

**ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD EN SERIES
HIDROMETEOROLÓGICAS EN UNA CUENCA DE
CABECERA DEL RÍO SEGURA: CUENCA DEL
RÍO MUNDO.**

Departamento de Ingeniería térmica y de fluidos.

Universidad Politécnica de Cartagena.

AUTORA: Dña Carmen Muñoz Marín.

Cartagena, Julio 2008.

A continuación se presenta el Proyecto Fin de Carrera, titulado “Análisis en la variabilidad de series hidrometeorológicas en una cuenca de cabecera del río Segura: cuenca del río Mundo”.

La metodología empleada para tal análisis es la de detección de cambios producidos a lo largo de los años de estudio para dicha cuenca, que se enmarcan en un periodo de 45 años. Así los pasos seguidos para tal análisis son en primer lugar un estudio de tendencia de series completas de precipitaciones y aportaciones, concluido esto y mediante una técnica de segmentación conocida se extraen las subseries que presentan tendencias similares dentro de una misma serie temporal, y por último el análisis de tendencia para cada uno de los tramos anteriormente citados.

La cuenca del Río Mundo, presenta variaciones notables en las series de precipitaciones y aportaciones, viéndose estas últimas fuertemente reducidas en los últimos años; con respecto a las precipitaciones, no se ha detectado un descenso tan brusco, aunque también han sufrido cambios significativos.

ÍNDICE

Introducción.....	1
Antecedentes.....	6
Área de estudio.....	8
Métodos estadísticos para la detección de cambios.....	14
Mann-Kendall.....	18
Técnicas de segmentación.....	21
Análisis de precipitaciones.....	22
Análisis de aportaciones.....	78
Discusiones sobre los datos obtenidos.....	134
Conclusiones.....	140
Anejo de datos.....	142

1 INTRODUCCIÓN

El ciclo hidrológico es un proceso complicado que está influenciado por el clima, las características físicas de la zona y la intervención humana. Dado el empeoramiento del almacenamiento del agua, así como los problemas y el incremento del número de desastres a nivel global relacionados con el agua, los estudios sobre la variabilidad climática y los cambios de usos del suelo inducidos por la actividad antrópica, se hacen imprescindibles en el campo de la hidrología y los recursos hídricos. Sin embargo, los impactos que ocasionan cambios climáticos a un nivel regional sobre la hidrología son diferentes dependiendo del lugar y han de ser investigados usando escenarios de cambio climático de carácter local.

En primer lugar debemos hacer una diferenciación entre dos conceptos que a menudo pueden llevar a confusión, como son el cambio climático y la variabilidad del clima. Así, ambos conceptos son aportados por el Programa Mundial de Investigaciones Climáticas, el PMIC; Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, IPCC y la Convención Marco sobre Cambio Climático, FCCC, se indican a continuación.

PMIC usó en 1988:

“El cambio climático define la diferencia entre los valores medios a largo plazo de un parámetro del clima o estadística, donde la media se toma durante un determinado intervalo de tiempo, usualmente un número de décadas.”

En 1996, IPCC hizo la siguiente definición:

“El cambio climático que se refiere al acta de observación del clima se produce a causa de cambios internos dentro del sistema climático o las interacciones entre sus componentes, o debido a los cambios externos forzando razones naturales o debido a actividades humanas. Generalmente es imposible hacer

una jerarquía clara sobre estas causas. Las proyecciones sobre el futuro del cambio climático aportadas por el IPCC por lo general sólo consideran la influencia sobre el clima de de origen antropogénico y los aumentos de gases de efecto invernadero y otros factores relacionados con la actividad humana.”

En 1996, el FCCC usó:

“Un cambio en el clima se atribuye directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmosfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observado durante periodos de tiempo comparables.”

La Organización Meteorológica Mundial (WMO), definió la variabilidad del clima en 1988 como:

“ Los extremos y diferencias mensuales, estacionales y anuales de valores climáticos esperados (medios temporales). Las diferencias son por lo general denominadas anomalías”

“ La variabilidad del clima puede considerarse como la variabilidad inherente en el proceso estocástico estacionario de aproximar el clima a una escala de unas pocas décadas, mientras que el cambio climático puede considerarse como las diferencias entre los procesos estacionarios en representación del clima en periodos sucesivos de un par de décadas”

2 ANTECEDENTES

Detectar los cambios que se producen en las series de datos hidrológicos es de suma importancia científica así como para la práctica. Así los sistemas de recursos hídricos han sido diseñados para el supuesto de sistemas fijos de hidrología. Si esta hipótesis es incorrecta, entonces el diseño de estructuras como diques, presas, embalses, etc. ha de ser revisado. Ya que si no es así, puede existir el riesgo de que los sistemas no sirvan a su propósito de manera adecuada y/o que sean demasiado costosos.

Otra función que pueden desempeñar los estudios para detectar las tendencias y los cambios en series hidrometeorológicas, es la de aportar datos objetivos sobre el impacto que el hombre tiene sobre la naturaleza. Prácticas del hombre como la urbanización, la deforestación, las emisiones de gas de efecto invernadero, cambios en las prácticas agrícolas o construcción de presas, son claros ejemplos de actividades que pueden alterar aspectos importantes del ciclo hidrológico.

Por otro lado, los principales problemas relacionados con el agua son precisamente los extremos en los que se puede manifestar este recurso imprescindible para la vida, es decir, la escasez de agua (sequías) o grandes cantidades del mismo (inundaciones). Por lo tanto es aquí donde el estudio para detectar cambios puede jugar un papel muy relevante.

Los cambios en las series hidrológicas pueden presentarse de diversas formas; así se puede ocurrir de manera repentina (salto) o gradual (tendencia) o pueden adoptar formas más complejas. Los cambios pueden ser detectados en los valores medios, en la variabilidad (varianza, extremos, persistencia) o en la distribución interanual. Los cambios bruscos pueden ser resultado de diversas causas, como por ejemplo de una alteración repentina en la captación debido a la construcción de presas, la instalación de desvíos de agua, etc. El cambio gradual en series hidrológicas suelen ser a causa de modificaciones evolutivas como por ejemplo urbanización, deforestación, la variabilidad y el cambio climático. Aunque normalmente se entiende el cambio climático como

un proceso de tendencia progresiva, también se puede presentar como un cambio repentino (salto), a causa de complejas dependencias de procesos dinámicos no lineales que incluyen efectos acumulativos y umbrales.

Los estudios hidrológicos para detectar el cambio no suelen ser un proceso trivial, por la dificultad que entrañan factores como los valores, los periodos estacionales y otras fluctuaciones a corto plazo (la variabilidad del clima) y por la falta de homogeneidad (por ejemplo debido al cambio de instrumentos y las técnicas de observación). Por otro lado también pueden aparecer otros problemas derivados de la longitud de las series, que pueden no resultar lo suficientemente largas y/o representativas. Así se debe contar con series de aproximadamente 50 años de longitud, ya que una serie mucho más corta podría estar fuerte afectada por la variabilidad del clima que puede dar resultados inveraces.

3 ÁREA DE ESTUDIO

Características físicas de la cuenca

El río Mundo nace en las estribaciones septentrionales de la Sierra de Calar del Mundo, en el término municipal de Riopar (Albacete). En el primer tramo, hasta el embalse del Talave, la cuenca es marcadamente torrencial, con una pendiente media pronunciada del 0.8 %. La cuenca del río en el embalse de Talave está enclavada en su totalidad en la provincia de Albacete.

El nacimiento del río está a 1075 m de altitud sobre el nivel del mar, mientras que en la cerrada de la presa de Talave, unos 75 km más aguas abajo, está a la cota 472. A unos 30 km agua arriba del embalse del Talave el mundo recibe por la margen izquierda al río Bogarra, único afluente de caudal permanente, que drena la vertiente oriental de la Sierra de Alcaraz. Su caudal de estiaje suele ser inferior al del Mundo; sin embargo, sus aportaciones en épocas de grandes lluvias o deshielo son similares a las de aquél.

Entre Ayna y el puente de Isso afluyen al Mundo varias ramblas, algunas con cuencas receptoras de consideración, que no suelen llevar caudal la mayor parte del tiempo, pero pueden presentar caudales de avenida significativos. A partir del puente de Isso, los barrancos de la margen derecha no tienen entidad; en cambio, por la margen izquierda afluye la Rambla de Minateda (o Arroyo Tobarra), con una cuenca muy extensa (casi la totalidad de la cuenca del Mundo aguas abajo del embalse del Talave), pero prácticamente sin aportaciones significativas, excepto en situación de avenidas.

La definición de la divisoria de la cuenca por el norte, desde la Sierra del Saúco hacia el este, es un tanto imprecisa. En esa zona el relieve del terreno es muy suave, la red hidrográfica es tremendamente irregular y existen regiones endorreicas importantes. No existe ningún cauce con

aportación permanente y la mayor parte de las ramblas únicamente transportan caudal en situaciones de avenida.

El embalse de Talave ocupa una superficie de 295 ha a cota de nivel máximo normal que se incluyen íntegramente en el término municipal de Liétor, en la provincia de Albacete. La capacidad de embalse a esa cota es de 34,8 hm³. La longitud de costa del embalse es de 23,6 km, mientras que la longitud de cauce inundado del río Mundo por el vaso es de 9,1 km.

Las características principales su cuenca receptora del Embalse del Talave se relacionan seguidamente:

Cuenca vertiente

Superficie de cuenca: 766,5 km²

Altitud media de la cuenca: 1.056 m

Altitud máxima de la cuenca: 1.520 m

Escorrentía de la cuenca: 0,25

Máxima avenida registrada: 600 m³/s (Feb. 1.963)

Geología y sismología

Geología regional

En conjunto, la zona es muy abrupta. Su altitud media es de 900 m y sus cotas extremas son: el Pico Serralba, la más alta, con 1450 m y el cauce del río Mundo, la más baja, aguas abajo de la presa de Talave, con 460 m.

Geológicamente, se halla enclavada en el Prebético externo, al sur de la cobertera tabular de la Meseta. La característica esencial de la zona es la complejidad tectónica.

Afloran en la zona materiales pertenecientes a todos los sistemas del Mesozoico, Neógeno y Cuaternario, predominando en extensión de afloramiento el Mesozoico y dentro de éste el Jurásico.

Las edades en la mayoría de los casos se deducen por correlación litológica, ya que por ausencia de fauna, dolomitización de las series, etc. en muy pocos casos se pueden obtener datos concluyentes.

Litológicamente el territorio está integrado por calizas y margas. Las primeras predominan en extensión; en ellas los ríos han labrado los profundos cauces de sus hoces y congostos. Las margas son de dos tipos: unas corresponden a las margas rojas yesíferas del Triásico y aparecen irregularmente, sin relación alguna con la disposición fluvial; otras son las margas blancas del Mioceno, en las que se han labrado los ensanchamientos de los cauces, tapizados con los aportes terrígenos de las laderas y los aluviones arcillosos procedentes de las zonas de aguas arriba.

En el aspecto estratigráfico el problema es más complejo, pues la escasez de yacimientos fosilíferos dificulta las determinaciones.

Las principales formaciones geológicas son:

Jurásico

La más extensa comprende las gargantas del Segura y la mayor parte del áspero territorio montañoso por el que se desarrolla el río; es una potente formación de calizas, en bancos gruesos por lo general, con buzamientos dominantes hacia el NE, o NNE., formando pliegues cuya alineación es oblicua al curso del Segura y normal al curso del Mundo en su último tramo.

Son calizas brechoides, referidas al Jurásico medio, cuya estructura se debe a los empujes orogénicos procedentes de la zona axial de la cordillera Bética. El espesor de estas calizas es grande de varios centenares de metros.

Los empujes originaron, además de la fragmentación, dos sistemas de diaclasas: uno con los planos más o menos paralelos a la dirección de empuje; y otro que los tiene oblicuos a los anteriores. Los planos de ambos tipos cortan a los de estratificación.

Triásico

El substrato de la gran masa de calizas brechoides está constituido por margas arcillosas yesíferas del Trías. Aparece irregularmente donde falta la cobertera de calizas jurásicas, especialmente en los bordes de algunos sinclinales.

Especialmente aparece el Trías en el embalse de Talave, cuya presa está edificada en las calizas esponjosas que se intercalan en dicho terreno y al que corresponden también las laderas que contornean el lago, cuyo fondo es de margas triásicas.

Conglomerados y calizas superpuestos al Jurásico.

En diversos lugares aparece un conjunto de conglomerados, con cemento arenáceo-arcilloso y en parte calizo, superpuestos a las calizas del Jurásico. A estos conglomerados se superponen, a veces, bancos de calizas arenáceas en estratificación potente y poco milonitizadas.

Esta formación se presenta, en general, acomodada al plegamiento dominante en la comarca; pero las relaciones

tectónicas respecto al Jurásico no se han podido determinar, ni tampoco su edad.

Mioceno de agua dulce

En diversos lugares de la comarca existen grandes extensiones de un terreno Mioceno de facies continental de agua dulce; en general, ocupan las depresiones y forman grandes manchas perfectamente definidas por el contraste de sus materiales con los de otros terrenos.

Estos materiales son margas terrosas de color blanco con intercalaciones de calizas margosa delgadas y de pizarras papiráceas bituminosas, siendo abundantes las capas y concreciones arriñonadas de sílex y las impregnaciones de azufre, que motivan explotaciones mineras.

La determinación estratigráfica y las facies de este terreno no ofrece duda alguna, gracias a los yacimientos fosilíferos de la Estación de Minas, que han producido fósiles de peces, ranas, insectos y moluscos, y a un yacimiento de pequeños moluscos entre Las Casas Altas y Casa del Lobo, cerca del río Mundo.

El territorio estudiado debe su orografía y tectónica a la orogénesis alpina de la cordillera Bética, que es una rama de los Alpes desde el punto de vista orogénico.

Las trazas generales del relieve y de la estructura geológica de la comarca de referencia se deben a los empujes que procedentes del S.E. y del S., plegaron, dislocaron y trituraron los terrenos depositados previamente en esta parte de la corteza terrestre y corrieron hacia el Noreste y N.N.E. capas geológicas, situadas originariamente más al Sur. Estos fenómenos, de acción lenta durante la época Mesozoica,

tuvieron sus periodos paroximales y sus manifestaciones externas intensas ya muy avanzados los tiempos del Terciario.

El paroxismo orogénico más antiguo, y más importante, de los dos que se observan en la comarca es el que plegó, arrastró y trituró las calizas jurásicas y estableció los fundamentos de la orografía actual. La superficie de deslizamiento corresponde principalmente a la formación plástica de margas arcillosas del Triásico, que ocupan el substrato de las formaciones calizas mesozoicas y terciarias. Estas margas del Trías aparecen con frecuencia en ventana entre los jirones de las capas de edad posterior, dislocadas y más o menos desplazadas de su yacimiento original.

Sismología

La Norma de construcción sismorresistente NCSR-02, aprobada mediante Real Decreto 997/2002, incluye en su apartado 2.1 un mapa de peligrosidad sísmica. Esta peligrosidad se expresa en función de la aceleración sísmica básica a_b -un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno en función de la aceleración de la gravedad g - y del coeficiente de contribución K , que tiene en cuenta la influencia de los distintos tipos de terremotos esperados en la peligrosidad sísmica de cada punto.

El rango de valores de a_b en las zonas de nuestro país con peligrosidad sísmica oscila entre 0,04g y 0,24g, mientras que el de K está comprendido entre 1,0 y 1,3.

De acuerdo con el citado mapa y el Anejo 1 de la Norma, que incluye una relación de valores de a_b y K en diferentes términos municipales españoles, los parámetros característicos de la peligrosidad sísmica en la zona en la que se enmarca la presa de Talave son los siguientes: $a_b=0,06g$; $K=1,0$.

4 METODOS ESTADÍSTICOS PARA DETECCIÓN DE CAMBIOS

Las principales etapas en un análisis estadístico de cambios en series temporales, se pueden resumir en:

- Recolección y procesamiento de series temporales
- Análisis exploratorio de datos
- Aplicación de tests estadísticos
- Interpretación de resultados

Existen muchos métodos estadísticos que pueden ser utilizados para detectar los distintos tipos de cambio en las series temporales. Una primera clasificación consiste en tests libres de distribuciones o bien dependientes de la distribución. En este último caso, es necesario asumir que los datos se ajustan a una cierta distribución cuando se lleva a cabo el test. Luego los tests pueden considerarse paramétricos (si el cambio evaluado por el test puede ser especificado en términos de uno o más parámetros), o no paramétricos. La regresión lineal es un ejemplo de test paramétrico. Luego los tests basados en el rango (orden), se consideran no paramétricos debido a que ellos detectan cambios pero no cuantifican el tamaño del cambio. La mayoría de los tests no paramétricos, son también libres de la distribución (Robson *et al.*, 2000).

4.1 Métodos libres de distribuciones

La mayoría de las series hidrológicas no se ajustan a una distribución normal, por lo que tiene sentido utilizar tests libres de distribuciones. Entre ellos destacan:

- Tests basados en el rango (rank-based tests)

Utilizan el rango (orden) de los datos, no su valor real. La mayoría de los tests basados en rango, asumen que los datos son independientes y distribuidos idénticamente. Son robustos, fáciles de aplicar, pero menos poderosos que los métodos paramétricos.

- Tests que utilizan una transformación normal

Se basan en aplicar una transformación para lograr que la serie siga una distribución normal.

- Tests usando métodos de remuestreo

Son métodos que utilizan los datos para determinar la significancia de un test estadístico (ejemplo permutación).

4.2 Otros métodos

Se engloban en este apartado, técnicas para modelar tipos complejos de cambios. Entre ellos:

- Estimación de máxima verosimilitud
- Métodos Bayesianos. Proveen una medida de la incertidumbre de la estima del cambio.
- Métodos de series temporales. Se basan en la estructura de autocorrelación de los datos. Para ello, la mayoría de ellos requieren que se elimine cualquier componente de tendencia.

Otros métodos que involucran menos esfuerzo de modelización, son los siguientes:

- Métodos de generación de datos. Generan series temporales artificiales que preservan la estructura de autocorrelación de los datos históricos. Se utilizan para evaluar los niveles de significancia.

- Métodos de suavizado. Incluyen métodos como la regresión ponderada localmente.
- Métodos para visualizar cambios en varianza y correlación (persistencia). Se basan en que la varianza se mantiene constante.
- Segmentación. Es una técnica Bayesiana que permite identificar múltiples cambios en una serie. Se presentará en detalle más adelante.

Luego se puede realizar una clasificación según se trate de detectar saltos o cambios bruscos, o bien tendencias. El tiempo (intervalo temporal) en el que se produce el cambio, puede no ser conocido. Los tests para detectar cambios bruscos y para cambios en la distribución, trabajan dividiendo la serie en dos partes y comparándolas.

Tests para cambios bruscos (saltos)

Test de punto de cambio de la mediana / Test de Pettit. Se trata de un test basado en el rango (orden), para un cambio en la mediana de una serie con el tiempo exacto de cambio desconocido.

Otros posibles tests para detección de saltos son los siguientes (Robson *et al.*, 2000): - Wilcoxon-Mann-Whitney, - Mann-Whitney, - Mann, - Distribution-free CUSUM, - Kruskal-Wallis, entre otros.

Tests para tendencias

Spearman's rho. Es un test basado en el rango para correlación entre dos variables que pueden ser usadas para evaluar una correlación entre el tiempo y la series de datos. La correlación de Spearman es una versión basada en el rango de la medida paramétrica usual de correlación.

Kendall's tau /Mann-Kendall test. Es otro test basado en el rango, similar al Spearman's rho, pero utiliza una medida diferente de correlación que no tiene una análoga paramétrica. Este test se presentará en detalle más adelante.

Test estacional de Kendall (Seasonal Kendall test). Es una versión del test de Mann-Kendall que permite estacionalidad en los datos. Existe también un test estacional de Kendall modificado que adicionalmente permite alguna autocorrelación en los datos.

Regresión lineal. Es uno de los tests más comunes para tendencias, y en su forma básica asume que los datos se encuentran normalmente distribuidos.

Test para cambios en la distribución

Entre ellos, se encuentran los Tests de Smirnov-Kolmogorov y Cramer-von Mises.

5 MANN-KENDALL

Como se ha comentado, en el análisis de tendencias en series hidrometeorológicas destaca el uso del test no paramétrico de Mann-Kendall. Distintos autores (Kundzewicz y Robson, 2000 y 2004; Radziejewski y Kundzewicz, 2004; Aziz y Burn, 2006) describen y discuten métodos para el análisis de tendencias en series hidrometeorológicas.

Si bien, la mayoría de ellos utilizan el Test de Mann-Kendall para detectar tendencias, debe destacarse que estudios recientes completan el análisis aplicando distintos métodos para corregir los datos debido a su autocorrelación o correlación serial (Trend Free Pre-Whitening approach, TPFW), así como para considerar la estructura de autocorrelación cruzada de los datos en algunos casos (Aziz y Burn, 2006; Svensson *et al.*, 2004; Chingombe *et al.*, *on line*).

Para la evaluación de tendencia se ha utilizado el test no paramétrico de Mann-Kendall. Este test ha sido ampliamente aplicado en estudios de identificación de tendencias en series hidrometeorológicas y otras series ambientales.

Su desarrollo se resume como:

1. Se listan los valores de las variables (precipitación por ejemplo), de forma ordenada (x_1, x_2, \dots, x_n)
2. Se obtiene el signo de la diferencia de cada par de valores al comparar sus magnitudes $(x_j - x_k)$ con $(j > k)$ de acuerdo con lo siguiente:

$$\text{signo}(x_j - x_k) = \begin{cases} 1 & \text{si } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{si } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{si } (x_j - x_k) < 0 \end{cases}$$

3. Obtención del estadístico S de Mann Kendall, mediante la ecuación:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{signo}(x_j - x_k)$$

Si S es positivo se infiere de forma subjetiva que la tendencia es creciente, cuando S es negativo se infiere que hay tendencia decreciente.

4. Con base a los indicadores se estima una varianza para el estadístico S de Mann Kendall, que considera el caso de los empates ($\text{signo } x_j - x_k = 0$) obtenidos en el paso 2, mediante la ecuación:

$$\text{Var}[S] = \frac{1}{18} \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{q=1}^g t_q(t_q-1)(2t_q+5) \right]$$

5. Cálculo del estadístico Z_{MK} mediante:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{[\text{Var}(S)]^{1/2}} & \text{si } S > 0 \\ 0 & \text{si } S = 0 \\ \frac{S+1}{[\text{Var}(S)]^{1/2}} & \text{si } S < 0 \end{cases}$$

6. A partir del estadístico Z se evalúa la hipótesis de interés, que puede ser:
- H_0 : No hay tendencia vs. H_1 : Hay tendencia decreciente
 - H_0 : No hay tendencia vs. H_1 : Hay tendencia creciente

El Test de Mann-Kendall nos proporciona un valor de significancia, p-value, así un valor de p-value inferior a 0.05-0.1 nos garantiza que la hipótesis adoptada tiene unas altas garantías de veracidad; a medida que este valor se hace más grande, las probabilidades van disminuyendo; hasta que llegando a un valor de 1, la probabilidad es nula.

El cálculo del estadístico S y $\text{Var}[S]$ se ha realizado con el software libre R (<http://www.r-project.org>). El software R constituye un conjunto integrado de

algoritmos para gestión y análisis de datos, cálculos y gráficos. En este entorno de trabajo se han implementado muchas técnicas estadísticas. Luego el test de Mann-Kendall para R, se puede obtener desde la página Web: <http://cran.rproject.org/src/contrib/Descriptions/Kendall.html>.

6 TÉCNICAS DE SEGMENTACIÓN

Una posible manifestación de no estacionariedad en las series temporales, es la existencia de alguna modificación de sus parámetros estadísticos, y especialmente un cambio brusco de la media. Las series con tales cambios pueden exhibir una fuerte persistencia temporal, con altos valores del coeficiente de Hurst, pero pobremente ajustadas a cualquier modelo autorregresivo (Hubert, 2000).

La segmentación de las series temporales simplemente significa que se divide la serie en subseries con características estadísticas que son similares dentro de cada subserie y diferentes entre subseries (Gedikli *et al.*, 2008). Algunos tests clásicos (como el test de Pettitt), ayudan a detectar un posible punto de cambio en la serie original, y así dividir las en dos subseries estacionarias. El procedimiento Bayesiano definido por Lee y Heghinian (1977), supone *a priori* la existencia de un cambio de la media en algún lugar de la serie, y en cada paso temporal una probabilidad *a posteriori* del cambio de la media. Pero estos métodos clásicos consideran sólo un único punto de cambio en la serie original. Hubert *et al.* (1989) desarrollaron un procedimiento de segmentación de la serie original en muchas subseries, basándose en el criterio de mínimos cuadrados, el mismo fue mejorado a lo largo de los años (Hubert, 2000).

El criterio usual para decidir si un cambio existe, se basa en el costo de la segmentación definido como la suma de las desviaciones cuadradas de los datos respecto a las medias de sus respectivos segmentos. Si bien, el método propuesto por Hubert ha sido ampliamente utilizado, recientemente se ha presentado un algoritmo alternativo denominado AUG (Gedikli *et al.*, 2008) que mejora sustancialmente el procedimiento de segmentación. Si bien puede considerarse una variante de Hubert (2000), define el límite superior de cada

segmento de distinta manera. Más detalles sobre AUG pueden ser analizados desde Gedikli *et al.*, 2008.

7 ANÁLISIS DE PRECIPITACIONES

A continuación nos disponemos a realizar, el estudio de las series de precipitaciones del área de estudio, la cuenca del río Mundo, para ello contamos con los datos provistos desde la Estación Meteorológica 7094, Embalse del Talave.

Se ha trabajado con series pluviométricas a escala anual a las que se les ha aplicado el Algoritmo AUG de segmentación. Para poder aportar datos objetivos sobre las variaciones sufridas en precipitaciones a lo largo de los años, se ha hecho uso del test de Mann-Kendall.

Con respecto a las evaluaciones se ha considerado una serie que aporta datos de 45 años, desde 1961 hasta el año 2005, *PRECIPITACIÓN TOTAL*; y doce series, en las que mes a mes, desde enero hasta diciembre, se analizan las fluctuaciones ocurridas a lo largo de los 45 años, en el campo de las precipitaciones. Además se ha llevado a cabo un análisis a nivel estacional (primavera, verano, otoño invierno), identificando los cambios de tendencias en las series compuestas por los 45 años. Así gracias a los estadísticos aportados por el test de Mann-Kendall, podremos hacer las consiguientes valoraciones al respecto.

Por otro lado, se han adjuntado tablas que muestran de forma resumida, los valores que hemos obtenido gracias al Test de Mann-Kendall. Como nota informativa se ha de decir que en algunas tablas, existen intervalos de tiempo que han sido subrayadas y coloreadas de rojo, esto indica que son valores con un p-value bajo o muy bajo que nos proporcionan gran fiabilidad de los datos.

7.1 TOTAL

En primer lugar nos encontramos con la serie de precipitaciones formada por los valores totales de precipitaciones de cada uno de los años; podemos destacar que en el periodo estudiado, véase, 45 años; se cuenta con una precipitación media de 340.4 mm al año, una cifra que clasificaría a la zona de estudio dentro de un clima semiárido (200-400 mm anuales). Otros datos de interés son los valores máximos y mínimos de esta serie, que son respectivamente 144.6 mm perteneciente al año 1995, y 690.1 mm que corresponde al año 1989.

La siguiente gráfica muestra los valores de precipitaciones, y en azul se observa la línea de tendencia.

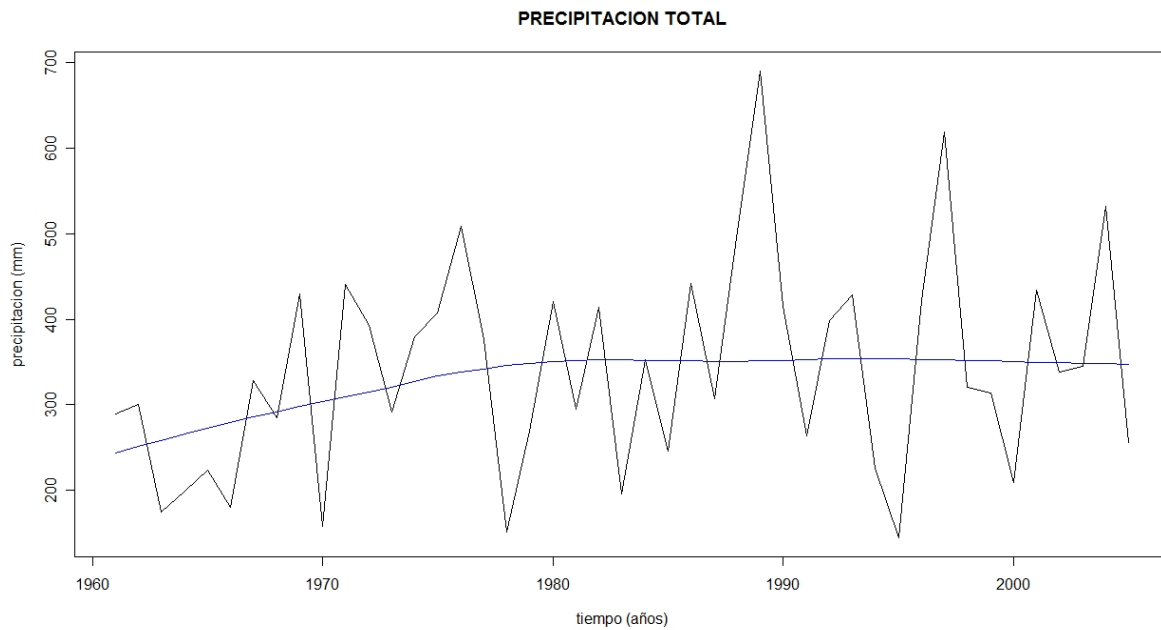


Figura 1.1

Para la serie completa, el Test de Mann-Kendall nos muestra una tendencia creciente de precipitaciones ($Z_{MK} = 1.71190596$), como se muestra en la siguiente tabla, donde además de Z_{MK} , se recogen otros valores que aporta el Test.

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
TOTAL	176	10450	0.178	0.086914	1.71190596

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1977	1982	1989	1994	1997	2005
------	------	------	------	------	------

Gráficamente, se aprecian los distintos segmentos limitados por sus respectivos puntos de cambio, antes citados, gracias a las líneas de colores superpuestas en la gráfica, que pasaremos a analizar con el Test de Mann-Kendall posteriormente.

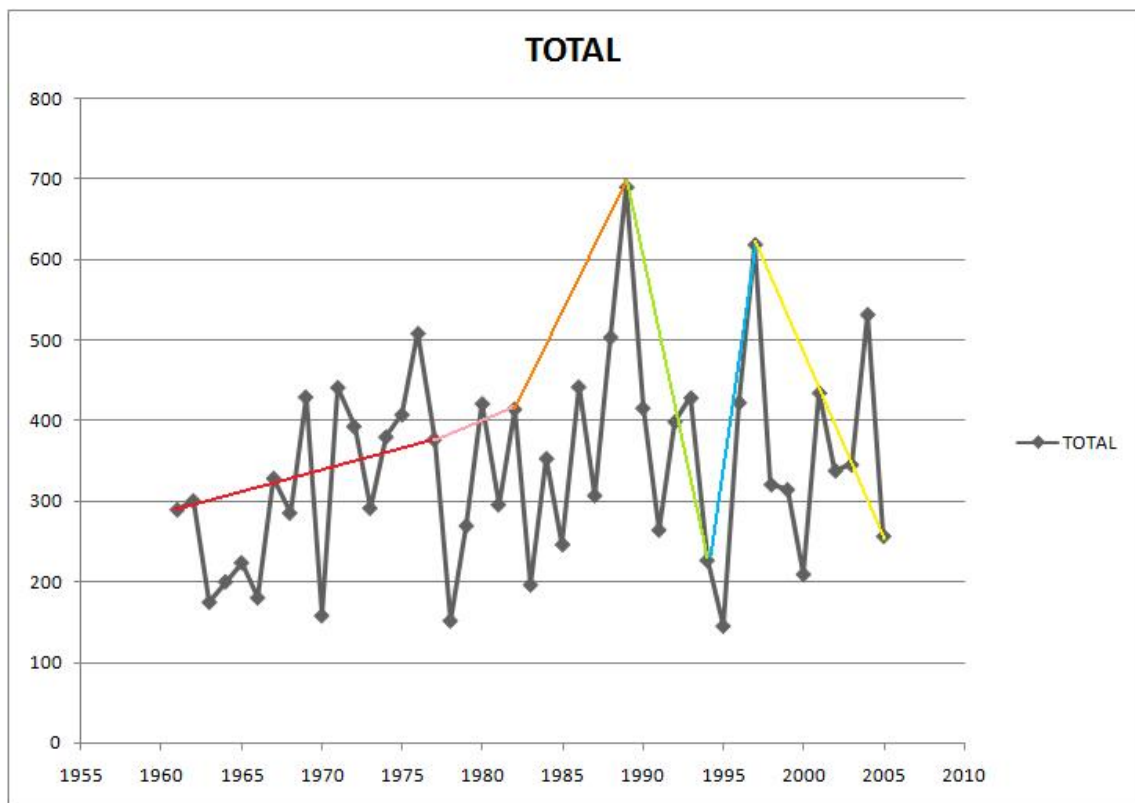


Figura 1.2

Los resultados para las subseries se presentan a continuación. Se puede establecer que la tendencia en cada segmento es positiva, exceptuando sólo dos casos en los que se produce descenso, en uno de ellos es una leve tendencia decreciente, periodo **1997-2005** ($Z_{MK} = -0.10425721$), mientras que en el periodo 1989-1994 es más acusado ($Z_{MK} = -1.12720379$).

SERIE SEGÚN AUG	SEGEMENTADA	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
		Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
<u>1961-1977</u>		56	589.3333	0.412	0.023476	2.26559459
1977-1982		5	28.33333	0.333	0.45237	0.75146919
<u>1982-1989</u>		14	65.33334	0.5	0.10776	1.60833281
1989-1994		-7	28.33333	-0.467	0.25966	-1.12720379
1994-1997		4	8.666667	0.667	0.30818	1.01904931
1997-2005		-2	92	-0.0556	0.91697	-0.10425721

Además, analizando los estadísticos de Mann-Kendall para esta serie, podemos concluir diciendo que el primer tramo tiene una tendencia acusada de las precipitaciones desde 1961 a 1977; sin embargo en el periodo 1977-1982, con una $Z_{MK} = 0.75416919$, la tendencia creciente es más leve; esta tendencia aumenta de nuevo en el periodo 1982-1989, y en 1994-1997.

A continuación se presenta el análisis comparativo de las precipitaciones de cada mes, para el periodo de estudio (1961-2005)

En la siguiente tabla se resumen los datos aportados por el Test de Mann-Kendall que más adelante se tratarán con profundidad.

Como primer adelanto, las tendencias en general son de crecimiento, con mayor o menor intensidad, en todos los meses a excepción de enero y junio, en que esta tendencia es decreciente. Los datos de rojo y subrayados son aquellos cuyo p-value es más bajo.

MES	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	ZMK
ENERO	-47	10449	-0.0475	0.6527	-0.45000824
<u>FEBRERO</u>	162	10420.67	0.165	0.11476	1.57716835
MARZO	12	10450	0.0121	0.9143	0.10760552
ABRIL	15	10449	0.0152	0.89106	0.13695903
<u>MAYO</u>	182	10450	0.184	0.076627	1.77059988
JUNIO	-206	10448	-0.208	0.44902	-2.00556748
JULIO	50	10322	0.0518	0.6296	0.48229655
AGOSTO	79	10440.33	0.0801	0.44524	0.76337422
<u>SEPTIEMBRE</u>	229	10449	0.231	0.025716	2.23047563
OCTUBRE	79	10449	0.798	0.44543	0.76305745

NOVIEMBRE	20	10448	0.0202	0.85254	0.18588186
<u>DICIEMBRE</u>	162	10448	0.164	0.11523	1.57510422
PRIMAVERA	50	10450	0.0505	0.6317	0.47933367
<u>VERANO</u>	172	10450	0.174	0.094371	1.67277668
OTOÑO	66	10450	0.0667	0.52487	0.63585078
<u>INVIERNO</u>	155	10449	0.157	0.13193	1.50654933

A continuación se llevará a cabo una pormenorización de todos los meses, calculando para cada uno de ellos gracias al algoritmo de segmentación AUG, los puntos de cambio de las distintas series mensuales.

7.2 ENERO

Para los datos recogidos en la Estación Meteorológica del Talave, hemos comprobado que durante los 45 años, se ha detectado que las precipitaciones en el mes de enero no han superado en ningún caso los 73.51 mm, dato máximo registrado en el año 1979; por otro lado el mínimo recogido por la estación fueron en los años 1995 y 2005, en los que no se contabilizó ninguna precipitación. Además se cuenta con una precipitación media de 18.82 mm, y una mediana de 14.82 mm.

Con la siguiente gráfica podemos comprobar la distribución de las precipitaciones efectuadas año a año durante los meses de enero a lo largo de los 45 años. Por otra parte también encontramos la línea de tendencia de la serie completa.

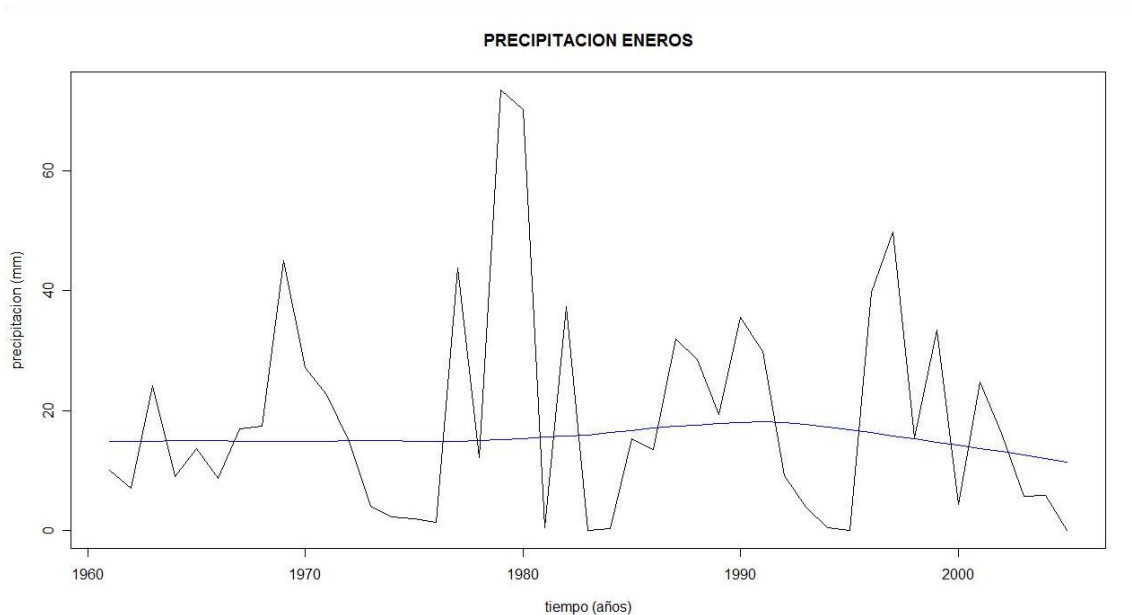


Figura 2.1

Para la serie completa de precipitaciones, el Test de Mann-Kendall ha arrojado los valores recogidos en la siguiente tabla; así, se observa una Z_{MK} de -0.45000824 lo que nos muestra un ligero descenso de las precipitaciones en los meses de enero a lo largo de los 45 años.

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
ENERO	-47	10449	-0.0475	0.6527	-0.45000824

Además nos disponemos a realizar un estudio minucioso realizando segmentaciones las cuales serán efectuadas con una técnica de segmentación ya conocida, el AUG.

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1969 1971 1976 1979 1983 1994 1997 2003 2005

Gracias a los puntos que anteriormente se han calculado ha sido posible la confección de la siguiente gráfica (figura 2.2) en la que se recogen gráficamente los distintos segmentos diferenciados por líneas de colores.

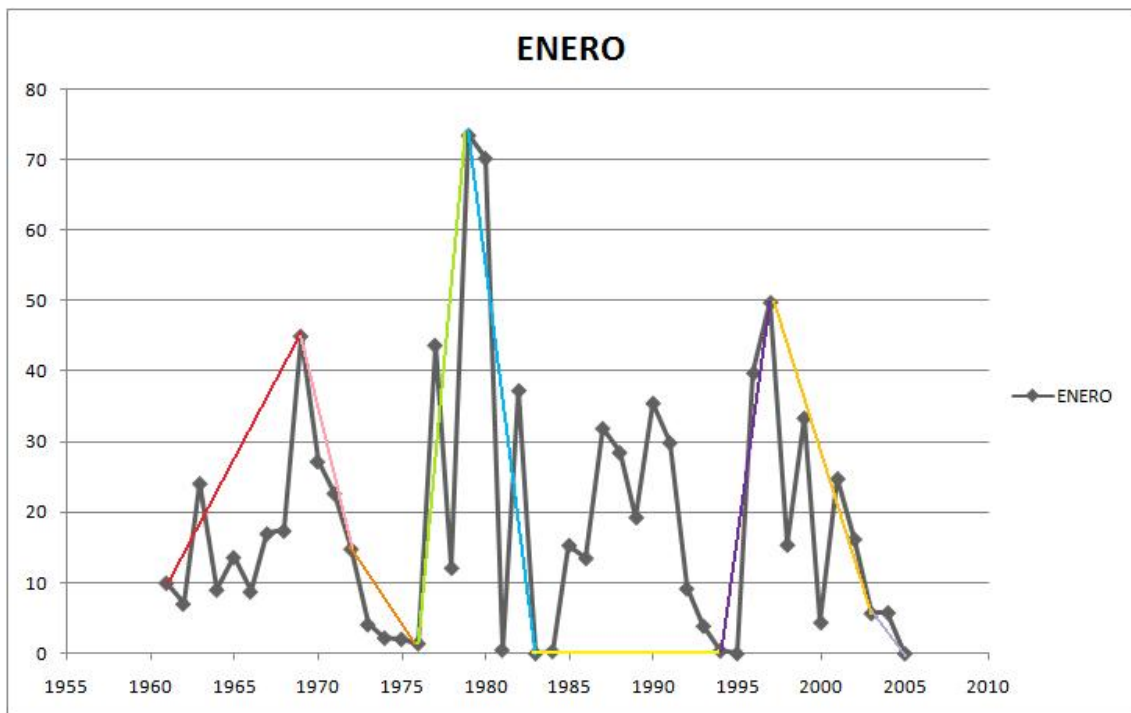


Figura 2.2

Seguidamente se pasa al estudio de los segmentos que se han obtenido con anterioridad; de antemano podríamos decir, que no ha existido una tendencia única, sino que continuamente se ha ido experimentando fluctuaciones en las precipitaciones para cada segmento. En un primer tramo de color rojo, perteneciente al periodo 1961-1969, se lleva a cabo una tendencia al alza ($Z_{MK}=1.56385811$); sin embargo en posteriores tramos, sin ir más lejos el del periodo 1971-1976, se invierte esta tendencia

($Z_{MK} = -2.63014218$), seguidamente se pasa a otro tramo, 1976-1979 en que vuelve a aparecer otra vez la tendencia positiva ($Z_{MK} = 1.01904931$). A continuación se llega otra vez a un segmento en que la tendencia es negativa, es aquel que podemos observar en la figura 2.2 de un color azul perteneciente al periodo 1979-1983 ($Z_{MK} = -1.71464265$).

A continuación se llega a un periodo con tendencia ascendente, este fenómeno se puede observar en dos tramos consecutivos, así una primera parte la observamos en el segmento 1983-1994 de color amarillo en la figura 2.2 con Z_{MK} de 0.34286271, indicando así una suave tendencia, mientras que en el siguiente tramo, 1994-1997 de color lila, el ascenso se consolida algo más ($Z_{MK} = 1.01904931$). Por último, se observa una vez más la disminución en las precipitaciones para el periodo 1997-2005 ($Z_{MK} = -1.20150286$)

A continuación y de manera resumida encontramos una tabla con los principales datos de interés aportados por el Test de Mann-Kendall.

SERIE SEGMENTADA SEGÚN AUG	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
<u>1961-1969</u>	16	92	0.444	0.11785	1.56385811
1969-1971	-3	3.666667	-1	1	-1.04446589
<u>1971-1976</u>	-15	28.333333	-1	0.008535	-2.63014218
1976-1979	4	8.666667	0.667	0.30818	1.01904931
<u>1979-1983</u>	-8	16.666667	-0.8	0.08641	-1.71464265
1983-1994	6	212.6667	0.0909	0.7317	0.34286271
1994-1997	4	8.666667	0.667	0.30818	1.01904931
1997-2003	-9	44.333333	-0.429	0.22956	-1.20150286
2003-2005	-1	3.666667	-0.333	1	0

7.3 FEBRERO

Para los meses de febrero, los datos se asemejan bastante a los recogidos durante los meses de enero. Así el mínimo valor de precipitaciones corresponde a los años 1964, 1966, 1990, 1995, 2000 y 2002; cuando no se registraron precipitación alguna. El máximo se sitúa en 88.1 mm recogido en el año 1992. Además, se cuenta con una precipitación media en los meses de febrero de 24.86 mm y la mediana se sitúa en 21.20 mm.

Tras lo dicho anteriormente, la siguiente gráfica (figura 3.1), nos da una idea de cómo se han sucedido los valores de las precipitaciones del mes de febrero a lo largo de los años de estudio desde el 1961 hasta el 2005; también se puede apreciar una línea de tendencia en color azul.

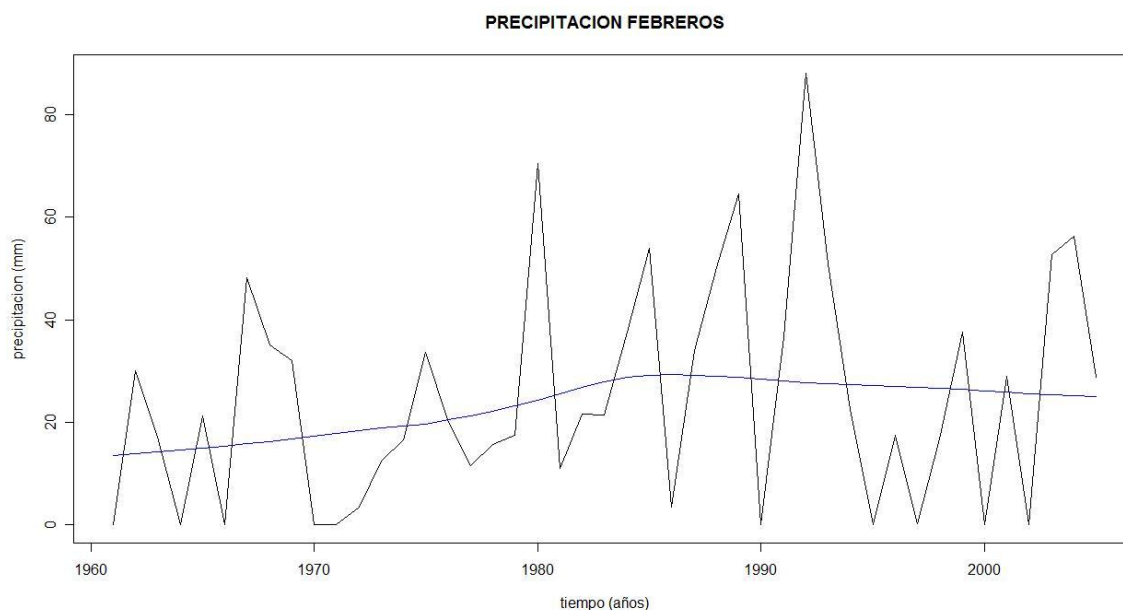


Figura 3.1

Para la serie completa de precipitaciones estudiada, el Test ha mostrado una tendencia ascendente ($Z_{MK} = 1.57716835$). La siguiente tabla da muestra de ello. Además se pasará a realizar la correspondiente segmentación para poder analizar la serie temporal con más detenimiento.

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
FEBRERO	162	10420.67	0.165	0.11476	1.57716835

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1979	1981	1985	1989	1992	2002	2005
------	------	------	------	------	------	------

Para confeccionar la siguiente gráfica (figura 3.2), hemos utilizado los puntos de cambio deducidos a partir del algoritmo AUG ya utilizado. Y se han diferenciado los tramos con líneas de colores.

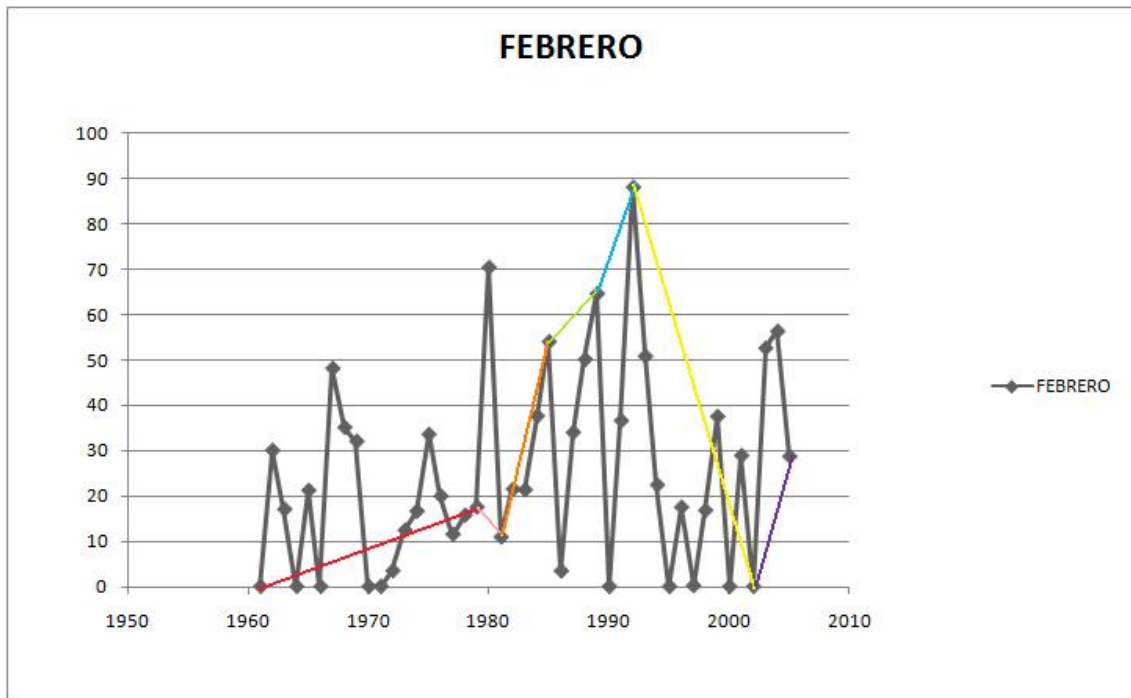


Figura 3.2

La siguiente tabla muestra de forma resumida los estadísticos de Mann-Kendall más útiles para el estudio de series hidrológicas.

SERIE SEGÚN AUG	SE GEMENTADA	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
		Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z _{MK}
1961-1979		17	815	0.1	0.57517	0.56045556
1979-1981		-1	3.666667	-0.333	1	0
<u>1981-1985</u>		8	16.66667	0.8	0.08641	1.57716835
1985-1989		4	16.66667	0.4	0.46243	0.73484685
1989-1992		2	8.666667	0.333	0.7341	0.3396831
1992-2002		-22	161.3333	-0.411	0.098265	-1.6533214
2002-2005		2	8.666667	0.333	0.7341	0.3396831

De esta manera la tendencia es positiva para todas las subseries estudiadas exceptuando el segmento 1992-2002; por otro lado el segmento

donde la tendencia positiva es más acusada se situaría en el periodo 1981-1985 ($Z_{MK} = 1.57716835$). En el resto de las series la tendencia creciente es más leve, así en los tramos 1961-1979 de color rojo en la figura 3.2, así como en 1985-1989 de color verde, la 1989-1992 segmento de color azul y 2002-2005 de color lila, el valor del estadístico Z_{MK} no supera el 1.

Por último como ya se ha indicado anteriormente, en el tramo 1992-2002 se puede observar claramente un periodo donde la tendencia negativa de la subserie se hace patente ($Z_{MK} = -1.6533214$).

7.4 MARZO

Para los meses de marzo de los 45 años estudiados, vemos un ascenso en lo que se refiere a precipitaciones; así el mínimo de valores recogido se sitúa en una cantidad de 1.2 mm de lluvia, que se recogió en el año 1988, y el máximo de precipitación es de 181.4 mm que pertenece al registro del año 1989. El valor medio de precipitaciones para los meses de marzo para el periodo estudiado es de 30 mm y la mediana es de 23.43 mm.

En la siguiente gráfica aparecen representados los distintos registros de precipitación de los meses de marzo de los 45 años en estudio. Así también vemos reflejada la línea de tendencia en color azul.

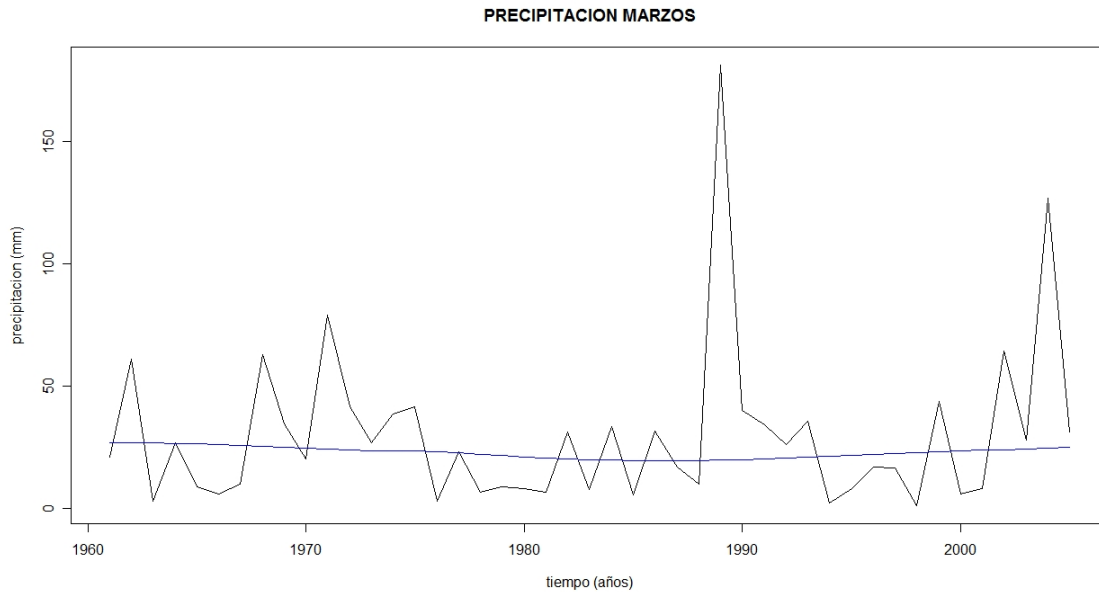


Figura 4.1

A continuación aparecen recogidos los principales datos que hemos

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
MARZO	12	10450	0.0121	0.9143	0.10760552

obtenido gracias al Test de Mann-Kendall.

Como se puede observar, el valor de Z_{MK} es tan solo de 0.10760552, muy cercano al cero, por lo que podríamos concluir en que a escala general, no es muy clara la tendencia que sigue, así podremos esclarecer algo más esta situación realizando el análisis de cada una de los tramos que serán proporcionados por el algoritmo de segmentación AUG

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1967	1970	1975	1987	1989	2001	2003	2005
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Con los puntos de cambio obtenidos con anterioridad se ha elaborado la siguiente gráfica donde con líneas de colores superpuestas, aparecen definidos los tramos que pasaremos a analizar seguidamente

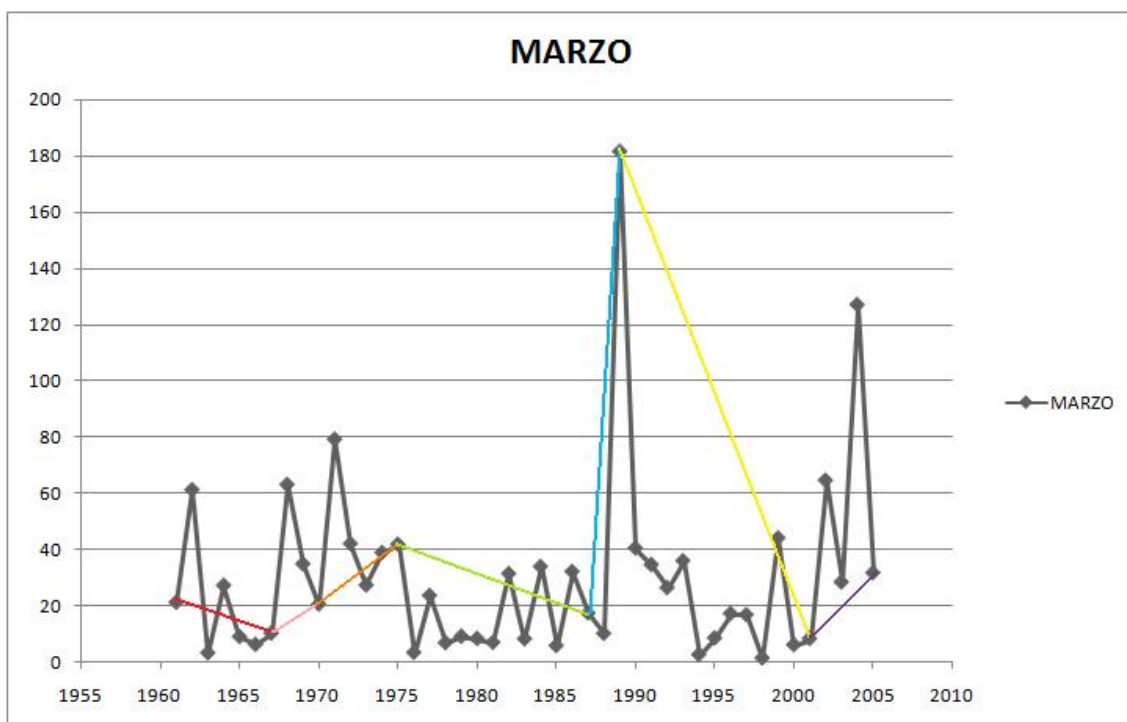


Figura 4.2

La siguiente tabla reúne los estadísticos más útiles para el cálculo de tendencias que aporta el Test de Mann-Kendall.

SERIE SEGMENTADA SEGÚN AUG	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z _{MK}
1961-1967	-5	44.33333	-0.238	0.54801	-0.60075143
1967-1970	0	8.666667	0	1	0
1970-1975	1	28.33333	0.0667	1	0
1975-1987	6	268.6667	0.077	0.76033	0.30504442
1987-1989	1	3.666667	0.333	1	0
<u>1989-2001</u>	-36	268.6667	-0.462	0.032736	-2.13531093
2001-2003	1	3.666667	0.333	1	0
2003-2005	1	3.666667	0.333	1	0

Así, iniciamos el estudio con el segmento 1961-1967 que en la figura 4.2 posee un color de traza rojo, este segmento tiene un carácter de descenso leve ($ZMK = -0.60075143$). El siguiente tramo a analizar será el periodo 1975-1987 donde la tendencia se hace ligeramente ascendente en las precipitaciones ($ZMK = 0.30504442$). Por último, se puede observar un descenso agudizado de las precipitaciones de los meses de marzo del periodo de años 1989-2001, con una ZMK de -2.13531093 .

7.5 ABRIL

Con los valores recogidos durante los meses de abril, se ha constatado una leve disminución de las precipitaciones con respecto al mes de febrero, así el valor mínimo de precipitación vuelve a hacerse similar al nulo, 0.05 mm que se recogieron en el año 1983, y el valor de precipitación máxima, se recogió en el año 1980, y fue de 115.4 mm. Para este periodo el valor medio de precipitaciones en los meses de abril es de 37.65 mm y la mediana es de 25.6 mm.

La **figura 5.1** representa la variación que han experimentado las precipitaciones efectuadas durante los meses de abril desde el año 1961 y

2005. Y se añade además la línea que marca la tendencia de las precipitaciones.

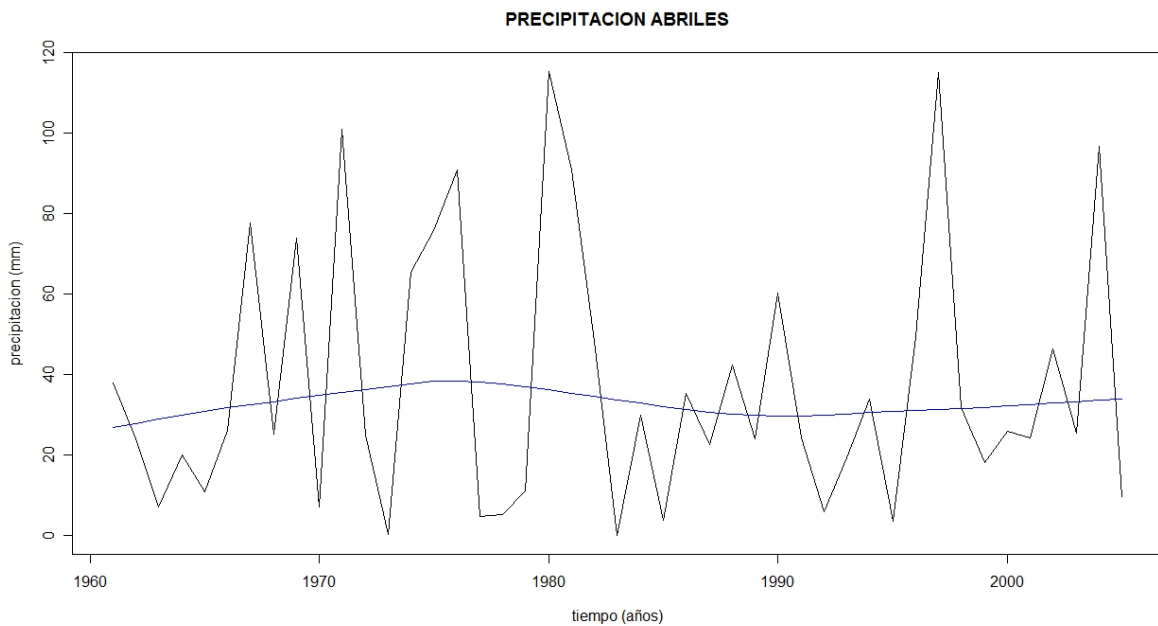


Figura 5.1

Al igual que el caso estudiado anteriormente, la serie temporal de precipitaciones del mes de marzo, para el mes de abril, el Test de Mann-Kendall no aporta una visión clara de la tendencia seguida por las precipitaciones, así que con una Z_{MK} tan próxima a 0 -como se observa en la siguiente tabla-, se hace necesario establecer una serie de segmentos e id analizándolos uno a uno.

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
ABRIL	15	10449	0.0152	0.89106	0.13695903

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1966	1970	1973	1976	1979	1983	1994	1997	2003	2005
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Para ver gráficamente los segmentos que se han generado gracias a los puntos de cambio anteriores, tenemos la figura 5.2 a continuación.

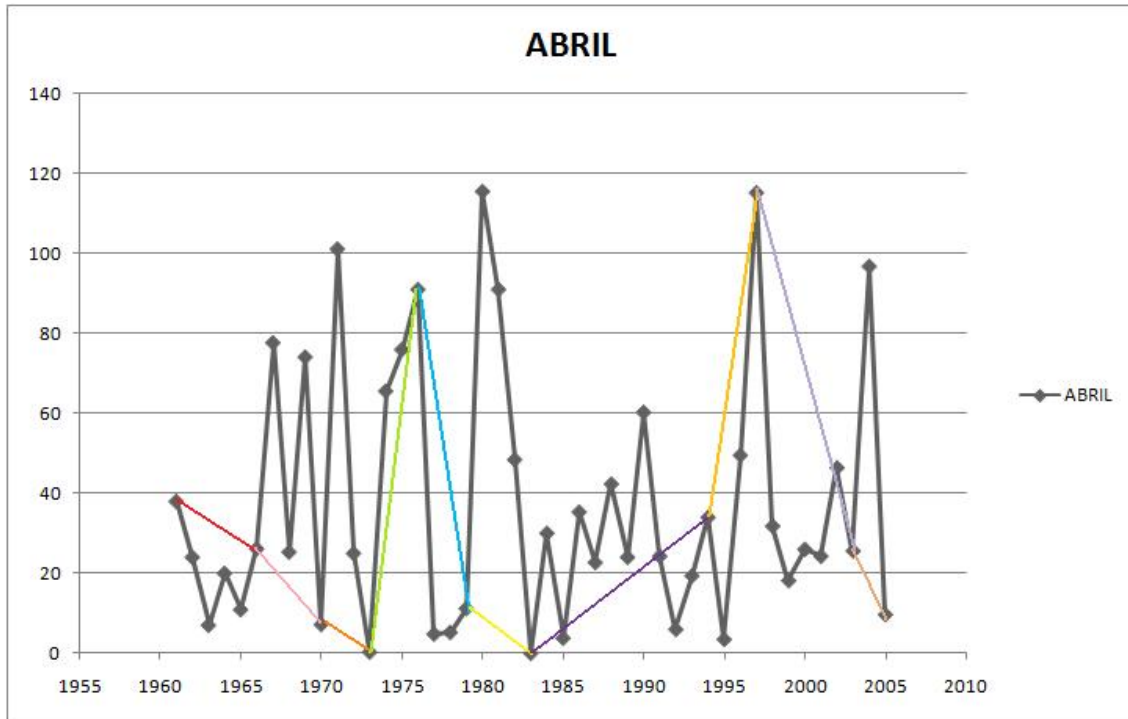


Figura 5.2

Esta segmentación de la serie completa nos ha proporcionado poder realizar un estudio más exhaustivo de la serie, comparando uno a uno los valores aportados por el Test de cada uno de los tramos; las diferenciaciones gráficas de los distintos tramos pueden ser observados mediante la **Figura 5.2**, gracias a las líneas de colores que se han representado sobre la gráfica ya existente.

La siguiente tabla, resume los principales estadísticos de Mann-Kendall para los diferentes tramos.

SERIE SEGÚN AUG	SEGEMENTADA	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
		Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z _{MK}
1961-1966		-3	28.33333	-0.2	0.70711	-0.3757346
1966-1970		-4	16.66667	-0.4	0.46243	-0.73484685
1970-1973		-2	8.666667	-0.333	0.7341	-0.3396831
<u>1973-1976</u>		6	8.666667	1	0.08943	1.69841552
1976-1979		0	8.666667	0	1	0
1979-1983		-4	16.66667	-0.4	0.46243	-0.73484685
1983-1994		12	212.6667	0.182	0.45067	0.75429797
1994-1997		4	8.666667	0.667	0.30818	1.01904931
1997-2003		-5	44.33333	-0.238	0.54801	-0.60075143
2003-2005		-1	3.666667	-0.333	1	0

La serie al completo presenta 10 segmentos diferentes; el primer tramo presenta una tendencia a la baja pero de forma bastante ligera ($Z_{MK} = -0.375$), este carácter decreciente seguirá para los dos siguientes tramos, es decir el segmento de color rosáceo en la figura 5.2, 1966-1970, y también en el segmento 1970-1973 donde se obtiene respectivamente $Z_{MK} = -0.7348$ y $Z_{MK} = -0.3396$, como se aprecia, en ninguno de los dos casos se llega al 1, por lo que las tendencias siguen siendo bastante leves. A continuación vemos que la tendencia se invierte, es decir en el periodo 1973-1976, de color verde en la figura 5.2, la Z_{MK} obtenida es de 1.69841552 que nos indica un aumento en las precipitaciones para ese periodo.

Seguidamente, en el periodo 1979-1983, se vuelve a presentar la tendencia negativa, y otra vez podemos valorarla como un decremento leve ($Z_{MK} = -0.73484$), sin embargo esta tendencia no se seguirá en los periodos posteriores, ya que tanto en el segmento 1983-1994 como en el 1994-1997, se observan sus Z_{MK} positivas, que en el segundo caso alcanza un valor de 1.01904931. Por último, en el periodo 1997-2003, aparece de nuevo una tendencia a la baja esta vez con un Z_{MK} de -0.60075143.

7.6 MAYO

El mes de mayo posee un valor mínimo de precipitación en el año 1995, donde ésta fue nula, y el valor máximo se recogió en el año 1976, y fue de 183.2 mm. El valor medio se sitúa en 41.08 mm y la mediana en 34.04 mm.

La gráfica que aparece a continuación nos muestra la disposición de las precipitaciones de los meses de mayo en un periodo de 45 años; junto a esto, se muestra la línea de tendencia que siguen los valores de las precipitaciones.

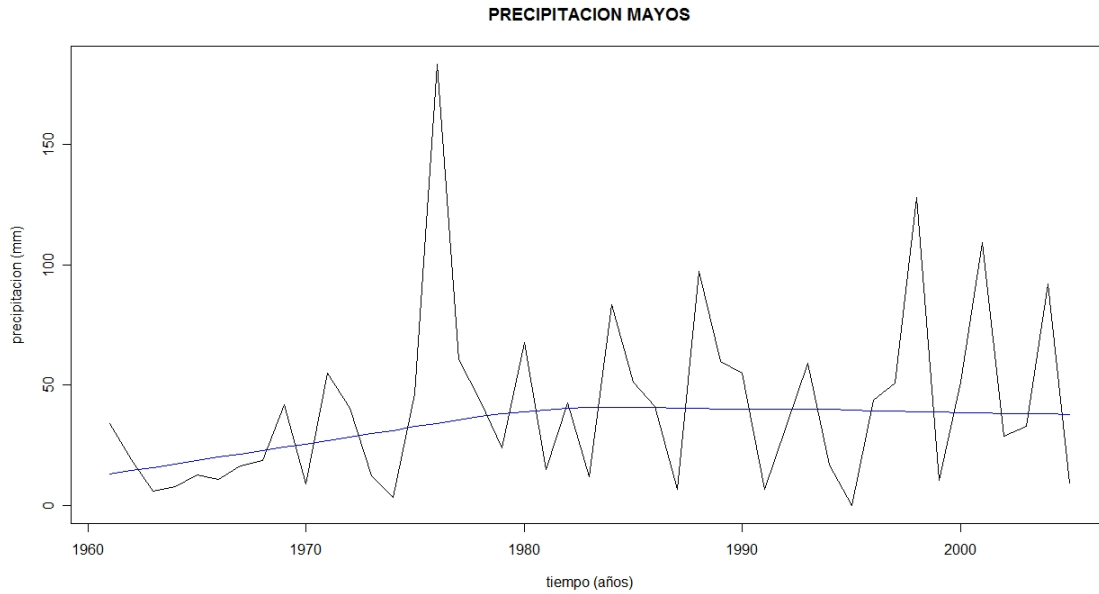


Figura 6.1

El Test de Mann-Kendall ha arrojado los siguientes valores de los estadísticos característicos de la serie temporal estudiada; así vemos que en líneas generales, la tendencia es al alza ($Z_{MK} = 1.77059988$).

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
MAYO	182	10450	0.184	0.076627	1.77059988

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1974	1976	1987	1994	1998	2001	2003	2005
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Con los puntos anteriores, hemos confeccionado la siguiente gráfica, en la que se han superpuesto unas líneas de colores que definen los segmentos a analizar con posterioridad. (figura 6.2)

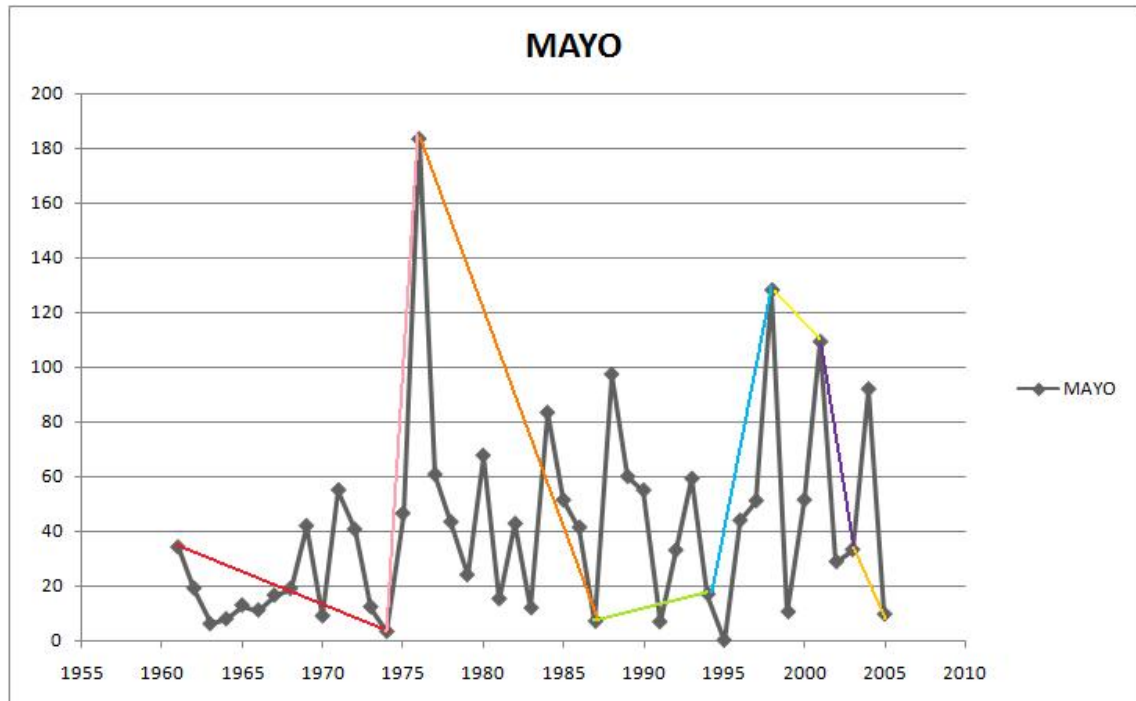


Figura 6.2

En la siguiente tabla se recogen los datos más importantes del Test.

SERIE SEGEMENTADA SEGÚN AUG	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z _{MK}
1961-1974	3	333.6667	0.033	0.91281	0.10948977
1974-1976	3	3.666667	1	1	1.04446589
<u>1976-1987</u>	26	212.6667	-0.394	0.086471	1.71431357
1987-1994	-6	65.33334	-0.214	0.53619	-0.61858954
<u>1994-1998</u>	8	16.66667	0.8	0.08641	1.71464265
1998-2001	0	8.666667	0	1	0

2001-2003	-1	3.666667	-0.333	1	0
2003-2005	-1	3.666667	-0.333	1	0

El primer cambio significativo se puede observar tras el año 1976, así para el periodo 1976-1987, tramo de color anaranjado en la **figura 6.2**, el Z_{MK} es de 1.71431357, que muestra una tendencia ascendente de las precipitaciones. A continuación en el periodo 1987-1994, la Z_{MK} es de -0.61858954, que indica un cambio en la tendencia, que pasa a ser esta vez negativa, aunque de manera leve. Será en el periodo 1994-1998, de color azul en la **figura 6.2**, donde se retome la tendencia creciente de las precipitaciones ($Z_{MK} = 1.71464265$)

7.7 JUNIO

Al igual que ocurriese con el mes de mayo, los valores de precipitación comienzan a descender durante estos meses. Así se registra un valor medio de precipitaciones de 29.66 mm, y un valor máximo de 127. 20 mm detectado en el año 1988, el mínimo se sitúa en 0.01 mm y se recogió en el año 1982.

A continuación podemos ver representada la distribución de precipitaciones en los meses de junio desde el año 1961 hasta el 2005. Junto con la línea de tendencia de los datos de precipitación.

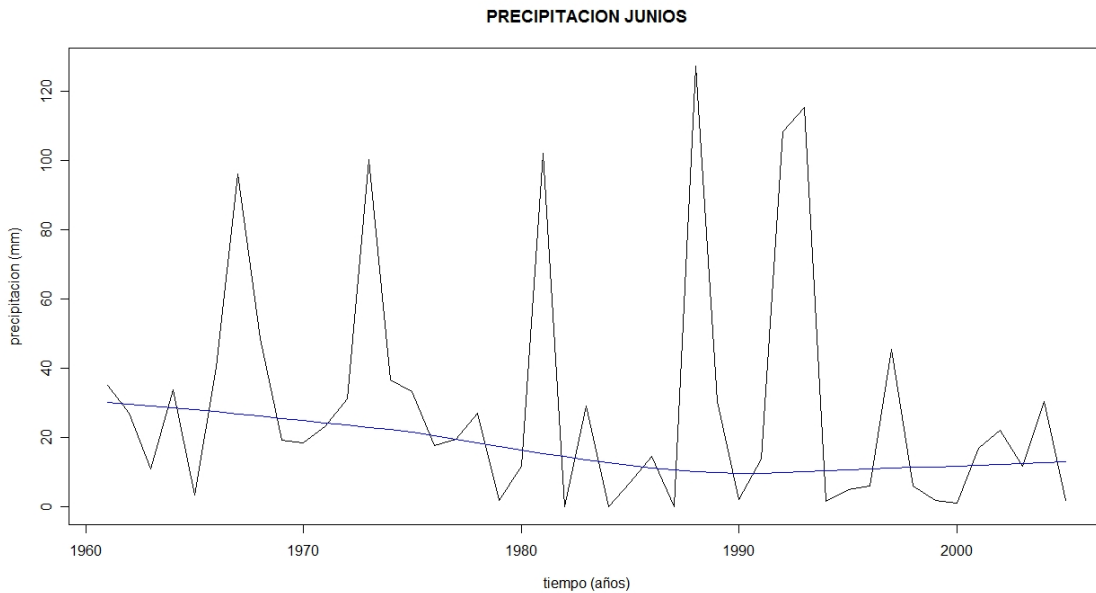


Figura 7.1

El Test de Mann-Kendall, como se parecía en la tabla siguiente, nos proporciona un valor de Z_{MK} de -2.00556748, así queda patente el carácter decreciente de las precipitaciones de los meses de junio.

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
JUNIO	-206	10448	-0.208	0.44902	-2.00556748

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1966	1970	1973	1980	1982	1987	1989	1993	2005
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Los datos de los puntos de cambio han sido integrados en la gráfica de las precipitaciones para poder apreciar con mayor claridad las distintas subseries que se pueden formar a partir de la serie temporal completa.

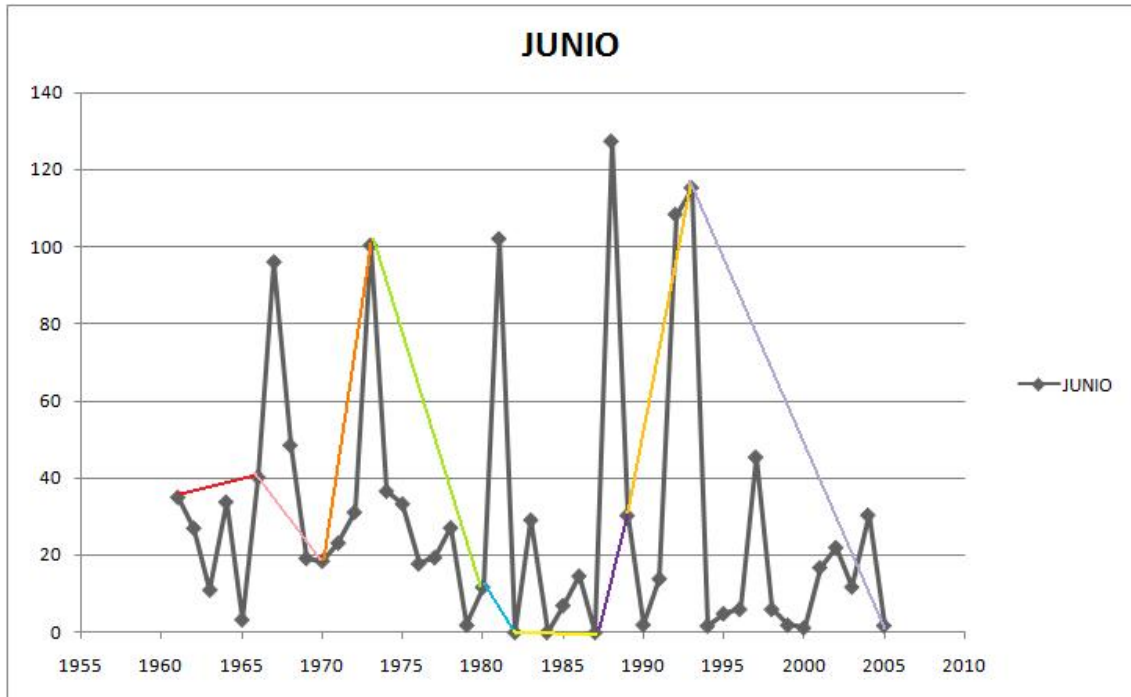


Figura 7.2

En la siguiente tabla expresamos los estadísticos que hemos obtenido del Test, cabe destacar que la serie temporal completa ha sido dividida en 9 segmentos, como se puede apreciar en la figura 7.2, los cuales pasaremos analizar a continuación.

SERIE SEGEMENTADA SEGÚN AUG	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z _{MK}
1961-1966	-1	28.33333	-0.0667	1	0
1966-1970	-6	16.66667	-0.6	0.22067	-1.22474475
<u>1970-1973</u>	6	8.666667	1	0.08943	1.69841552
<u>1973-1980</u>	-20	65.33334	-0.714	0.018741	-2.35064026
1980-1982	-1	3.666667	-0.333	1	0
1982-1987	0	27.33333	0	1	0

1987-1989	1	3.666667	0.333	1	0
1989-1993	6	16.666667	0.6	0.22067	1.22474475
1993-2005	1	267.6667	0.0129	1	0

El análisis propiamente dicho se inicia para el tramo en color rosáceo de la **figura 7.2**, que corresponde al periodo 1966-1970, donde el Z_{MK} muestra una tendencia a la disminución de precipitaciones ($Z_{MK} = -1.22474475$), seguidamente se inicia un periodo de aumento de las precipitaciones en el tramo 1970-1973, donde Z_{MK} vale 1.69841552; inmediatamente después, se vuelve a un tendencia a la baja ($Z_{MK} = -2.35064026$) este periodo coincide con el definido con línea verde, entre los años 1973-1980. Por último, en el periodo 1989-1993, de nuevo comienza otro periodo donde las precipitaciones aumentan ($Z_{MK} = 1.22474475$)

7.8 JULIO

El mes de julio representa la mínima precipitación media de todo el periodo que engloba desde el año 1961 hasta 2005, la cual se sitúa en 10.51 mm, la mediana es de 3.1 mm. Además en 10 años se registró una precipitación nula a lo largo de todo el mes, fueron los años 1964, 1965, 1967, 1970, 1973, 1978,

1981, 1988, 1995 y 1998. La precipitación máxima se registró en el año 1986, y fue de 76.3 mm.

En la siguiente gráfica se representan los distintos valores de las precipitaciones para los meses de julio entre el año 1961 y el 2005; además se puede apreciar la línea que marca la tendencia de precipitaciones de los 45 años.

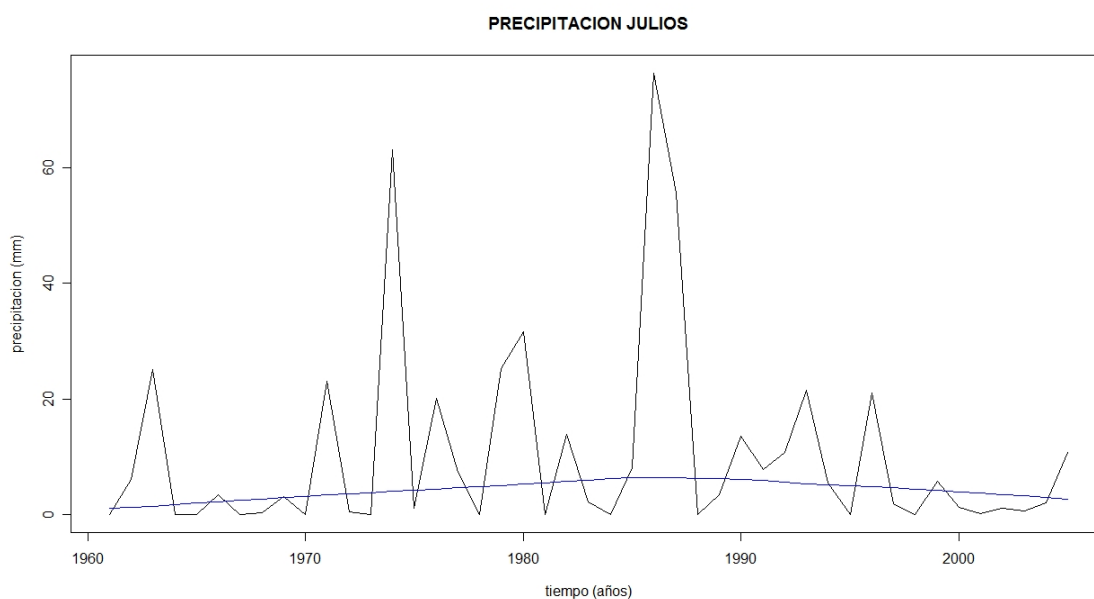


Figura 8.1

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
JULIO	50	10322	0.0518	0.6296	0.48229655

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1963	1973	1975	1978	1980	1985	1987	2005
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

En esta gráfica vemos como los puntos anteriormente calculados forman 8 subgrupos dentro de la serie completa de precipitaciones, en la que cada una de esas subseries, se identifica con un color diferente de línea.

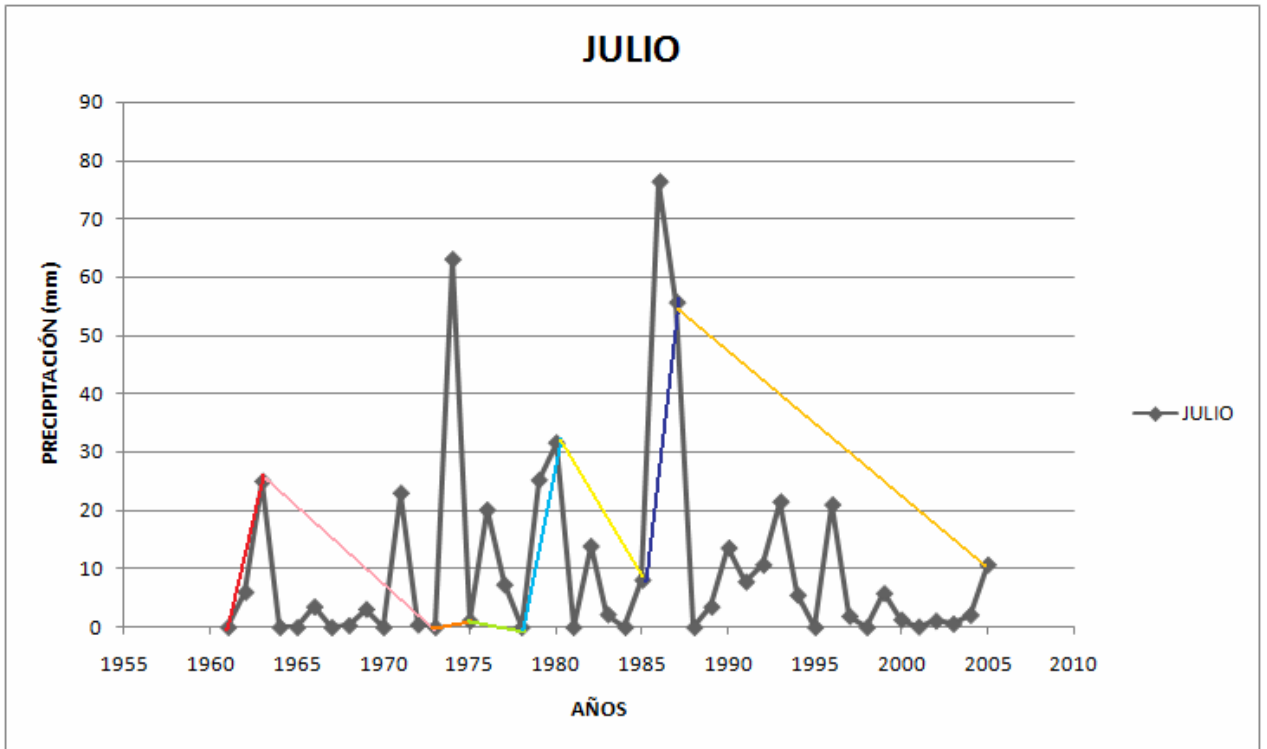


Figura 8.2

Para cada uno de los segmentos anteriores, se presenta en la siguiente tabla un resumen con los datos obtenidos del Test de Mann-Kendall.

SERIE SEGEMENTADA SEGÚN AUG	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
1961-1963	3	3.666667	1	1	1.04446589
1963-1973	-3	148.3333	-0.0603	0.86956	-0.16421418
1973-1975	1	3.666667	0.333	1	0
1975-1978	-2	8.666667	-0.333	0.7341	-0.3396831
1978-1980	3	3.666667	1	1	1.04446589
1980-1985	-3	28.33333	-0.2	0.70711	-0.3757346
1985-1987	1	3.666667	0.333	1	0
1987-2005	-37	812.3333	-0.219	0.20656	-1.26309313

Así el estudio propiamente dicho se inicia con el periodo 1963-1973 de color rosáceo donde la tendencia seguida es decreciente ($Z_{MK} = -0.16421418$) este valor tan próximo al 0 nos indica una leve tendencia; si pasamos al subgrupo 1975-1978 que aparece en la figura 8.2 de color verde, el Test de Mann-Kendall nos proporciona una Z_{MK} de -0.3396831 que también indicaría un leve descenso para ese periodo. Tendencia que sigue siendo patente para los valores de precipitaciones del segmento 1980-1985 que corresponde al segmento de color amarillo en la figura anterior ($Z_{MK} = -0.3757346$). Para finalizar en el último tramo, 1987-2005, la tendencia negativa es más que patente, ($Z_{MK} = -1.26309313$)

7.9 AGOSTO

Agosto cuenta con la segunda media más baja, respecto a precipitaciones del periodo estudiado, así ésta se sitúa en un valor de 16.44 mm. Por otro lado

el valor máximo de precipitación del mes de agosto se recogió en el año 1992, y fue de 64 mm; el valor mínimo corresponde a los años 1966, 1970, 1980 y 1988 donde las precipitaciones fueron nulas.

Para las precipitaciones caídas durante los meses de agosto de los 45 años en estudio, se ha elaborado la siguiente gráfica (figura 9.1) en la que también aparece reflejada la línea de tendencia en color azul.

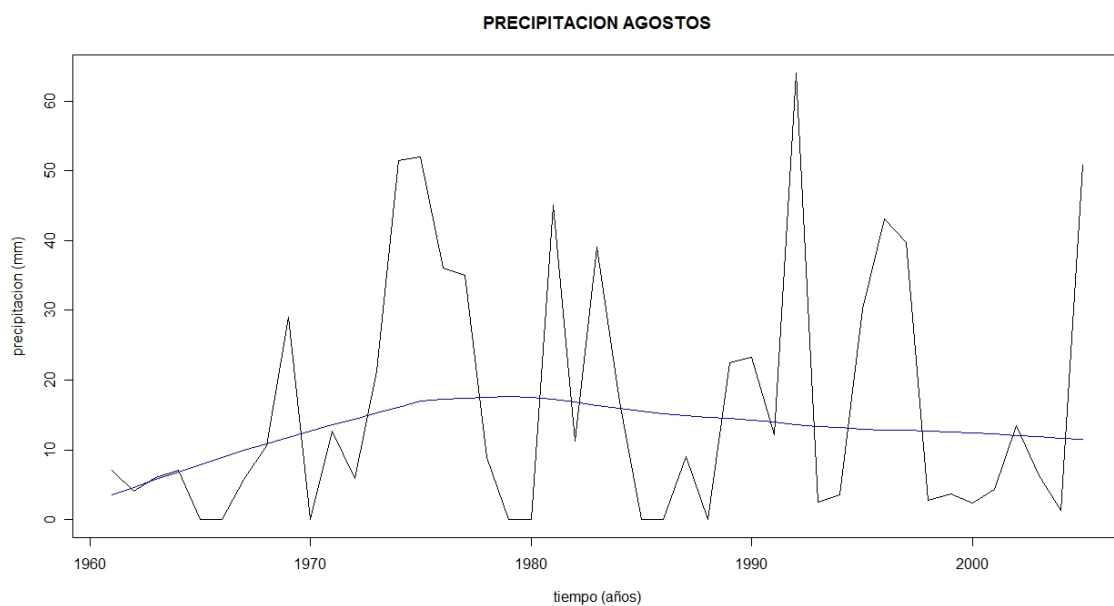


Figura 9.1

La siguiente tabla resume los valores del Test para la serie de precipitaciones de los meses de agosto de los 45 años completa. Así vemos que la tendencia ha sido creciente, pero no muy significativa $Z_{MK} = 0.76337422$

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
AGOSTO	79	10440.33	0.0801	0.44524	0.76337422

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1973	1980	1984	1990	1992	1997	2003	2005
------	------	------	------	------	------	------	------

Seguidamente nos encontramos ante la serie de precipitaciones graficada junto con los tramos de la segmentación.

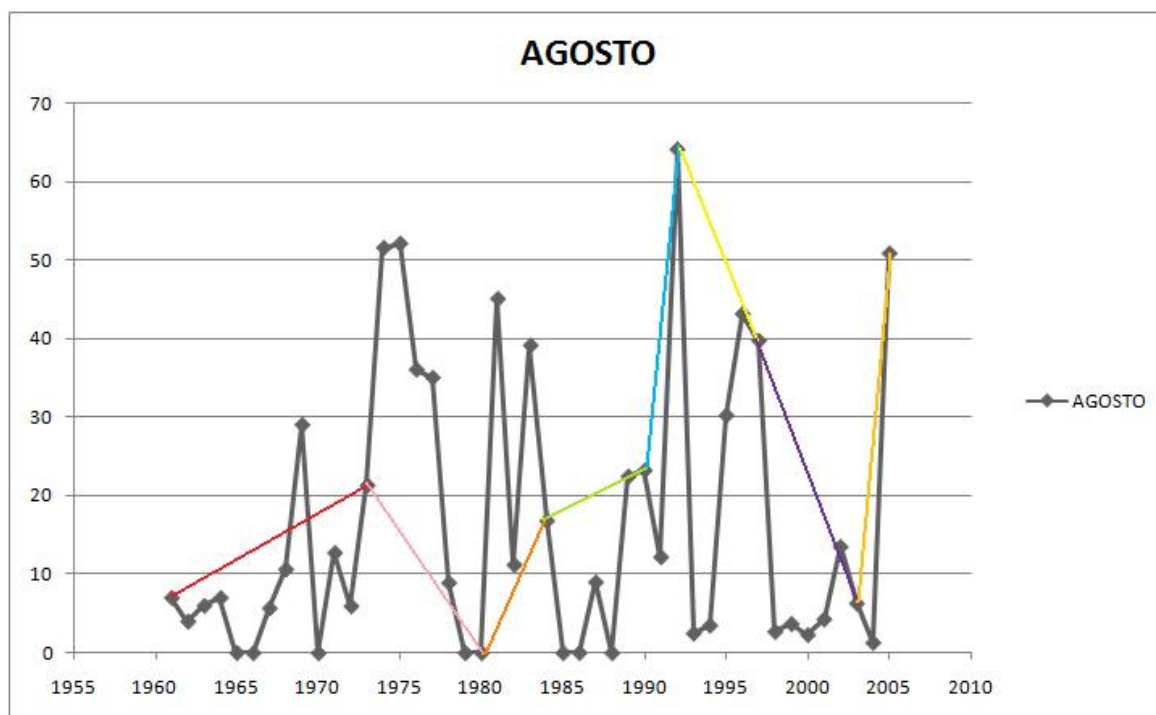


Figura 9.2

En la tabla-resumen siguiente se agrupan los estadísticos que definen el Test de Mann-Kendall para los distintos segmentos aportados por AUG. Así, todos los tramos tienen tendencia positiva a excepción del 1973-1980.

SERIE SEGÚN AUG	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z _{MK}
1961-1973	15	267.6667	0.194	0.39215	0.85571839
<u>1973-1980</u>	-18	65.33334	-0.643	0.035448	-2.10320444
1980-1984	2	16.66667	0.2	0.8065	0.24494895
1984-1990	7	44.33333	0.333	0.36752	0.90112715
1990-1992	1	3.666667	0.333	1	0
1992-1997	3	28.33333	0.2	0.70711	0.3757346
1997-2003	3	44.33333	0.143	0.76389	0.30037572
2003-2005	1	3.666667	0.333	1	0

Así las precipitaciones en el primer tramo, de color rojo 1961-1973, pueden considerarse en ascenso, sin embargo encontramos un punto de cambio, tras el año 1973, donde Z_{MK} vale -2.10320444. El siguiente tramo, 1980-1984 de color anaranjado en la **figura 9.2**, hace cambiar la tendencia a la serie de precipitaciones, que se hace esta vez positiva ($Z_{MK} = 0.2449489$). Esta tendencia se consolida algo más para el periodo a continuación, el de color verde (1984-1990) donde Z_{MK} vale 0.90112715. Para los demás tramos de interés, 1992-1997 de color amarillo y 1997-2005 de color lila las tendencias son muy imprecisas, pudiéndose catalogar como levemente crecientes ya que ninguna de ellas alcanza un valor de Z_{MK} de 1.

7.10 SEPTIEMBRE

A partir del mes de septiembre, las precipitaciones comienza su ascenso, de hecho, ya en este mes, los valores medios y máximos sufren un ligero ascenso, así el valor medio medido en los 45 años con respecto a los meses de septiembre es de 29.97 mm, con un valor máximo de 184.2 mm en 1997, de hecho este valor constituye la máxima precipitación registrada en un mes de todos los años constatados. Con respecto al valor mínimo, éste se registró en 1967, que saldó un mes de septiembre sin ninguna precipitación.

A continuación y como en anterioridad, se han representado las precipitaciones de cada uno de los meses de septiembre desde el año 1961 hasta el 2005; así, se muestra representada en la siguiente gráfica (**Figura 10.1**) la distribución seguida a lo largo de los 45 años, y con una línea azul se expresa la tendencia seguida.

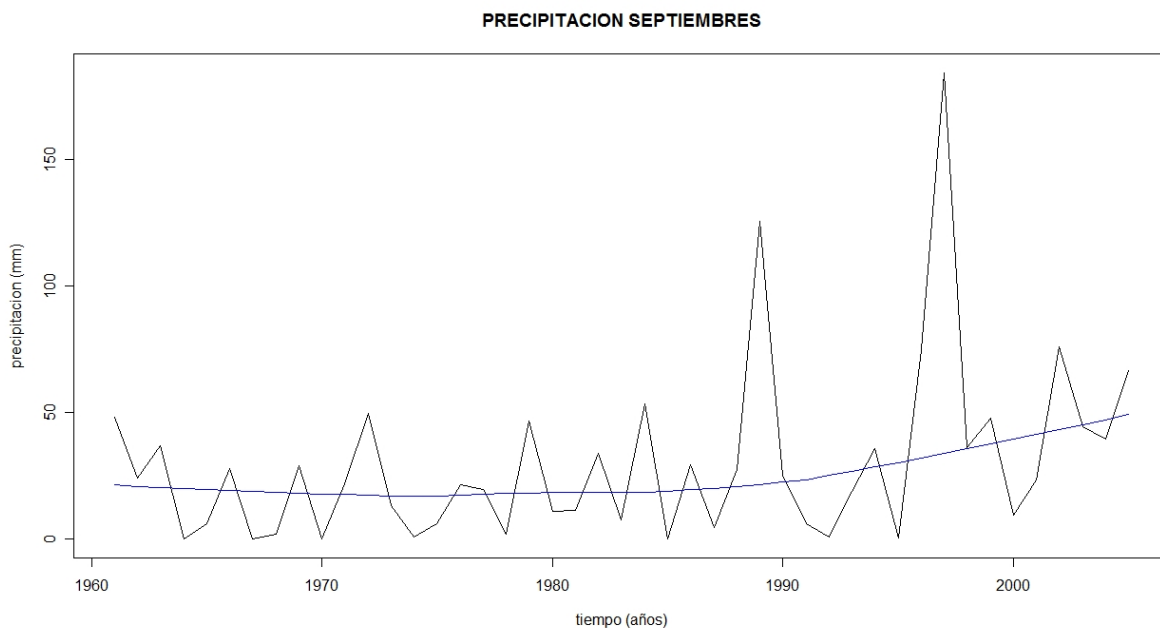


Figura 10.1

En correlación a lo que se puede observar de la **Figura 10.1**, el Test de Mann-Kendall nos aporta una Z_{MK} para este periodo de 2.23047563, que muestra una tendencia claramente ascendente. En la siguiente tabla se

muestran los estadísticos más destacados, y entre ellos obtenemos un buen valor de p-value, el cual no supera el umbral de 0.1.

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z _{MK}
SEPTIEMBRE	229	10449	0.231	0.025716	2.23047563

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1963	1988	1990	1994	1997	2001	2005
------	------	------	------	------	------	------

Seguidamente nos encontramos ante la serie de precipitaciones graficada junto con los tramos de la segmentación.

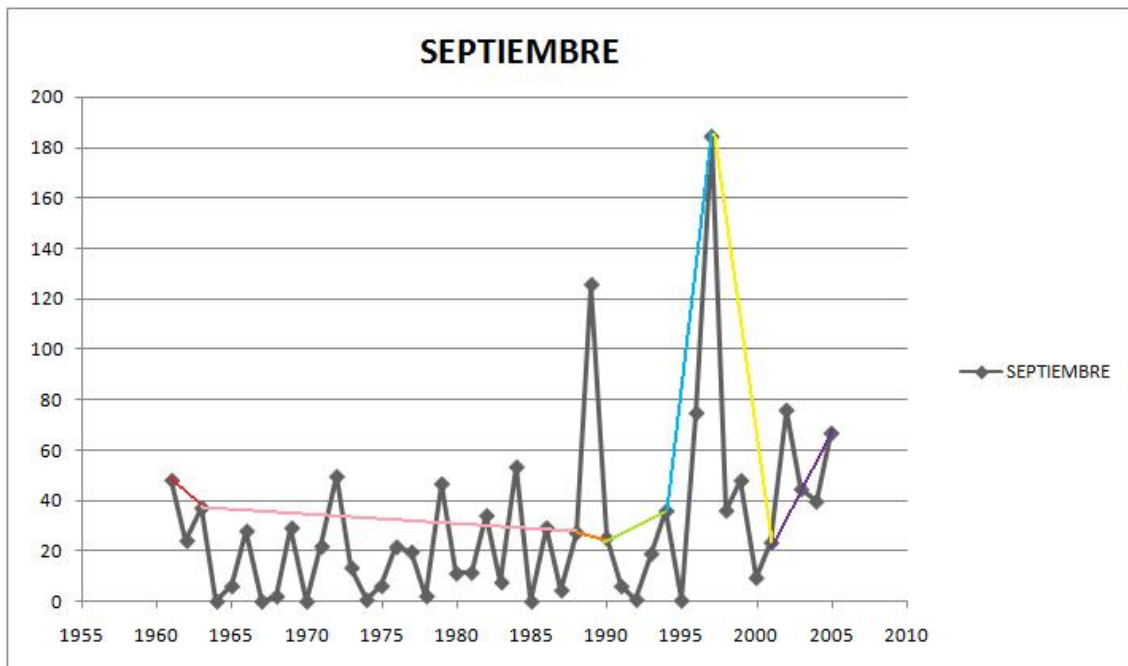


Figura 10.2

Siendo coherentes con el valor de Z_{MK} que se ha aportado para la serie al completo; las subseries también presentan un Z_{MK} positivo. Así se puede

comprobar en la siguiente tabla, que todas las subseries exceptuando la última son positivas.

SERIE SEGMENTADA SEGÚN AUG	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
1961-1963	-1	3.666667	-0.333	1	0
1963-1988	36	2057.333	0.111	0.44033	0.7716418
1988-1990	-1	3.666667	-0.333	1	0
1990-1994	2	16.66667	0.2	0.8065	0.24494895
1994-1997	4	8.666667	0.667	0.30818	1.01904931
1997-1999	-1	3.666667	-0.333	1	0
1999-2002	2	8.666667	0.333	0.7341	0.3396831
2002-2005	-2	8.666667	-0.333	0.7341	-0.3396831

El tramo en color rosáceo de la **figura 10.2**, 1963-1988, posee un **Z_{MK}** de 0.7716418, si vemos en la gráfica anterior, se producen variaciones constantes pero no de gran amplitud. Algo similar, aunque con una serie más corta ocurre para el periodo 1990-1994 donde una **Z_{MK}** de 0.24494895 nos da la idea de una tendencia muy leve al alza. Esta dinámica se pierde en el siguiente periodo de color azul, donde el aumento es bastante notorio (**Z_{MK}** = 1.01904931). La única tendencia negativa que encontramos es en el periodo 2002-2005, aunque con una **Z_{MK}** igual a -0.3396831 no parece muy significativa.

7.11 OCTUBRE

En el caso de octubre, se sigue con el ascenso de las precipitaciones medias, en este caso, el mes de octubre posee la máxima precipitación media de todos los meses durante el periodo de años estudiado, así el valor medio de los meses de octubre es de 42.6 mm. Aún así el valor mínimo es casi nulo, tan solo 0.01 mm durante el mes octubre de los años 1964 y 1968. Y el máximo es el segundo valor máximo de todos los meses del periodo, y se sitúa en 183.30 mm.

En la Figura 11.1 observamos la distribución de las aportaciones de todos los meses de octubre comprendidos entre el año 1961 y 2005. También aparece en azul una línea de tendencia que define su comportamiento.

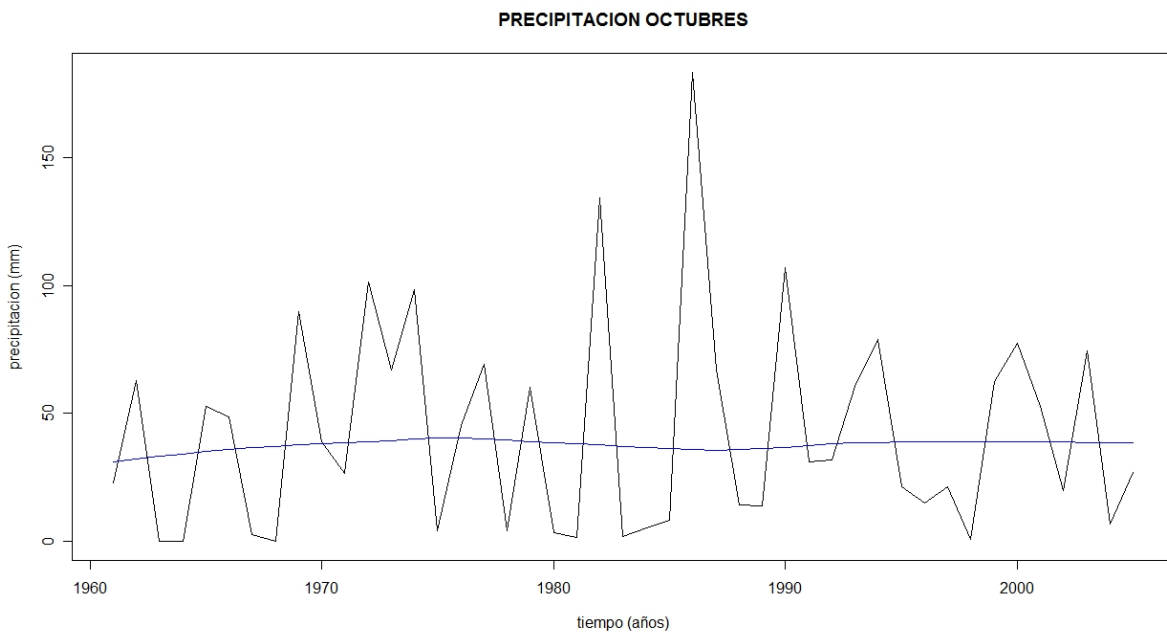


Figura 11.1

El valor de Z_{MK} para esta serie temporal es algo difusa ya que es de 0.76305745, nada aclaratoria, por lo tanto se podrá hacer una análisis más minucioso y exacto al aplicar las técnicas de segmentación adecuadas y obtener para cada tramo qué tendencia exacta sigue.

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z _{MK}
OCTUBRE	79	10449	0.798	0.44543	0.76305745

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1971	1980	1982	1985	1988	1990	2005
------	------	------	------	------	------	------

Con los puntos anteriores se ha confeccionado la siguiente gráfica (Figura 11.2), donde aparecen superpuestas las líneas que marcan los distintos tramos en colores diferentes, y que se estudiarán por separado más adelante.

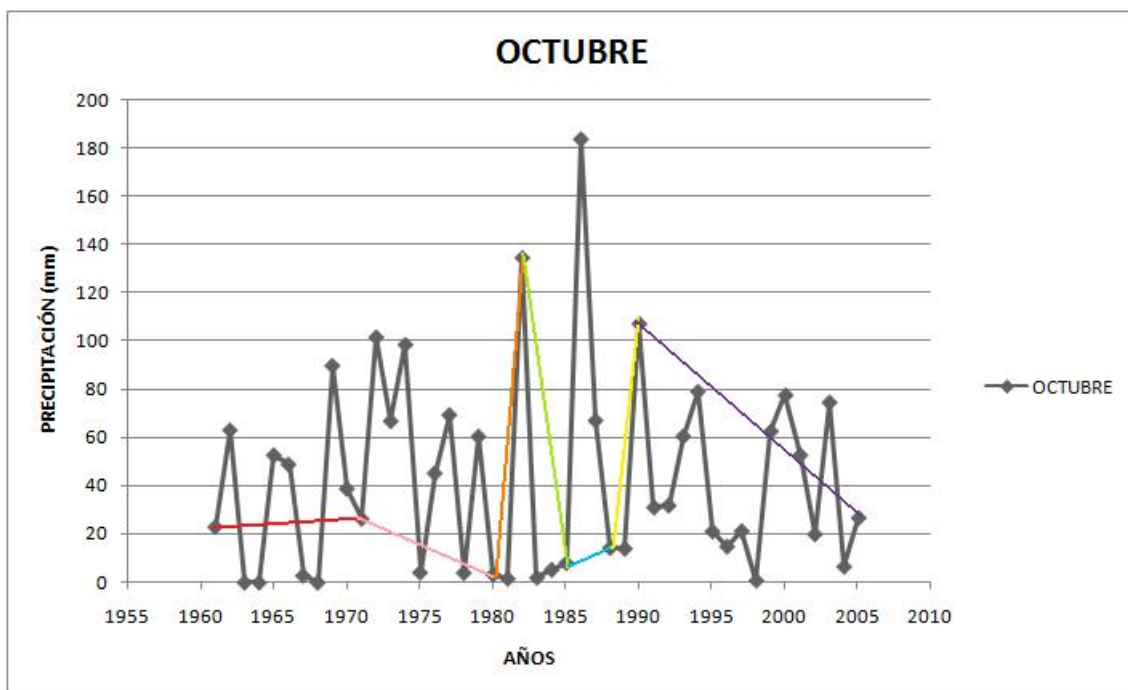


Figura 11.2

Para el mes de octubre con una Z_{MK} para la serie completa de 0.76305745, se han obtenido dos periodos significativos importantes, así son

los que en la **figura 11.2** aparecen de color rosáceo y lila. En estos tramos las precipitaciones de los meses de octubre siguen una tendencia claramente decreciente; así para el periodo 1971-1980, el valor que nos reporta el Test de Mann-Kendall es de -1.43108351 ; en el segundo caso, la tendencia negativa del periodo 1990-2005 se puede comprobar con una Z_{MK} de -1.03551792 .

En la tabla siguiente encontramos resumidos los distintos valores que aporta el Test de Mann-Kendall para cada tramo de la serie completa.

SERIE SEGEMENTADA SEGÚN AUG	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
1961-1971	0	164	0	1	0
<u>1971-1980</u>	-17	125	-0.378	0.15241	-1.43108351
1980-1982	1	3.666667	0.333	1	0
1982-1985	0	8.666667	0	1	0
1985-1988	0	8.666667	0	1	0
1988-1990	1	3.666667	0.333	1	0
1990-2005	-24	493.3333	-0.2	0.30043	-1.03551792

7.12 NOVIEMBRE

Según los datos aportados por la Estación meteorológica del Talave, el valor medio de este mes es 30.94 mm, el valor máximo se recogió en el año 1988, y fue de 106.6 mm, el mínimo se registró en el año 1981, y fue casi nulo, 0.01 mm.

En la siguiente gráfica (figura 12.1) podemos observar la distribución de las precipitaciones efectuadas en el tramo 1961-2005, exclusivamente en los meses de noviembre. Así se ve claramente reflejada una línea que marca la tendencia en color azul.

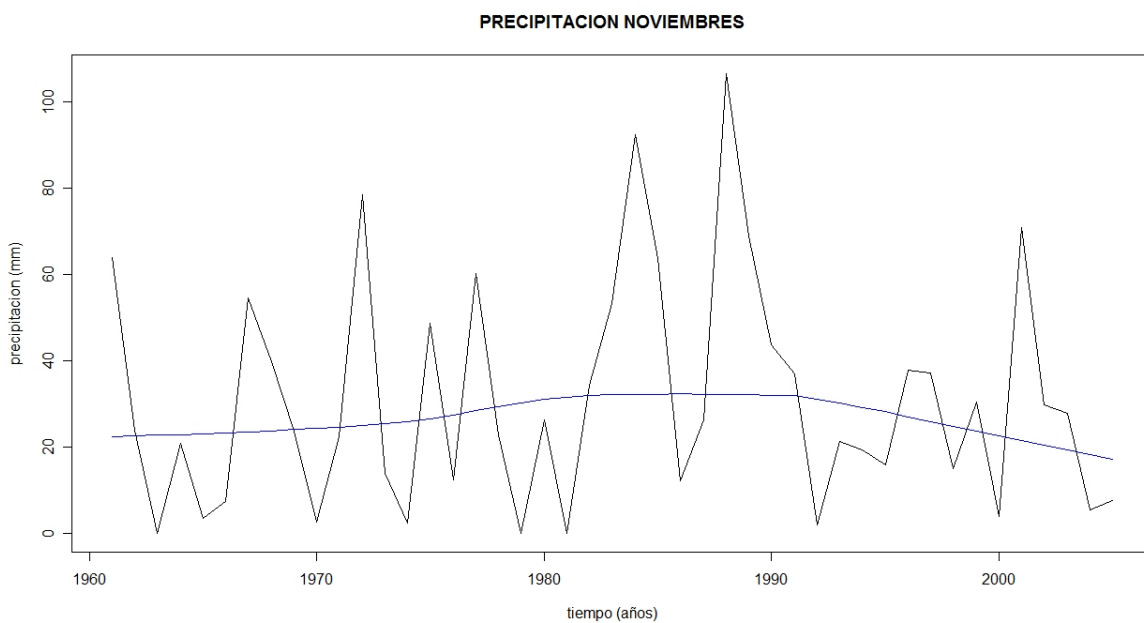


Figura 12.1

Para una caracterización objetiva de la tendencia, se han obtenido los valores desde el Test que se recogen en la siguiente tabla; así podemos observar una tendencia muy ligeramente creciente ($Z_{MK} = 0.18588186$)

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z _{MK}
NOVIEMBRE	20	10448	0.0202	0.85254	0.18588186

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1966	1970	1972	1977	1983	1987	1992	2000	2005
------	------	------	------	------	------	------	------	------

Para aportar claridad y ser más concisos se han representado los tramos pertenecientes a la serie de noviembre, diferenciando los distintos tramos o segmentos con líneas de colores.

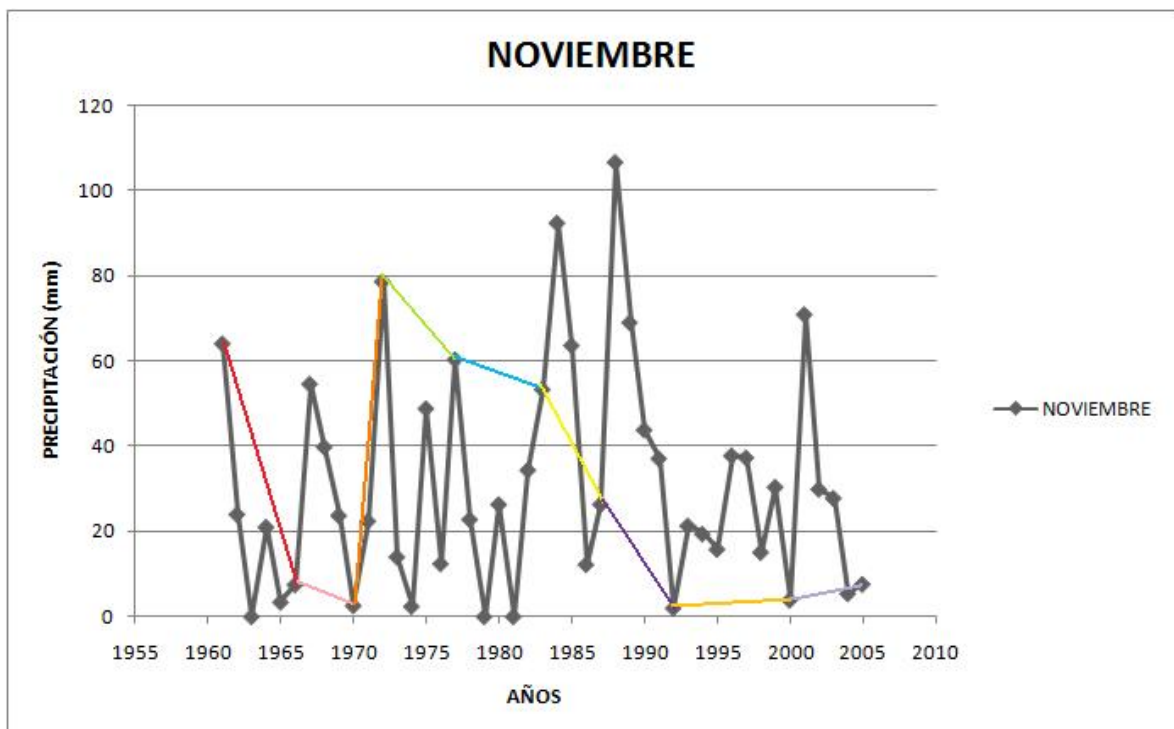


Figura 12.2

El análisis de la serie de precipitaciones en los meses de noviembre de la serie completa, no proporciona gran información sobre los cambios ocurridos durante los distintos años, así que haciendo uso de los datos aportados por la segmentación, pasaremos a analizar las fluctuaciones a través de las subseries. En la tabla a continuación, se recogen todos los datos de mayor interés del Test de Mann-Kendall.

SERIE SEGMENTADA SEGÚN AUG	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
1961-1966	-7	28.33333	-0.467	0.25966	-1.12720379
1966-1970	-4	16.66667	-0.4	0.46243	-0.73484685
1970-1972	3	3.666667	1	1	1.04446589
1972-1977	-1	28.33333	-0.0667	1	0
1977-1983	2	43.33333	0.0976	0.87926	0.15191091
1983-1987	-4	16.66667	-0.4	0.46243	-0.73484685
1987-1992	7	28.33333	-0.467	0.25966	1.12720379
1992-2000	0	92	0	1	0
2000-2005	-3	28.33333	-0.2	0.70711	-0.3757346

La primera subserie a analizar sería la de trazo rojo en la figura 12.2, perteneciente al periodo de años 1961-1966, donde es clara la tendencia negativa de la serie ($Z_{MK} = -1.12720379$); para el siguiente periodo, 1966-1970 sigue la misma tendencia pero esta vez algo más suave ($Z_{MK} = -0.73484685$). A continuación, para el tramo en color azul de la figura anterior, tras un descenso hacia el año 1977, se inicia un periodo de leve ascenso con $Z_{MK} = 0.15191091$; sin embargo, esta tendencia no irá en aumento, ya que para el siguiente periodo, 1983-1987 en color amarillo, se vuelve a una tendencia negativa, Z_{MK} será en este caso -0.73484685 . Aunque de nuevo vuelven las fluctuaciones, y en el tramo de color lila se ven otra vez aumentos en las precipitaciones ($Z_{MK} = 1.12720379$) que otra vez volverán a descender en el periodo 2000-2005 ($Z_{MK} = -0.3757346$)

7.13 DICIEMBRE

La media de los meses de diciembre, parece sufrir una leve disminución, ésta se sitúa en un valor de 27.89 mm; al igual que la media, el valor máximo también parece algo inferior al de los meses de octubre y noviembre, es de 90.52 mm del año 1965, aunque el valor mínimo sigue siendo igual, es decir nulo para los años 1965 y 1966.

Junto con la disposición de las aportaciones de cada uno de los meses de diciembre durante los 45 años (**Figura 13.1**), vemos representada la línea de tendencia en color azul.

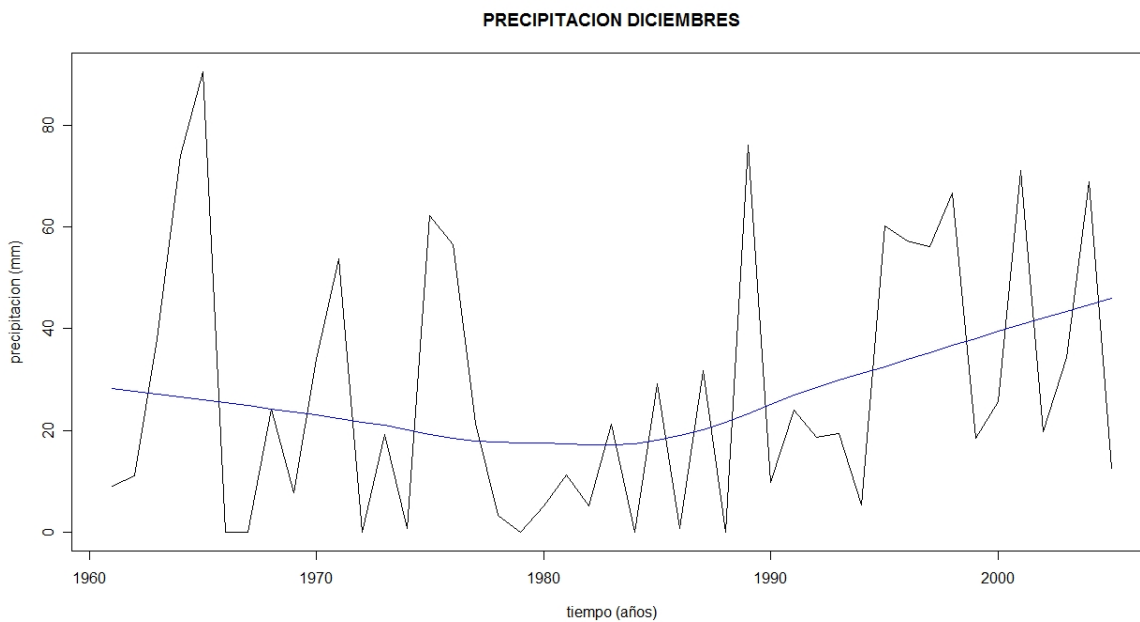


Figura 13.1

En la siguiente tabla se muestra de forma esquemática los valores de los estadísticos más importantes reportados por el Test.

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z _{MK}
DICIEMBRE	162	10448	0.164	0.11523	1.57510422

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1965	1971	1974	1978	1987	1989	1994	2003	2005
------	------	------	------	------	------	------	------	------

En la figura 13.2 podemos identificar los distintos tramos que se han aportado con anterioridad utilizando la técnica de segmentación AUG; para hacer la diferenciación se ha optado por líneas rectas de distintos colores.

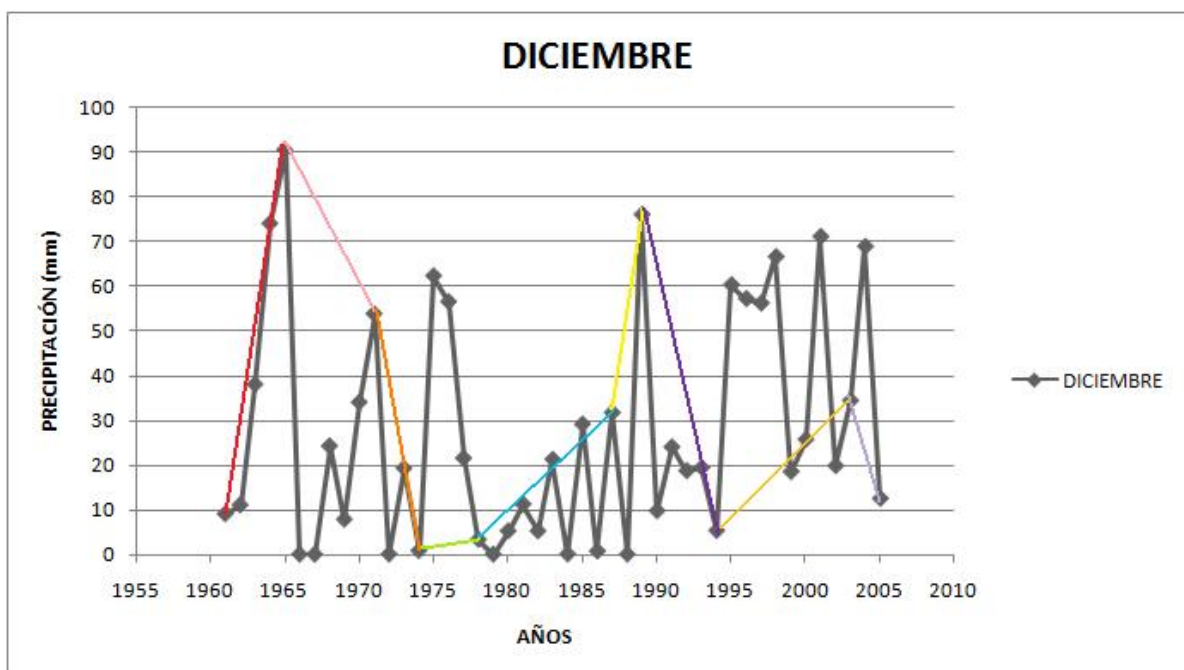


Figura 13.2

Gracias a los distintos segmentos que podemos encontrar en la gráfica anterior, nos será más fácil analizar la serie completa. Así se cuenta con 9 segmentos que pasaremos a analizar más adelante y cuyos estadísticos del Test de Mann-Kendall se recogen a continuación en la tabla siguiente.

SERIE SEGEMENTADA SEGÚN AUG	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z _{MK}
<u>1961-1965</u>	10	16.66667	1	0.027486	2.20454055
1965-1971	6	43.33333	0.293	0.4475	0.75955455
1971-1974	-2	8.666667	-0.333	0.7341	-0.3396831
1974-1978	-2	16.66667	-0.2	0.8065	-0.24494895
<u>1978-1987</u>	18	124	0.405	0.12685	1.52664507
1987-1989	1	3.666667	0.333	1	0
1989-1994	-7	28.33333	-0.467	0.25966	-1.12720379
1994-2003	1	125	0.0222	1	0
2003-2005	-1	3.666667	-0.333	1	0

La primera subserie a analizar es el periodo 1961-1965 donde se produce un ascenso notable para el valor de las precipitaciones de los meses de diciembre ($Z_{MK} = 2.20454055$); para el siguiente tramo de color rosáceo, periodo 1965-1971 se ha calculado una Z_{MK} de 0.75955455 que parece significar una pequeña disminución de precipitaciones en el primer año del segmento y tras esto, vuelta al ascenso. Siguiendo con las posibles fluctuaciones, en el periodo 1971-1974, la tendencia es claramente descendente ($Z_{MK} = -0.3396831$). Sin embargo se vuelve a producir un cambio en la tendencia, esta vez a positiva, en las precipitaciones, hablamos del periodo 1978-1987 de color azul en la **figura 13.2**. Aun así la tendencia vuelve a virar, para colocarse en el periodo 1989-2003 de nuevo a la baja ($Z_{MK} = -1.12720379$)

A continuación pasamos a realizar un análisis de carácter estacional; así hemos obtenido los estadísticos de Mann-Kendall para las cuatro estaciones, primavera, verano, otoño e invierno; obteniendo diferencias marcadas entre estaciones.

7.14 PRIMAVERA

La estación primaveral, posee las precipitaciones máximas de carácter estacional, situado en 334.6 mm, que fue registrado en el año 2004, este valor es claramente superior al resto, ya que el valor máximo más próximo es el del otoño del 1997, cuyo valor fue de 243mm. Además la media de esta estación también es el valor más amplio de las 4 estaciones, 117.1 mm por año. Con respecto a las precipitaciones mínimas, se registraron en la primavera del año 1995, y tuvieron un valor de 8.4 mm.

Para una representación gráfica de los datos de aportaciones de los meses de noviembre de los 45 años en estudio, se ha elaborado la siguiente gráfica (Figura 12.1), que muestra además una línea de tenencia.

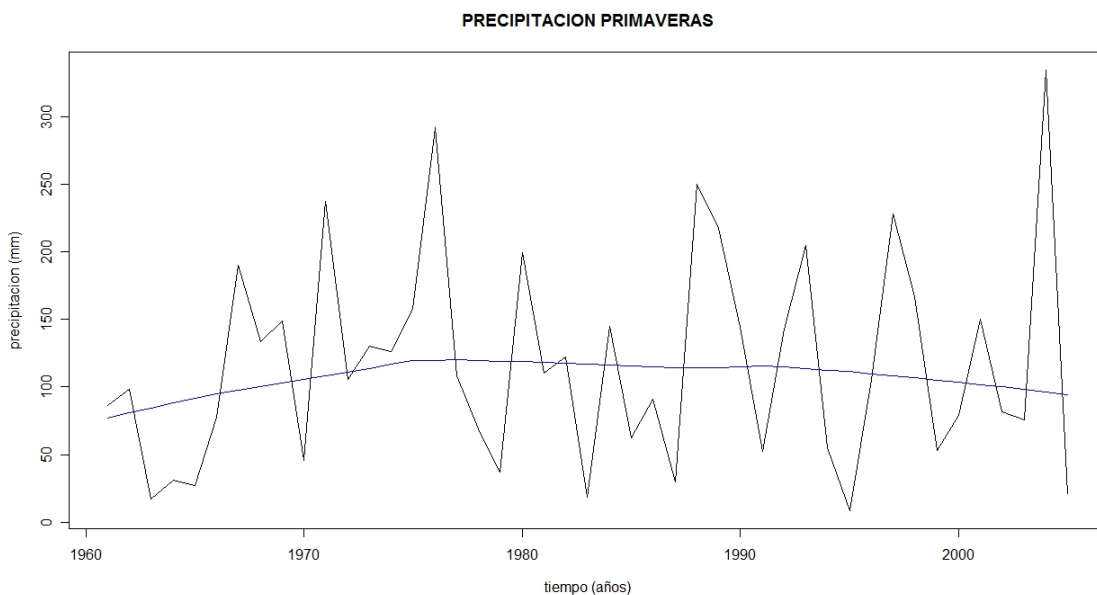


Figura 14.1

Para una caracterización objetiva de la tendencia, se han obtenido los valores desde el Test que se recogen en la siguiente tabla; así podemos observar una tendencia suavemente creciente ($Z_{MK} = 0.47933367$)

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
PRIMAVERA	50	10450	0.0505	0.6317	0.47933367

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1975	1979	1987	1995	2003	2005
------	------	------	------	------	------

Como en otras ocasiones, vemos a continuación graficada la serie temporal al completo junto con las líneas en colores que marcan los distintos segmentos que nos ha ofrecido el algoritmo AUG.

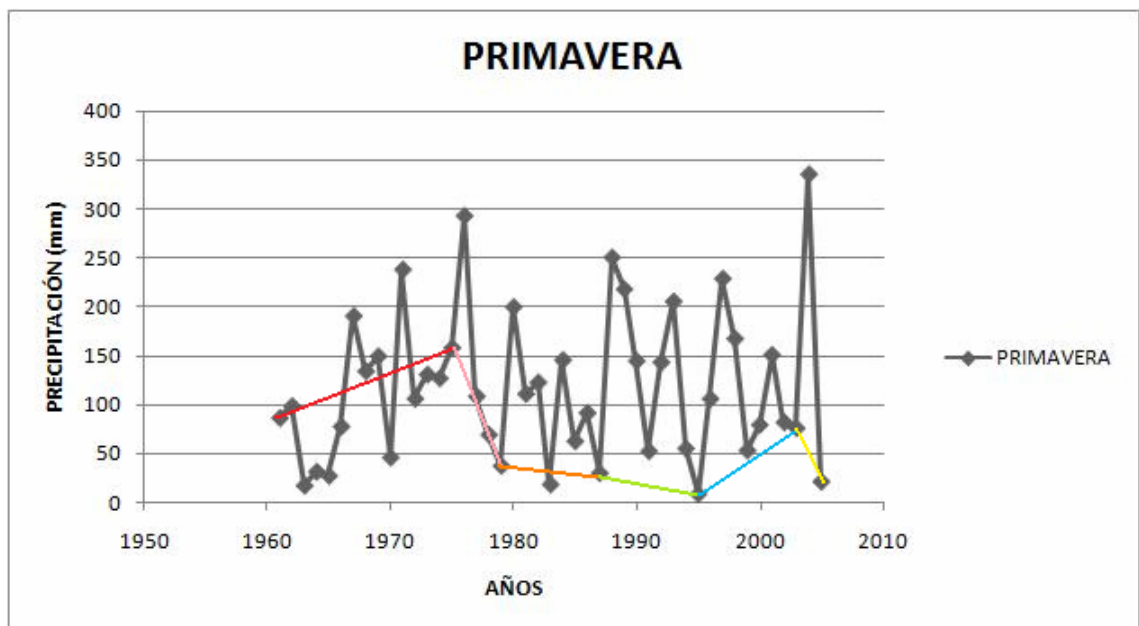


Figura 14.2

Se han recogido los estadísticos de Mann-Kendall para los distintos tramos en cuestión, en la siguiente tabla para facilitar su comprensión.

SERIE SEGÚN AUG	SEGEMENTADA	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
		Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z _{MK}
<u>1961-1975</u>		41	408.3333	0.390,	0.047761	1.97948672
<u>1975-1979</u>		-8	16.66667	-0.8	0.08641	-1.71464265
1979-1987		-8	92	-0.222	0.46551	-0.72980045
1987-1995		-12	92	-0.333	0.25145	-1.14682928
1995-2003		-2	92	-0.0556	0.91697	-0.10425721
2003-2005		-1	3.666667	-0.333	1	0

En el primer tramo de estudio, que se identifica con una línea roja en la **figura 14.2**, periodo 1961-1975, se muestra una tendencia en los datos marcadamente ascendente, como viene a demostrar la Z_{MK} de valor 1.97948672, a continuación podemos observar un punto de cambio en la misma tendencia, así, ésta se vuelve decreciente para el periodo 1975-1979 ($Z_{MK} = -1.71464265$). El siguiente tramo, que engloba las precipitaciones de las primaveras de los años comprendidos entre el 1979 y el 1987, de color anaranjado en la gráfica anterior, sigue con un descenso, pero esta vez más atenuado ($Z_{MK} = -0.72980045$). También vemos como esta tendencia sigue para el tramo 1987-1995 donde Z_{MK} vale -1.14682928. Y por último en el tramo de color azul de la gráfica anterior, 1995-2003, la tendencia negativa se suaviza aun más ($Z_{MK} = -0.10425721$)

7.15 VERANO

Al contrario de lo ocurrido en la estación precedente, el verano posee el mínimo estacional, situado en 0.04 mm registrado en el año 1965. Su máximo se sitúa en 155.7 mm recogido en el año 1965. Por otro lado, la media de la estación estival es de 54.15 mm, muy inferior a la media de primavera.

Los valores de precipitaciones de todos los veranos considerados entre los años 1961 y 2005 se pueden ver reflejados en la siguiente gráfica (Figura 15.1), junto con la línea de tendencia que se aprecia en dicha figura.

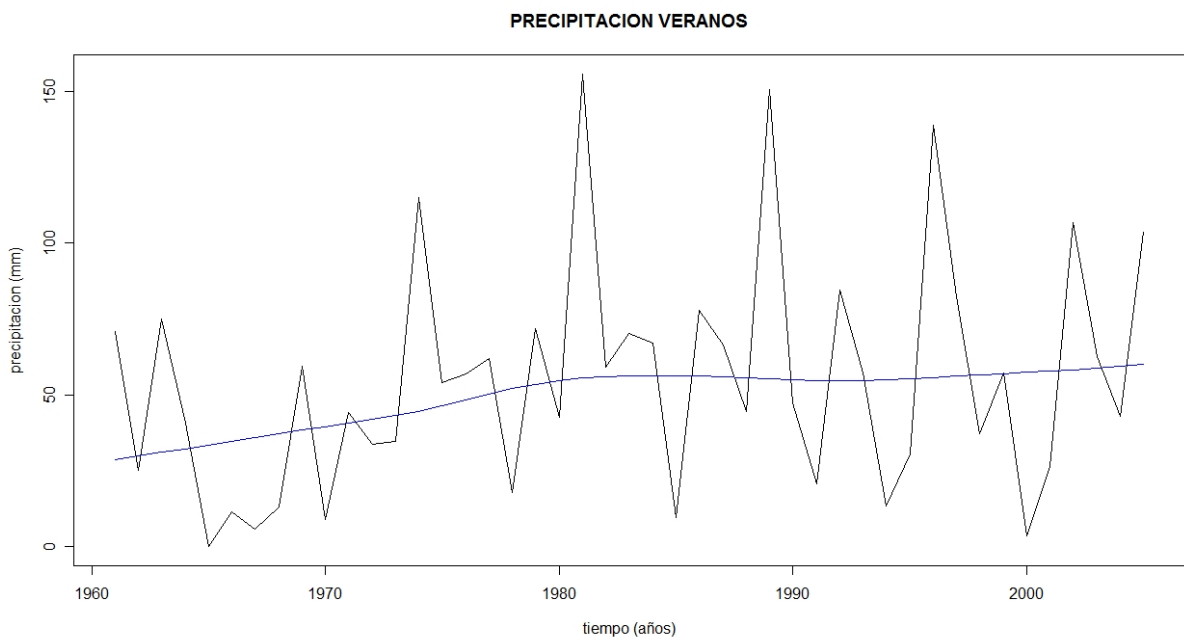


Figura 15.1

En la siguiente tabla aparecen los datos más significativos aportados por el Test, entre ellos cabe destacar la Z_{MK} que para este periodo es de 1.67277668, un valor que nos da una idea sobre el carácter de la serie; para este caso se observa claramente una tendencia creciente de precipitaciones en esta estación.

SERIE	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z _{MK}
VERANO	172	10450	0.174	0.094371	1.67277668

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1973	1980	1985	1995	2001	2005
------	------	------	------	------	------

Para que no sea más fácil la contemplación de los segmentos que gracias a los puntos de cambio anteriores podemos estipular de la serie completa, vemos con líneas de diferentes colores los fragmentos que se han formado.

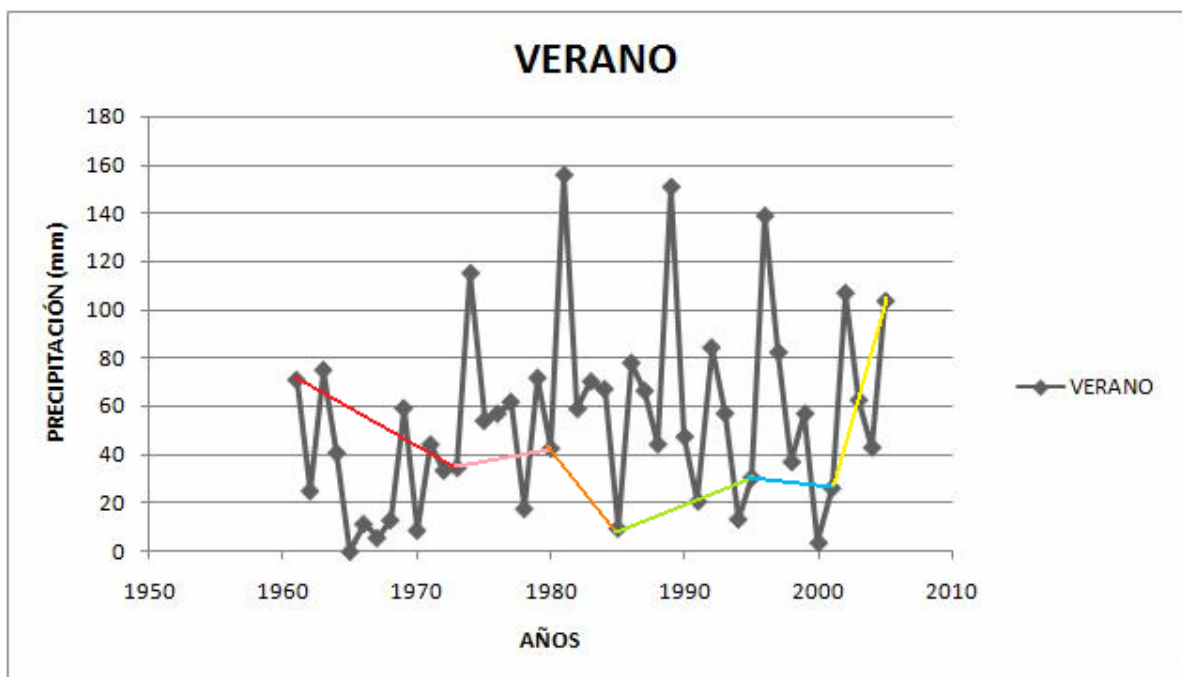


Figura 15.2

Con la siguiente tabla, podemos hacernos una idea de las fluctuaciones ocurridas en cada tramo definido por los puntos de cambio que nos ha proporcionado el algoritmo correspondiente.

Así, aunque la tendencia de la serie completa estacional es creciente, analizando los tramos podemos comprobar como en cada uno de ellos se van produciendo consecutivos descensos de las precipitaciones, a excepción del último segmento.

SERIE SEGEMENTADA SEGÚN AUG	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
1961-1973	-6	268.6667	-0.077	0.76033	-0.30504442
1973-1980	0	65.33334	0	1	0
1980-1985	-3	28.33333	-0.2	0.70711	-0.3757346
1985-1995	-7	165	-0.127	0.64043	-0.46709937
1995-2001	-9	44.33333	-0.429	0.22956	-1.20150286
2001-2005	2	16.66667	0.2	0.8065	0.24494895

La primera subserie que nos encontramos, periodo 1961-1973 posee una Z_{MK} de -0.30504442, que nos indica un leve descenso de las precipitaciones. Esta tendencia de suaves descensos se mantiene para la serie en color anaranjado de la **figura 15.2** perteneciente al periodo 1980-1985. Al igual que en los tramos anteriores, en el de los años 1985-1995 también son ligeros los descensos ($Z_{MK} = -0.46709937$); pero es en el tramo de color azul, donde se aprecia el detrimento de precipitaciones de forma más clara ($Z_{MK} = -1.20150286$). Para el último tramo, se produce un leve ascenso $Z_{MK} = 0.24494895$.

7.16 OTOÑO

Otoño puede considerarse la segunda estación más lluviosa, así el valor máximo de precipitación entre todos los años se situó en el 1997, y ascendió una cantidad de 243 mm, en contraposición, el mínimo se localizó en el otoño del año 1981, que fue de 4.33 mm; como valor medio de esta estación, tenemos unos 97.40 mm por año.

En la siguiente gráfica de la figura 16.1, podemos ver representados las aportaciones que año a año se han producido durante los meses que dura la estación otoñal. Junto con su línea de tendencia en color azul.

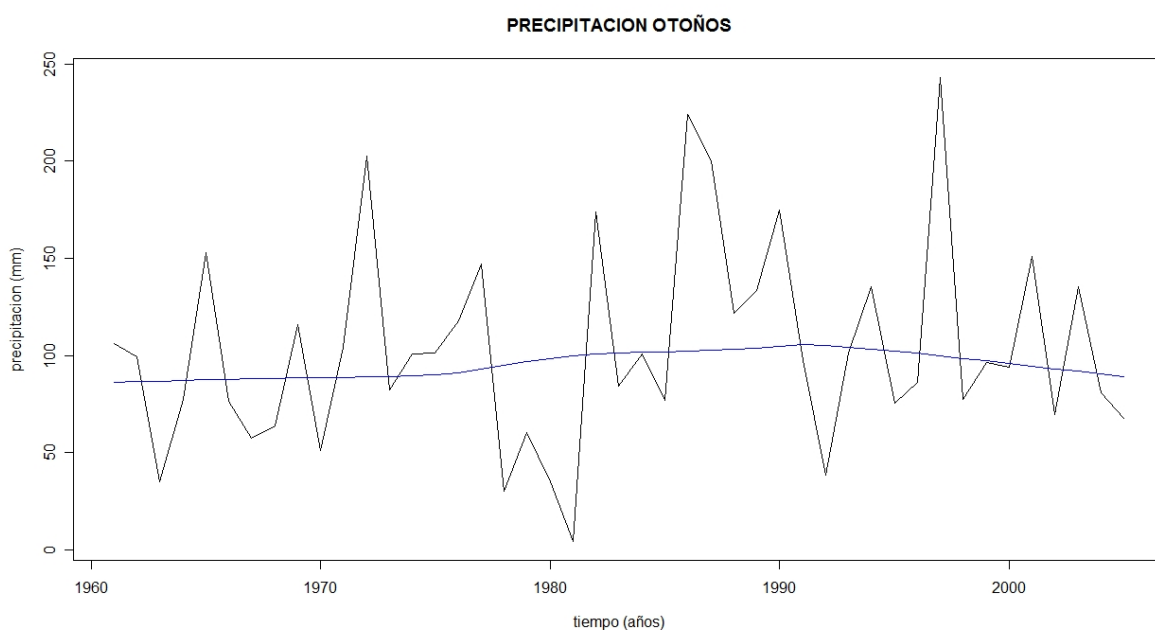


Figura 16.1

En correlación a lo que se puede observar de la **Figura 16.1**, el Test de Mann-Kendall nos aporta una Z_{MK} para este periodo de 0.63585078, que muestra una tendencia de ligero ascenso. En la siguiente tabla se muestran los estadísticos más destacados.

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z _{MK}
OTOÑO	66	10450	0.0667	0.52487	0.63585078

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1971	1981	1985	1992	1996	1998	2005
------	------	------	------	------	------	------

La figura siguiente muestra los tramos que se han escogido siguiendo las recomendaciones vertidas desde el algoritmo AUG.

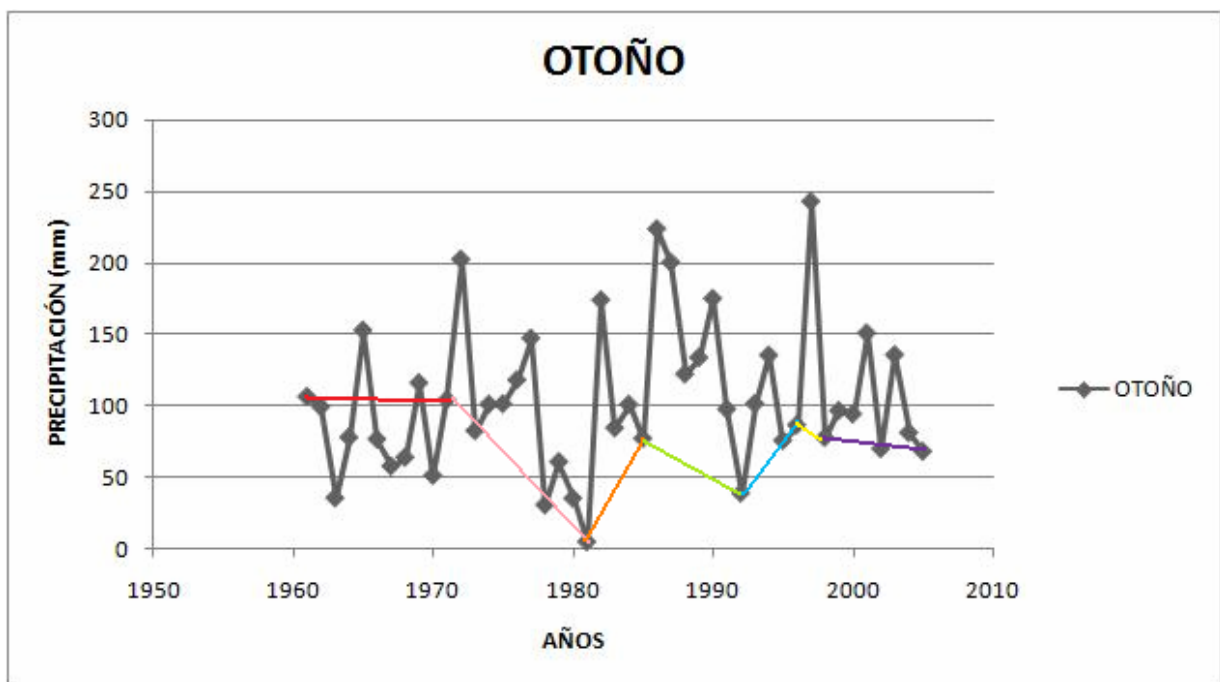


Figura 16.2

La línea de tendencia de la figura 16.1, parece no definir ni al alza ni a la baja el carácter de la serie, tampoco el Test de Mann-Kendall a través de su

Z_{MK} nos proporciona una visión más clara de la tendencia seguida por la serie al completo; así recurriremos a los distintos segmentos para así, definiéndolos uno a uno, obtenemos una idea clara de las fluctuaciones ocurridas en las precipitaciones de la estación otoñal para los 45 años en estudio.

En la siguiente tabla aparecen recogidos los datos del Test de Mann-Kendall que nos serán útiles para definir los cambios producidos en las subseries.

SERIE SEGÚN AUG	SEGEMENTADA	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
		Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
1961-1971		-7	165	-0.127	0.64043	-0.46709937
<u>1971-1981</u>		-25	165	-0.455	0.061707	-1.86839747
1981-1985		0	16.66667	0	1	0
1985-1992		-10	65.33334	-0.357	0.26551	-1.11346118
1992-1996		2	16.66667	0.2	0.8065	0.24494895
1996-1998		-1	3.666667	-0.333	1	0
1998-2005		-6	65.33334	-0.214	0.53619	-0.61858954

El primer tramo de la gráfica representa a las precipitaciones de los años 1961 hasta 1971, puede clasificarse como un tramo con tendencia suavemente decreciente ($Z_{MK} = -0.46709937$), será en el siguiente segmento, 1971-1981 cuando la tendencia a la baja se haga más patente con una Z_{MK} de -1.86839747; para el segmento de color verde de la figura 16.2, perteneciente al periodo de años 1985-1992 la tendencia sigue intacta según una Z_{MK} de -1.11346118. Para el siguiente periodo la tendencia se estabiliza un poco, aunque se puede apreciar un leve aumento de las precipitaciones ($Z_{MK} = 0.24494895$), hasta que al llegar al último segmento, 1998-2005, la tendencia vuelve a virar hacia el descenso ($Z_{MK} = -0.61858954$)

7.17 INVIERNO

La época invernal es la segunda estación que aporta menos precipitaciones, por detrás del estío; así, el valor medio a lo largo de los 45 años se sitúa en 71.24 mm, el valor máximo se registró en el año 1988 y fue de 162.1 mm; por otro lado el mínimo fue de 8.3 mm y fue recogido hacia el año 1994.

En la **figura 15.1** se recogen los valores de precipitaciones que se efectuaron a lo largo de los 45 años en la cuenca estudiada durante los meses invernales. Superpuesta a esta gráfica aparece la línea de tendencias de la serie completa.

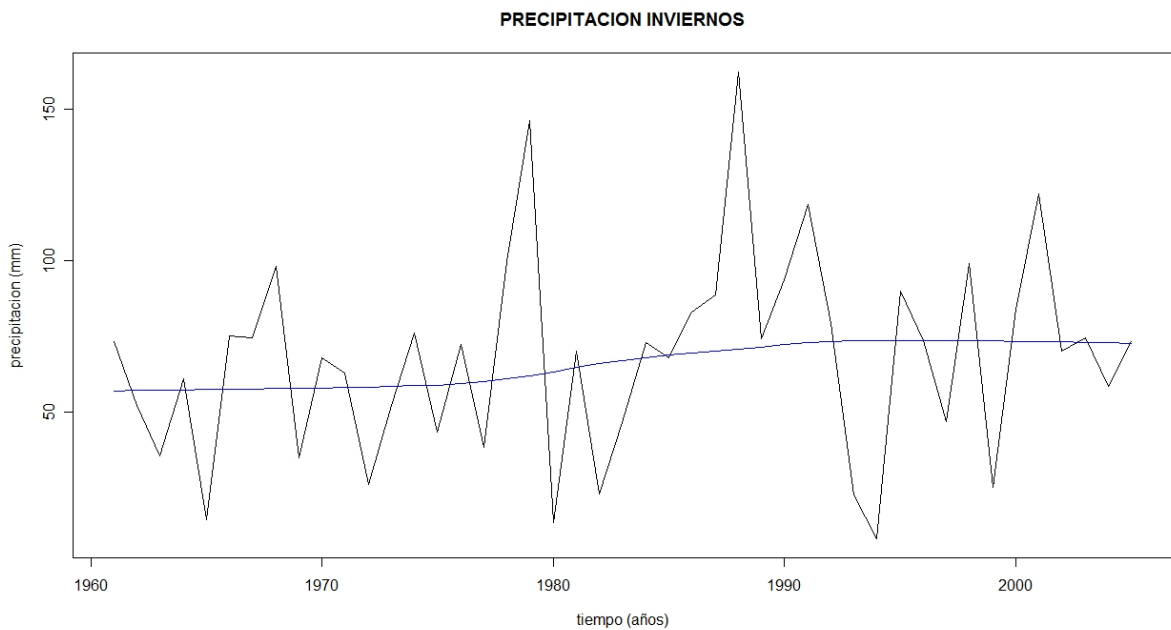


Figura 17.1

La línea de tendencia puede sernos muy útil para visualizar directamente el descenso que año a año han sufrido las precipitaciones de los meses que dura el invierno; así podemos concretar que con un Z_{MK} de 1.50654933 aportado por el Test, es más que clara la tendencia al alza de esta serie temporal. La siguiente tabla nos puede ayudar a visualizar de manera rápida los estadísticos aportados por el Test de Mann-Kendall.

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z _{MK}
INVIERNO	155	10449	0.157	0.13193	1.50654933

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1965	1968	1976	1979	1987	1989	1994	1997	1999	2004
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Seguidamente nos encontramos ante la serie de aportaciones graficada junto con los tramos de la segmentación.

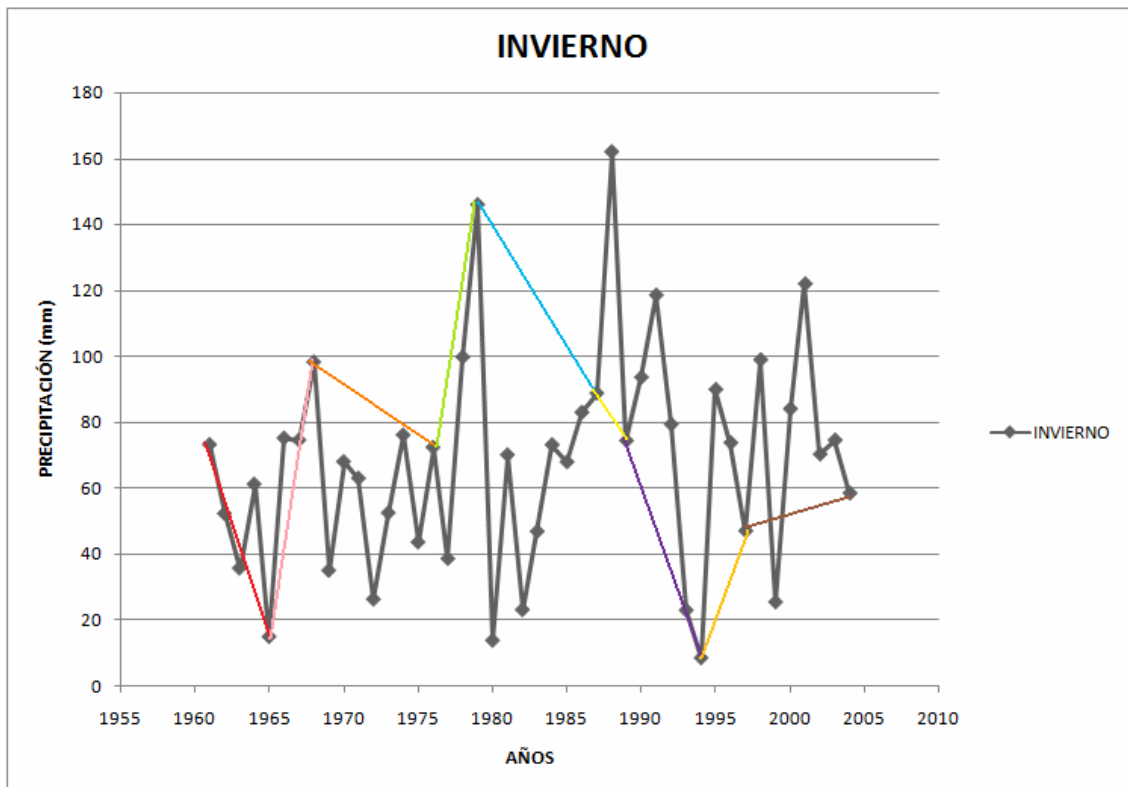


Figura 17.2

Como se puede apreciar en la siguiente tabla, los estadísticos de Mann-Kendall quedan recogidos en ella de forma esquemática y resumida.

SERIE SEGEMENTADA SEGÚN AUG	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
1961-1965	-6	16.66667	-0.6	0.22067	-1.22474475
1965-1968	4	8.666667	0.667	0.30818	1.01904931
1968-1976	-2	92	-0.0556	0.91697	-0.10425721
1976-1979	4	8.666667	0.667	0.30818	1.01904931
1979-1987	12	92	0.333	0.25145	1.14682928
1987-1989	-1	3.666667	-0.333	1	0
1989-1994	-7	28.333333	-0.467	0.25966	-1.12720379
1994-1997	0	8.666667	0	1	0
1999-2004	-1	28.333333	-0.0667	1	0

En el primer tramo de la serie fragmentada, el correspondiente al tramo 1961-1965, la tendencia aportada es claramente descendente ($Z_{MK} = -1.22474$); sin embargo tras el punto de cambio del año 1965, las precipitaciones van en aumento, así para el tramo de color rosáceo de la **figura 17.2** la Z_{MK} tiene un valor de 1.01904931. Para el siguiente tramo, de color anaranjado de la gráfica anterior, las precipitaciones varían con una amplitud muy similar, de ahí que para ese periodo la Z_{MK} sea tan próxima a 0, de hecho es de -0.10425721. Por otro lado, en el tramo 1976-1979 de color verde en la **figura 17.2**, puede apreciarse un claro ascenso de las precipitaciones. También es claro el aumento en las precipitaciones del periodo 1979-1987 a partir del año 1980, donde Z_{MK} vale 1.14682928. Por último, en el tramo 1989-1994 que se representa mediante una línea de color lila, la tendencia anterior se invierte, y pasa a ser decreciente, con una Z_{MK} de -1.12720379.

8 ANÁLISIS DE APORTACIONES

Seguidamente, nos disponemos a realizar el análisis de los datos de aportaciones al Embalse de Talave, situado como ya se ha especificado anteriormente en la cuenca del río Mundo.

Como en el anterior análisis de precipitaciones, contamos con una serie de 45 años, desde el año 1961 hasta el 2005; así se procederá a un estudio anual, APORTACIONES TOTALES que posee un serie temporal, un estudio a nivel mensual que consta de 12 series, uno por cada mes, y por último, un análisis de carácter estacional con 4 series temporales, diferenciando en este caso las cuatro estaciones del año, primavera, verano, otoño e invierno.

Para ello, como ya se apuntó se ha trabajado con series de aportaciones anuales a las que se les ha aplicado el algoritmo AUG de segmentación y la aplicación del Test de Mann-Kendall.

Por otro lado, se han adjuntado tablas que muestran de forma resumida, los valores que hemos obtenido gracias al Test de Mann-Kendall. Como nota informativa se ha de decir que en algunas tablas, existen intervalos de tiempo que han sido subrayadas y coloreadas de rojo, esto indica que son valores con un p-value bajo o muy bajo que nos proporcionan gran fiabilidad de los datos.

8.1 TOTAL

En todo el periodo estudiado, se ha observado una aportación media de 94.57 Hm³ anuales, también se recogió una aportación de 28.19 Hm³ a lo largo de todo el año 1994, la mínima anual de todos los años, y una aportación máxima anual de 245.1 Hm³ en el año 1963.

En primer lugar nos encontramos con los datos de aportaciones totales de los 45 años; en la siguiente gráfica aparecen los valores de aportaciones al Embalse del Talave de cada año, desde el año 1961 hasta el 2005, y en azul se representa la línea de tendencia.

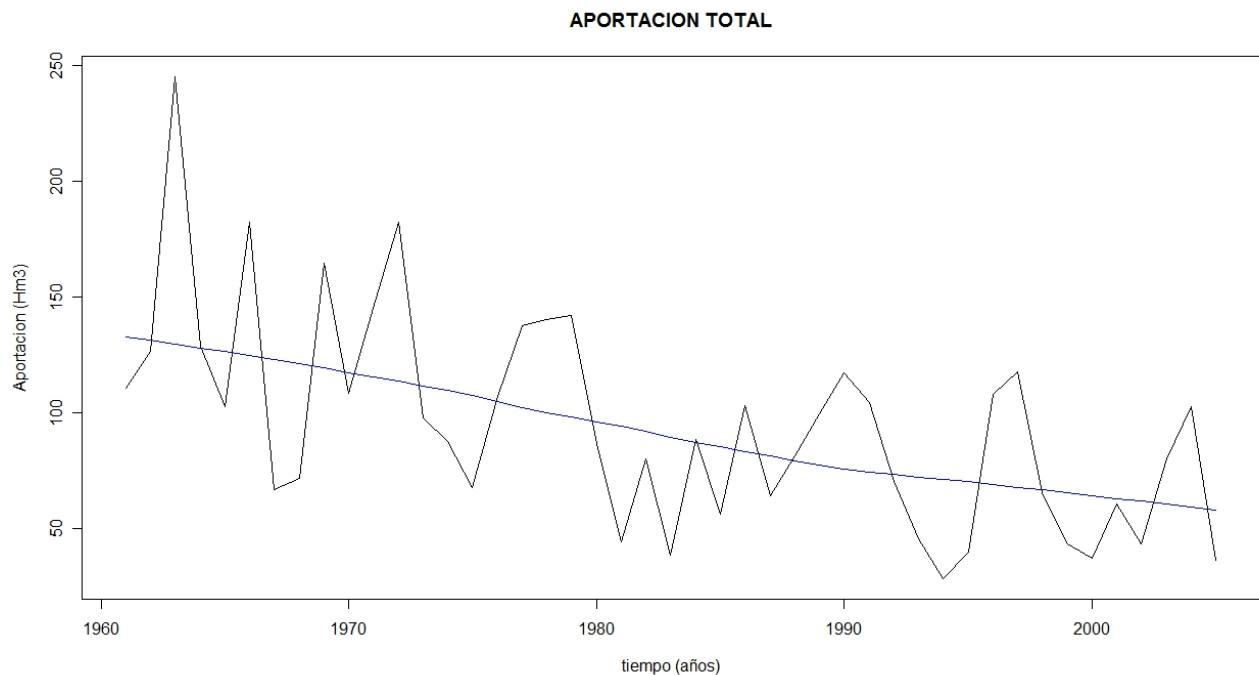


Figura 1.1

Aplicando el Test de Mann-Kendall se han obtenido los siguientes valores recogidos en una tabla para las aportaciones anuales de un periodo de 45 años.

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z _{MK}
TOTAL	-402	10450	-0.406	8.56E-05	-3.92271022

Como resume la tabla anterior, la tendencia a lo largo de los 45 años es de clara disminución de las aportaciones al Embalse del Talave; avalado por el valor obtenido de $Z_{MK} = -3.92271022$, además el p-value explicado con anterioridad, es de $8.56E-05$, por lo que se asume un muy buen ajuste de los datos aportados por el Test. Aun así, dentro de esta serie podríamos indagar aun más y se podrían establecer distintos tramos que darían más luz al análisis hidrometeorológico a nivel anual.

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1963	1966	1972	1979	1992	1997	2005
------	------	------	------	------	------	------

Para aportar claridad y ser más concisos se han representado los tramos pertenecientes a la serie de aportaciones anuales, diferenciando los distintos tramos o segmentos con líneas de colores.

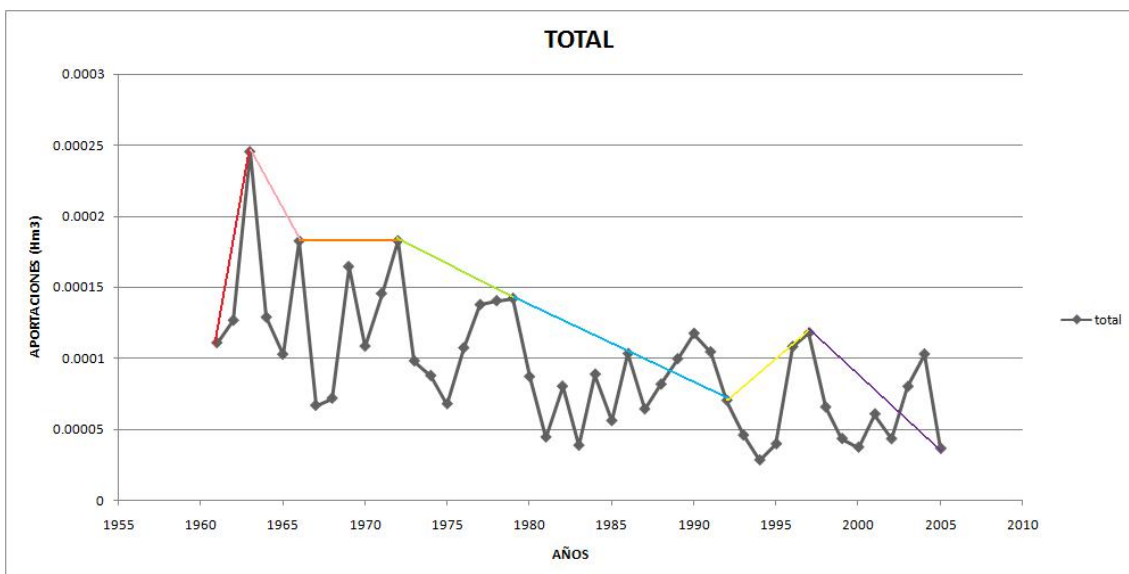


Figura 1.2

A continuación se recoge en una la tabla siguiente los estadísticos de Mann-Kendall para cada tramo aportado por el algoritmo de segmentación utilizado.

SERIE SEGÚN AUG	SEGEMENTADA	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
		Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z _{MK}
1961-1963		3	3.666667	1	1	1.04446589
1963-1966		-2	8.666667	-0.333	0.7341	-0.3396831
1966-1972		7	44.333333	0.333	0.36752	0.90112715
1972-1979		8	65.333334	0.286	0.38648	0.86602536
1979-1992		15	333.667	0.165	0.44342	0.76642808
1992-1997		5	28.3333333	0.333	0.45237	0.75146915
1997-2005		-8	92	-0.222	0.46551	-0.72980045

Paradójicamente a los datos que hemos obtenido para el caso de la serie completa ($Z_{MK} = -3.92271022$), solo dos de los siete segmentos proporcionados, han dado un valor de Z_{MK} de carácter negativo. Que son los tramos de color rosáceo (1963-1966) con Z_{MK} de -0.3396831; y el último tramo, que pertenece al periodo 1997-2005 ($Z_{MK} = -0.72980045$). El resto poseen una tendencia algo ambigua, siendo el de tendencia en ascenso más clara el del tramo anaranjado perteneciente a los años 1966-1972 ($Z_{MK} = 0.90112715$)

Se ha realizado un análisis comparativo de las precipitaciones de cada mes, para el periodo de estudio (1961-2005)

En la siguiente tabla se resumen los datos aportados por el Test de Mann-Kendall que más adelante se tratarán con profundidad.

Como primer adelanto, las tendencias en general son de decrecimiento, con mayor o menor intensidad, en todos los meses a excepción de julio, en que esta tendencia es suavemente creciente. Los datos de rojo y subrayados son aquellos cuyo p-value es más bajo.

MES	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	ZMK
<u>ENERO</u>	-302	10450	-0.305	0.003235	-2.94447825
<u>FEBRERO</u>	-334	10450	-0.337	0.0011239	-3.25751248
<u>MARZO</u>	-370	10450	-0.374	0.00030658	-3.60967599
<u>ABRIL</u>	-318	10450	-0.321	0.0019287	-3.10099536
<u>MAYO</u>	-264	10450	-0.267	0.010089	-2.5727501
<u>JUNIO</u>	-210	10450	-0.212	0.040904	-2.04450483
JULIO	50	10450	0.0505	0.6317	0.47933367
AGOSTO	-10	10441.33	-0.0101	0.92982	-0.08807742
SEPTIEMBRE	-132	10450	-0.133	0.20002	-1.28148389
<u>OCTUBRE</u>	-368	10450	-0.372	0.00033054	-3.59011135
<u>NOVIEMBRE</u>	-340	10450	-0.343	0.00091248	-3.3162064
<u>DICIEMBRE</u>	-302	10450	-0.305	0.003235	-2.94447825
<u>PRIMAVERA</u>	-368	10450	-0.372	0.00033054	-3.59011135
VERANO	-112	10450	-0.113	0.27755	-1.08583749
<u>OTOÑO</u>	-338	10450	-0.341	0.00097848	-3.29664176
<u>INVIERNO</u>	-310	9775.333	-0.328	0.0017762	-3.1253071

8.2 ENERO

Para el mes de enero, las aportaciones recogidas en el Embalse del Talave, no han superado en ninguno de los 45 años los 49.05 Hm³ y fue hacia el año 1966; por otra parte, el valor mínimo de aportación registrado fue en el año 1981, cuando se recogió una cantidad de 1.194 Hm³. Como valor medio de aportación al embalse durante los meses de enero se ha calculado unos 13.930 Hm³.

A continuación y como en anterioridad, se han representado las aportaciones de cada uno de los meses de enero desde el año 1961 hasta el 2005; así, se muestra representada en la siguiente gráfica (Figura 2.1) la distribución seguida a lo largo de los 45 años, y con una línea azul se expresa la tendencia seguida.

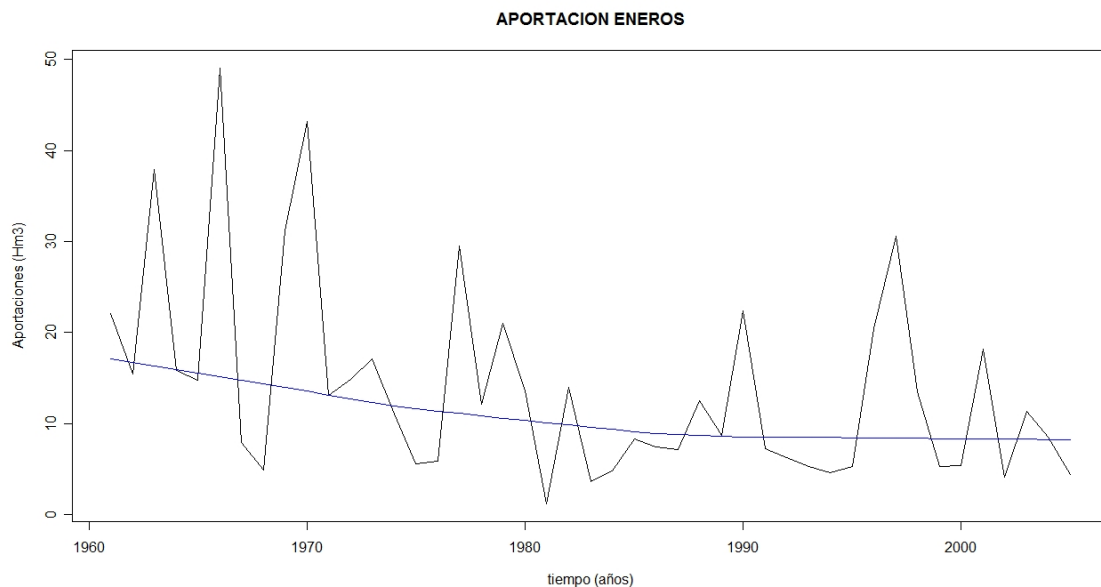


Figura 2.1

Para un análisis de tendencia objetivo, se ha utilizado el Test de Mann-Kendall que ha arrojado los siguientes datos.

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z _{MK}
ENERO	-302	10450	-0.305	0.003235	-2.94447825

La tendencia a la disminución de la aportación al final del periodo es más que clara, así con $Z_{MK} = -2.94447825$ se ratifica lo ya dicho. Aun así se pueden observar distintas fases en esta disminución; para ello será necesario echar mano de otras herramientas, como el algoritmo AUG, que nos permitirá señalar los distintos tramos.

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1962	1965	1967	1970	1995	2005
------	------	------	------	------	------

Gráficamente (Figura 2.2), se contemplan los distintos tramos gracias a las líneas de colores superpuestas; los inicios y finales de estas líneas rectas se definen por los puntos de cambio antes señalados.

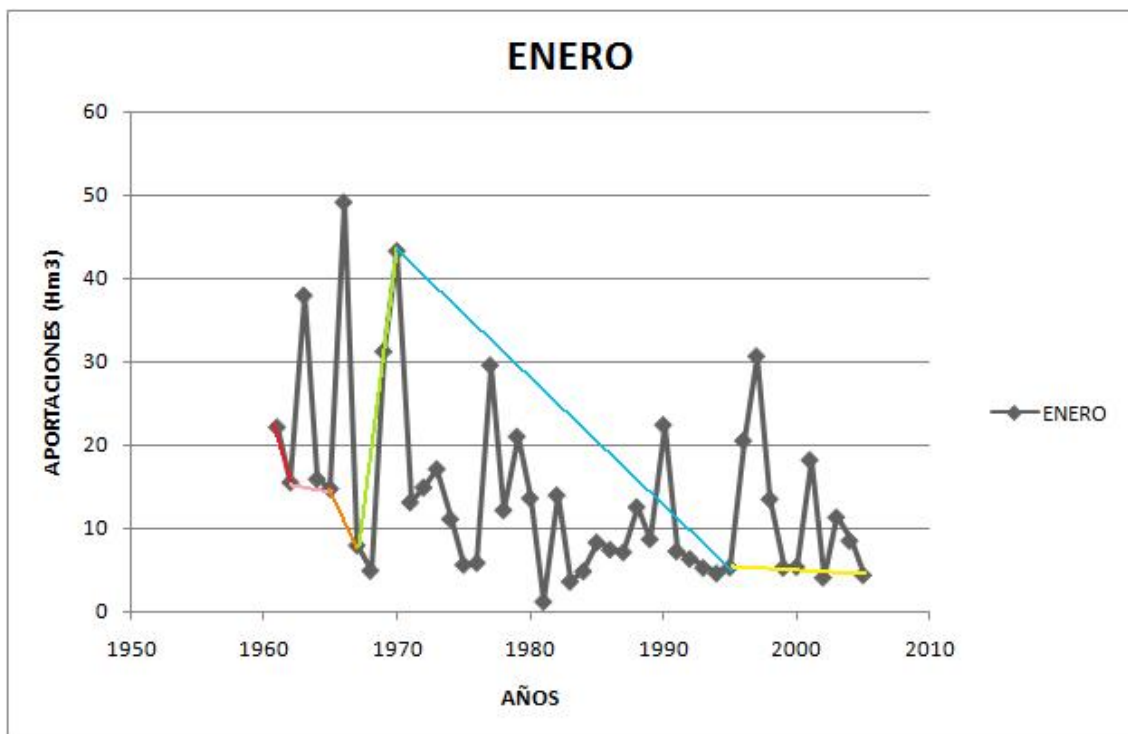


Figura 2.2

A continuación pasaremos a analizar minuciosamente el contenido de cada tramo representado con anterioridad. Primeramente hemos excluido de análisis a la sección inicial, cuyo tramo puede ser identificado con la línea roja de la gráfica, perteneciente a la subserie 1961-1962 por motivos puramente técnicos, ya que la serie al no ser representativa, no es capaz de ser analizada. Sin embargo del resto podríamos decir, en líneas generales, que poseen una tendencia a disminuir, de forma más o menos agudizada; así la primera subserie que podríamos valorar sería la representada con una línea de color rosáceo, perteneciente al segmento 1962-1965, con su $Z_{MK} = -0.3396831$, nos indica una leve tendencia decreciente, por el contrario, en el tramo 1967-1970, acotado en la **Figura 2.2** con una línea verde, se puede afirmar un aumento en la tendencia, teniendo como Z_{MK} , un valor de 1.01904931. Si emprendemos un salto hacia delante, en el tramo 1970-1995, representado con una línea azul, obtenemos el ejemplo más claro de tendencia decreciente en esta serie temporal, así para los meses de enero de entre el año 1970 y 1995 el valor de $Z_{MK} = -2.42457078$, nos indican que durante esos 24 años, las aportaciones de los meses de enero fueron ineludiblemente en decadencia. Seguidamente, en el tramo 1995-2005, representado con una línea amarilla, se continúa con la disminución, pero esta vez con una Z_{MK} un poco más moderada, de -1.24559831.

En la tabla siguiente encontramos un resumen de lo anteriormente citado; así se observa para cada segmento sus distintos valores de Z_{MK} , entre otros datos de interés.

Hay que destacar que la serie segmentada que comprende los valores de los desde el año 1970 hasta 1995 es la que mejor garantías de acierto muestra, al poseer un p-value inferior a 0.1, en contraposición es el periodo 1965-1967 el que peor garantía presenta.

SERIE SEGÚN AUG	SEMENTADA	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
		Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
1961-1962		-1	-----	-1	1	-----
1962-1965		-2	8.666667	-0.333	0.7341	-0.3396831
1965-1967		-1	3.666667	-0.333	1	0
1967-1970		4	8.666667	0.667	0.30818	1.01904931
<u>1970-1995</u>		-111	2058.333	-0.342	0.015327	-2.42457078
1995-2005		-17	165	-0.309	0.21291	-1.24559831

8.3 FEBRERO

En este caso, nos encontramos ante el mes que desde el año 1961 hasta 2005 ha aportado, como media el valor más alto, que asciende hasta una cantidad de 14.460 Hm³. Además en el mes de febrero del año 1963, se observó la máxima aportación, unos 61.630 Hm³. Por otro lado, el valor mínimo para el mes de febrero fue de 1.893 Hm³, se registró en el año 1994.

En la **Figura 3.1** observamos la distribución de las aportaciones de todos los meses de febrero comprendidos entre el año 1961 y 2005. También aparece en azul una línea de tendencia que define su comportamiento.

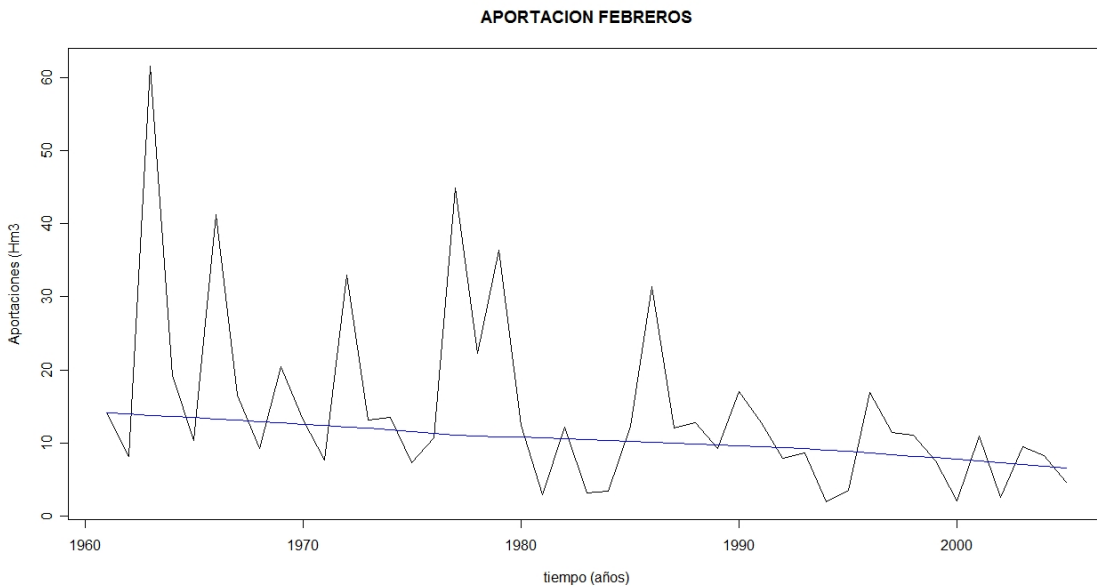


Figura 3.1

Además de las posibles interpretaciones gráficas, gracias a la línea de tendencia, los datos aportados por el Test de Mann-Kendall son claros, durante la serie temporal en estudio, las aportaciones han ido hasta el 2005 en detrimento, así Z_{MK} adquiere el valor de -3.25751248, como se recoge en la siguiente tabla, donde además aparecen otros estadísticos como el **p-value**, que con su valor de 0.0011239, nos indica que las garantías del valor Z_{MK} , son muy altas.

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z _{MK}
FEBRERO	-334	10450	-0.337	0.0011239	-3.25751248

Para un análisis más detallado hemos segmentado la serie anterior en 7 tramos, uno de los cuales, el primero de ellos ha sido defectuoso, y su estudio ha sido nulo; algo parecido ocurre con los siguientes tramos, es decir los tramos en color rosáceo, 1962-1964, y el tramo en naranja, 1964-1966, que debido a su escasa longitud ha sido imposible realizar el análisis correspondiente.

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1962	1964	1966	1976	1983	1986	2005
------	------	------	------	------	------	------

La figura siguiente muestra los tramos que se han escogido siguiendo las recomendaciones vertidas desde el algoritmo AUG.

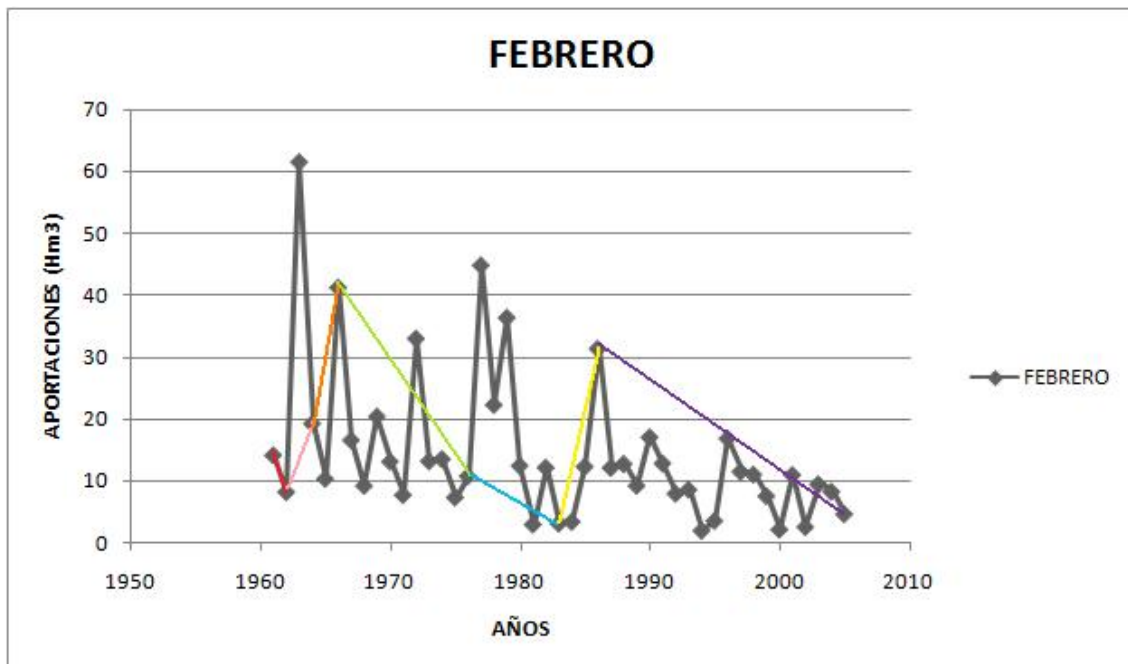


Figura 3.2

Como ya se ha comentado, los 3 primeros tramos han presentado errores en cálculo, por lo que nos centraremos en las siguientes subseries que aportan gran información al estudio. De esta forma, el tramo que comprende los datos de aportaciones de los febreros entre el año 1966 y 1976, representados con una línea verde (figura 3.2) se puede clasificar gracias al estadístico Z_{MK} como claramente decreciente y su valor es de -1.4012981; la siguiente subserie, 1976-1983, sigue con la misma dinámica del periodo anterior, su Z_{MK} es de -1.36089699, muy similar a la anterior; sin embargo el tramo 1983-1986 es claramente ascendente prueba de ello nos es mostrado con un Z_{MK} de 1.69841552; pero es a partir del punto de 1986, durante el periodo 1986-2005, cuando se produce el detrimento de las aportaciones más acusadas con un Z_{MK} de -2.43332132.

A continuación se presenta una tabla-resumen con los datos más significativos aportados por el Test.

Cabe destacar que las cuatro series que hemos relatado poseen un p-value aceptable, lo que garantiza su veracidad.

SERIE SEGÚN AUG	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
1961-1962	-1	-----	-1	1	-----
1962-1964	1	-----	0.333	1	-----
1964-1966	1	-----	0.333	1	-----
<u>1966-1976</u>	-19	165	-0.345	0.16112	-1.4012981
<u>1976-1983</u>	-12	65.33334	-0.429	0.17355	-1.36089699
<u>1983-1986</u>	6	8.666667	1	0.08943	1.69841552
<u>1986-2005</u>	-76	950	-0.4	0.014961	-2.43332132

8.4 MARZO

Los datos que caracterizan a las aportaciones acaecidas durante los meses de marzo de los años que se han estudiado, nos muestra que se observó una aportación máxima hacia el año 1969 de 47.83 Hm³, el mínimo fue de 2.598 Hm³ hacia el año 2000, y la media de las aportaciones producidas durante el mes de marzo es de 13.67 Hm³.

Como en anteriores apartados, en la siguiente figura se muestra la gráfica de las aportaciones de los meses de marzo desde el año 1961 hasta el año 2005. Y como una superposición, la línea de tendencia significativa de este periodo.

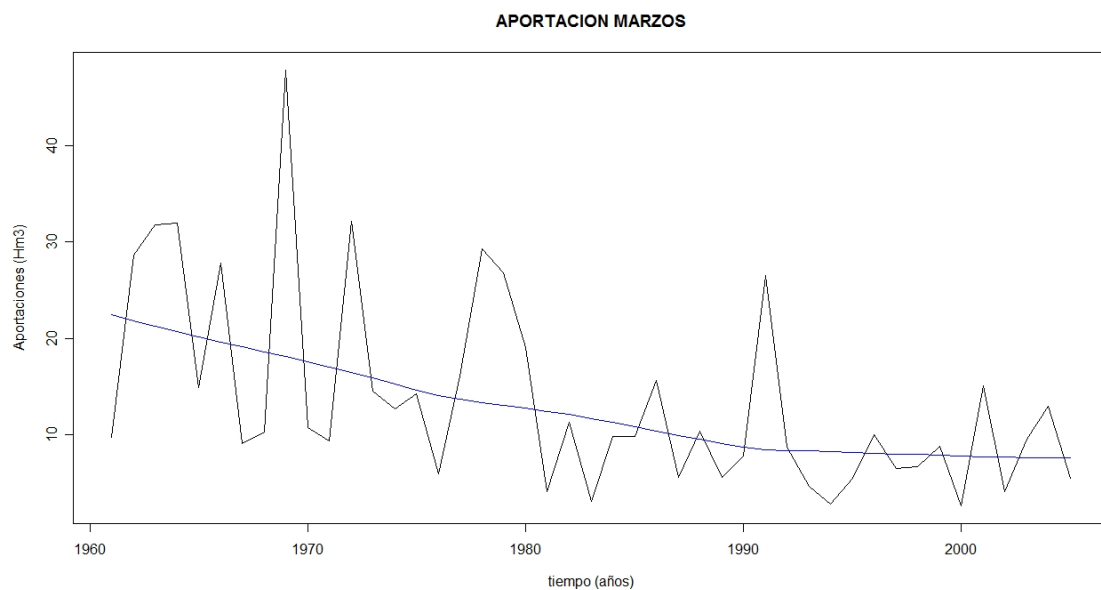


Figura 4.1

En correlación a lo que se puede observar de la **Figura 4.1**, el Test de Mann-Kendall nos aporta una Z_{MK} para este periodo de -3.60967599, que muestra una tendencia claramente de descenso. En la siguiente tabla se muestran los estadísticos más destacados, y entre ellos obtenemos un buen valor de p-value, el cual no supera el umbral de 0.1.

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z _{MK}
MARZO	-370	10450	-0.374	0.00030658	-3.60967599

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1962	1968	1970	1972	1980	2005
------	------	------	------	------	------

Para confeccionar la siguiente gráfica (figura 4.2), hemos utilizado los puntos de cambio deducidos a partir del algoritmo AUG ya utilizado. Y se han diferenciado los tramos con líneas de colores.

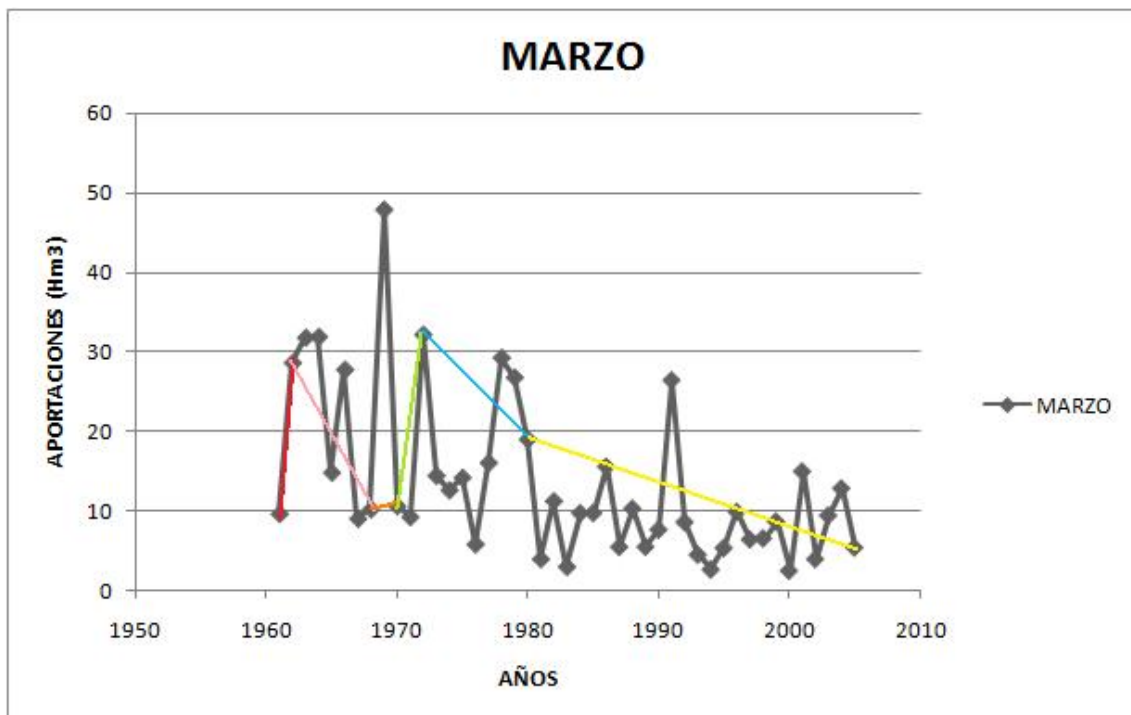


Figura 4.2

Dentro de la serie total que antes hemos comentado, podemos diferenciar otras subseries. Entre ellas cabe destacar, la que va desde el año 1962 hasta 1968, señalada en la **Figura 4.2** mediante una línea rosácea, el Z_{MK} para este segmento es -1.50187858, un valor que nos aporta una tendencia en negativa. Lo contrario ocurre para el segmento 1972-1980, representado en la **Figura 4.2** con una línea azul que va desde 1972 a 1980, donde esa tendencia se vuelve suavemente ascendente con una Z_{MK} de 0.31277162. Entre estas dos aparecen representadas de color naranja y verde las series con Z_{MK} nulo, que son respectivamente las subseries 1968-1970 y 1970-1972, una hipótesis sobre estos valores de Z_{MK} es la escasa longitud de las series.

Para finalizar con las subseries nos encontramos un tramo de descenso suave, que identifica los años comprendidos entre el 1980 y el año 2005

El periodo con menor p-value es el de 1962-1968, que garantiza un buen ajuste.

Seguidamente se resume en forma de tabla los valores de los estadísticos de Mann-Kendall de todos los periodos considerados.

SERIE SEGÚN AUG	SEGE MENTADA	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
		Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
1961-1962		1	----	1	1	-----
<u>1962-1968</u>		-11	44.33333	-0.524	0.13313	-1.50187858
1968-1970		1	3.666667	0.333	1	0
1970-1972		1	3.666667	0.333	1	0
1972-1980		4	92	0.111	0.75445	0.31277162
1980-2005		-31	2058.333	-0.0954	0.50845	-0.66124658

8.5 ABRIL

Para el mes de abril se ha calculado una aportación media de 9.818 Hm^3 . El mínimo de entre los 45 valores de aportación en los meses de abril, se recogió en el año 1994 y fue de un valor de 1.974 Hm^3 , en contraposición, el máximo fue de 26.260 Hm^3 en el año 1979.

Junto con la disposición de las aportaciones de cada uno los meses de abril durante los 45 años (Figura 5.1), vemos representada la línea de tendencia en color azul.

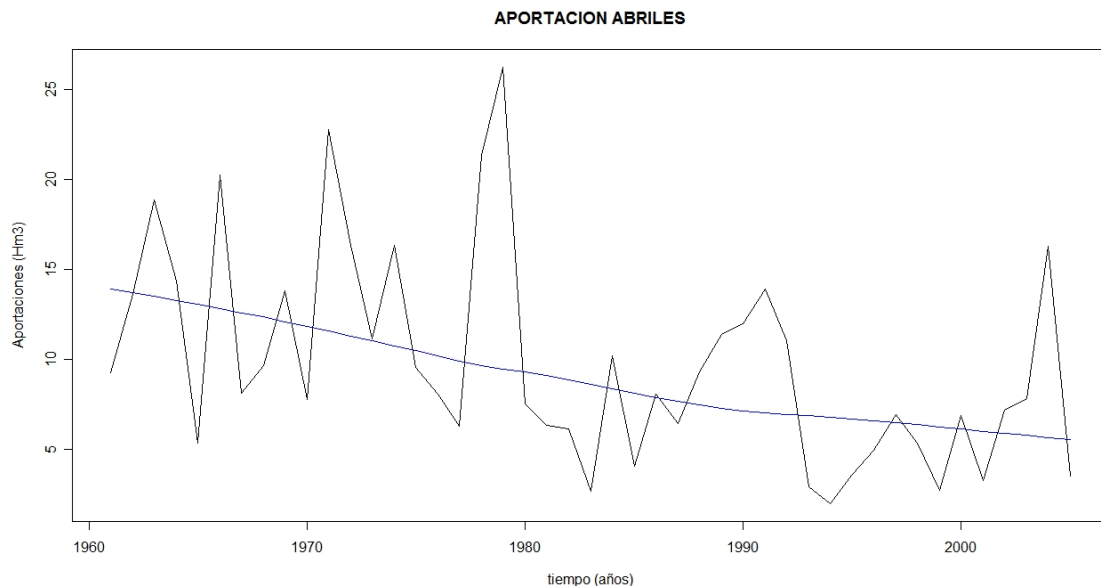


Figura 5.1

Por otra parte, los estadísticos del Test de Mann-Kendall muestran a través de la Z_{MK} correspondiente, -3.10099536 , una tendencia sustancialmente decreciente. Y junto a ella un p-value de 0.0019287 , que indica que el valor obtenido es bastante fiable. Como tabla-resumen, en la siguiente, se recogen los datos más significativos extrapolados de la prueba.

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	ZMK
ABRIL	-318	10450	-0.321	0.0019287	-3.10099536

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1964	1966	1970	1977	1979	1992	2005
------	------	------	------	------	------	------

De forma gráfica, los distintos segmentos son recogidos mediante las diferentes líneas de colores superpuestas al gráfico de distribución de las aportaciones correspondientes a los 45 valores de los meses de abril.

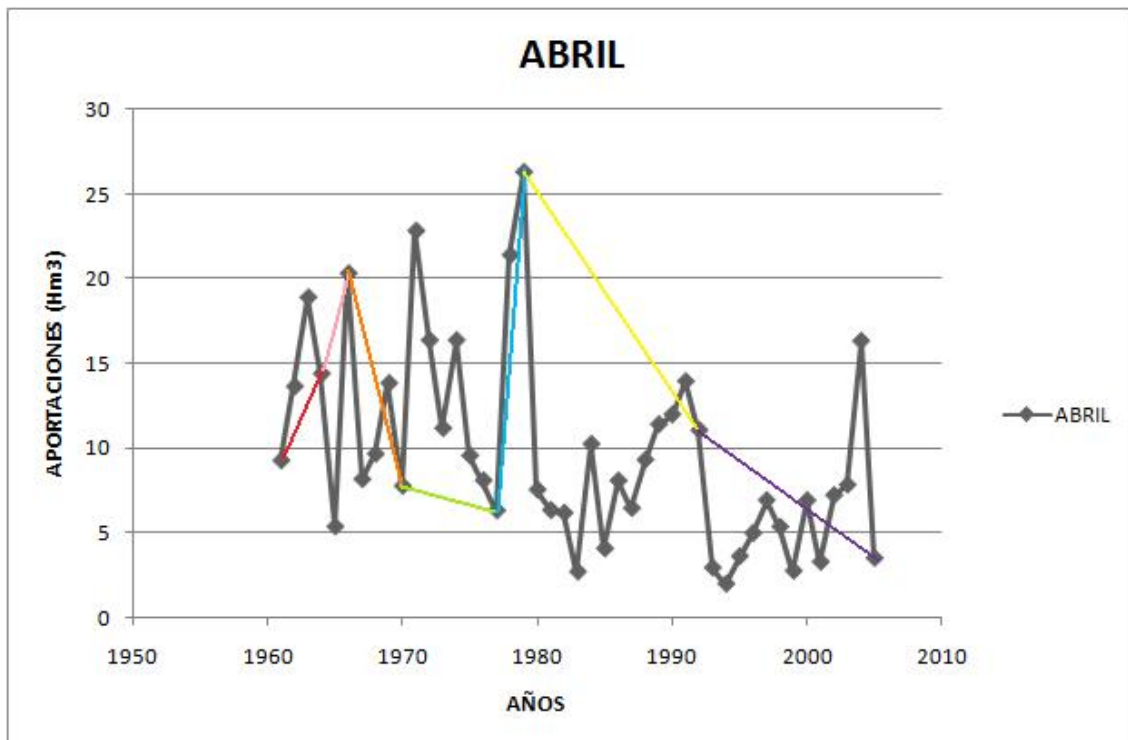


Figura 5.2

Para la serie completa se han calculado gracias a AUG, 7 subseries, de las cuales una de ellas, la perteneciente a 1964-1966 de color rosáceo, no ha podido ser definida exactamente por su corta longitud. Dicho esto, el primer tramo evaluado, 1961-1964, de color rojo, tiene un carácter positivo, como se aprecia gracias a su Z_{MK} de 1.01904931; si seguimos hacia delante, podemos observar que en el segmento 1966-1970, tramo de color naranja, los valores tienden a experimentar una disminución que puede ser constatado gracias a una Z_{MK} de -0.73484685; esa disminución se ve levemente agudizada en el tramo posterior correspondiente al segmento 1970-1977, de color verde que se caracterizan con un valor de Z_{MK} de -1.36089699. A continuación, la subserie 1977-1979 experimenta un cambio, y se establece una tendencia positiva, con Z_{MK} de 1.04446589. Seguidamente, en el tramo 1979-1992 de color amarillo, se sigue con la tendencia establecida con anterioridad, es decir, de ascenso, con un valor de Z_{MK} más consolidado, esta vez es de 2.03146292. Por último, se sigue con la tendencia de aumento en la subserie 1992-2005 con una Z_{MK} de 1.76925763.

Los segmentos que más garantías presentan, y por lo tanto se mantienen en unos valores aceptables de p-value, son 1970-1977, 1979-1992 y 1992-2005.

SERIE SEGÚN AUG	SELEMENTADA	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
		Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
1961-1964		4	8.666667	0.667	0.30818	1.01904931
1964-1966		1	3.666667	0.333	1	0
1966-1970		-4	16.66667	-0.4	0.46243	-0.73484685
<u>1970-1977</u>		-12	65.33334	-0.429	0.17355	-1.36089699
1977-1979		3	3.666667	1	1	1.04446589
<u>1979-1992</u>		42	407.33333	0.402	0.042208	2.03146292
<u>1992-2005</u>		30	268.6667	0.385	0.076851	1.76925763

8.6 MAYO

Para el periodo estudiado, la media de aportación de los meses de mayo ha sido de 7.965 Hm³ anuales. El valor mínimo se registró en el año 1994 con una cantidad de 1.22 Hm³, y el valor máximo de aportación fue de 34.51 Hm³ hacia el año 1971.

Los valores de aportaciones de todos los meses de mayo considerados entre los años 1961 y 2005 se pueden ver reflejados en la siguiente gráfica (Figura 6.1), junto con la línea de tendencia que se aprecia en dicha figura.

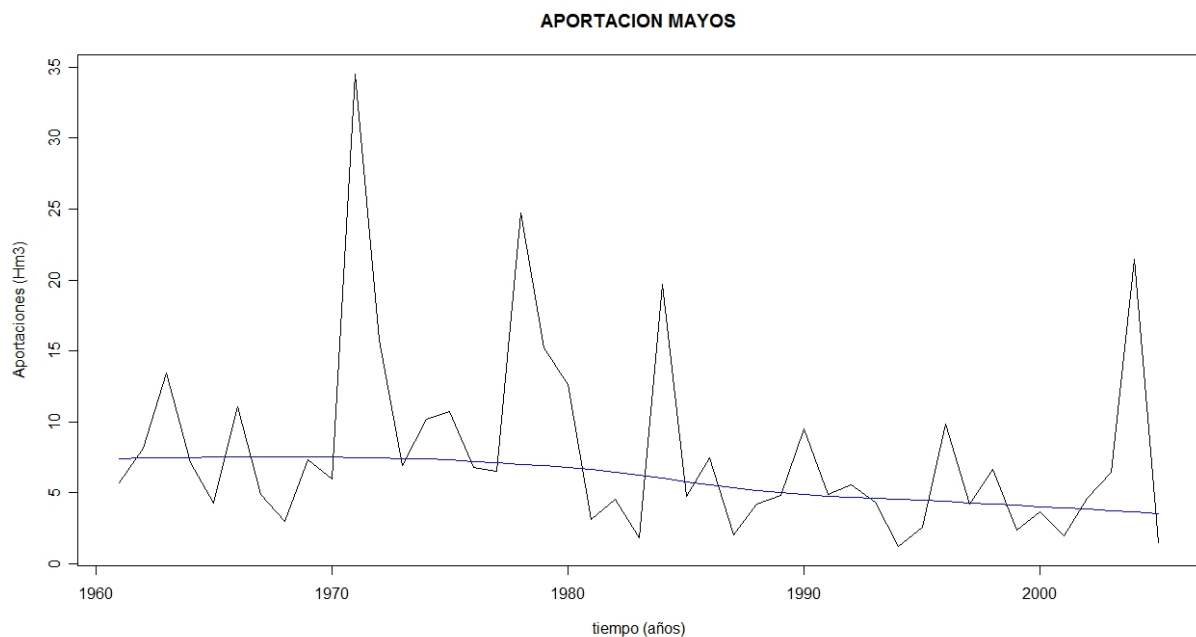


Figura 6.1

Para el caso que nos ocupa, y atendiendo a la alta fiabilidad que nos reporta un p-value de 0.010089, podemos, gracias al Test de Mann-Kendall, establecer una relación de disminución en las aportaciones de los meses de mayo, así, con una Z_{MK} de -2.5727501, podemos reiterarnos en lo dicho. Por otro lado, debemos realizar un nuevo análisis para determinar posibles tramos

con tendencias diferentes; para ello se utilizará en primera instancia el algoritmo de segmentación AUG.

En la siguiente tabla se muestra de forma esquemática los valores de los estadísticos más importantes reportados por el Test.

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z _{MK}
MAYO	-264	10450	-0.267	0.010089	-2.5727501

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1963	1970	1972	1977	1980	1982	1984	2003	2005
------	------	------	------	------	------	------	------	------

Seguidamente (Figura 6.2) encontramos la gráfica donde superpuestas aparecen las líneas que delimitan los distintos segmentos que han sido definidos gracias a la técnica de segmentación anteriormente definida.

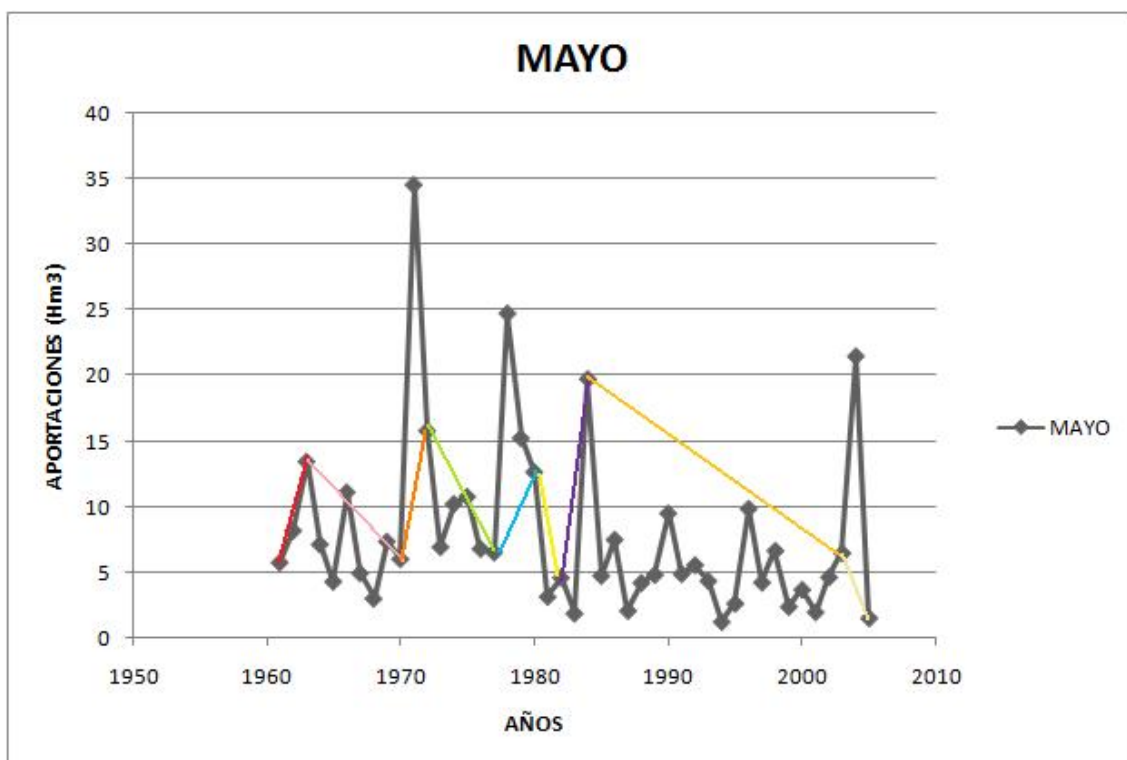


Figura 6.2

Pertenciente a un estudio por segmentos, encontramos que los tramos significativos aportados por el Test son la subserie 1963-1970, 1972-1977 y 1984-1993. Así en los tres se aprecia un carácter puramente de descenso de las portaciones, en el tramo de color rosáceo, 1963-1970, el descenso tiene un carácter más suave que el resto (Z_{MK} es -0.86602536). Para el tramo 1972-1977 de color verde, el descenso es más agudizado ($Z_{MK} = -1.50293839$). Por último, en el segmento 1984-1993, seguimos viendo la tendencia a la baja, esta vez con Z_{MK} del segmento de -1.07066138.

En la siguiente tabla se resume de forma esquematizada los valores aportados por el Test.

SERIE SEGEMENTADA SEGÚN AUG	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
1961-1963	3	3.666667	1	1	1.04446589
1963-1970	-8	65.333334	-0.286	0.38648	-0.86602536
1970-1972	1	3.666667	0.333	1	0
<u>1972-1977</u>	-9	28.333333	-0.6	0.13285	-1.50293839
1977-1980	0	8.666667	0	1	0
1980-1982	-1	3.666667	-0.333	1	0
1982-1984	1	3.666667	0.333	1	0
1984-2003	-34	950	-0.179	0.28432	-1.07066138
1993-2005	-1	3.666667	-0.333	1	0

8.7 JUNIO

El conjunto de valores de los meses de junio han aportado los siguientes valores; como valor mínimo cabe destacar una aportación nula en junio del año 1979, el máximo se obtuvo en el año 1971 donde se alcanzó un valor de 16.750 Hm³. Así el mes de junio nos reporta un valor medio de aportación anual de 4. 737 Hm³.

Con la figura 7.1 queda representado las aportaciones al Embalse durante los meses de junio de los distintos años de estudio; además aparece con una línea azul la tendencia de la serie.

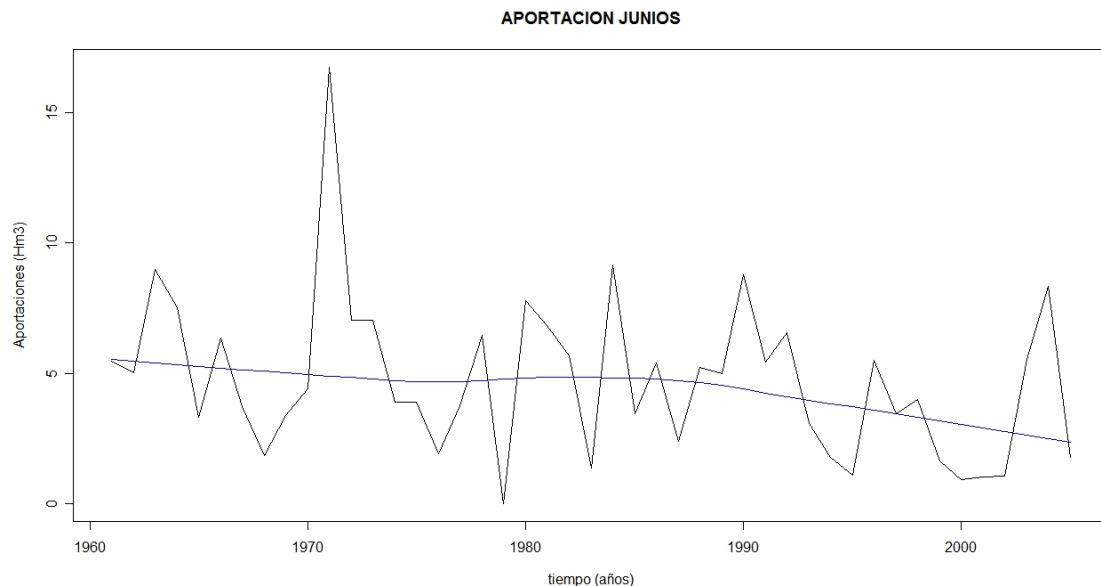


Figura 7.1

Si nos fijamos en los datos aportados por el Test de Mann-Kendall para toda la serie temporal, se aprecia un valor de Z_{MK} de -2.04450483, esto nos indica una tendencia decreciente. En la siguiente tabla podemos comprobar los distintos valores arrojados por el Test.

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	ZMK
JUNIO	-210	10450	-0.212	0.040904	-2.04450483

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1969	1971	1977	1979	1982	1984	1992	2003	2005
------	------	------	------	------	------	------	------	------

En la figura 7.2 podemos identificar los distintos tramos que se han aportado con anterioridad utilizando la técnica de segmentación AUG; para hacer la diferenciación se ha optado por líneas rectas de distintos colores.

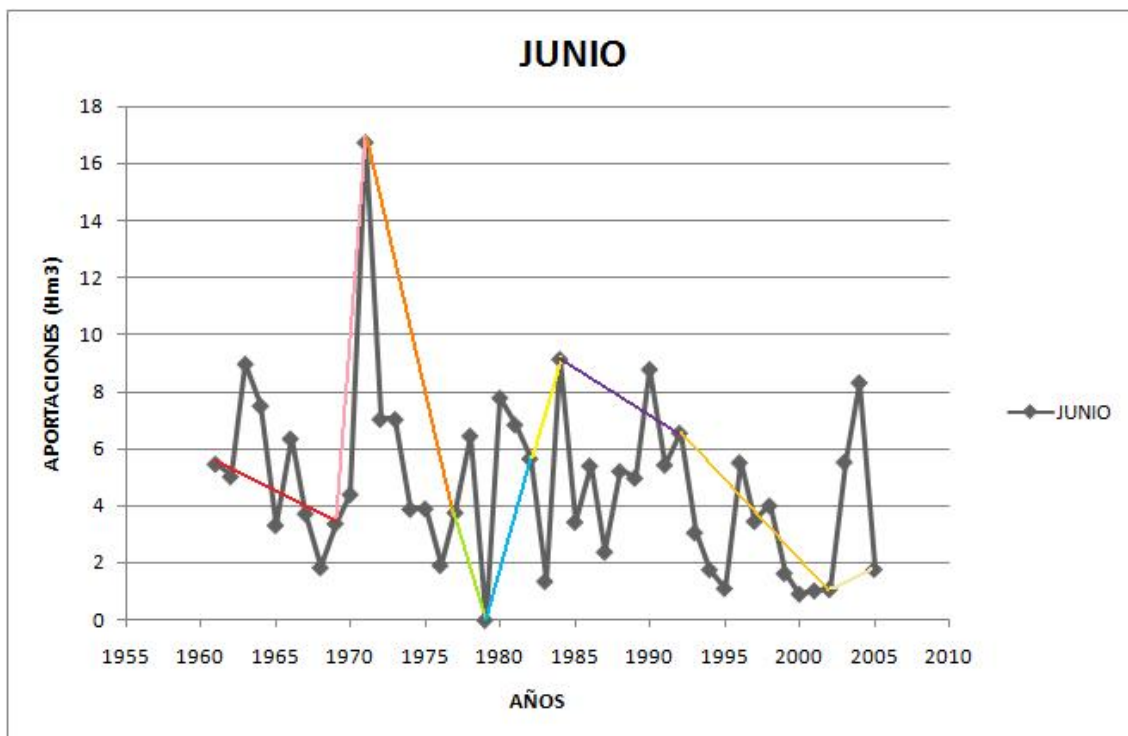


Figura 7.2

En un primer tramo aportado por las segmentación anteriormente realizada, es el caso de 1961-1969 de color rojo en la **figura 7.2**, se aprecia un carácter de descenso ($Z_{MK} = -1.56385811$). Esta disminución se ve también presente en la subserie 1971-1977 donde incluso es más contundente ese descenso en las aportaciones ($Z_{MK} = -2.40300573$).

Por otro lado, en el periodo 1984-1992 de color lila en la **figura 7.2**, la tendencia es ligeramente ascendente ($Z_{MK} = 0.52128604$). Aunque en el periodo inmediatamente posterior, vuelve a hacerse notable el descenso producido en las aportaciones, así para el periodo 1992-2003, Z_{MK} vale -1.16573323 .

En la siguiente tabla encontramos los valores de los estadísticos aportados por el Test de Mann-Kendall.

SERIE SEGEMENTADA SEGÚN AUG	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
1961-1969	-16	92	-0.444	0.11785	-1.56385811
1969-1971	3	3.666667	1	1	1.04446589
1971-1977	-17	44.333333	-0.81	0.016261	-2.40300573
1977-1979	-1	3.666667	-0.333	1	0
1979-1982	0	8.666667	0	1	0
1982-1984	1	3.666667	0.333	1	0
1984-1992	6	92	0.167	0.60217	0.52128604
1992-2003	-18	212.6667	-0.273	0.24372	-1.16573323
2003-2005	-1	3.666667	-0.333	1	0

8.8 JULIO

Siguiendo con este análisis de caracterización de las aportaciones mensuales, el mes de julio comparte grandes parecidos con el anterior mes estudiado, el mes de junio; así se observa para el año 1979 un valor de aportación nula, el valor máximo se realizó en el año 1984 y fue de 10.17 Hm^3 , y como valor medio se puede concretar para estos 45 años un valor de 2.964 Hm^3 .

La gráfica siguiente nos muestra la distribución de las aportaciones de los meses de julio de los 45 años en estudio. Además se ha representado una línea de tendencia en color azul.

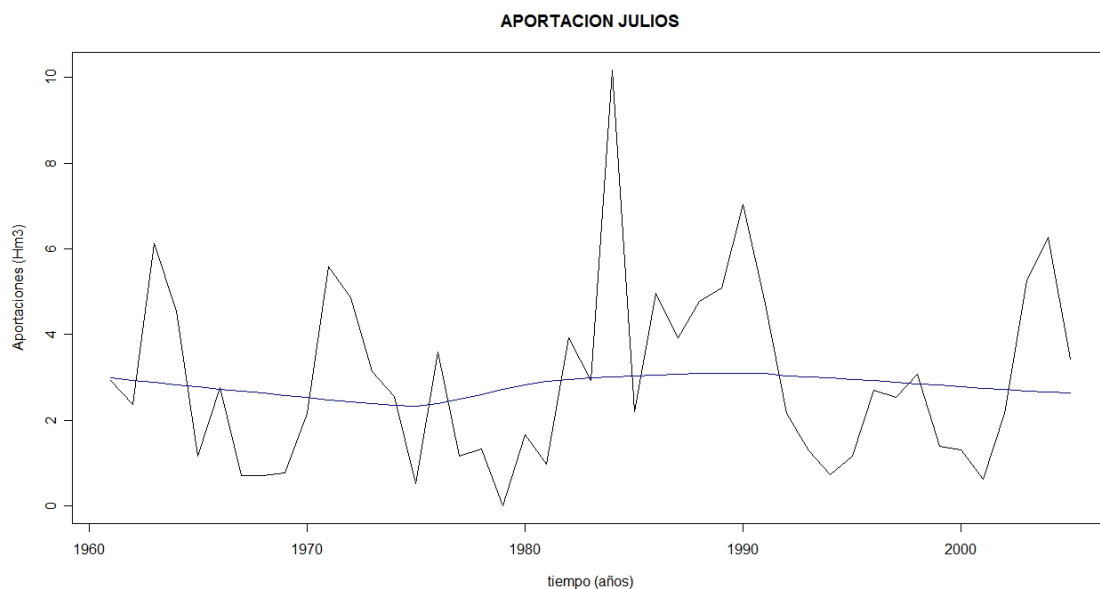


Figura 8.1

Para una caracterización objetiva de la tendencia, se han obtenido los valores desde el Test que se recogen en la siguiente tabla; así podemos observar una tendencia suavemente creciente ($Z_{MK} = 0.47933367$)

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z _{MK}
JULIO	50	10450	0.0505	0.6317	0.47933367

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1970	1980	1984	1991	2002	2005
------	------	------	------	------	------

Representando los distintos puntos obtenidos desde AUG, obtenemos la siguiente gráfica (Figura 8.2), determinando con líneas de colores las distintas subseries a partir de la serie temporal completa.

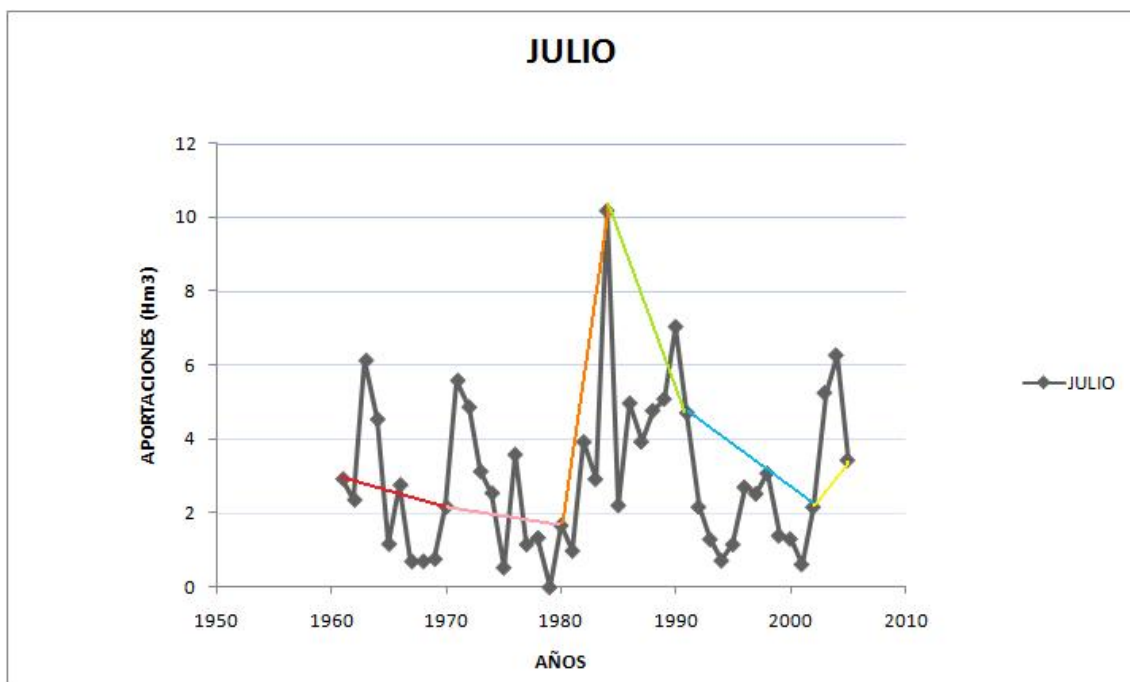


Figura 8.2

Con los puntos de cambio anteriormente calculados, hemos analizado cada uno de los segmentos; así el primer tramo de color rojo, que va desde 1961 hasta 1970, nos indica un primer periodo de disminución de las aportaciones ($Z_{MK} = -1.60996894$), que es secuenciado por el siguiente tramo, de color rosáceo donde desde 1970 hasta 1980, la tendencia sigue en detrimento ($Z_{MK} = -1.86839747$).

Para el siguiente segmento, de color anaranjado, vemos un cambio de tendencia, así se pasa de una tendencia negativa a una positiva entre 1980 y 1984; donde Z_{MK} vale 1.22474475, la tendencia también sigue en el siguiente periodo de color verde, pero esta vez de forma más suave ($Z_{MK} = 0.12371791$).

Sin embargo, en el año 1991 se aprecia un cambio en la tendencia, pasa de ser positiva a convertirse en decreciente, donde en el tramo 1991-2002 de color azul, Z_{MK} es -0.75429797 y en el siguiente periodo 2002-2005, de color amarillo Z_{MK} es -1.60996894.

En el siguiente cuadro-resumen aparecen todos los datos significativos que se han calculado gracias al Test de Mann-Kendall. Cabe destacar el alto valor de fiabilidad de las series 1961-1970, 1970-1980 y 2002-2005, gracias a su bajo valor de p-value.

SERIE SEGEMENTADA SEGÚN AUG	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
<u>1961-1970</u>	-19	125	-0.422	0.1074	-1.60996894
<u>1970-1980</u>	-25	165	-0.455	0.061707	-1.86839747
1980-1984	6	16.66667	0.6	0.22067	1.22474475
1984-1991	2	65.33334	0.0714	0.90154	0.12371791
1991-2002	-12	212.6667	-0.182	0.45067	-0.75429797
<u>2002-2005</u>	-19	125	-0.422	0.1074	-1.60996894

8.9 AGOSTO

El análisis del mes de agosto nos muestra la consecución que siguen los valores, tan similares a los de los dos meses anteriores; además en el mes de agosto se llega a un valor de aportación media que es la mínima de entre todos los meses estudiados, así el valor es de 2.268 Hm^3 ; el valor mínimo al igual que en los dos casos anteriores, es de aportación nula, y que para este mes este fenómeno se presenta en cuatro años, en el mes de agosto de 1979, 1980, 1981 y 1984. El valor de aportación máxima se registró en el mes de agosto del año 1976 y fue de 6.86 Hm^3 .

El conjunto de valores que se representan en la gráfica a continuación (**Figura 9.1**) pertenecen a la distribución de las aportaciones de los meses de agosto a lo largo de los 45 años ya citados anteriormente. Además podemos observar una línea de tendencia en color azul.

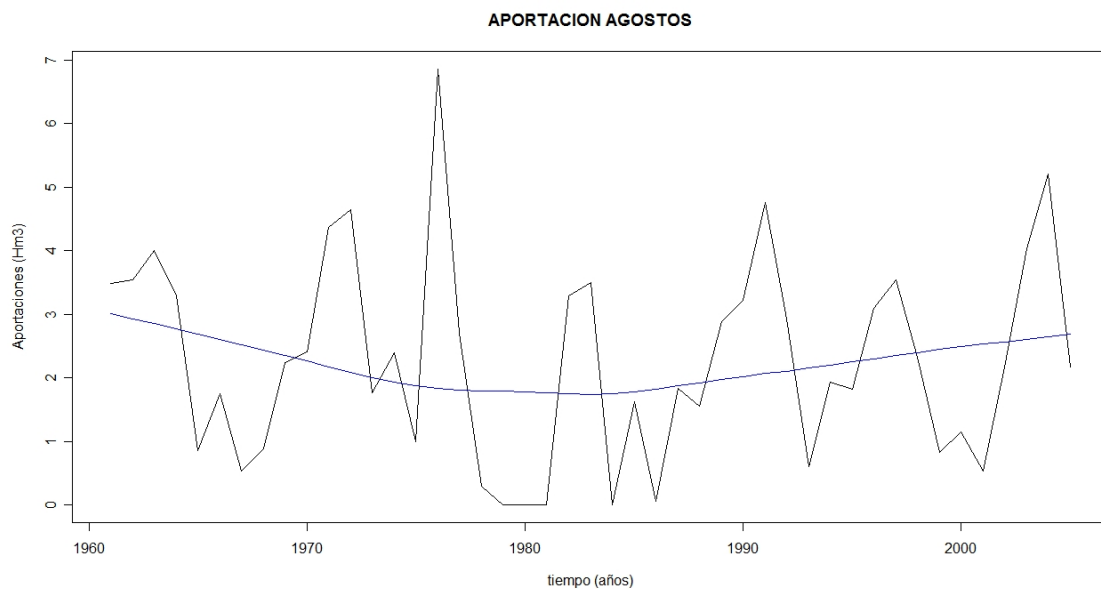


Figura 9.1

El valor de Z_{MK} para esta serie temporal es algo difusa ya que es de -0.08807742, nada aclaratoria, por lo tanto se podrá hacer una análisis más minucioso y exacto al aplicar las técnicas de segmentación adecuadas y obtener para cada tramo qué tendencia exacta sigue.

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	ZMK
AGOSTO	-10	10441.33	-0.0101	0.92982	-0.08807742

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1970	1975	1978	1983	1991	2002	2005
------	------	------	------	------	------	------

Seguidamente nos encontramos ante la serie de aportaciones graficada junto con los tramos de la segmentación.

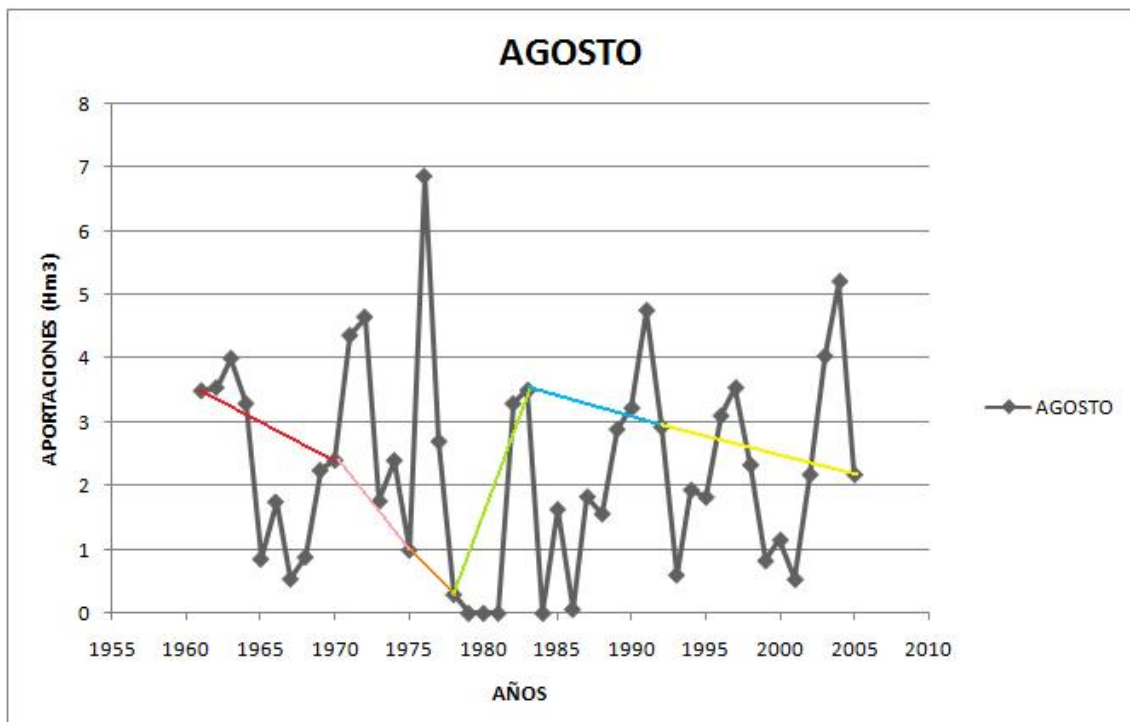


Figura 9.2

Tras la segmentación a la que hemos sometido a la serie temporal total, se han obtenido 7 subseries distintas; la primera de ellas abarca desde el año 1961 hasta 1970, su tendencia es negativa como bien lo indica su Z_{MK} de -1.25219807; el siguiente fragmento de color rosáceo, comparte con el anterior su tendencia, a la baja ($Z_{MK} = -1.12720379$); el siguiente tramo de color naranja con un Z_{MK} de -0.3396831 también indica una tendencia negativa, pero esta vez menos acusada que las anteriores. Pero a partir del año 1978, se inicia un periodo de ascenso en las aportaciones, en el tramo 1978-1983 primero, en color verde y el segmento 1983-1991 de color azul después, con unos Z_{MK} de 1.00673401 y 1.56385811 respectivamente, que así lo reiteran. Aunque al final de la serie llega un periodo entre 1991 y 2002, en que las aportaciones comienzan a disminuir otra vez, con una Z_{MK} de -1.30287831.

A continuación se adjunta una tabla en la que se muestran de forma resumida los valores de los estadísticos de Mann-Kendall más útiles para la determinación de las tendencias.

SERIE SEGEMENTADA SEGÚN AUG	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
1961-1970	-15	125	-0.333	0.2105	-1.25219807
1970-1975	-7	28.333333	-0.467	0.25966	-1.12720379
1975-1978	-2	8.666667	-0.333	0.7341	-0.3396831
1978-1983	6	24.66667	0.447	0.31406	1.00673401
<u>1983-1991</u>	16	92	0.444	0.11785	1.56385811
1991-2002	-20	212.6667	-0.303	0.19262	-1.30287831
2002-2005	0	8.666667	0	1	0

8.10 SEPTIEMBRE

Durante los 45 años estudiados, la aportación media anual de los meses de septiembre ha sido de 2.872 Hm³, se observó un máximo en el año 1961 de 8.248 Hm³, y el valor de aportación mínima se recogió en el septiembre del año 1967 que fue de 0.0908 Hm³

En el siguiente gráfico (**Figura 10.1**) vemos representado las aportaciones que se han producido solamente en los meses de septiembre entre los años 1961 y 2005. Junto a esto también vemos reflejada la línea de tendencias en azul.

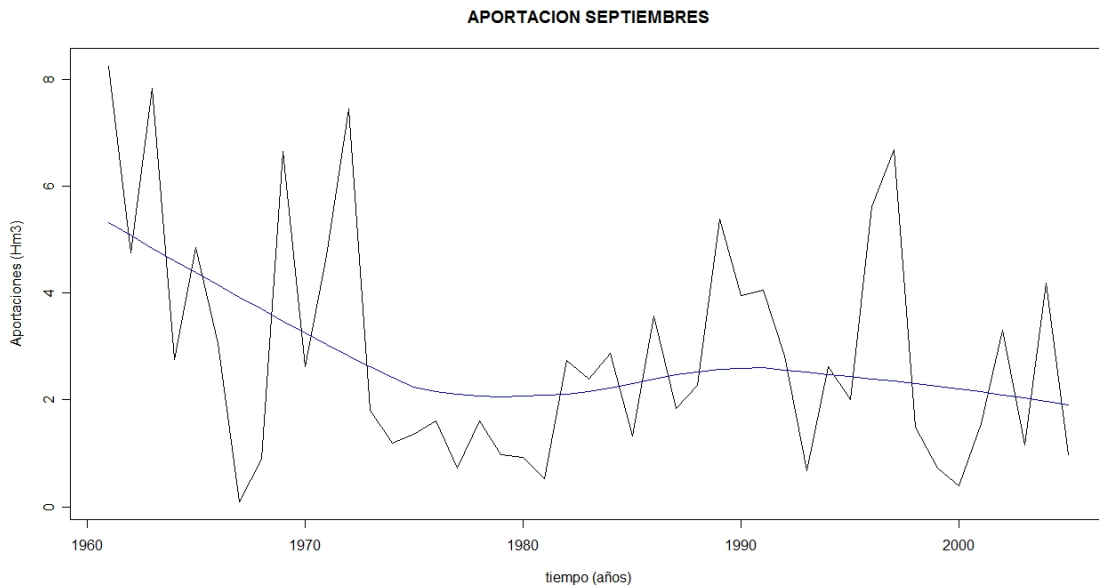


Figura 10.1

Haciendo uso del Test de Mann-Kendall, se ha observado una tendencia suavemente decreciente con un Z_{MK} de -1.28148389; por otro lado no cabe más que aplicar segmentación y estudiar las posibles fluctuaciones dentro de la serie completa.

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	ZMK
SEPTIEMBRE	-132	10450	-0.133	0.20002	-1.28148389

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1963	1988	1990	1994	1997	1999	2002	2005
------	------	------	------	------	------	------	------

Como en otras ocasiones, vemos a continuación graficada la serie temporal al completo junto con las líneas en colores que marcan los distintos segmentos que nos ha ofrecido el algoritmo AUG.

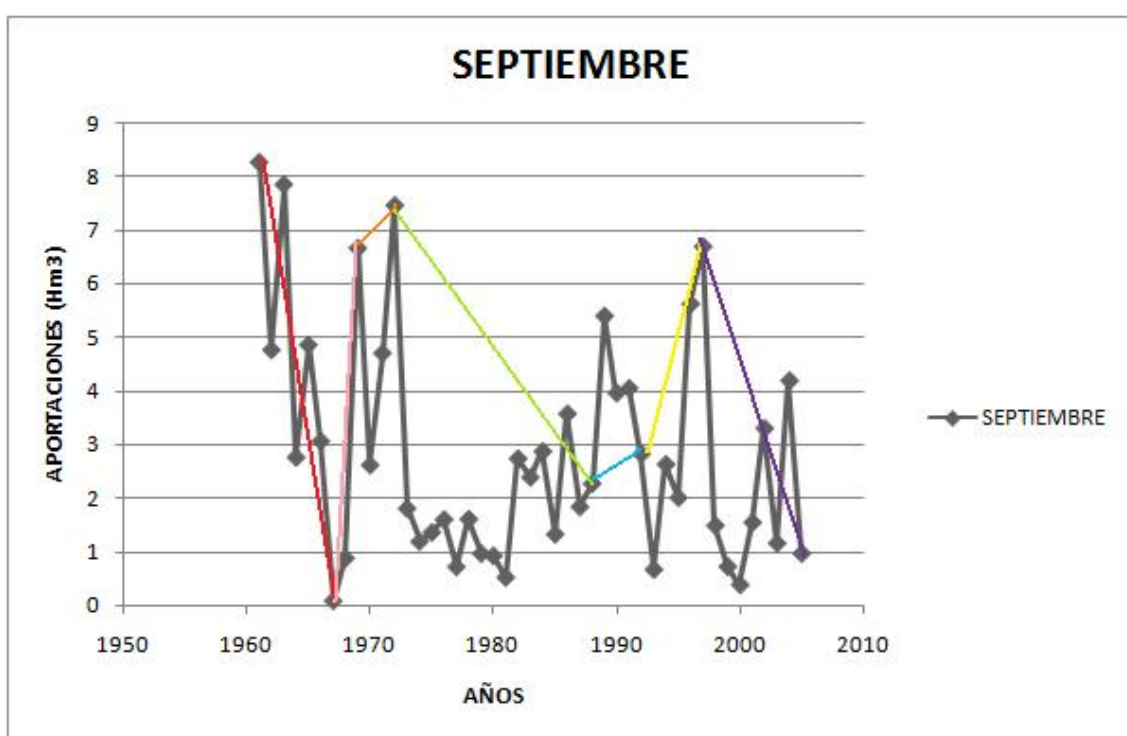


Figura 10.2

Por otro lado, haciendo más hincapié en los diferentes tramos; según Mann-Kendall, vemos un primer sector de clara disminución en las aportaciones, estamos hablando del periodo 1961-1967, de color rojo en la Figura 10.2 ($Z_{MK} = -1.8022543$); esta tendencia pasa a ser positiva pero de manera muy ligera en los tramos de 1969-1972 con Z_{MK} de 0.3396831 en color

anaranjado y también en el periodo 1972-1988 de color verde y Z_{MK} de 0.70027469; si pasamos al fragmento 1992-1997, veremos que se sigue con el aumento progresivo de las aportaciones ($Z_{MK} = 1.12720379$); sólo al llegar al último segmento, 1997-2005, podemos observar mínimamente, en relación a los otros periodos un descenso, y no muy agudizado, en las aportaciones ($Z_{MK} = -0.10425721$)

Así podemos concluir que tras una primera fase, que abarca los 6 primeros años, de claro descenso en las aportaciones; en el resto de años, se producen aumentos paulatinos.

Para poder observar más claramente este fenómeno se expone a continuación un resumen de los datos obtenidos para cada periodo de tiempo antes definido.

SERIE SEGEMENTADA SEGÚN AUG	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
<u>1961-1967</u>	-13	44.333333	-0.619	0.071505	-1.8022543
1967-1969	3	3.666667	1	1	1.04446589
1969-1972	2	8.666667	0.333	0.7341	0.3396831
1972-1988	18	589.33333	0.132	0.48376	0.70027469
1988-1992	0	16.666667	0	1	0.24494895
1992-1997	7	28.333333	0.467	0.25966	1.12720379
1997-2005	-2	92	-0.0556	0.91697	-0.10425721

8.11 OCTUBRE

En el caso de octubre, vemos como se experimenta un ligero ascenso en lo que a características se refiere, así la media se sitúa en un valor de 4.776 Hm³, el valor máximo de las aportaciones de los meses de octubre se recogió en el año 1972 y fue de 9.947, por otro lado el valor mínimo fue de 1.143 Hm³ y se recogió recientemente, en el año 2005.

Para los meses de octubre que se han estudiado en el periodo 1961-2005, podemos aportar la siguiente gráfica (Figura 11.1) que cuenta con una línea de tendencia en color azul.

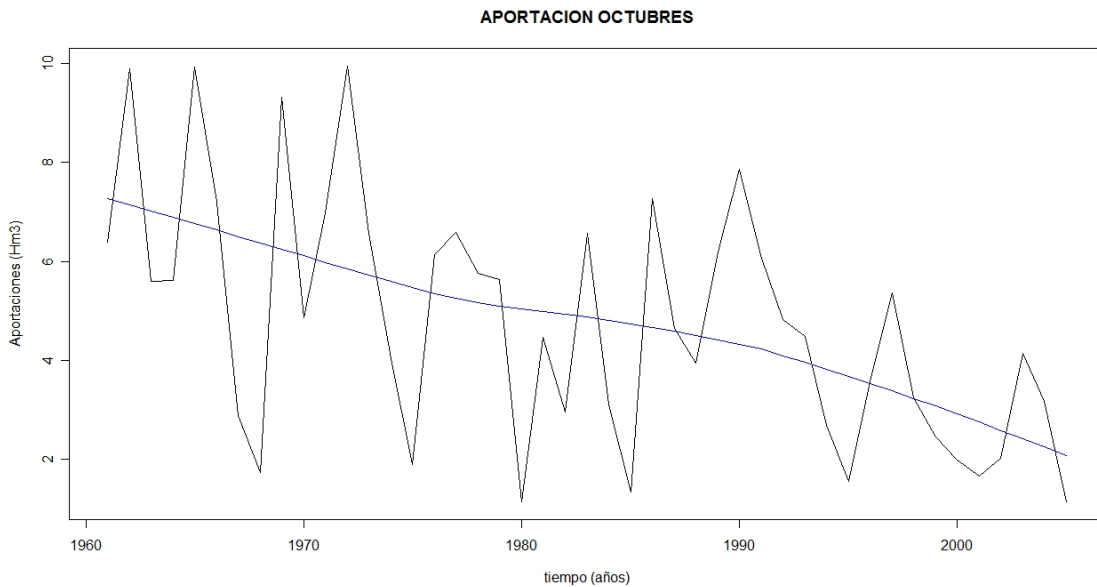


Figura 11.1

La línea de tendencia puede sernos muy útil para visualizar directamente el descenso que año a año han sufrido las aportaciones del mes de octubre; así podemos concretar que con un Z_{MK} de -3.59011135 aportado por el Test, es más que clara la tendencia a la baja de esta serie temporal.

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z _{MK}
OCTUBRE	-368	10450	-0.372	0.00033054	-3.59011135

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1964	1968	1971	1975	1982	1985	2005
------	------	------	------	------	------	------

Para que nos sea más fácil la contemplación de los segmentos que gracias a los puntos de cambio anteriores podemos estipular de la serie completa, vemos con líneas de diferentes colores los fragmentos que se han formado.

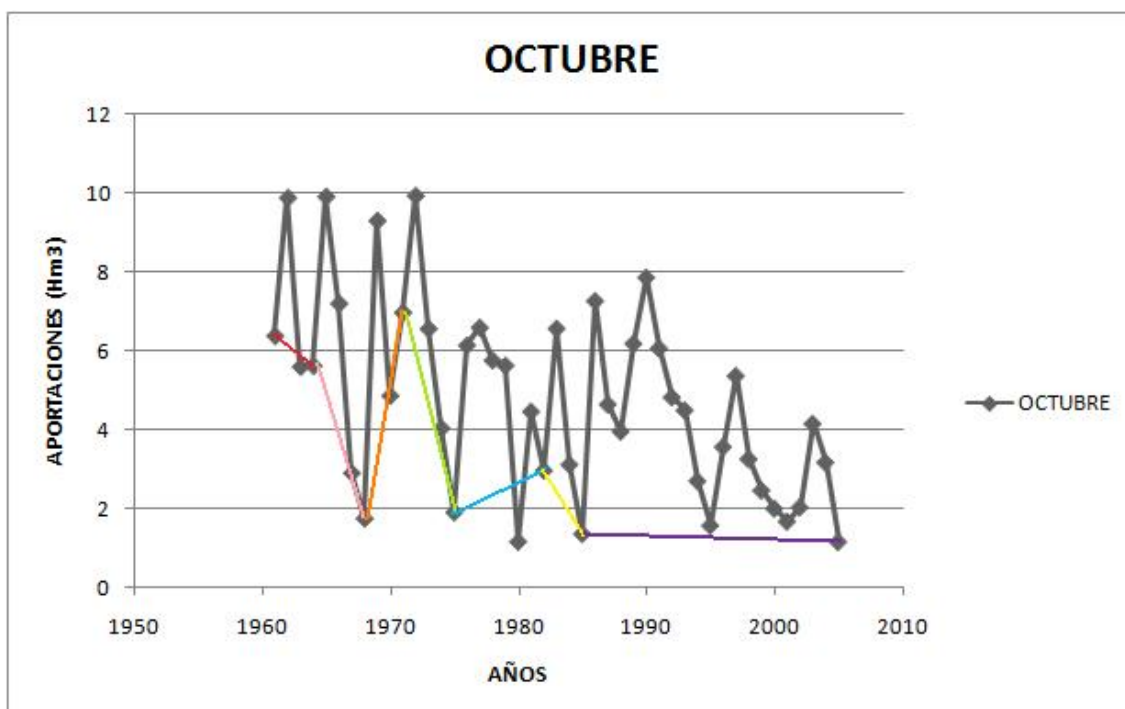


Figura 11.2

Como ya apuntamos anteriormente, la tendencia seguida por las aportaciones del mes de octubre es a la baja, y así como en la serie temporal, este hecho es constatado en las subseries que se han creado. Así se observa que en todos los segmentos la tendencia es de detrimento de las aportaciones, exceptuando el periodo 1968-1971, que sigue una tendencia positiva, aunque muy leve.

Si comenzamos por la primera subserie, 1961-1964, de color rojo, se observa una Z_{MK} de -0.3396831 que por su bajo valor podríamos catalogarla como de detrimento muy suave; en el siguiente tramo de color rosáceo, se sigue con la tendencia a la baja, pero esta vez se hace más notable el descenso sufrido en las aportaciones. Como ya se ha comentado con anterioridad, en el tramo 1968-1971 se invierte la tendencia, aunque no de forma muy notoria. Lo que si aparece con notoriedad es la tendencia descendente que se aprecia en la subserie 1971-1975 ($Z_{MK} = -1.71464265$). Para el siguiente segmento, de color azul en la figura 11.2, la tendencia sigue siendo la misma que en el anterior, es decir de descenso ($Z_{MK} = -1.11346118$). A continuación el descenso se ve mermado, es decir, Z_{MK} es de -0.3396831, para el periodo 1982-1985 de color amarillo en la figura 11.2; sin embargo es en el siguiente tramo donde la tendencia a la baja se agudiza más, ($Z_{MK} = -2.56673799$)

Para una mejor comprensión de los datos, a continuación se expone un resumen de lo antes explicado.

SERIE SEGEMENTADA SEGÚN AUG	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
1961-1964	-2	8.666667	-0.333	0.7341	-0.3396
1964-1968	-6	16.66667	-0.6	0.22067	-1.2247
1968-1971	2	8.666667	0.333	0.7341	0.3396
<u>1971-1975</u>	-8	16.66667	-0.8	0.08641	-1.714
1975-1982	-10	65.33334	-0.357	0.26551	-1.1134
1982-1985	-2	8.666667	-0.333	0.7341	-0.3396
<u>1985-2005</u>	-86	1096.667	-0.41	0.010266	-2.5667

8.12 NOVIEMBRE

Siguiendo con la dinámica del mes anterior, la media de aportaciones de los meses de noviembre asciende un poco más hasta 6.831 Hm^3 , además el valor máximo se registró hacia el año 1972 que fue de unos 22.75 Hm^3 , en contrapunto, la mínima aportación de los meses de octubre fue en el año 1983 cuya cantidad fue de 0.5702 Hm^3

Para una representación gráfica de los datos de aportaciones de los meses de noviembre de los 45 años en estudio, se ha elaborado la siguiente gráfica (Figura 12.1), que muestra además una línea de tendencia.

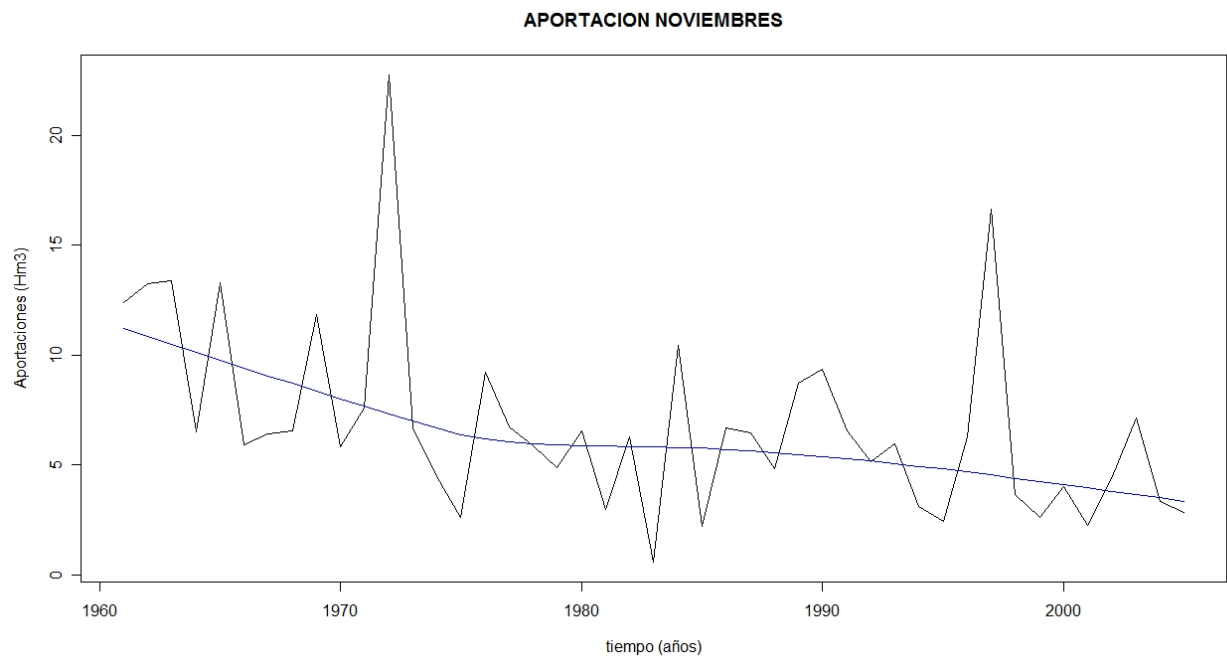


Figura 12.1

Aunque el carácter descendente en la línea de tendencia de la Figura 12.1 es claro, pasaremos a definir mejor esta tendencia gracias al Test de Mann-Kendall. Así en la siguiente tabla se ven resumidos los principales valores arrojados por el Test, y nos pararemos a evaluar la Z_{MK} de la serie completa, que en este caso es de -3.3162064 , lo que corrobora esa tendencia a la baja y además de forma pronunciada para el periodo de 45 años estudiado.

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z _{MK}
NOVIEMBRE	-340	10450	-0.343	0.00091248	-3.3162064

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1970	1972	1988	1995	1997	2005
------	------	------	------	------	------

Con los puntos anteriores se ha confeccionado la siguiente gráfica (Figura 12.2), donde aparecen superpuestas las líneas que marcan los distintos tramos en colores diferentes, y que se estudiarán por separado más adelante.

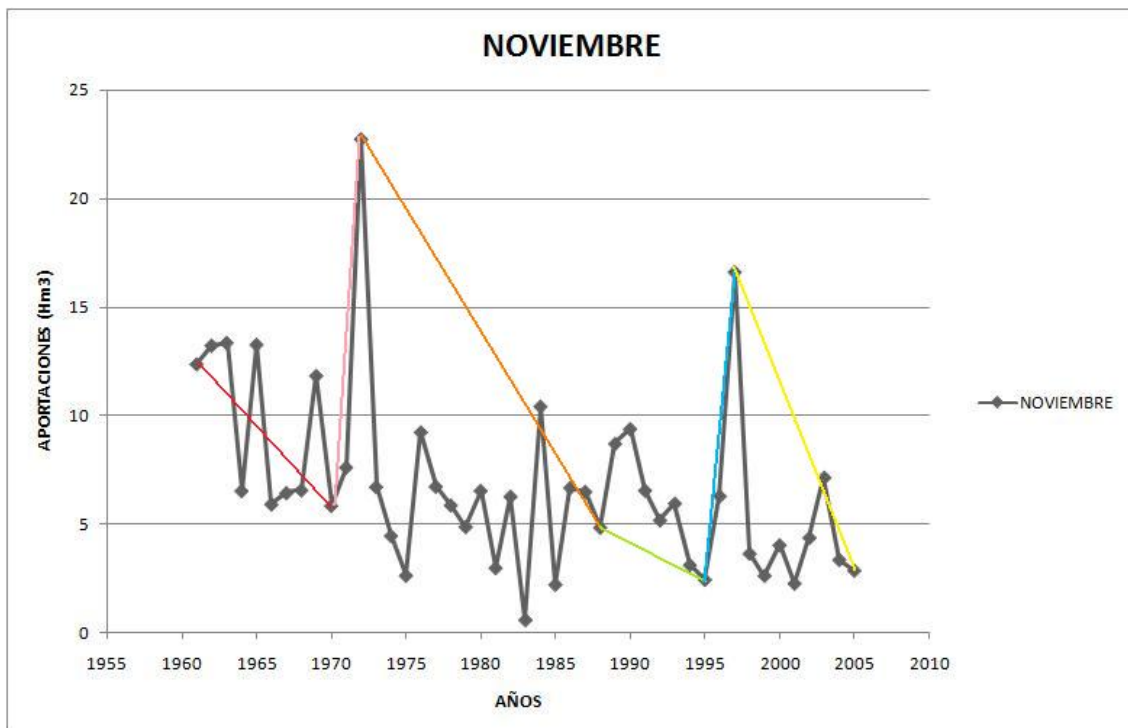


Figura 12.2

A continuación pasaremos a comentar los distintos tramos que se han obtenido de la serie de aportaciones completa. Así encontramos en la primera subserie, un claro descenso ($Z_{MK} = -1.43108351$) este tramo comprende los valores de los años 1961-1970 representado con color rojo en la **Figura 12.2**. Para el tramo de color anaranjado, 1972-1988 se sigue con esta tendencia a la baja ($Z_{MK} = -1.11220098$). Sin embargo esta tendencia se invierte para el periodo 1988-1995 de color verde donde se aprecia un ligero ascenso en las aportaciones ($Z_{MK} = 0.26490647$). Aunque otra vez vuelve a aparecer un detrimento durante los años comprendidos entre el 1997 y 2005, en la **Figura 12.2** el periodo en color amarillo ($Z_{MK} = -0.52128604$)

En la siguiente tabla-resumen se encuentran los principales datos aportados desde el Test de Mann-Kendall.

SERIE SEGEMENTADA SEGÚN AUG	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
<u>1961-1970</u>	-17	125	-0.378	0.15241	-1.43108351
1970-1972	3	3.666667	1	1	1.04446589
1972-1988	-28	589.3333	-0.206	0.26605	-1.11220098
1988-1995	3	57	0.124	0.79108	0.26490647
1995-1997	3	3.666667	1	1	1.04446589
1997-2005	-6	92	-0.167	0.60217	-0.52128604

8.13 DICIEMBRE

Para el mes de diciembre, se ha calculado una aportación media de 10.28 Hm^3 , así vemos un ascenso de este valor con respecto al mes anterior. Además, el valor máximo también es superior al valor obtenido en el mes de noviembre, y se sitúa en 40.430 Hm^3 que se recogió hacia el año 1976, el valor mínimo fue de 2.895 Hm^3 y se registró en el año 1994.

En la siguiente gráfica apreciamos la distribución de las cantidades aportadas en los meses de diciembre de los 45 años estudiados. Además aparece la línea de tendencia que define a la serie completa.

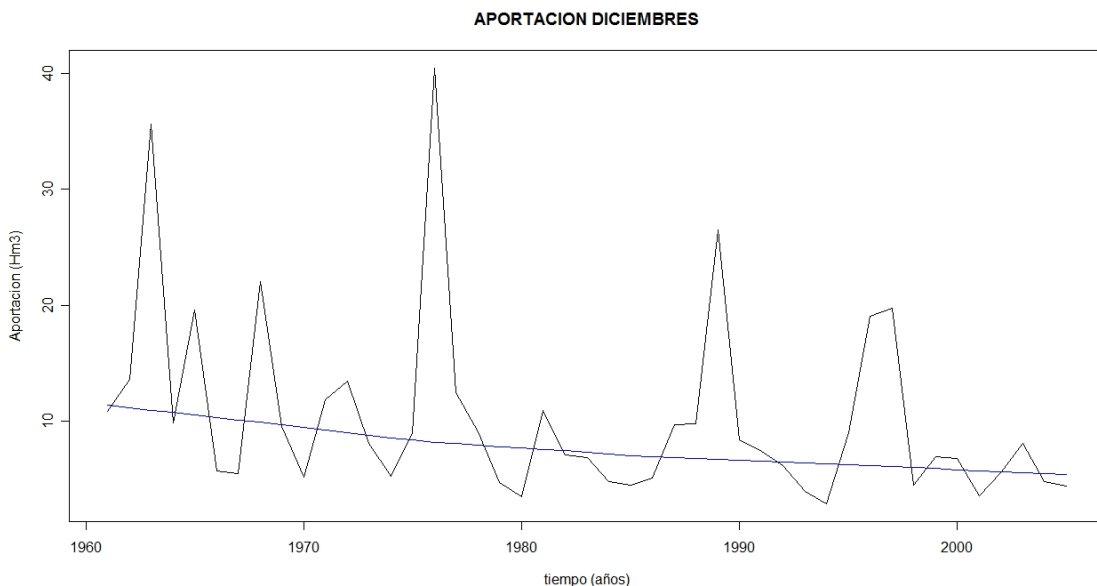


Figura 13.1

En la siguiente tabla aparecen los datos más significativos aportados por el Test, entre ellos cabe destacar la Z_{MK} que para este periodo es de -2.94447825, un valor que nos da una idea sobre el carácter de la serie; para este caso se observa claramente una rotunda tendencia a la baja.

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z _{MK}
DICIEMBRE	-302	10450	-0.305	0.003235	-2.94447825

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1963	1965	1968	1975	1977	1987	1989	1994	1997	2005
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Con los puntos de cambio anteriores nos vemos en la necesidad de elaborar la siguiente gráfica, donde se ven expresados los distintos segmentos, gracias a las líneas de colores que los definen.

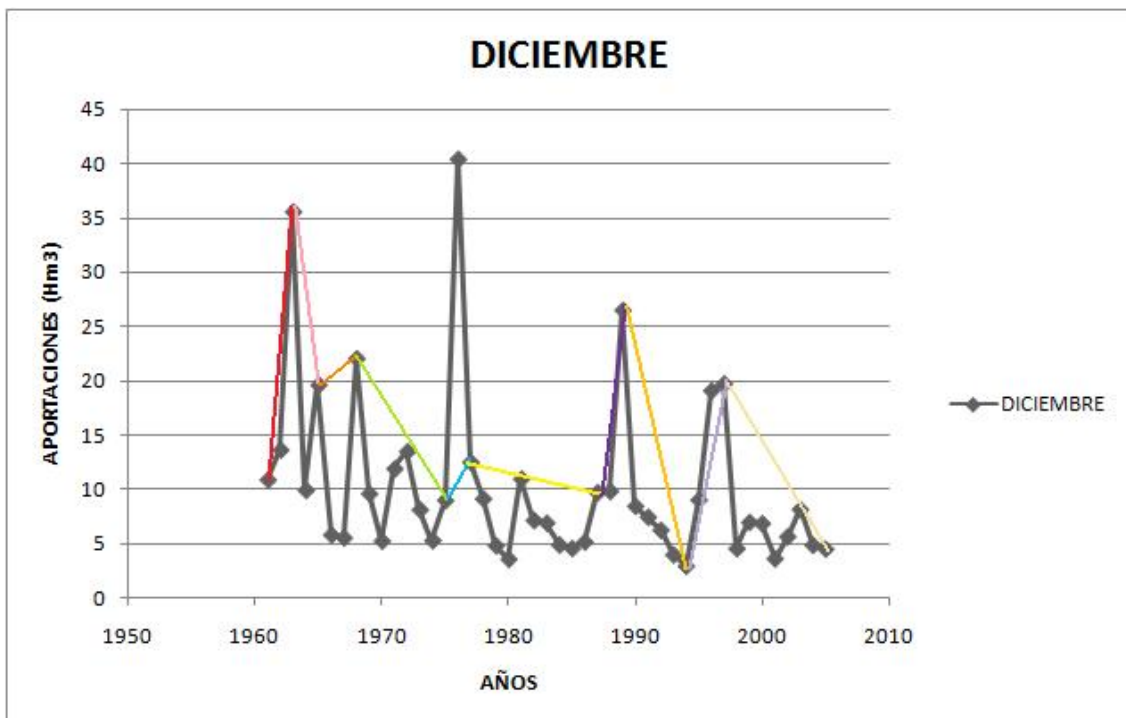


Figura 13.2

Para la serie temporal de los meses de diciembre, se han obtenido, como ya se ha apreciado anteriormente, 10 subseries de las cuales verdaderamente significativas sólo son cinco, y que pasaremos a detallar inmediatamente.

La primera de ellas la encontramos en el periodo 1968-1975, que en la **figura 13.2** tiene un color verde, su Z_{MK} es de -0.86602536 que define una tendencia descendente para este tramo. En el caso del periodo 1977-1987 de color amarillo, se sigue con la tendencia descendente (Z_{MK} igual a -0.778498), pero es en el tramo 1989-1994 donde la tendencia a la baja se agudiza más, con un valor de Z_{MK} de -2.63014218, sin embargo en el año 1994 se produce un cambio de tendencia, en la que ésta se vuelve positiva ($Z_{MK} = 1.69841552$); aunque en el segmento inmediatamente posterior, 1997-2005, se vuelve a recuperar una tendencia decreciente ($Z_{MK} = -1.14682928$)

En la siguiente gráfica aparecen de forma esquematizada todos los índices obtenidos a partir del Test de Mann-Kendall para las distintas subseries derivadas de la serie de aportaciones completa.

SERIE SEGEMENTADA SEGÚN AUG	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
1961-1963	3	3.666667	1	1	1.04446589
1963-1965	-1	3.666667	-0.333	1	0
1965-1968	0	8.666667	0	1	0
1968-1975	-8	65.33334	-0.286	0.38648	-0.86602536
1975-1977	1	3.666667	0	1	0
1977-1987	-11	165	0.2	0.43627	-0.77849894
1987-1989	3	3.666667	1	1	1.04446589
<u>1989-1994</u>	-15	28.333333	-1	0.008535	-2.63014218
<u>1994-1997</u>	6	8.666667	1	0.08943	1.69841552
1997-2005	-12	92	-0.333	0.25145	-1.14682928

A continuación pasamos a realizar un análisis de carácter estacional; así hemos obtenido los estadísticos de Mann-Kendall para las cuatro estaciones, primavera, verano, otoño e invierno.

8.14 PRIMAVERA

Para la estación primaveral, se ha obtenido una aportación media anual de 31.46 Hm^3 ; la aportación máxima se registró en la primavera del año 1978 y fue de 75.353 Hm^3 , por otra parte la mínima aportación fue de 5.952 que se produjo en el año 1994.

En la siguiente gráfica de la figura 14.1, podemos ver representados las aportaciones que año a año se han producido durante los meses que dura la estación primaveral. Junto con su línea de tendencia en color azul.

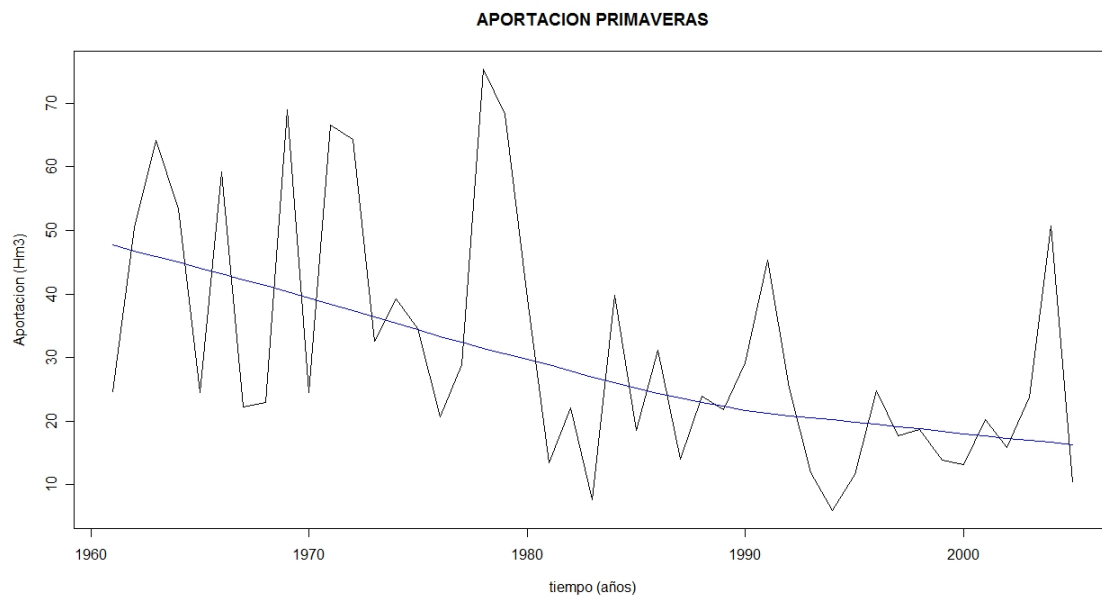


Figura 14.1

Los datos que aporta el Test de Mann-Kendall son muy clarificadores, el valor de Z_{MK} de -3.59011135 , nos da la idea de que en todo el periodo

estudiado de los 45 años, durante la estación de primavera, se ha ido produciendo un detrimento paulatino en las aportaciones al Embalse del Talave. Así podemos observar otros estadísticos arrojados por el Test en la siguiente tabla que se adjunta.

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
PRIMAVERA	-368	10450	-0.372	0.00033054	-3.59011135

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1963	1968	1970	1977	1981	2005
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Gracias a los puntos de cambio calculados anteriormente se ha elaborado el siguiente gráfico; delimitando a través de líneas de colores los distintos segmentos a estudiar posteriormente.

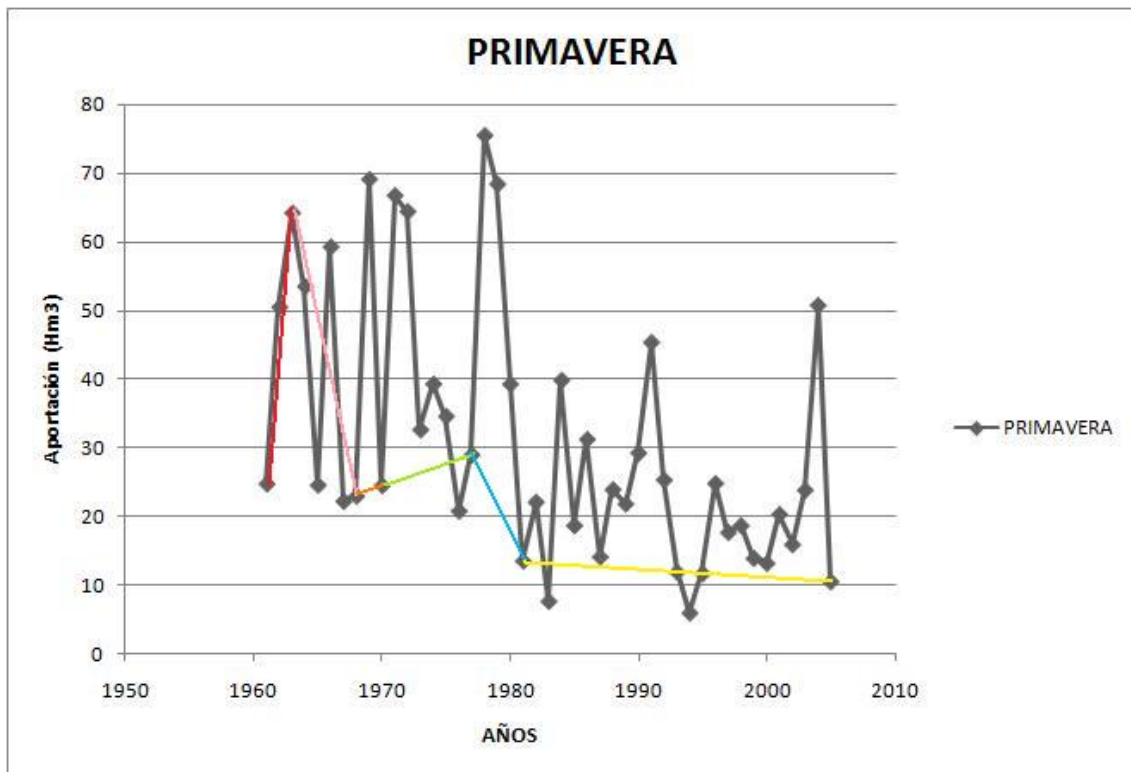


Figura 14.2

Así los tramos que hemos identificado se especifican seguidamente. Para comenzar, tenemos la primera subserie significativa en el tramo 1963-1968, representada en la **Figura 14.2** con una línea rosácea, así su Z_{MK} indica un claro descenso en las aportaciones, y es de -1.50293839. Para el tramo 1970-1977, se sigue con la dinámica del descenso, con un Z_{MK} de -1.113461. En los dos tramos siguientes, la tendencia a la baja se hace más suave, tal es el caso del periodo 1977-1981 definido mediante una línea de color azul, y el periodo 1981-2005, amarillo en la figura 14.2 con una Z_{MK} de -0.44374444.

En la siguiente tabla resumimos los valores más destacados del Test de Mann-Kendall, resaltando los valores de Z_{MK} , tan útiles en nuestro estudio.

SERIE SEGEMENTADA SEGÚN AUG	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
1961-1963	3	3.666667	1	1	1.04446589
<u>1963-1968</u>	-9	28.333333	-0.6	0.13285	-1.50293839
1968-1970	1	3.666667	0.333	1	0
1970-1977	-10	65.333334	-0.357	0.26551	-1.11346118
1977-1981	-4	16.666667	-0.4	0.46243	-0.73484685
1981-2005	-20	1833.333	-0.0667	0.65723	-0.44374444

8.15 VERANO

La época de estío es la que obtiene los niveles más bajos de aportación; así cuenta con una aportación media de 9.969 Hm^3 ; en el año 1979 no se registró ninguna aportación al embalse, el máximo se observó en el año 1971, y fue de 26.7 Hm^3 .

En la **figura 15.1** se recogen los valores de aportaciones que se efectuaron a lo largo de los 45 años hacia el Embalse del Talave durante los meses de estío. Superpuesta a esta gráfica aparece la línea de tendencias de la serie completa.

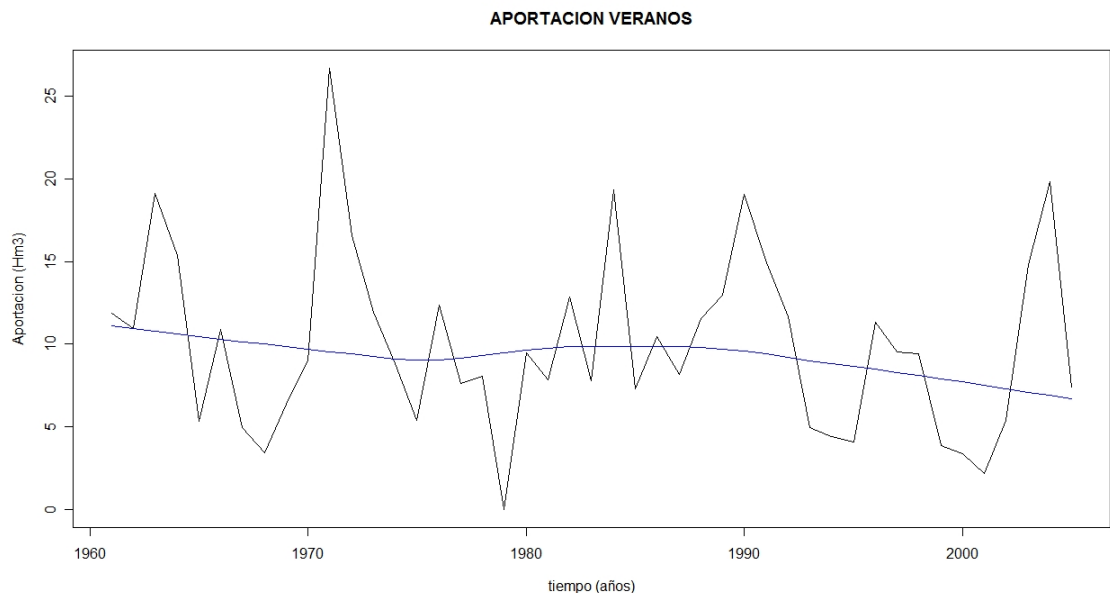


Figura 15.1

A continuación se especifica los estadísticos de Mann-Kendall para la serie completa, que en este caso nos reporta una Z_{MK} de -1.08583749 indicando en este caso una tendencia decreciente en los valores de aportaciones.

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	ZMK
VERANO	-112	10450	-0.113	0.27755	-1.08583749

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1970	1973	1989	1995	2002	2005
------	------	------	------	------	------

Con los puntos de cambio anteriores se han realizado los distintos tramos en colores representativos.

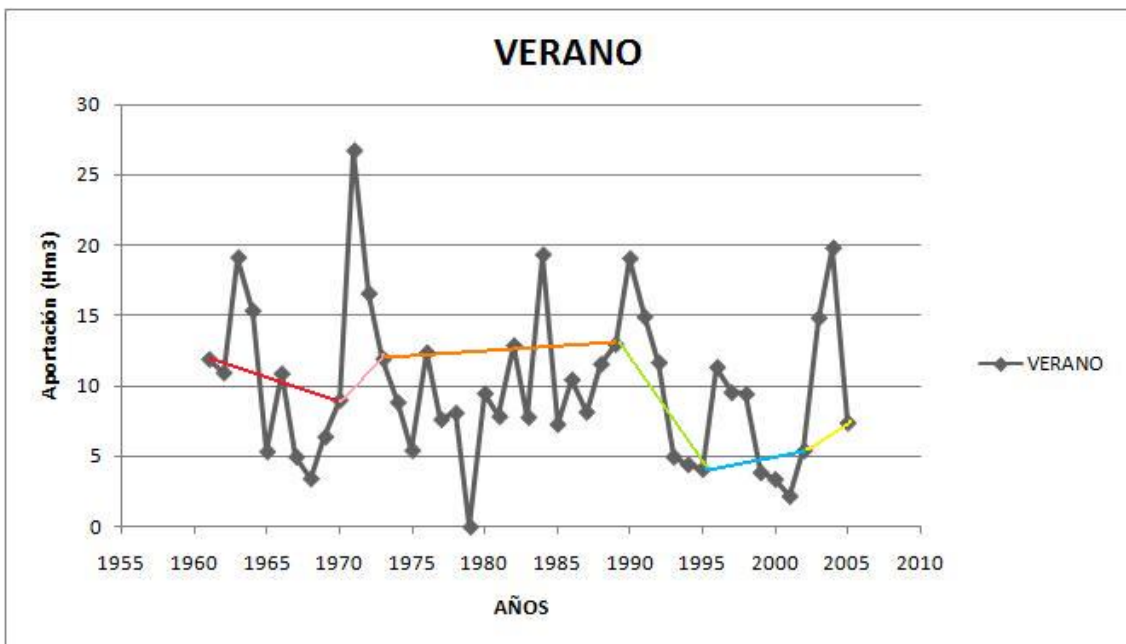


Figura 15.2

La serie completa se ha dividido en 6 tramos, el primero de ellos definido mediante una línea roja en la **Figura 15.2**, posee un Z_{MK} de -1.78885438, que confirma la tendencia decreciente de las aportaciones en este segmento.

Para el segmento definido por la línea anaranjada en la figura anterior se observa un posible aumento en las aportaciones, así tenemos un Z_{MK} para él de 1.02981572. Sin embargo es en el siguiente periodo cuando se inicia un cambio en la tendencia, así pasa de ser creciente a convertirse en decreciente a partir del año 1989, muestra de ello se aprecia gracias al Z_{MK} del periodo 1989-1995 que es de -2.40300573, así esta tendencia es secuenciada en la subserie posterior, de color azul en donde su Z_{MK} sigue siendo negativa y adquiere el valor de -1.60833281.

En la recta final de la serie se aprecia un leve aumento de las aportaciones es el caso del tramo de color amarillo que representa al periodo 2002-2005 ($Z_{MK} = 0.3396831$).

A continuación, se expresa de manera esquemática los valores que han sido calculados gracias al Test de Mann-Kendall para los tramos en cuestión.

SERIE SEGEMENTADA SEGÚN AUG	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
<u>1961-1970</u>	-21	125	-0.467	0.073638	-1.78885438
1970-1973	0	8.666667	0	1	0
1973-1989	26	589.3333	0.191	0.3031	1.02981572
<u>1989-1995</u>	-17	44.33333	-0.81	0.016261	-2.40300573
<u>1995-2002</u>	-14	65.33334	-0.5	0.10776	-1.60833281
2002-2005	2	8.666667	0.333	0.7341	0.3396831

8.16 OTOÑO

En los meses de otoño, la situación comienza a dar un cambio; así el valor medio asciende a una cantidad de 14.480 Hm^3 , el máximo de aportación para los meses de otoño se registró hacia el año 1972 y fue de 40.150 Hm^3 , por otro lado el mínimo fue de 4.88 Hm^3 y se observó para el año 1985.

En la siguiente gráfica (**figura 16.1**) podemos observar la distribución de las aportaciones efectuadas en el tramo 1961-2005, exclusivamente en la temporada otoñal. Así se ve claramente reflejada una línea que marca la tendencia en color azul.

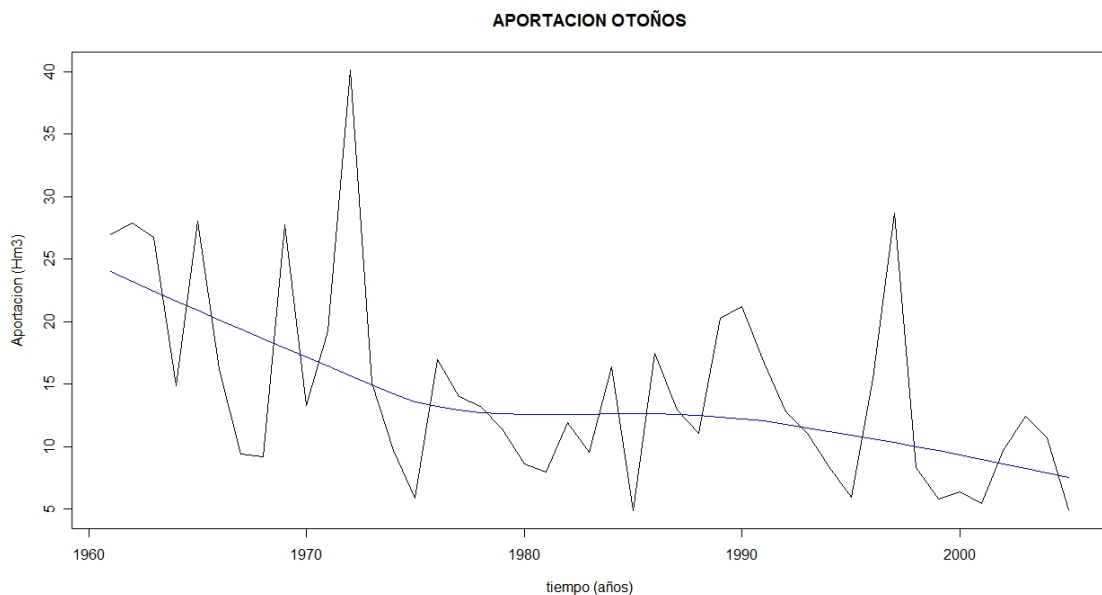


Figura 16.1

Aunque a partir de la gráfica anterior y su línea de tendencia correspondiente se ve claramente reflejado el marcado carácter descendente, el Test de Mann-Kendall nos proporciona la herramienta adecuada de confirmación de dichas hipótesis, así se ha obtenido un Z_{MK} de -3.29664176 que corrobora lo ya dicho. Así en la tabla siguiente se esclarece por completo todos los datos significativos del Test.

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	ZMK
OTOÑO	-338	10450	-0.341	0.00097848	-3.29664176

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1968	1970	1972	1988	1995	1997	2005
------	------	------	------	------	------	------

Para aportar claridad y ser más concisos se han representado los tramos pertenecientes a la serie de otoño, diferenciando los distintos tramos o segmentos con líneas de colores.

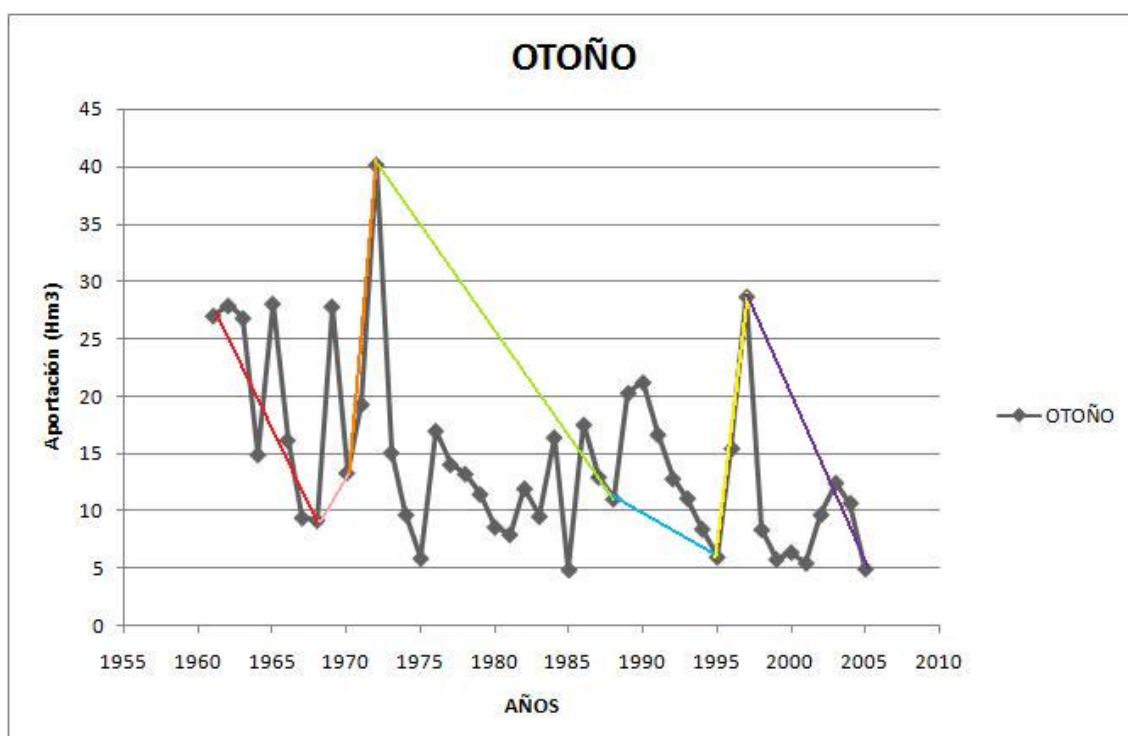


Figura 16.2

En la siguiente tabla-resumen, vemos el valor de los estadísticos más representativos del Test, dentro de los cuales, la Z_{MK} nos da idea de la tendencia seguida por las aportaciones en cada tramo escogido.

SERIE SEGMENTADA SEGÚN AUG	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z_{MK}
1961-1968	-16	65.33334	-0.571	0.063487	-1.85576863
1968-1970	1	3.666667	0.333	1	0
1970-1972	3	3.666667	1	1	1.04446589
1972-1988	-24	589.3333	-0.176	0.34342	-0.94743046
1988-1995	-16	65.33334	-0.571	0.063487	-1.85576863
1995-1997	3	3.666667	1	1	1.04446589
1997-2005	-6	92	-0.167	0.60217	-0.52128604

Como aparece en la tabla, en el primer segmento, de color rojo en la figura 16.2, perteneciente al periodo 1961-1968, la tendencia que siguen las aportaciones al Embalse del Talave es claramente decreciente ($Z_{MK} = -1.85576863$); lo mismo ocurre para el tramo 1972-1988, de color verde, ($Z_{MK} = -0.94743046$). Siguiendo con esta tendencia encontramos el tramo 1988-1995 ($Z_{MK} = -1.85576863$). Y por último la tendencia decreciente se suaviza para el segmento 1997-2005 ($Z_{MK} = -0.52128604$).

8.17 INVIERNO

El ascenso de valores llega a su estado máximo para los meses invernales, es aquí donde se registran tanto las aportaciones medias máximas, que son para cada año de unos 38.62 Hm³, como el valor máximo de aportaciones al Embalse del Talave para todas las estaciones, que se recogió en el invierno del año 1976 y ascendió a una cantidad de 114.9 Hm³; en contraposición, el valor mínimo fue de 7.632 Hm³ que fue observado hacia el año 1980.

Con el siguiente gráfico (figura 17.1) se pretende establecer una clara identificación de la distribución seguida por las aportaciones durante los meses invernales concentrados en la estación con el mismo nombre, a lo largo del periodo 1961-2005. A parte se puede comprobar una línea de tendencia en color azul.

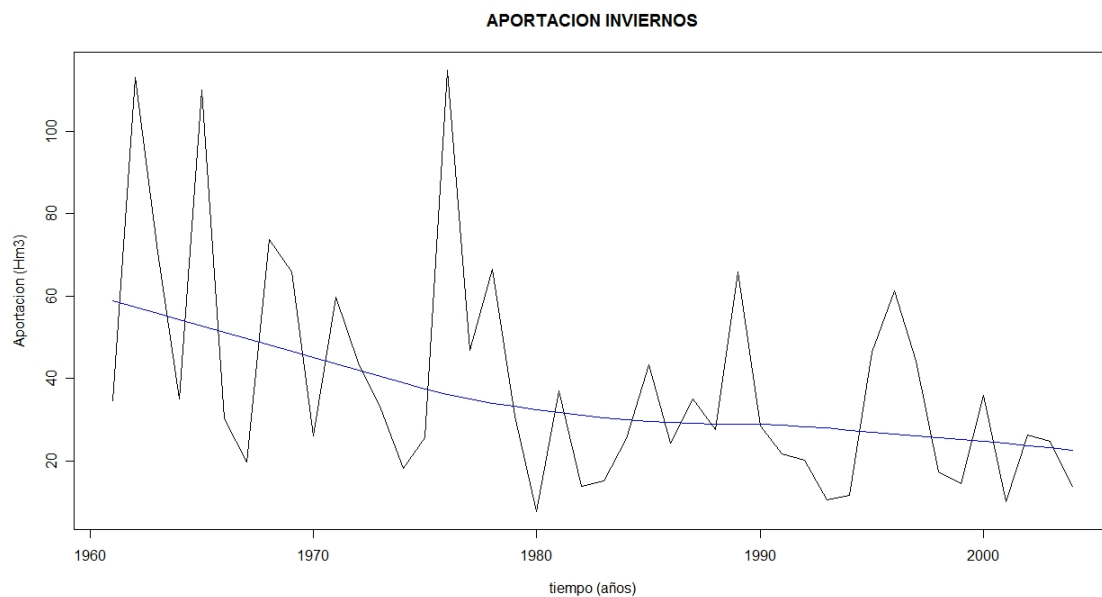


Figura 17.1

A parte de esa línea de tendencia, el Test de Mann-Kendall nos proporciona un valor claro que marca dicha tendencia, así, con un Z_{MK} de -3.1253071, se ve más que claro, la línea seguida a lo largo de

estos 44 años. Además pasaremos a analizar más exhaustivamente cada tramo diferenciado derivado de la serie completa de aportaciones de la estación invernal. En la siguiente tabla se resumen los datos aportados por Mann-Kendall.

SERIE	ESTADISTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	ZMK
INVIERNO	-310	9775.333	-0.328	0.0017762	-3.1253071

A continuación se recogen los distintos puntos de cambio de tendencias, en la serie anual, aportados por el algoritmo AUG.

1962	1964	1967	1975	1980	1994	2004
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Gracias a los puntos que anteriormente se han calculado ha sido posible la confección de la siguiente gráfica (**figura 17.2**) en la que se recogen gráficamente los distintos segmentos diferenciados por líneas de colores.

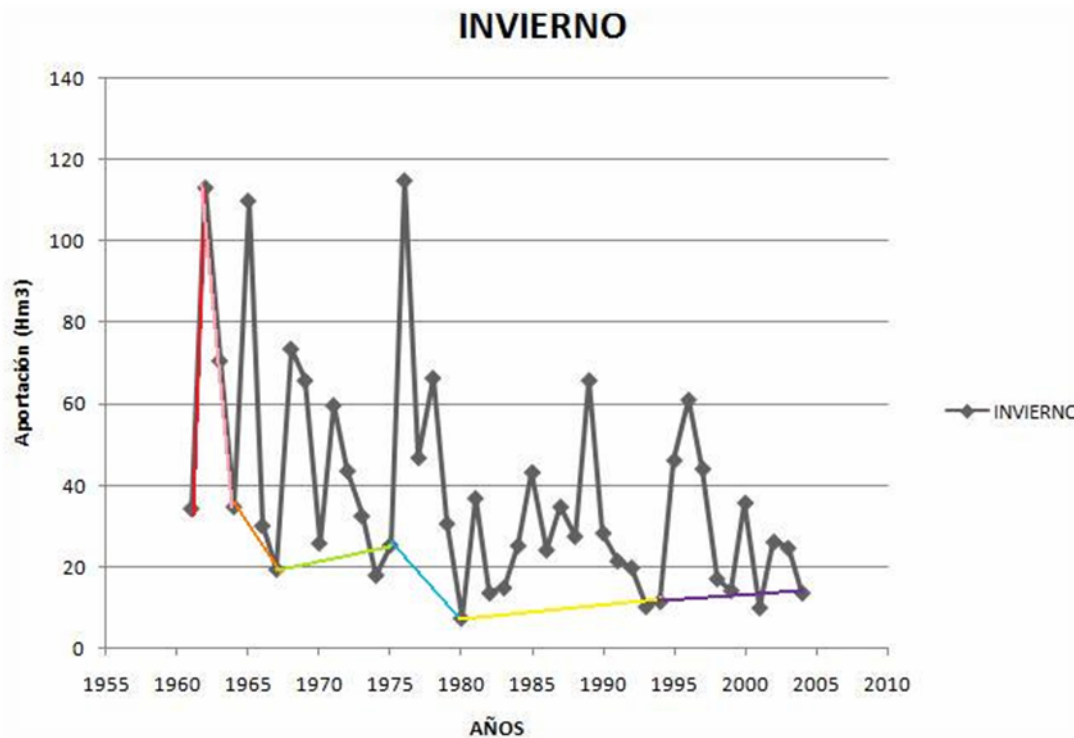


Figura 17.2

En la siguiente tabla se recogen los datos estadísticos para cada tramo de la serie completa que nos ha proporcionado el Test de Mann-Kendall.

SERIE SEGMENTADA SEGÚN AUG	ESTADÍSTICOS DE MANN-KENDALL				
	Score	Var(Score)	Tau	p-value	Z _{MK}
1961-1962	1	-----	1	1	-----
1962-1964	-3	3.666667	-1	1	-1.04446589
1964-1967	-4	8.666667	-0.667	0.30818	-1.01904931
<u>1967-1975</u>	-14	92	-0.389	0.17531	-1.35534369
1975-1980	-5	28.33333	-0.333	0.45237	-0.75146919
1980-1994	-7	408.3333	-0.0667	0.76653	-0.29692301
<u>1994-2004</u>	-25	211.6667	-0.382	0.09902	-1.64962402

La dinámica de cada uno de los tramos analizados es de clara disminución. Para el segmento 1964-1967, de color anaranjado en la **figura 17.2**, la Z_{MK} tiene un valor de -1.01904931, en el siguiente segmento también se cumple lo anterior, el fragmento 1967-1975 posee un Z_{MK} de -1.35534369. Continuando con esta tendencia, en el tramo 1975-1980 este detrimento se hace más suave ($Z_{MK} = -0.75146919$) y en el caso del periodo 1980-1994 de color amarillo en la **figura 17.2**, la tendencia es aun más leve ($Z_{MK} = -0.29692$). Sin embargo es en el último segmento, 1994-2004, donde existe una tendencia más que clara de decremento de las aportaciones ($Z_{MK} = -1.64962402$)

9 DISCUSIONES SOBRE LOS DATOS OBTENIDOS

Pasaremos ahora a realizar un análisis comparativo de los valores de precipitaciones y aportaciones al Embalse el Talave. Así hemos escogido las series temporales que caracterizan mejor el comportamiento real del sistema como son las series de precipitaciones y aportaciones totales anuales, precipitaciones y aportaciones recogidas durante los meses que dura la primavera a lo largo de los 45 años en estudio; las precipitaciones y aportaciones de los periodos de verano desde 1961 hasta 2005; así como las precipitaciones y aportaciones a la cuenca durante la época otoñal; y por último, las precipitaciones y aportaciones del invierno durante los 45 años.

En las gráficas que adjuntamos a continuación se han representado des series distintas, con escalas y unidades de valores diferentes, así cada una de las gráficas posee su propio eje que queda especificado, junto a las unidades correspondientes gracias a los rótulos en los ejes.

En primer lugar contamos con la confrontación de las series de precipitaciones y aportaciones anuales (Figura 1); como se puede observar en la gráfica, entre los años 1981 y 1987, la tendencia seguida por ambas series es muy similar, incluso este parecido también aparece representado en los últimos años de las series hacia el año 1997 hasta el final de los años de estudio. Es más en e inicio cuando la relación precipitación-aportación es algo más difusa.

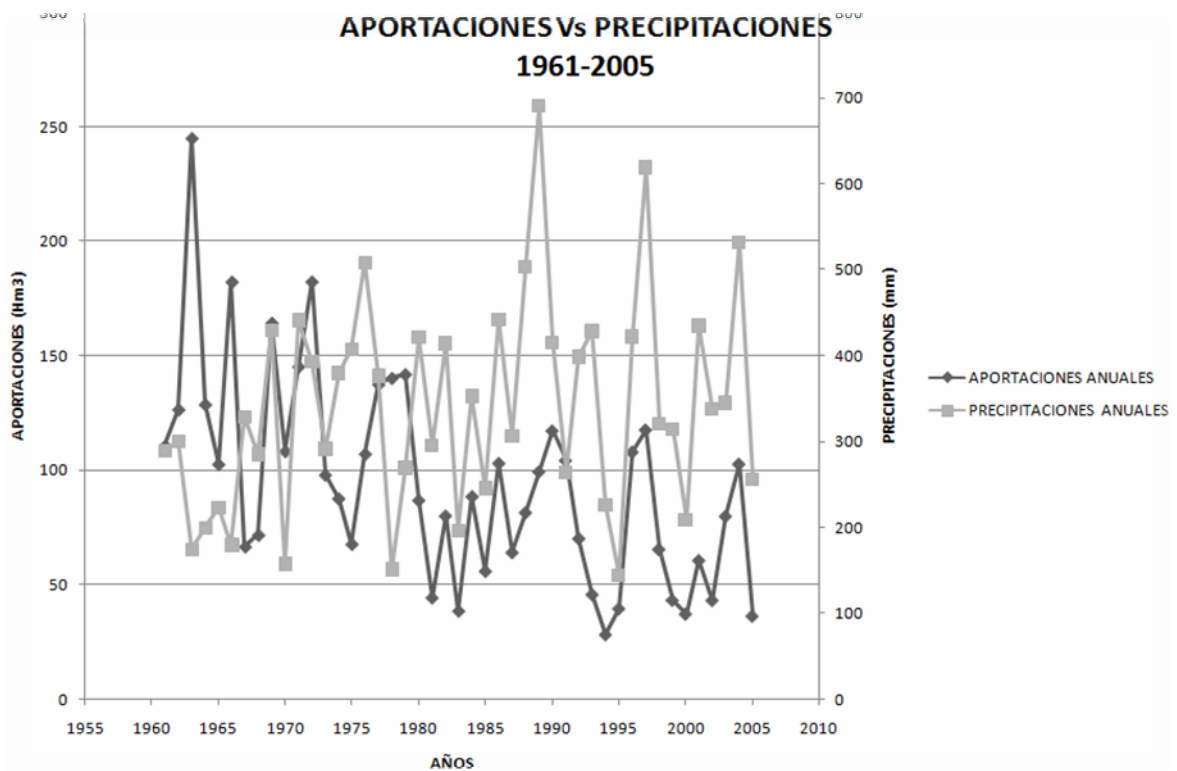


Figura 1

Así el descenso que pudimos constatar en las aportaciones al Embalse del Talave gracias al Test de Mann Kendall para el periodo 1997-2005 ($Z_{MK} = -0.72989$) puede ser explicado por la falta de precipitaciones que hubo en tal época.

A continuación en la **figura 2** podemos divisar en el mismo gráfico las series de precipitaciones y aportaciones al embalse que se han producido en las primaveras de los 45 años.

En este caso, los únicos periodos que parecen coincidir precipitaciones y aportaciones son los años comprendidos entre 1981 y 1987, y también algo en la recta final de las series, a partir del año 2001 hasta el final.

Así podemos ver la similitud entre la serie anteriormente analizada, la de las precipitaciones y aportaciones anuales, donde estos periodos (1981-1987 y 2001-2005) presentaban también una tendencia conjunta clara.

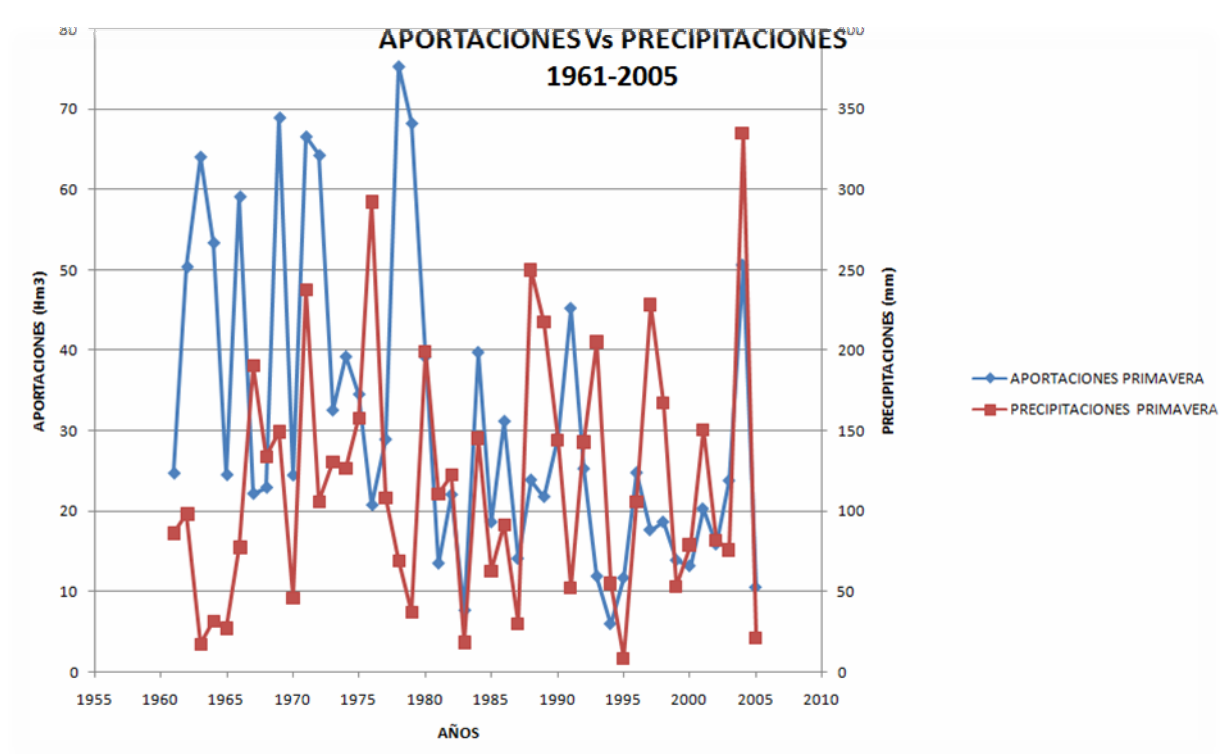


Figura 2

En la **figura 3**, podemos contemplar las series de precipitaciones y aportaciones en los meses de verano, a la cuenca en la misma gráfica.

En este caso, las precipitaciones y aportaciones sólo guardan algo de relación para los primeros años de estudio, pero en el resto de la serie, las semejanzas son casi inexistentes.

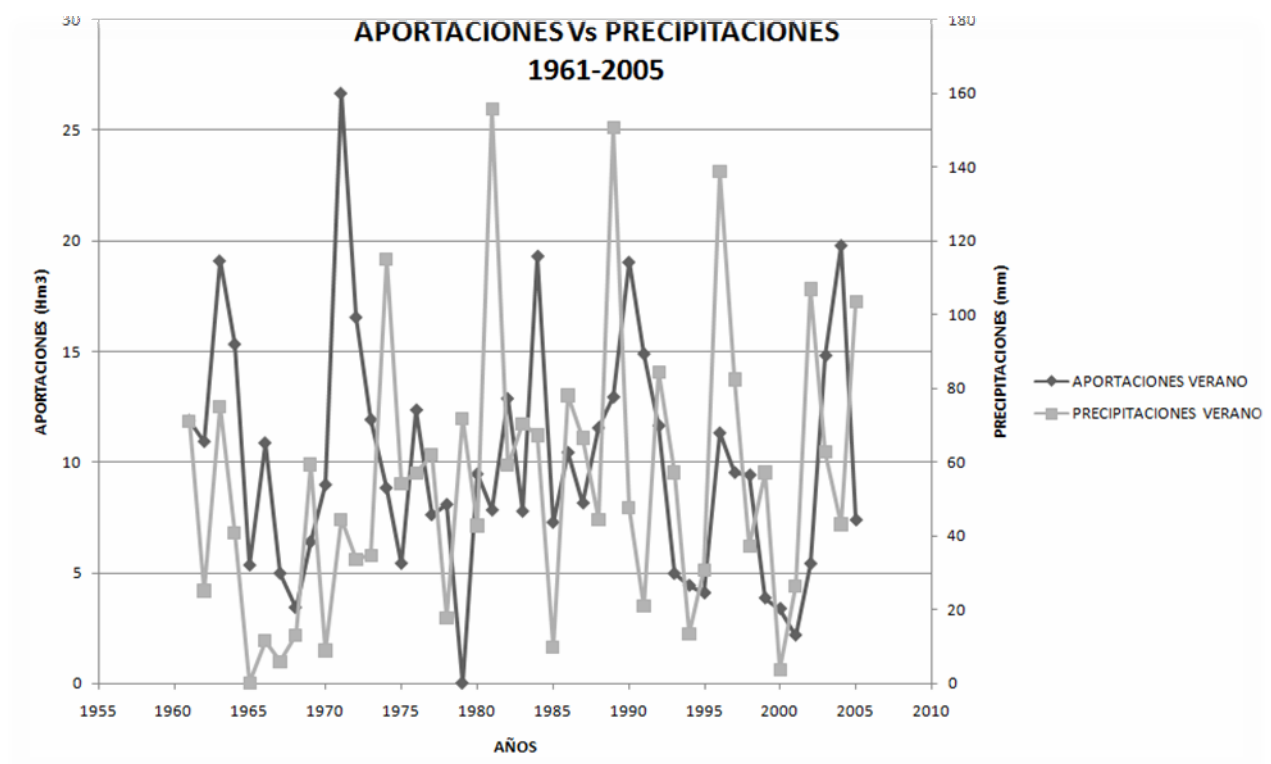


Figura 3

Para la gráfica siguiente, **figura 4**, donde aparecen datos de precipitaciones y aportaciones de la estación otoñal, los años de inicio de las series, guardan gran semejanza. Se podría decir que desde el primer año, 1961, hasta el 1973, las tendencias seguidas por ambas series podrían considerarse como idénticas, y las fluctuaciones que se aprecian, así lo demuestran.

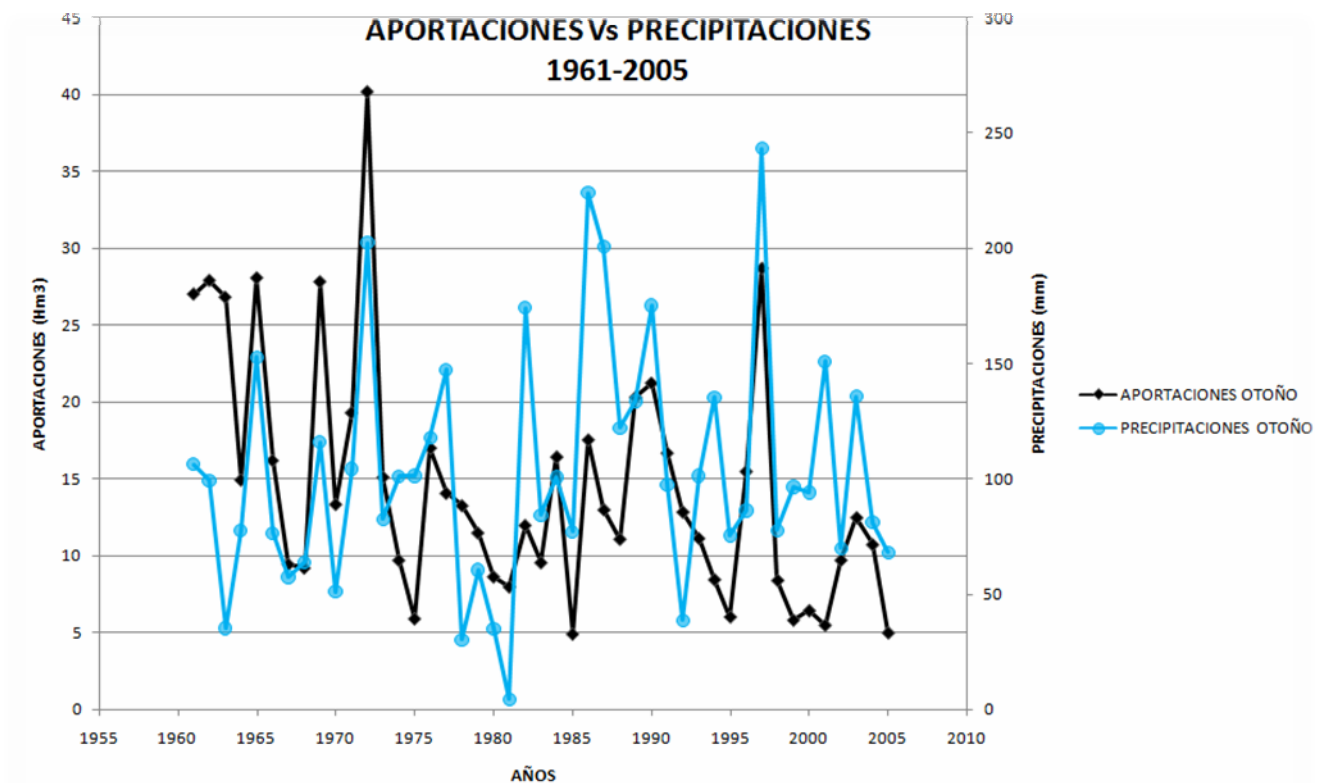


Figura 4

Como ya se indicó con anterioridad, el tramo de las aportaciones que va desde 1983 hasta 1968, tiene un marcado carácter decreciente ($Z_{MK} = -1.502938$), que se puede observar con claridad en la figura 4, en el caso de las precipitaciones el valor que el Test de Mann-Kendall nos proporcionó para dicho periodo nos indica una tendencia decreciente, pero en este caso de valor más leve, ($Z_{MK} = -0.46709937$)

Seguidamente se ofrece la gráfica donde aparecen representados tanto la serie de aportaciones como la de precipitaciones, para la época invernal de los 45 años en estudio. En la **figura 5**, podemos observar que a partir de la segunda mitad de la serie, precipitaciones, y aportaciones sufren idénticos cambios.

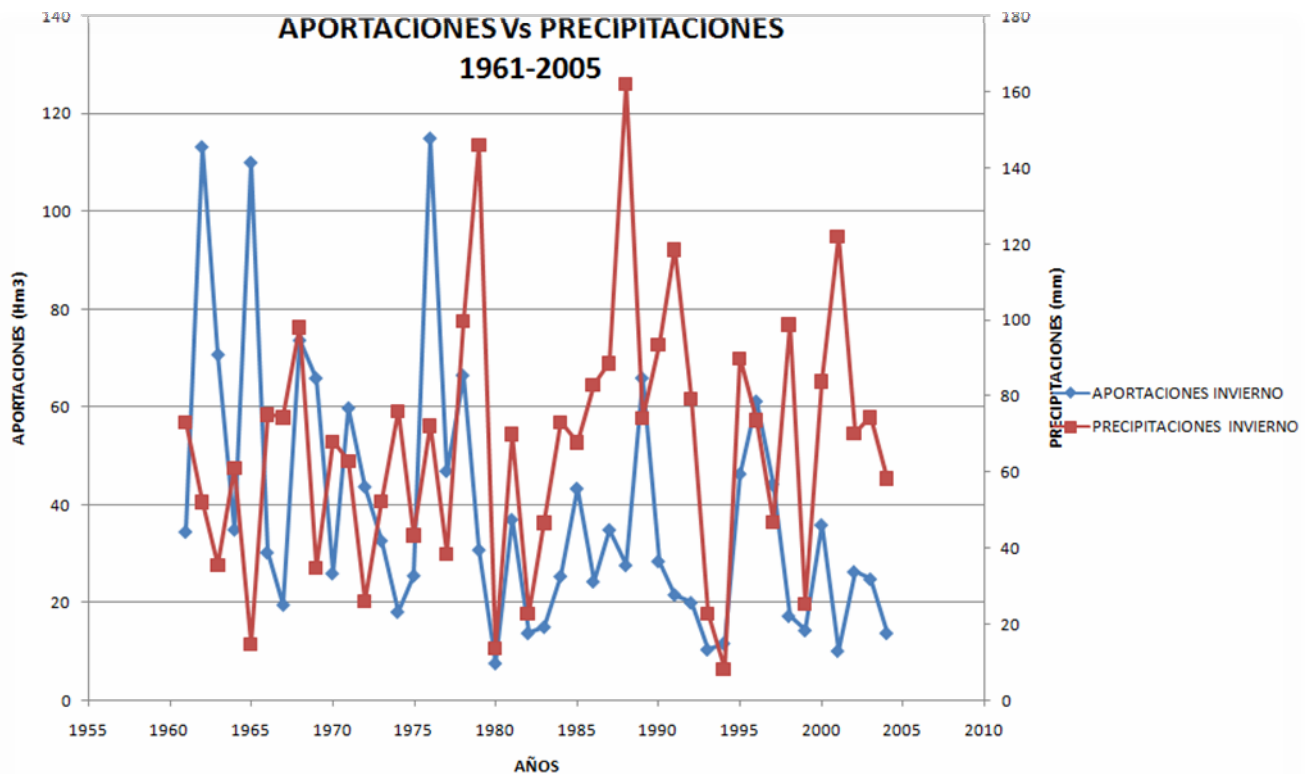


Figura 5

Más exactamente, como se puede observar en la **figura 5**, a partir del año 1980, las aportaciones y precipitaciones siguen unas tendencias muy parecidas. Así en la serie de aportaciones entre los años 1980-1994 y 1994-2004 que es donde se ha detectado cambios de tendencia se han obtenido descensos que se pueden corroborar con una Z_{MK} de -0.2969 para el primer caso y -1.649624 en el segundo; así para las precipitaciones también se observa una tendencia similar para los valores comprendidos entre los años 1989 y 1994 donde se ha detectado una Z_{MK} de -1.127203.

10 CONCLUSIONES

Se ha trabajado con las series hidrometeorológicas a distintas escalas temporales (anuales, mensuales, estacionales), tanto completas como segmentadas. Para ello, se ha aplicado convenientemente el algoritmo AUG de segmentación. Posteriormente, se ha procedido a realizar el Test no paramétrico de Mann-Kendall de identificación de tendencias.

Aunque no se necesita asumir ninguna distribución, puesto que se trata de un Test libre de distribuciones, los tests no paramétricos aún realizan ciertas presunciones. Usualmente, parten de la hipótesis de independencia temporal. En el caso de analizar aportaciones, esta presunción puede ser válida si se trata de aportaciones anuales. Sin embargo, para cortos períodos temporales tales como meses o días, no es así. En este caso, se deben corregir los datos debido a su autocorrelación o correlación serial. Para ello, una posible opción consiste en aplicar el método Trend Free Pre-Whitening (TPFW) como indican Aziz y Burn (2006) y Chingombe *et al.* (on line). Incluso, considerar la estructura de autocorrelación cruzada de los datos en algunos casos (Aziz y Burn, 2006). Luego, los tests paramétricos consideran a los datos como idénticamente distribuidos. Svensson *et al.* (2004) en este sentido, presentan distintas metodologías para la estimación de los niveles de significancia.

Los cambios que hemos podido apreciar a lo largo de todo el estudio, tanto en las series de precipitaciones, como en las de aportaciones son posibles resultados de cambios acusados directamente por el hombre (la urbanización, depósitos, sistemas de drenaje, extracción de agua, cambios de uso de suelo), cambios naturales de captación, variabilidad del clima, cambio climático.

En correlación a esto último, se ve de manifiesto en todo el estudio una diferenciación de comportamiento en las series de precipitaciones y

aportaciones, que como se ha señalado anteriormente, no siguen tendencias idénticas para los periodos examinados.

Así podemos interpretarlo como se indica a continuación. El incremento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, causa un aumento de la temperatura. Este hecho, en principio, provocaría un incremento de la evapotranspiración (real y potencial), que a su vez influiría en el aumento de la precipitación. Luego si la escorrentía se estima como la diferencia entre la precipitación y la evaporación, ambas incrementándose, el efecto neto sobre la escorrentía no sería tan intuitivo. Aún si se observa que disminuyen las aportaciones. La fuerte variabilidad de los caudales hace difícil distinguir el cambio unido (o justificado) por el cambio climático y el debido a cambios en los usos del suelo. Luego si se produce un aumento de la masa forestal, a su vez aumentaría la evapotranspiración (disminuyendo la tasa de humedad en el suelo), y las posibles recargas a los acuíferos, lo que influiría en una posible reducción de las escorrentías.

11 ANEJO DE DATOS

En este anejo encontramos los documentos donde aparecen representados los puntos de cambio ("*change point*", en el documento adjunto) de las distintas series a nivel anual, mensual y estacional, tanto de precipitaciones como de aportaciones

12 BIBLIOGRAFÍA

Aziz, O. I. A. and Burn, D. H., 2006. Trends and variability in the hydrological regime of the Mackenzie River Basin. *Journal of Hydrology*, 319: 282-294.

Boix-Fayos, C., Barberá, G.G., López-Bermúdez, F. , and Castillo, V. M., 2007. Effects of check dams, reforestation and land-use changes on river channel morphology: Case study of the Rogativa catchment (Murcia, Spain). *Geomorphology*, 91: 103-123.

Chingombe, W., Gutierrez, J.E., Pedzisai, E., and Siziba. A Study of hydrological trends and variability of upper Mazowe catchment- Zimbabwe. *On line*

Gedikli, A., Aksoy, H., and Unal, N, 2008. Segmentation algorithm for long time series analysis. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 22(2): 291-302.

Hubert, P., Carbonnel, J.P., and Chaouche, A., 1989. Segmentation des series hydrometeorologiques. Application a des series de precipitations et de debits de l'Afrique de l'Ouest. *Journal of Hydrology*, 110 : 349-367.

Hubert, P., 2000. The segmentation procedure as a tool for discrete modeling of hydrometeorological regimes, *Stochastic Environmental Research and Risk Assesment*, 14: 297-304.

Kundzewicz, Z. W. and Robson, A., 2000. Setting the scene. In: *Detecting trend and other changes in hydrological data*. (Eds. Kundzewicz, Z. W. and Robson, A.). *World*

Meteorological Organization. *World Climate Programme – Water*. WCDMP-45. WMO/TD-No. 1013: 1-5.

Ma, Z., Kang, S., Zhang, L., Tong, L., Su, X., 2008. Analysis of impacts of climate variability and human activity on streamflow for a river basin in arid region of northwest China. *Journal of Hydrology*, doi:10.1016/j.jhydrol.2007.12.022

Paradis, E. *R para principiantes*. http://cran.r-project.org/doc/contrib/rdebuts_es.pdf (Web consultada 03 Abril 2008).

Svensson, C., Kundzewicz, Z. W., and Maurer, T. 2004. *Trends in flood and low flow series*. Report 33. GRDC Report Series.

Robson, A., 2000. Analysis guidelines. In: *Detecting trend and other changes in hydrological data*. (Eds. Kundzewicz, Z. W. and Robson, A.). *World Meteorological Organization. World Climate Programme – Water*. WCDMP-45. WMO/TD-No. 1013: 9-16.

Robson, A., Bardossy, A., Jones, D., and Kundzewicz, Z. W., 2000. Statistical methods for testing for change. In: *Detecting trend and other changes in hydrological data*. (Eds. Kundzewicz, Z. W. and Robson, A.). *World Meteorological Organization. World Climate Programme – Water*. WCDMP-45. WMO/TD-No. 1013: 46-62.

The Kendall Package, 2008. Kendall rank correlation and Mann-Kendall trend test. <http://cran.r-project.org/> (Web consultada 03 Abril 2008).

Venables, W. N., Smith, D. M. and the R Development Core Team. *An Introduction to R*. <http://cran.r-project.org/> (Web consultada 03 Abril 2008).

Yue, S. *et al.*, 2002. Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho test for detecting monotonic trends in hydrological series. *Journal of Hydrology*, 259, 254-271.