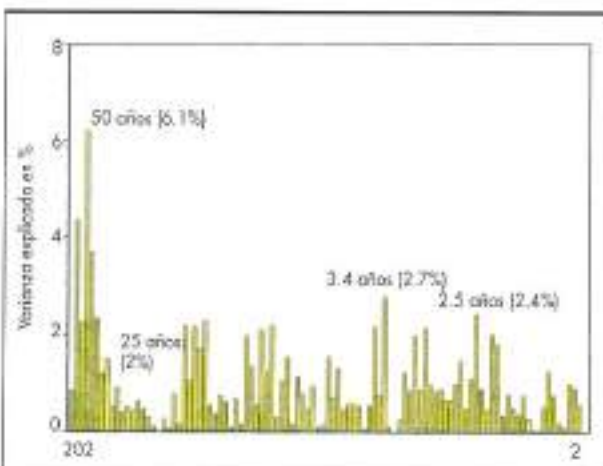


FIGURA 3. Espectro de las precipitaciones.

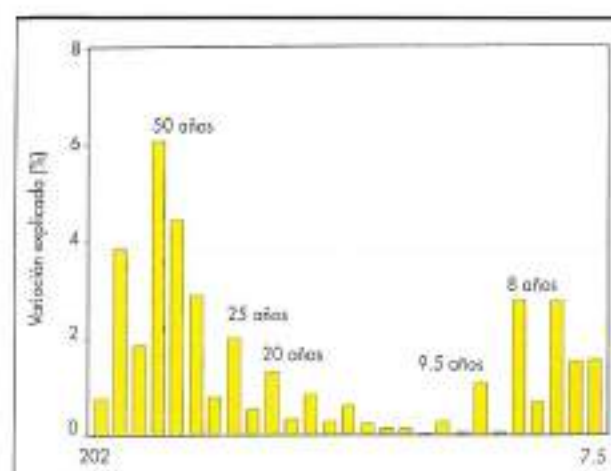


FIGURA 3a. Espectro de las precipitaciones. (Periodos relevantes para el cambio climático).

III) PREDICCIONES

En la figura 4 se compara la serie histórica entre 1791 y 1993, con la predicción basada en los ciclos, que interpreto más relevantes para el estudio del cambio climático, es decir, entre 25 y 50 años. La relevancia está soportada únicamente en el criterio numérico de contribución a la varianza.

Se añade en la serie observada, los años ya conocidos de 1994 y 1995, no utilizados como queda advertido, en la descomposición espectral.

El análisis cíclico parece despejar las dudas respecto a si la reconstrucción histórica anterior a 1950 era o no homogénea con la que se toma directamente de Agricultura a partir de dicho año: Cabría pensar que la diferencia de cobertura antes y después de 1950, era susceptible de generar una apariencia engañosa respecto a la aparición de un ciclo climático hacia 1950, que no estaría siendo registrada por la diferente cobertura de las series. Esta posible duda debe despejarse aún más, si tenemos en cuenta que es la etapa de sequía la que provoca la preocupación por un posible cambio climático.

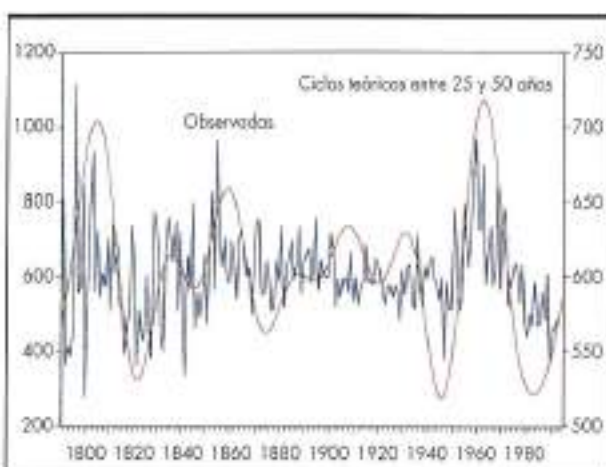


FIGURA 4. Análisis del cambio climático mediante las precipitaciones.

Un ciclo teórico similar está siendo descubierto en el entorno de 1800. Los años inmediatos a 1820, registran sequías equiparables a la que acabamos de sufrir.

Apoya por tanto esta interpretación, la tesis ya apuntada de que el cambio climático, no sería un fenómeno irreversible (tendencia descendente sin fin de las precipitaciones), sino un movimiento cíclico con precedentes en la historia conocida, como el referido periodo en torno a 1800.

Puede comprobarse que los ciclos teóricos entre 25 y 50 años ofrecen una aproximación razonable a las precipitaciones observadas, salvo contadas excepciones como entre los años 1900 y 1910.

Que la conformidad sea satisfactoria, no ha de impedir señalar el alcance de la argumentación. La conclusión de que estemos ante un cambio climático de naturaleza cíclica, es una conclusión cualitativa que se apoya en una base cuantitativa concreta: los ciclos entre 25 y 50 años explican solo el 16.18%. Aún cuando su significado porcentual es bajo, parecen marcar la trayectoria.

La contingencia de construir un argumento sobre esta base, se debe a que las precipitaciones constituyen un fenómeno en el que los movimientos recorren un amplio espectro entre los 200 y los 2 años, estando la contribución a la varianza muy repartida entre los diferentes ciclos teóricos.

Este argumento no puede considerarse definitivo. Es preciso acotar el campo de estudio. Si pudiera considerarse que el cambio climático es un movimiento cíclico cuya duración no debiera ser inferior a los 10 años, entonces estos explicarían el 26.59 %, de cuya variación, correspondería el 59% a los ciclos entre 25 y 50 años.

A medida que incorporamos ciclos de menores periodicidades, la predicción gana en poder descriptivo, pero pierde posibilidades de análisis. Si elaboramos ésta con los ciclos entre los 10 y los 100 años, pensando en el ciclo de 10 años (1.07%), que apunta Berecker, e incorporamos el ciclo teórico de 100 años que explica el 3.8 %, podemos observar en la figura 4a que cada una de las predicciones tiene sus ventajas e inconvenientes.

Para poder percibir mejor los resultados, se considera sólo el periodo cubierto por la serie de Agricultura, añadiéndose los valores ya conocidos de 1994 y 1995. La predicción centrada en el intervalo entre 25 y 50 años, retrotrae el fin del cambio climático hacia 1985, mostrando una buena predicción de 1994 y 1995. La que incorpora los ciclos entre 100

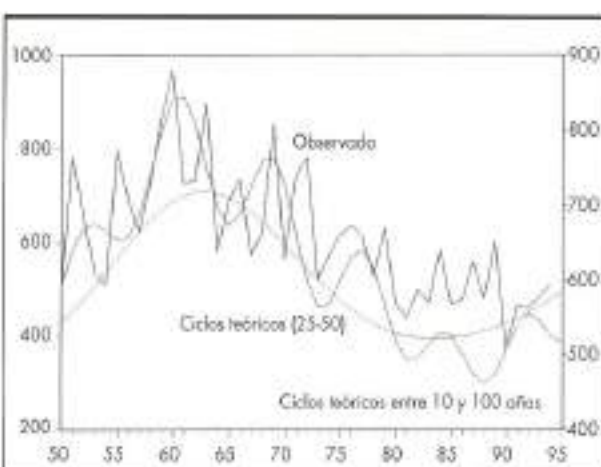


FIGURA 4a. Precipitaciones (1950-1995).

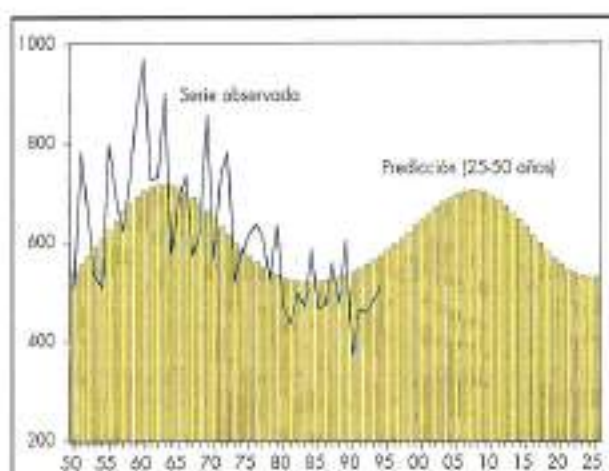


FIGURA 5. Predicción del cambio climático basada en las precipitaciones.

y 10 años, fallaría en la trayectoria de los dos últimos años, aunque muestra una conformidad histórica superior en periodos anteriores.

IV) CONCLUSIÓN

La serie observada de precipitaciones constituye una fotografía probablemente distante de la que sería ideal, para estudiar la naturaleza del cambio climático. Corresponde a todo el territorio español, si bien con anterioridad a 1950, constituye solo una aproximación que siempre será deseable reemplazar en la medida en que otra serie mejor y más larga estuviera disponible.

Con estas limitaciones, el empleo de una serie larga y el proceso de abstracción, construido sobre los ciclos entre 25 y 50 años, permite afirmar que la amplitud del ciclo de precipitaciones iniciado hacia mediados de la presente década, no tendría precedentes desde mediados del siglo XIX.

El cambio parece cíclico, aunque podría sostenerse la tesis de un movimiento irreversible si el horizonte temporal no se retrotrajera más allá de 1970.

El presente trabajo, al reducir su base cuantitativa a la serie de precipitaciones, no hace más que constatar un he-

cho, al que se califica con las limitaciones apuntadas, como cíclico, es decir, recurrente. Se detiene en la parte del análisis que concierne al efecto. Un análisis causal, requiere una teoría aceptada, sentado lo cual, se podría proceder a incorporar la base cuantitativa de aquellos otros fenómenos que tal teoría predice como causas.

Un planteamiento semejante desborda mis actuales posibilidades, aunque las evidencias presentadas las considero como contribución positiva al debate, desde una perspectiva un tanto distante, como la de los métodos en que se apoya.

En la figura 5, se muestra lo que serían los próximos dos ciclos climáticos, de mantenerse el peso de los ciclos entre 25 y 50 años. Observamos que la teoría subestima la amplitud del nivel observado de precipitaciones, significando con todo una simplificación útil, en la medida en que permita separar lo sustancial (regular) de lo accesorio (irregular).

De ser ello así, la extrapolación mecánica de esta abstracción, llevaría a predecir que en estos momentos estamos en una etapa de precipitaciones crecientes cuyo máximo puede situarse en el año 2007, desde el que se iniciaría una nueva sequía hacia el año 2024. Con ello, estaríamos suponiendo el mantenimiento de las regularidades pasadas, algo que no deja de estar condicionado al impacto del cambio climático objeto de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ, N. (1986): La posibilidad de una Teoría Ondulatoria en la Ciencia Económica a la luz del Análisis de Fourier aplicado a series temporales. Tesis Doctoral defendida en 1983. Universidad Complutense, Madrid.
- (1994): "Un ensayo de revisión del efecto Slutsky". Ponencia presentada en el XXI Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa, Calella. Abril.
- 1994 "La fundamentación de las regularidades cíclicas: el efecto Slutsky y el ruido blanco". Ponencia presentada en ASEPELT. Baleares. Junio.
- BORECKER, W. S. (1996): Clima caótico. Investigación y Ciencia, pp. 22-29, enero.
- CARRERAS, A. y OTROS (1989). Estadísticas históricas de España. Siglos XIX-XX. Fundación Banco Exterior. Colección Investigaciones. Madrid
- SLUTSKY, E. (1937): The Summation of random Causes as Source of Cyclical Movements. *Econometrica*, vol. V, pp. 105-146.



Calidad y Servicio



1. Ampliación Túnel de Viguera - 2. Parque Marítimo del Mediterráneo. Ceuta.
3. Autovía de Granada. Tramo Jaén (Norte)-La Guardia - 4. Acondicionamiento del Paseo Marítimo y Playa de Luanco.
5. Viviendas en el barrio de Comillas. Madrid - 6. Acceso al Puerto Exterior de Huelva.
7. Encauzamiento del Barranco del Carraixet - 8. Presa de Canales.



Drayfil®



Fábrica de SEAT-VOLKSWAGEN (MARTORELL) 1994. 24.000 m² Impermeabilizados con DRAYFIL.

Marca la diferencia para culminar cualquier obra bien hecha.

Drayfil® EDIFICIOS

Drayfil® EMBALSES

Drayfil® AGUA POTABLE

Drayfil® TÚNELES

Drayfil® PISCINAS

AISCONDEL LAMINADOS, S.A. es pionera en España en la investigación y desarrollo de las láminas impermeabilizantes de PVC para todo tipo de instalaciones, en la construcción, obras públicas, embalses y agricultura.

Esta larga experiencia, unida a los constantes avances tecnológicos, la sitúa en la primera línea del sector.

Todas las láminas impermeabilizantes de PVC-P fabricadas por AISCONDEL LAMINADOS, S.A. bajo la marca DRAYFIL, poseen la certificación AENOR.



MEMBRO DE LA
FUNDACIÓN ESPAÑOLA
DE LOS PLÁSTICOS
PARA LA PROTECCIÓN
DEL MEDIO AMBIENTE



AISCONDEL
LAMINADOS, S.A.



GRUPO URALITA