

Principios Hidrológicos

CORRELACION GRAFICA
DE
DATOS HIDROLOGICOS

Adunaranj

GRAPHICAL CORRELATION OF GAGING-STATION RECORDS

Manual of Hydrology Part 1. General Surface Water Techniques

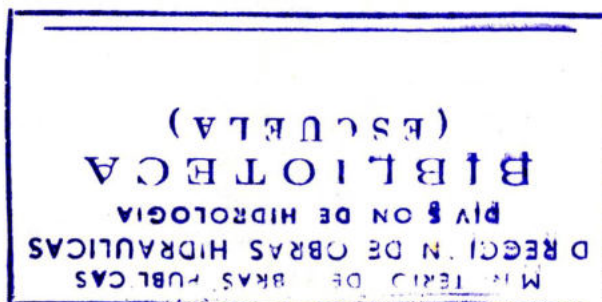
Geological Survey Water-Supply Paper 1541-C

James K. Searcy

Adaptado al español para el Ministerio de Obras Públicas

Sección de Estudios Hidrológicos

Ing. Pedro J. Porras



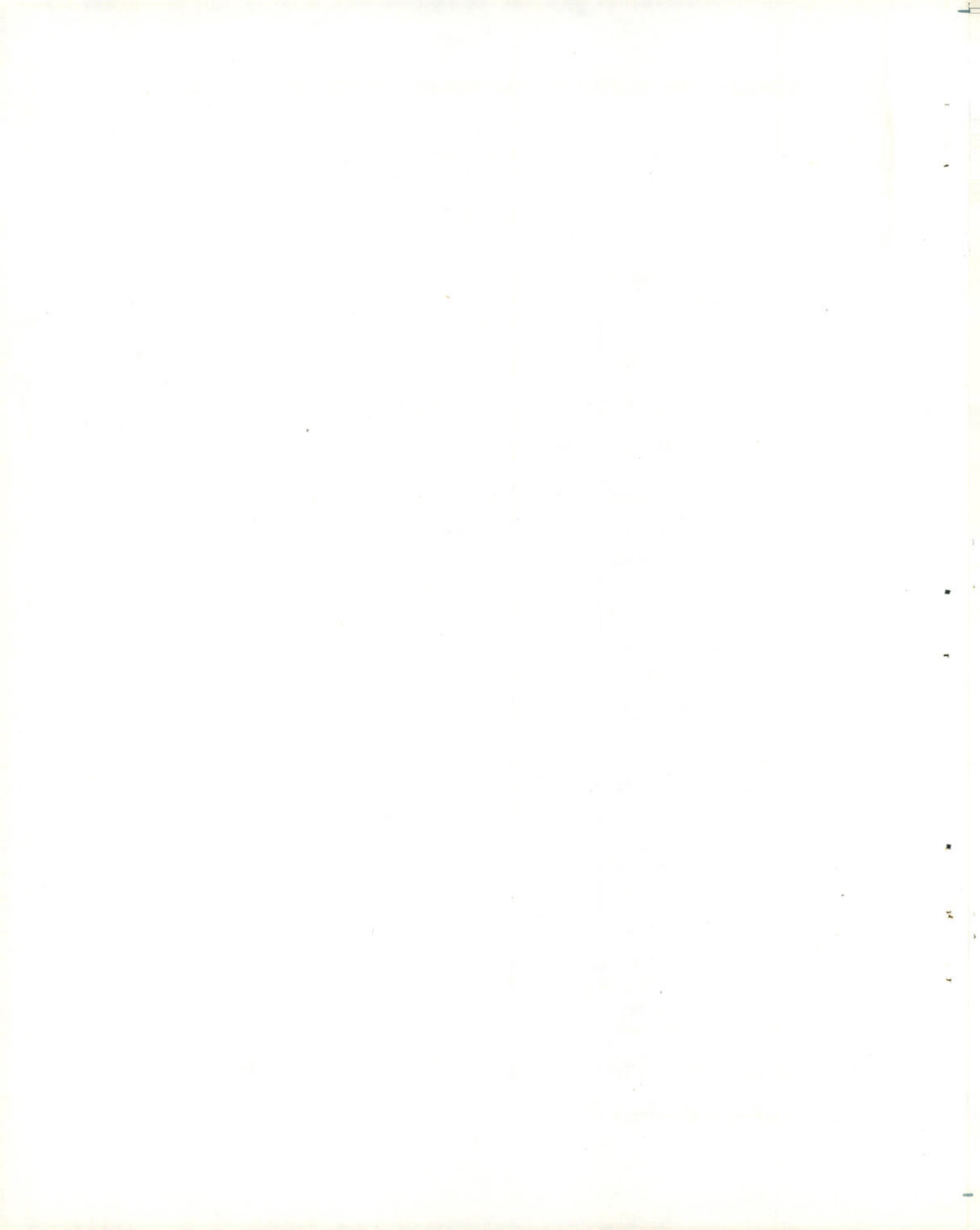
Preparado y corregido por

Ing. Leopoldo Ayala U.

1901
MAY 10 1901
RECEIVED
LIBRARY OF THE
MUSEUM OF COMPARATIVE ZOOLOGY
AND ANATOMY
HARVARD UNIVERSITY
CAMBRIDGE, MASS.

I N D I C E

	Pág.
SUMARIO.....	1
INTRODUCCION.....	2
USO DE LA CORRELACION.....	3
✓ PRINCIPIOS HIDROLOGICOS.....	5
FACTORES QUE AFECTAN LA RELACION ENTRE LOS REGISTROS DE LAS ESTACIONES DE AFORO.....	6
PRINCIPIOS ESTADISTICOS.....	8
CONCEPTOS Y DEFINICIONES.....	9
EL METODO GRAFICO.....	19
COMPARACION DE LOS METODOS GRAFICOS Y NU- MERICOS.....	22
CORRELACION SIMPLE.....	24
CORRELACION GRAFICA CON DOS VARIABLES.....	25
CORRELACION MULTIPLE.....	30
ELIMINACION DEL EFECTO ESTACIONAL.....	31
CORRELACION GRAFICA CON TRES O MAS VARIABLES.....	37
CASO GENERAL.....	38
CASO ESPECIAL.....	45
RESUMEN.....	46



CORRELACION GRAFICA DE REGISTROS DE ESTACIONES DE AFOROS

Por James K. Searcy

SUMARIO

Un registro de una estación de aforos es una muestra de la rata del gasto de una corriente en un sitio dado. Esta muestra puede ser usada para estimar la magnitud y distribución de los gastos futuros, si el registro es lo suficientemente largo para ser representativo del régimen de un curso de agua a largo plazo. La seguridad de un registro de corto período para la estimación de las características del gasto futuro, pueden ser perfeccionadas a través de la correlación con un registro de largo período. La correlación puede ser numérica o gráfica pero la correlación gráfica de los registros de las estaciones de aforos tiene varias ventajas.

El Método de la correlación gráfica está descrito paso a paso con un problema ilustrativo de correlación simple, problemas ilustrativos de 3 ejemplos de correlación múltiple (eliminando los efectos estacionales) y dos ejemplos de correlación de un registro con otros dos. Exceptuando el problema sobre la eliminación de efectos estacionales, se usó el mismo grupo de estaciones en los problemas ilustrativos. El propósito de los problemas, es de ilustrar el método y no el de mostrar el perfeccionamiento que puede resultar de una correlación múltiple en comparación con una correlación simple.

Los factores hidrológicos determinan si existe una relación utilizable entre los registros de estaciones de aforos. La estadística es solo una herramienta para la evaluación y uso de una relación existente, y el investigador debe guiarse por sus conocimientos de hidrología.

INTRODUCCION

Los registros de las estaciones de aforos suministran los datos básicos necesarios para evaluar y proyectar los desarrollos de los recursos hídricos. Además de ser un registro histórico de los escurrimientos ocurridos en el sitio de la estación de aforos, el registro de escurrimiento es una muestra que puede ser usada frecuentemente para estimar la magnitud y distribución de flujos futuros.

La fidelidad de la muestra de escurrimiento para la estimación de los flujos futuros, depende de lo bien que la muestra represente los flujos que ocurrirán durante la vida de un desarrollo. Una medida importante de lo representativo es la longitud de la muestra de escurrimiento. Frecuentemente los datos de escurrimiento son necesarios en sitios en los cuales no han sido operadas estaciones de aforos, o en los cuales los registros son demasiados cortos para representar el flujo futuro.

La correlación estadística es un medio por el cual los registros de corto período pueden ser ajustados para representar registros de largo período. La correlación es el proceso de establecer una relación mutua entre una variable y una o más variables relacionadas. Para los registros de las estaciones de aforos, las variables usuales son el registro de corto período de la estación de aforos y uno o más registros de largo período de estaciones de aforos. La correlación se denomina correlación simple si la relación es entre dos variables, y se denomina correlación múltiple si es entre una y dos o más

variables relacionadas.

Cualquier tipo de correlación puede ser numérica o gráfica (los dos métodos difieren más en el procedimiento que en el principio), pero para los registros de estaciones de aforos, decididamente la correlación gráfica tiene ventajas. Cuando se usan los logaritmos, de los gastos, el ajuste de una curva de relación entre los registros de estaciones de aforos es menos laborioso por el método gráfico que por el método numérico.

El método gráfico de correlación simple y tres tipos de correlación múltiple, se explican en este informe. Estos métodos fueron desarrollados principalmente en el Geological Survey por W. B. Langbein, C. H. Hardison y otros. Los ejemplos fueron seleccionados para ilustrar los métodos y no para mostrar las diferencias entre los resultados de varios métodos. Las técnicas de correlación presentadas aquí de ninguna manera agotan las posibilidades de la correlación múltiple. Por ejemplo, debería comprobarse su mejor adaptación en algunas localidades del uso de datos de precipitación en lugar de los registros de una tercera estación de aforos.

USO DE LA CORRELACION

La relación establecida entre los registros de las estaciones de aforo para un corto período, algunas veces es usado para obtener estimaciones correlativas de los gastos mensuales en una estación de corta vida correspondientes a los gastos de una estación de larga vida fuera del período común. La correlación es también útil para alargar los registros cortos de estaciones de aforos, para estimar flujos de una frecuencia

dada y para analizar frecuencia de almacenaje (storage-frequency). A menudo, la información sobre las magnitudes y frecuencias de los gastos pequeños de una estación de largo período pueden ser transferidos directamente a una estación de corto período a través de la curva de relación sin sintetizar una tabla de gastos para la estación de corto período. Tal estimación representa un gasto que tiene la misma probabilidad de ocurrencia que la de la estación de período largo. Los datos de frecuencia que son transferidos directamente tienen el mismo grado de exactitud como si ellos hubieran sido calculados de una tabla de estimaciones correlativas para el mismo período.

El uso de las estimaciones provenientes de la correlación, son en cierta forma un sustituto no satisfactorio para los registros de gastos reales. Para propósitos de proyectos, como quiera que sea, un registro de escorrentía, de cualquier longitud, representa solamente una muestra del flujo de la corriente, y como tal contiene los errores inherentes del muestreo. Estos errores de muestreo, los cuales no pueden ser reducidos midiendo la misma muestra con mayor exactitud, son a menudo mayores que los errores que se podrían introducir mediante la correlación con un registro más largo. Así que la correlación con registros más largos pueden servir para reducir el error de muestreo y para proveer una base más confiable de la cual estima las características del futuro.

Langbein y Hardison (1955) demostraron que el gasto medio determinado a partir de un registro corto generalmente puede ser mejorado correlacionándolo con un registro de más del 25% más largo que el del registro corto porque el error introducido por la correlación es generalmente menor que la disminución del error de muestreo lo-

grado a través del alargamiento.

PRINCIPIOS HIDROLOGICOS

El escurrimiento de una cuenca contribuyente, depende del clima y de las características inherentes de la cuenca. En áreas de bajo relieve, el clima de las cuencas contribuyentes vecinas es en términos generales la misma, pero en áreas montañosas el clima varía debido a las posiciones de las cordilleras y las diferencias de altitud de las cuencas.

Las características principales que afectan la cantidad y distribución del escurrimiento de las cuencas contribuyentes son: localización, tamaño, forma, fisiografía, geología, suelo, cobertura vegetal y desarrollo; otras numerosas características de las cuencas tienen menores efectos sobre la escorrentía de la cuenca. Cualquier intento para evaluar la magnitud con la cual estas características afectan la escorrentía y la de relacionar la escorrentía de una hoya con aquella de otra a través de las diferencias de las características de las hoyas, pueden ser una deplorable empresa.

La compleja interrelación del clima y las características de la cuenca productora, están integradas en el flujo del curso de agua, y sus efectos adicionales están medidos directamente en la estación de aforos de la corriente. La escorrentía medida de la hoya productora obviamente suministra las mejores bases de comparación de sus características de escorrentía.

Las relaciones entre flujo de una corriente en una estación de aforos, pueden ser fundamentadas en gastos concurrentes diarios, semanales, mensuales o anuales.

Generalmente las relaciones son las mismas sin atender a la unidad de tiempo usada, aunque la variación de los puntos decrecen a medida que la unidad de tiempo es mayor. La selección de la unidad de tiempo, hidrológicamente, es arbitraria.

Los gastos mensuales, unidad la cual es usada en muchos estudios de desarrollos de los recursos hídricos, es una unidad de tiempo conveniente para establecer las relaciones. Los gastos mensuales son publicados en el Geological Survey Water-Supply Papers, en las series anuales de Surface Water Supply of the United States y están compilados desde el comienzo de los registros hasta septiembre de 1950, en Water-Supply Papers 1301-1318. Gastos mensuales fueron los usados en los problemas ilustrativos de este capítulo.

FACTORES QUE AFECTAN LA RELACION ENTRE LOS REGISTROS DE LAS ESTACIONES DE AFOROS

Aunque algunas características de dos cuencas vecinas en áreas de relieve bajo puedan diferir, sus climas son generalmente similares. Este enlace de clima es la clave para la correlación entre los registros de las estaciones de aforos. Si el enlace se pierde, por ejemplo, el intentar correlacionar una corriente de montaña con una cercana, pero de características desértica, esta es imposible a través de una correlación usual. El clima de las cuencas contribuyentes no necesariamente tienen que ser idénticas, pero ambas cuencas deberían tener la misma oportunidad de recibir una lluvia dada.

La distancia entre las estaciones de aforos afectan adversamente el grado de relación entre los registros de las estaciones de aforos; así que los otros factores sien-

do iguales, la relación llega a ser menos segura a medida que la distancia entre las estaciones de aforos aumenta. Una excepción a esto es que los registros de dos estaciones separadas por una distancia considerable sobre la misma corriente dan generalmente una relación más exacta que la de los registros de corrientes vecinas.

El tamaño relativo de las cuencas aportadoras afectan su relación particularmente en la distribución en el tiempo de los flujos. La esorrentía de una cuenca grande es generalmente la suma de gastos altos de unas cuencas y gastos bajos de otras y es así menos variable que la esorrentía de las cuencas pequeñas por separado de las cuales ella se compone. El grueso de las lluvias cerca de los fines de meses aumenta substancialmente la esorrentía de las cuencas pequeñas, mientras que las grandes experimentan pequeños aumentos en el mes siguiente. Esta condición podría causar que los puntos ploteados para dos meses consecutivos se separaran de la línea de relación promedia. De aquí que cuando las cuencas difieren grandemente en tamaño, la esorrentía de una, es una indicación pobre de la esorrentía de la otra. La correlación entre las estaciones cuyas áreas difieren en más de diez veces deben ser evitadas.

Las diferencias en la geología superficial de las cuencas contribuyentes tienen un efecto pronunciado sobre las relaciones de los gastos bajos. Comparando dos cuencas por su capacidad de infiltración, las de baja capacidad tienen mayor escurrimiento directo que las de alta capacidad, cuando esta es causada por ligeras lluvias, pero los flujos en los períodos secos se mantienen altamente estables en las de alta capacidad de infiltración.

El escurrimiento directo causado por lluvias que exceden la capacidad de in

filtración de ambas cuencas contribuyentes, está menos afectado por la geología superficial y por lo tanto tiende a llegar a ser proporcional al tamaño de las áreas contribuyentes.

Una discusión completa de los factores que afectan la relación entre las estaciones de aforos esta fuera del alcance de este capítulo. El propósito de esta breve discusión es enfatizar que la hidrología de dos cuencas oportadoras es la base de su relación no así la estadística usada. Sin embargo la estadística provee de una poderosa herramienta para la organización de los datos de caudales para expresarlos en relaciones útiles.

PRINCIPIOS ESTADISTICOS

Pocos usuarios de los registros de caudales, son estadísticos. Aunque muchos buenos libros sobre estadística son provechosos, con frecuencia uno se confunde en la aplicación de la estadística a los problemas de corrientes debido a la variedad de símbolos usados por los diferentes autores y la falta de referencia para las aplicaciones a caudales. Este capítulo explica una aplicación de la estadística a los problemas de gastos y el uso de los métodos gráficos de correlación para determinar la relación entre los registros de las estaciones de aforos; la explicación no intenta ser un tratado sobre correlación gráfica. La técnica descrita en este capítulo es basicamente la misma que la descrita por Langbein y Hardison (1955) y Somers (1954).

Las fórmulas estadísticas dadas aquí están basadas en las premisas que los datos siguen la distribución normal y que las observaciones son enteramente fortuitas

(al azar) en su secuencia. (vea "Conceptos y Definiciones"). Los datos de escurrimientos diarios consecutivos, no se ajustan a estos criterios; pero los datos pueden ser normalizados por una transformación logarítmica llevada a cabo bien sea por el uso de los logaritmos de los gastos o ploteando los datos de gastos en papel logarítmico. El escurrimiento por naturaleza, no es fortuito. Cada gasto diario está afectado por los flujos del día precedentes y estos a su vez afectan los del día siguiente. Los gastos mensuales tampoco son fortuitos, pero si en mayor grado que los gastos diarios. La causa primaria de que los gastos de escurrimiento no sean fortuitos, es el retarde en la relación lluvia-escurrimiento (carryover effect). Una causa secundaria es que la precipitación no es fortuita y los años secos y húmedos tienden a ocurrir en grupos, mejor que en secuencia fortuita.

Los datos estadísticos además de ser fortuitos deben ser homogéneos, (inferidos de un mismo universo). Los datos de esorrentía de una misma corriente podrían parecer homogéneos por definición, pero la no homogeneidad puede resultar de un mayor desarrollo (progreso) que afecte el escurrimiento, u ocasionalmente por cambios radicales en los métodos de recolección de datos. La curva de doble masa discutida en un capítulo separado, es uno de los medios de probar la homogeneidad de los datos de escurrimiento.

CONCEPTOS Y DEFINICIONES

PROBABILIDAD. Probabilidad es el grado de certeza de ocurrencia de un evento en particular expresado como una fracción decimal, o como un porcentaje. Un valor de

cero se le asigna a un evento que ciertamente no puede ocurrir, y un valor de uno a un evento que ciertamente ocurre. Una probabilidad de 0,50 significa que un evento puede o no ocurrir por igual (oportunidad de 50-50).

CASOS INDIVIDUALES (INDIVIDUAL). Una unidad de datos es un caso individual. En este capítulo el gasto medio mensual es el caso individual.

UNIVERSO ESTADISTICO (POPULATION-UNIVERSE). Un grupo de casos individuales que tienen una característica mensurable común constituye, un universo estadístico; por ejemplo, largas series de gastos de una corriente no afectada por regulación, diversificación o cambios mayores en el uso de las tierras.

MUESTRA (SAMPLE). Un grupo de casos individuales tomados de un universo estadístico constituye una muestra. La N es usada para representar el número de casos individuales, o en la correlación, el número de pares de casos individuales de la muestra. Por ejemplo, un registro de 30 años de gastos en una estación de aforos es una muestra de la vida del curso de agua. Una muestra, se toma con el propósito de hacer deducciones o inferencias acerca del Universo estadístico.

CASOS FORTUITOS (Random Data). Los casos fortuitos son los datos en las cuales los casos individuales fueron seleccionados de tal manera que cualquier caso individual del universo estadístico, tenían la misma oportunidad de ser seleccionado en la próxima elección.

DISTRIBUCION NORMAL (NORMAL DISTRIBUTION). Muchos Universos Estadísticos son distribuidos alrededor de la media de acuerdo a la distribución de Gauss o Normal, en tal distribución el 68.27 por ciento de los casos individuales caen dentro de una desviación típica: 95.45 dentro de dos desviaciones típicas y casi todos (el 99.73 por ciento) caen dentro de 3 desviaciones típicas, de la media.

Las fórmulas de errores y la mayoría de las pruebas de significación (test of significance) están basadas en la suposición de que la variable sigue la forma normal. A menos de que la separación de la forma normal sea muy fuerte, las pruebas de significación y las fórmulas de errores son bastante precisas.

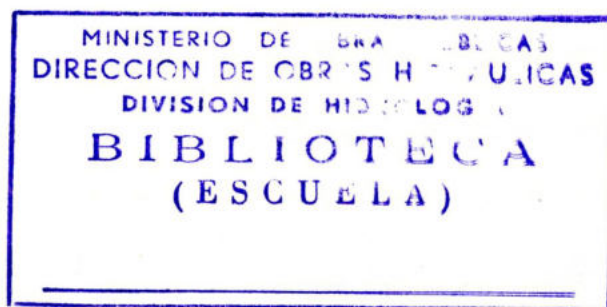
DESVIACION TIPICA (STANDARD DEVIATION). La desviación típica (a veces llamada la raíz cuadrada media de las desviaciones) es una medida de la dispersión de los puntos alrededor de la media aritmética de la muestra y se calcula mediante la fórmula:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x^2)}{N-1}} \quad (1)$$

donde X = desviación de los puntos del promedio aritmético (\bar{X})

ó $X = X - \bar{X}$

N = número de puntos



GRADOS DE LIBERTAD (d.f.) (DEGREES OF FREEDOM) Un concepto nebuloso pero, importante en estadística es ese de grados de libertad, pero muy pocos libros han intentado dar una definición. El número de grados de libertad, es en general, el número de observaciones independiente, menos el número de restricciones impuestas en el sistema, las restricciones impuestas en el sistema son llamadas pérdidas de grados de libertad (l.d.f.). Así que nosotros perdemos un grado de libertad en calcular la desviación típica, porque una restricción (un promedio) ha sido impuesta a los datos. Por ejemplo, si el promedio de 10 números es 100,9 de esos números pueden tener un valor cualquiera, pero el décimo número, puede tener solamente aquel valor que haga que el promedio valga 100; nosotros perdemos la libertad de escoger un punto especificando el promedio. El procedimiento para determinar la pérdida de grados de libertad, se mostrará en cada problema.

VARIABLE INDEPENDIENTE (INDEPENDENT VARIABLE). La variable independiente es aquella, mediante la cual otra variable debe ser estimada o predicha. Esta se plotea como abscisa (eje X). La variable independiente es generalmente la de la estación de registro largos, cuando extendemos registros de gastos.

VARIABLE DEPENDIENTE (DEPENDENT VARIABLE). La variable dependiente es aquella que se estima o predice a partir de los valores de la variable independiente. Se plotea como ordenada (eje Y). La variable dependiente es generalmente la estación de registros cortos cuando extendemos registros de gastos.

DIAGRAMA DE DISPERSION (SCATTER DIAGRAM). Donde los datos comparativos (por ejemplo, gastos mensuales concurrentes) en dos estaciones de aforos, se plotean el uno contra el otro, el resultado es un diagrama de dispersión. El patrón de una dispersión indica el grado de relación entre los gastos de las dos estaciones. Una banda angosta de dispersión, indica el alto grado de asociación entre los dos grupos de datos, y mayores separaciones de la línea de relación indican menores grados de asociación.

LINEA DE REGRESION (REGRESSION LINE). La línea o ecuación que exprese una relación lineal entre dos variables, es conocida como línea de regresión. En el método numérico de análisis, la línea de regresión es generalmente ajustada por el método de los mínimos cuadrados. La línea es denominada la regresión de Y sobre X si los cuadrados de los residuos de Y han sido minimizados, o regresión de X sobre Y si los cuadrados de los residuos de X han sido minimizados.

CURVA DE RELACION (CURVE OF RELATION). La línea de regresión determinada gráficamente debe ser preferiblemente llamada curva de relación para diferenciarla de la línea ajustada por el método de los mínimos cuadrados.

LINEA DE IGUAL RENDIMIENTO (EQUAL-YIELD-LINE). La línea de igual rendimiento es una línea de relación (45° sobre papel logarítmico) entre los gastos de dos estaciones, basado en la suposición que el escurrimiento en cada estación es proporcional a sus respectivas áreas contribuyentes.

UNIDAD LOGARITMICA (LOG UNIT). La unidad logarítmica es un ciclo sobre el papel logarítmico. Las unidades logarítmicas menores que la unidad indican la parte proporcional de un ciclo. Por ejemplo una décima de la longitud de un ciclo es 0.10 unidad logarítmica.

ESTIMACIONES CORRELATIVAS (Y_c) (CORRELATIVE ESTIMATES). El valor de la curva de relación para Y correspondiente al valor dado de X , es una estimación correlativa.

RESIDUOS (d) - (RESIDUAL). La diferencia vertical (Y) entre la curva de relación y los puntos ploteados es un residuo (algunas veces llamado error). Esto es el valor de Y menos el valor calculado (estimado) de Y , ó de $= Y - Y_c$. El residuo lleva un signo, bien sea el más o el menos.

ERROR TIPICO DE ESTIMACION (S_e) (STANDARD ERROR OF ESTIMATE). El error típico de estimación, es una medida de la variación de los puntos alrededor de la curva de relación. Es similar a la desviación típica excepto que la curva de relación toma el lugar del promedio aritmético. Si la distribución de la dispersión es normal, las líneas dibujadas a una distancia vertical igual al error típico de estimación por encima y por debajo de la línea o curva de regresión y paralela a ella, envolverán alrededor de dos tercios (68.27 por ciento) de los puntos. Las líneas paralelas a 2 errores típicos de estimación por encima y por debajo de la línea de regresión envolverán el 95.46 por ciento de los puntos y las líneas alejadas a 3 errores típicos de es-

timación, envolverán el 99.73 por ciento de los puntos. En la correlación de registros de estaciones de aforos, el error típico de estimación está convenientemente expresado en unidades logarítmicas, menor que en unidades de Y o en porcentaje de la media.

Para un gráfico en línea recta, la expresión matemática para el error típico de estimación es:

$$S_e = \sqrt{\frac{\sum(d)^2}{N-2}} \quad (2)$$

donde:

- d = Residuos (Y - Y_c)
- N = Número de términos

Para cualquier curva ajustada a datos observados, puede ser calculada por la fórmula:

$$S_e = \sqrt{\frac{\sum(Y - Y_c)^2}{N - l.d.f.}} \quad (3)$$

donde:

- l.d.f. = pérdidas de grados de libertad o número de restricciones impuestas al sistema (por el uso de una línea recta se pierden 2 grados de libertad).
- Y = valores observados de la variable dependiente
- Y_c = valores de la curva o calculados de la variable dependiente.

COEFICIENTE DE CORRELACION (COEFFICIENT OF CORRELATION). (r) La mag nitud del error típico de estimación es una medida del acomodo de los puntos a la curva de relación, pero no muestra el perfeccionamiento de la mejor estimación de Y que resulta del uso de la correlación con X' que la estimación de Y como la me- dia de los valores de Y. Una medida de la utilidad de la curva de relación para la estimación de los valores de Y puede ser obtenida relacionando el error típico de es timación (Se) con la desviación típica de los valores de Y (Sy). Esto relaciona la variación de los puntos alrededor de la curva de relación con la variación de los puntos alrededor de la media aritmética. Para una relación lineal, tal medida es el coeficiente de correlación (r) calculado por la fórmula:

$$r = \sqrt{1 - \left(\frac{S_e}{s_y}\right)^2} \quad (4)$$

El valor del coeficiente de correlación varía desde 0, para la no correla- ción hasta ± 1.00 para la correlación perfecta. El signo más, se le asigna a r si la línea de regresión se levanta hacia la derecha y menos si se levanta hacia la izquier- da. Un coeficiente de correlación bajo no siempre indica una correlación pobre; po- dría resultar de ajustar una línea recta a una buena correlación que podría ser descri- ta mediante una línea curva.

INDICE DE CORRELACION (ρ) (INDEX OF CORRELATION)

Para las relaciones curvilíneas la medida de correlación es llamada índice de correlación, ó:

$$\rho = \sqrt{1 - \left(\frac{S_e}{S_y}\right)^2} \quad (5)$$

la similitud entre r y ρ es aparente. Los límites de ρ son 0 para la no correlación y 1.00 para la correlación perfecta. No se le puede asignar signos más o menos a ρ , porque el signo debería variar en partes diferentes de la curva.

COEFICIENTE O INDICE DE CORRELACION DE LOS REGISTROS DE LAS ESTACIONES DE AFOROS (COEFFICIENT OF INDEX OF CORRELATION OF GAGING-STATION RECORDS). El coeficiente o índice de correlación suministra una guía de la longitud del registro de largo período necesario para mejorar la media del registro corto a través de la correlación.

La utilidad de la correlación, así indicada por r ó ρ , muestra cuanta mejoría resulta en las estimaciones de Y cuando la correlación, en comparación con la estimación de Y como la media de todos los valores de Y . Este concepto es correcto para una gran variedad de datos, pero como los datos de flujo o escorrentías tienen generalmente patrones estacionales definidos, por ejemplo, la mayoría de los gastos similares en octubre podrían representar mejor la media de los gastos de octubre que la media de todos los gastos mensuales. Así que la mejoría real de las estimaciones de Y tomados de la curva de relación no es tan grande como lo indica el coeficiente de correlación (calculado por la ecuación 4). Una medida mejor de la mejoría resultante de la correlación de los registros de estaciones de aforos es comparar el error típico de estimación (ecuación 3) con la desviación típica de los gastos mensuales alrededor de su respectiva media mensual mejor que alrededor de la media de todos los meses (Langbein and Hardison, 1955, p. 1176-77 of Closure).

La desviación típica calculada alrededor de sus respectivas medias mensuales es ajustada por la pérdida de 12 grados de libertad (multiplicar por $\sqrt{\frac{n}{n-12}}$) y sustituida por el valor de S_y en la fórmula r ó:

$$\rho = \sqrt{1 - \left(\frac{S_e}{S_y}\right)^2}$$

En la correlación ilustrativa de la Sección "Eliminación de los efectos estacionales", el índice de correlación ajustado para los medios mensuales es 0.94. comparado con un índice de 0.98 usando S_e , calculado por la fórmula 3. En ciertas correlaciones el ajuste para las desviaciones de los datos alrededor de la media mensual produce una gran diferencia en el valor de r ó ρ .

EL METODO GRAFICO

El primer paso para expresar la relación entre pares de medidas asociadas, es plotear las mediciones de una de las variables contra las correspondientes mediciones de la otra variable. Al menos de que las variables sean de mediciones precisas de dos cantidades que lleven una relación fija entre si, el ploteo presentará un patrón de puntos esparcidos, técnicamente conocido como un diagrama de dispersión. El agrupamiento de los puntos indica la estrechez de la relación o quizás la precisión de las medidas, mientras la forma del patrón indica la naturaleza de la relación. Una línea recta es usada si es que se ajusta a los puntos bastante bien, el resultado de esta relación es llamada lineal. Si los puntos se amoldan a una línea curva, la relación es llamada curvilínea. El método gráfico difiere del método numérico en la forma en la cual la línea recta o curva, es ajustada a los puntos. Ningún método explica, porque los puntos se dispersan.

En la correlación gráfica, la forma de la línea de la relación depende en gran parte del tipo del papel usado para el ploteo. El papel logarítmico, es conveniente para las correlaciones gráficas de los registros de las estaciones medidoras o de aforos, porque el tiende a normalizar los datos de escorrentía y transformar las relaciones curvilíneas comunes entre los registros de las estaciones de aforos en una o más líneas rectas. El Geological Survey usa papel logarítmico de 5 pulgadas por ciclo, bien sean de 3 por 2 ciclos ó 4 por 3 ciclos. El ciclo de 5 pulgadas, se adapta a un escalímetro cuyas pulgadas están divididas en veinteavos, pudiendose hacer lecturas directas de centésimos del

ciclo logarítmico. Generalmente, la relación entre los registros de dos estaciones de aforos, pueden ser satisfactoriamente expresado en papel logarítmico por 2 líneas rectas, 1 por la parte de la relación de los gastos altos y 1 por la parte de los gastos bajos. Para muchas corrientes, al este del Río Mississippi, las dos líneas intersectan de 1 a 2 veces el gasto medio. Si las líneas de regresión del gasto alto y gasto bajo se intersectan bajo ángulo agudo, ellas podrían ser empalmadas por una curva de transición.

El dibujar una curva de transición es completamente arbitrario; pero es difícil concebir que las relaciones entre los registros de dos estaciones de aforos, cambien abruptamente en algún gasto especificado. Si el ángulo entre las líneas es bastante plano, la curva de transición es innecesaria.

La relación entre 2 registros a veces puede ser descrito por una sencilla línea recta y ocasionalmente la relación entre 2 registros requiere de una tercera línea recta para los gastos extremadamente bajos. En general, las líneas rectas son dibujadas a través de los datos dándole además a los puntos cerca de los extremos superior e inferior de la línea pesos pequeños. Aunque algunas veces los puntos parecen definir claramente curvas o líneas de constante ondulación, la línea de relación para el subsiguiente período de igual longitud a menudo balanceará las irregularidades del primer período y en sus extremos definirá un gancho o callao en la dirección opuesta a la definida en el primer período.

Donde la línea de la relación de gastos altos está pobremente definida, la línea de rendimientos iguales (relación escurrimiento-área) puede ser usada como una guía para

dibujar la línea de relación. La línea de relación de los gastos altos y la línea de rendimientos iguales para la mayoría de las correlaciones de las estaciones de aforos caen una muy cerca de la otra y son casi paralelas. Esto no es cierto donde la capacidad de almacenaje (ambos el superficial y el subterráneo) pertenecientes a dos hoyas difieren grandemente.

La pendiente de la línea de relaciones de gastos bajos está gobernada por la geología superficial de las dos hoyas contribuyentes. Si la geología de las dos hoyas son idénticas, no ocurrirá ningún quiebre en la línea de relación. Los registros hidrométricos dan, generalmente una buena definición de la línea de relación de gastos bajos excepto en su extremo inferior. Cuando una de las corrientes deje de aportar o suministre menos en el extremo inferior de gastos que las otras corrientes, la línea de relación de gastos bajos, puede quebrarse en el extremo inferior de los gastos bajos y cruzar el eje de la corriente mejor aportadora.

Las corrientes afectadas por deshielos, pueden tener una relación bien definida durante una parte del año, y diferir de la relación durante otros períodos del año. Tal condición puede ocurrir debido a las diferencias de orientación de la cuenca respecto al sol, diferencia en la protección o cobertura vegetal ó diferencias en altitud que afecten la relación de deshielo.

El procedimiento para correlacionar registros donde la relación de deshielo difiere entre las hoyas, está descrito en la sección "Correlación múltiple" bajo el subtítulo "Eliminación del efecto estacional".

COMPARACION DE LOS METODOS GRAFICOS Y NUMERICOS

La principal diferencia entre el ajuste de curva por el método gráfico, descrito aquí, y el método numérico de los mínimos cuadrados, es la influencia que tienen los puntos alejados de la línea de relación. Por el hecho de elevar al cuadrado la distancia desde la línea de relación a los puntos alejados, el método de los mínimos cuadrados da muchos más peso a los puntos alejados que a cualquiera de los puntos más numerosos cerca de la línea de regresión. Estas mueven la línea de relación hacia el punto remoto y disminuyen la desviación de los puntos a partir de la línea de regresión mientras incrementan la desviación de un punto cercano, pero al otro lado de la línea. Como un ejemplo excepcional, la línea de relación podría ser movida a una posición intermedia entre donde caen la mayoría de los puntos y donde caen un poco de los puntos alejados. Así, el uso del método numérico para la correlación de los registros de las estaciones de aforo a veces es más lo que polariza que lo que estime. El uso de promedios de grupos de puntos tiene la misma objeción, pero en menos grado.

El método gráfico usa los promedios de grupos de puntos para definir la línea de relación. Así, la magnitud de un punto lejano no tiene influencia sobre la posición de la línea de relación, excepto que está por encima o por debajo del valor medio del grupo. Generalmente una línea de relación trazada por la mediana de los puntos da una mejor estimación correlativa que la línea de los mínimos cuadrados, pero donde se repiten las condiciones que produjeron el punto lejano, la línea de relación por la mediana de los puntos da una estimación más pobre que la de los mínimos cuadrados.

El procedimiento gráfico de correlación descrito en este manual, da una simple línea a relación entre 2 estaciones de aforos, mientras que el método numérico da 2 líneas de mejor ajuste dependiendo de cual estación sea usada como variable dependiente. Cada una de las dos líneas de mejor ajuste, llamadas líneas de los mínimos cuadrados, están desviadas hacia la media de la variable dependiente y los gastos estimados a partir de la línea de los mínimos cuadrados tendrán menos variabilidad que aquellos de la muestra usada en la correlación. En la mayoría de los casos los gastos estimados deben mantener la variabilidad original, de tal forma que las presentaciones de frecuencias basados en datos estimados no muestren que el río sea menos variable debido únicamente a que el coeficiente de correlación era bajo. La línea simple de relación, o la línea de ingeniero*, es usada en el manual para mantener la variabilidad original de la muestra.

Otra ventaja del método gráfico es que una relación no lineal, puede ser definida tan fácilmente como la relación lineal, mientras que el ajuste de una línea curva a los datos por métodos numéricos es complicado. Una línea recta de relación es raras veces aplicable a través del rango o variación de los gastos, porque pocos de los registros de las estaciones de aforos tienen la misma relación que otro registro en ambos gastos, alto y bajo.

*Traducido literalmente (engineers line)

El gasto bajo o gasto de estiaje proviene de los almacenajes subterráneos, mientras los gastos altos y los medios, son principalmente de escurrimiento directo de precipitación. Para que la relación entre dos registros de estaciones de aforos sea lineal a través de la variación del gasto, la relación que produce entre los registros, el efecto de la geología superficial sobre los gastos bajos, debe ser la misma relación que producen entre los registros, el efecto de otras características de la cuenca sobre los gastos altos.

Ni el método gráfico ni el método numérico es satisfactorio para prolongar una relación curvilínea más allá de los datos observados. La extrapolación por cualquier método está basada en la suposición dudosa de que la curvatura usada para ajustar los puntos extremos, ajustará puntos que pueden caer fuera de la variación de los datos presentes. Aunque el método numérico, provee una sencilla extensión, el resultado es tan discutible como la curva prolongada gráficamente al ojo.

CORRELACION SIMPLE

El procedimiento para la correlación simple de los registros de dos estaciones de aforo, se describe en el siguiente ejemplo, correlación de dos estaciones en el sur de Mississippi, estación A (Río Leaf cerca de Collins área contribuyente de 752 millas cuadradas) y la estación C (Bowie Creek cerca de Hattiesburg, área contribuyente de 304, millas cuadradas). En otra sección estas estaciones, y otras dos en su vecindad (vea fig 9), son usadas para ilustrar el procedimiento de la correlación múltiple.

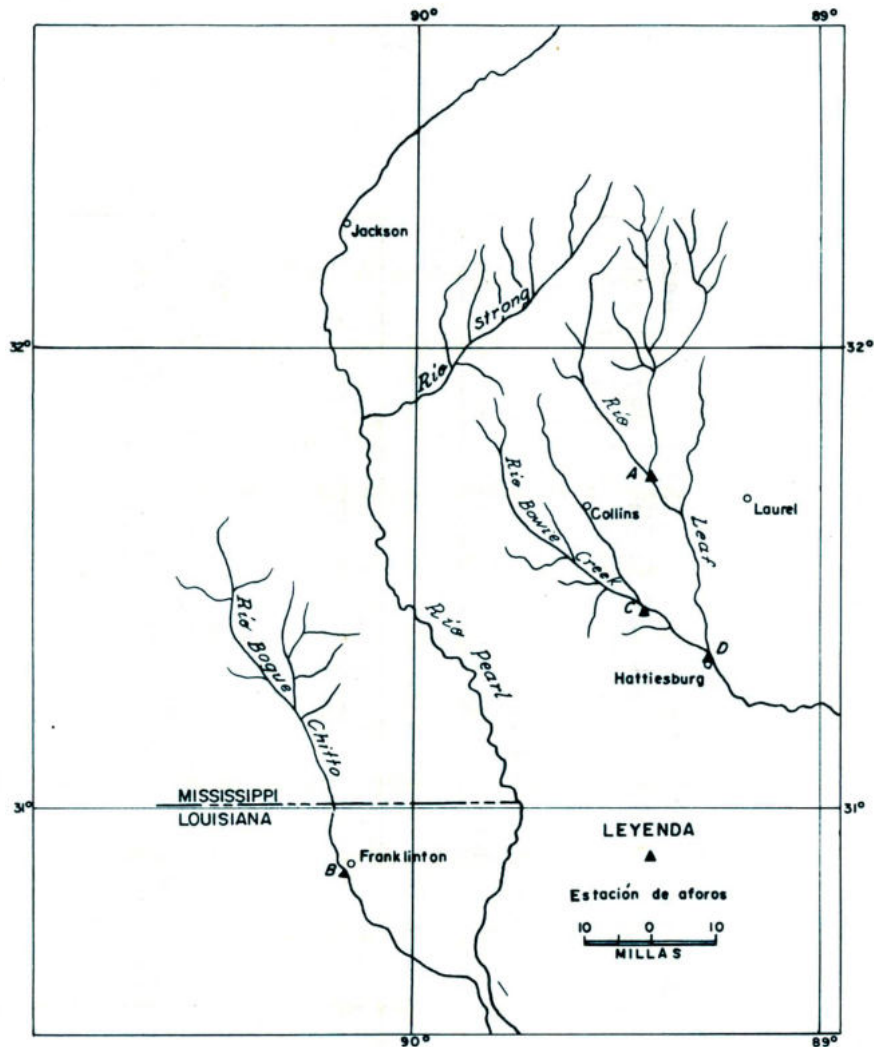


FIGURA 9.—Área al Sur del Mississippi

CORRELACION GRAFICA CON DOS VARIABLES

1.- Plotéé la unidad seleccionada (usualmente gastos en pie cúbico por segundo) de la estación A (tabla 1) contra la unidad concurrente de la estación C (tabla 2) en papel logarítmico con la variable independiente en el eje X (ver fig 10).

Para trabajar, con registros no familiares se recomienda distinguir con símbolos distintos el ploteo correspondiente a cada mes del calendario porque esto revelará los patrones estacionales de escurrimiento. (vea "Eliminación de efectos estacionales").

TABLA 1.-Gastos medios mensuales en C.F.S. del Río Leaf, cerca de Collins, Miss, Area Tributaria, 752 Millas²

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
1940	93.5	90.0	263	395	3,232	999	1,945	2,823	429	4,373	402	230
1941	125	273	2,147	860	883	1,557	1,609	244	146	555	268	101
1942	109	127	1,366	828	1,426	3,886	755	461	275	256	514	618
1943	237	195	1,210	978	1,387	3,905	1,817	293	172	313	111	164
1944	89.8	346	542	1,202	2,221	3,268	4,974	2,078	334	167	478	218
1945	130	296	878	1,404	3,436	2,416	1,793	934	709	603	280	154
1946	244	201	546	2,269	3,556	2,284	384	2,197	506	590	808	196
1947	130	685	703	5,465	801	2,607	4,044	1,327	519	179	143	132
1948	133	347	976	1,043	3,272	4,500	1,520	312	185	185	208	523
1949	312	3,651	2,524	2,803	3,592	3,329	2,944	2,029	1,003	1,237	906	858
1950	284	228	574	5,343	5,158	2,203	600	1,539	446	417	297	231
1951	141	189	481	1,058	2,752	2,825	1,978	255	267	260	114	150
1952	107	127	738	404	1,008	1,135	771	836	184	102	113	78.7
1953	67.8	103	177	1,085	2,902	2,283	1,522	4,744	247	660	463	224
1954	95.8	131	938	943	615	1,202	1,040	909	145	237	82.4	69.2

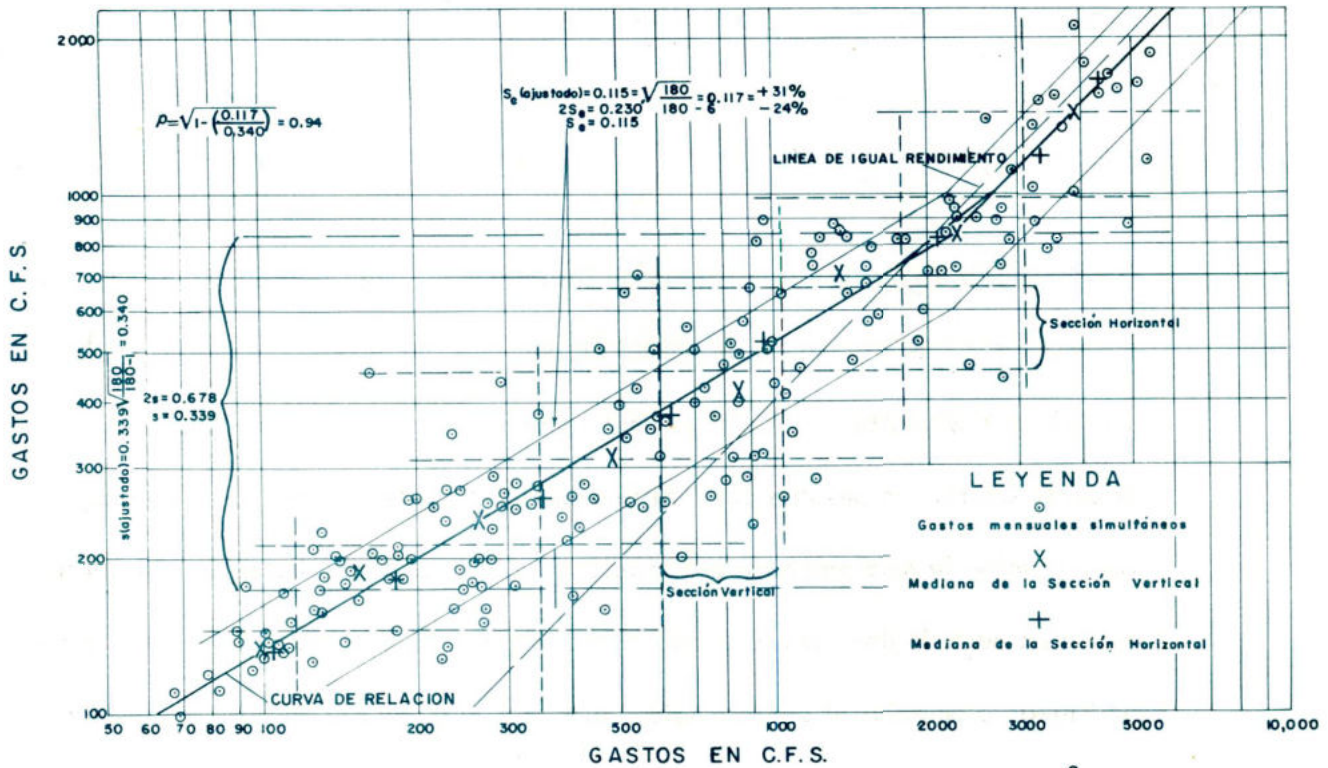
TABLA 2.-Gastos medios mensuales en C.F.S. del Río Leaf, cerca de Bowie Creek cerca Hattiesburg, Miss, Area Tributaria, 304 Millas²

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
1940	178	138	201	217	1,035	435	532	446	279	1,553	170	136
1941	127	158	711	400	289	792	589	191	181	252	150	130
1942	132	210	853	519	483	1,014	264	510	256	180	648	368
1943	349	258	730	507	839	2,086	826	252	201	282	172	457
1944	146	275	423	776	979	1,353	880	801	254	206	353	251
1945	174	441	572	656	787	473	823	317	503	315	203	165
1946	273	261	706	941	823	904	241	852	396	504	287	202
1947	174	556	402	1,867	476	1,386	1,769	884	344	182	199	227
1948	187	379	886	646	893	1,699	725	249	211	205	229	254
1949	177	1,343	900	730	1,552	1,533	1,119	709	431	825	660	495
1950	288	235	355	1,157	1,644	846	376	578	263	231	266	272
1951	203	184	344	417	890	941	600	182	177	197	151	189
1952	136	159	423	267	522	463	377	317	146	144	134	120
1953	111	137	183	350	810	730	678	1,596	176	201	158	128
1954	123	158	812	319	259	286	264	232	139	161	112	99.1

- 2.- Usando líneas verticales, divida la distribución total de los puntos en la dirección X entre 5 a 10 partes, o secciones de igual ancho (en la figura 10, se usan 8 secciones)
- 3.- Gráficamente determina la mediana de los puntos de cada sección en ambas direcciones X e Y. Si el número de puntos en una sección es par, promedie (gráficamente) los dos puntos medios; si es impar promedie los 3 puntos medios, dando al punto central un peso de dos. Si una sección contiene menos de 3 puntos, no determine la mediana para esa sección. Un método sencillo de dar al punto medio un peso de dos, es promediar el punto medio y el punto próximo por encima, luego promediar el punto medio y el punto próximo por debajo; el promedio de estos dos promedios es la mediana.
- 4.- Repita los pasos 2 y 3 para la dirección Y. En la práctica es conveniente usar colores diferentes para las medianas de las secciones según X.
- 5.- Trace la línea de igual rendimiento dibujando una línea interrumpida a 45° a través de el punto obtenido por el ploteo de las áreas contribuyentes de las estaciones A y C, usados como valores de gastos.
- 6.- Dibuje líneas rectas (de relación) a través de los promedios de las medianas de los puntos dándole ciertos pesos a los puntos extremos.

La parte extrema superior de la relación es generalmente casi paralela a la línea de rendimientos iguales. El extremo inferior es generalmente otra línea recta, la cual puede ser empalmada a la parte superior mediante una curva de transición.

BOWIE CREEK CERCA HATTIESBURG, MISS., AREA TRIBUTARIA, 304 MI²



RIO LEAF CERCA COLLINS, MISS., AREA TRIBUTARIA, 752 MILLAS²

Figura 10.-Correlación de gasto mensual, Río Leaf y Bowie Creek
Año Hidrológico 1940-54

- 7.- Dibuje dos líneas cada una equidistante (verticalmente) de la curva de relación a lo largo de su longitud, una por encima y otra por debajo de la curva de relación, de manera que 1/6 de los puntos caigan por encima de la línea superior y 1/6 caigan por debajo de la inferior. Las líneas superior e inferior raras veces estarán a la misma distancia de la línea de relación.

- 8.- El área entre las curvas superior e inferior del paso 7, contiene 2 tercios de los puntos ploteados, por definición esta banda tiene una extensión vertical cerca de 2 errores típicos de estimación. Mida la distancia vertical (usando la escala

20 divisiones sobre el papel logarítmico de 5 pulgadas por ciclo) entre las curvas superior e inferior. La mitad de esta distancia es una aproximación del error no ajustado de la estimación en unidades logarítmicas. Si el ciclo logarítmico del papel usado no se adapta al escalímetro antes mencionado, calcule el error típico de estimación en unidades logarítmicas buscando el logaritmo del cociente de un gasto sobre la curva superior dividido por el gasto verticalmente debajo sobre la curva inferior o convirtiendo la distancia en su escala en relación decimal de la longitud del ciclo logarítmico.

- 9.- Ajuste el error típico de estimación multiplicándolo por $\sqrt{\frac{N}{N-l.d.f.}}$ la pérdida de grados de libertad para la curva descrita, en el paso 6 son 6, la pérdida de grados de libertad, se determinan con la suposición de que dos puntos son necesarios para trazar la línea superior, dos puntos son necesarios para trazar la línea inferior y 2 para la curva de transición. Una diferencia de varios l.d.f hace variar muy poco el resultado a menos que N (el número de pares de término) sea pequeño.
- 10.- Convierta el error típico de estimación primero a una razón y luego a un porcentaje buscando el antilogaritmo y el anticologaritmo. Una regla de cálculo es conveniente para hacer esta conversión. Por ejemplo, asumir que una mitad de la distancia entre las curvas es 0.10 unidades logarítmicas. Coloque 0.10

sobre la escala L (log) y lea 1.26 sobre la escala D. La relación es 1.26 + 26%. Coloque el colog 0.90 sobre la escala L y lea la relación 0.795 que corresponde a -20.5 por ciento sobre la escala D. La operación puede ser llevada a cabo con un simple movimiento, alineando los extremos de las es calas y leyendo 0.795 sobre la escala CI.

11.- Dibuje una línea horizontal que excluya $1/6$ de los puntos (en la dirección Y) sobre la línea tope y un sexto de los puntos por debajo de la línea de fondo. Un medio de la distancia entre las líneas multiplicando por $\sqrt{\frac{n}{n-1}}$ = Sy es la desviación típica según Y.

12.- Busque el índice de correlación (ρ), mediante la fórmula $\rho = \sqrt{1 - \left(\frac{Se}{sy}\right)^2}$. Si la relación es una simple línea recta, esta fórmula da el coeficiente de correlación (r).

CORRELACION MULTIPLE

La correlación múltiple es usada para obtener mejores estimaciones correlativas para la variable dependiente que las que podrían ser obtenidas solamente por la correlación simple. Las variables adicionales pueden ser registros de estaciones de aforos adicionales, factores estaciones o datos de precipitación.

Esta discusión de la correlación múltiple está limitada a la eliminación del efecto estacional, para el uso de registros de dos estaciones de aforos para estimar el gasto en una tercera estación, y para el uso de registros de dos estaciones de aforos (sobre una

misma corriente) para estimar los gastos de un tributario que se encuentre entre las dos estaciones.

ELIMINACION DEL EFECTO ESTACIONAL

La relación entre el escurrimiento de una hoya y en la de otra hoya, puede variar con las estaciones del año. Esta variación es llamada efecto estacional o efecto mensual.

El ejemplo más común de efecto estacional ocurre cuando dos corrientes reciben escurrimiento debido al deshielo. La exposición de una cuenca hacia el sur, podría causar que la masa de nieve almacenada, se derrita en abril, mientras que una hoya adyacente dándole la cara al norte podría tardarse hasta mayo. Las diferencias en altitud, pueden tener efectos similares. Durante los meses cuando el deshielo, no es un factor importante, la relación entre las cuencas podría permanecer sensiblemente constante.

El efecto estacional podría también ser debido a la vegetación. Durante la estación de cultivo lo tupido de una vegetación en una cuenca podría consumir grandes cantidades de agua así que la relación para esa estación difiere de las otras estaciones. También el uso de grandes cantidades de agua durante el verano, puede producir un efecto estacional.

El efecto estacional está indicado por el diagrama de dispersión, cuando los puntos para un mismo mes del calendario muestran una tendencia a ser ploteados en el

TABLA 3 - Gastos medios mensuales en C.F.S. del Río White en Greenwater, Wash., Area Tributaria, 216 Millas²

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
1947	468	710	1,462	841	899	735	971	1,538	1,247	839	576	481
1948	1,114	1,140	800	739	581	499	690	1,592	2,652	1,088	691	467
1949	466	643	649	432	581	762	1,121	2,280	1,762	1,128	666	473
1950	414	960	769	655	694	924	892	1,570	2,660	1,874	862	552
1951	818	1,448	1,536	727	1,313	624	1,169	1,504	1,484	1,129	638	422
1952	556	544	501	330	642	428	970	1,407	1,249	1,004	625	433
1953	341	227	243	1,043	978	416	665	1,149	1,302	1,404	715	500

TABLA 4 - Gastos medios mensuales en C.F.S. del Río Greenwater, en Greenwater, Wash., Area Tributaria, 73.9 Millas²

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
1947	77.2	163	533	263	245	270	341	408	255	111	58.1	47.1
1948	181	504	320	225	177	135	241	605	747	184	92.3	72.1
1949	86.3	156	159	102	171	282	433	833	425	160	67.3	45.3
1950	64.7	180	226	203	240	286	291	575	900	371	102	57.2
1951	94.0	328	400	235	327	175	411	528	319	114	57.5	43.1
1952	69.5	97.2	118	64.4	158	118	323	391	218	119	55.5	38.3
1953	32.1	32.9	35.0	276	297	124	206	364	357	191	71.9	47.7

mismo lado o casi a la misma distancia de la curva. Si las diferencias hidrológicas son estables año a año, su efecto promedio, puede ser determinado y eliminado de la siguiente forma, usando 2 estaciones al oeste de Washington:

- 1.- Plotee la unidad seleccionada (generalmente meses) de los gastos de la estación E (tabla 3) contra la unidad correspondiente de la estación F (tabla 4) sobre papel logarítmico con la variable independiente sobre el eje de las X (vea la lámina 1 parte A). Los símbolos recomendados ayudan a detectar los efectos estacionales y es la esencia para la aplicación del método gráfico, pero se pueden usar colores en lugar de las marcas usadas en la lámina 1 parte A.
- 2.- Sobre un papel cualquiera dibuje alrededor de 16 líneas verticales a intervalos iguales (lámina 1-parte B) para la curva de ajuste estacional. Cada línea representa 1 mes , y el año se solapa alrededor de 2 meses, en cada extremo, dibuje una línea horizontal que represente el cero residual. Las graduaciones sobre la curva de ajuste estacional no son utilizadas para el ploteo.
- 3.- Dibuje una línea de relación preliminar. La posición real de la línea, tiene poco efecto sobre los resultados, pero en algunas correlaciones el tamaño de los ajustes son reducidos, esto se debe a la posición ajustada que se esperan de los puntos.
- 4.- Con un par de divisores (o una escala), mida la distancia vertical desde

la línea preliminar de relación hasta cada uno de los puntos de octubre. Traslade estas distancias a la línea de octubre de la curva de ajuste estacional. Marque el punto por encima o por debajo de la línea de cero residual para comparar la relación de los puntos ploteados con la línea de relación preliminar. Repita este procedimiento con los puntos correspondientes a cada mes. La ventaja de usar símbolos diferenciados para cada mes en el paso 1, es ahora evidente.

5.- Dibuje líneas horizontales sobre cada una de las líneas mensuales para así excluir un sexto de los puntos por encima de la línea superior y un sexto de los puntos por debajo de la línea inferior. La distancia entre las líneas es por definición dos desviaciones típicas.

6.- Determine gráficamente el valor de la mediana para cada mes promediando los dos puntos medios, si el número de puntos es par, o promediando los 3 puntos medios, si el número de puntos es impar dándole al punto medio un peso de 2. Lleve las líneas de medianas y desviación típica a los dos últimos meses de los extremos, para facilitar al trazado de la curva de ajuste estacional.

7.- Trace suavemente una curva que promedie los valores de las medianas, pero conserve la curva dentro de las líneas de desviaciones típicas. La curva debe contener las mínimas ondulaciones posibles; por ejemplo, la parte de enero hasta abril (lámina 1 B). Un método matemático de dibujar esto está descrito en Water-

Supply Paper 1541-B, "Double-Mass Curves" por Searcy y Hardison en la sección "Fitting curves to cyclic data" (ajuste de curvas a datos cíclicos), por Langbein.

8.- La distancia desde la línea del cero residual, hasta la curva es el ajuste para el mes. Coloque el ajuste para octubre sobre los divisores y en la lámina 1 A aplique este ajuste a todos los puntos de todos los meses octubres.

Este ajuste se hará moviendo los puntos observados hacia abajo si el ajuste indicado cae por encima de la línea del cero residual y moviéndolos hacia arriba si cae por debajo. Repita este procedimiento para todos los meses. El valor ajustado está marcado por un círculo lleno usualmente sobre la misma hoja donde está la línea preliminar. Para evitar confusiones, la línea preliminar de regresión puede ser borrada. Para mayor claridad los puntos ajustados, en este ejemplo, fueron ploteados en un gráfico separado (lámina 1).

9.- Repita el procedimiento de correlación gráfica para dos variables dado en la sección "Correlación simple" usando las posiciones ajustada de los puntos. En el cálculo de S_e , son 6 las pérdidas de grados de libertad: 2 para la línea de relación y 4 para el ajuste de la curva. La pérdida de los grados de libertad en el ajuste de la curva estan determinadas porque sólo sería necesario colocar 4 puntos para trazar aproximadamente la curva.

En la lámina 1-B, la curva podría ser re-dibujada con los intersechos sobre las líneas correspondientes a octubre, febrero, junio y agosto. Calcule el índice de correlación (ρ) mediante la fórmula 5 y para comparación, calcule un índice ajust-

tado usando la desviación típica de los valores de Y así determinados mediante el pro medio de las desviaciones típicas de los gastos mensuales alrededor de sus respectivos gastos medios mensuales. El procedimiento se explica en la sección "Conceptos y de finiciones" bajo el título "Coeficiente o índice de correlación para registros de esta ciones de aforo". En el problema ilustrativo (lámina 1) el índice de correlación ajus tado es 0,94 que los comparables son un índice de 0,98 calculado a partir de los valo res de las desviaciones típicas de Y alrededor de la media de todos los valores de Y . Para añadir refinamiento, la línea de regresión obtenida a partir de los puntos ajus tados (lámina 1) puede ser usada como la línea preliminar de regresión en el paso 3 y los pasos 4 y 9 repetidos.

USO.- Para usar la curva de relación ajustada para estimar, un valor del río Green water correspondiente a un gasto dado del río White.

- (a) Entre en la curva del paso 9 (lámina 1) con el valor del río White y obtener el valor Y_c del río Greenwater.
- (b) Obtener el ajuste apropiado a Y_c de la curva de ajuste estacional (lámina 1B)
- (c) Agregue, graficamente, el ajuste positivo o relativo a Y_c para obtener el pun to realmente estimado para el río Greenwater. Otra alternativa es usar los ajus tes como relaciones y multiplicar el gasto Y_c por la razón mensual apropiada.

CORRELACION GRAFICA CON TRES O MAS VARIABLES

Cuando el error típico de estimación en una correlación simple es muy alto, el uso de más estaciones en la correlación a menudo reducirá la magnitud del error típico de la estimación. El caso general será descrito mediante un ejemplo, correlacionando Bowie Creek cerca de Hattiesburg, Miss. (estación C), como la variable dependiente, con el río Leaf cerca de Collins, Miss (estación A), y Bogue Chitto en Franklinton, La (estación B), como las dos variables independientes. (ver la fig 9).

En la fig 9, la estación D está ubicada sobre el río Leaf en Hattiesburg, Miss., aguas abajo de la confluencia de los ríos Leaf y Bowie Creek. Bowie Creek suministra la mayor parte de la diferencia de caudal entre las estaciones de aforo D y A. Así que de una correlación de los gastos de Bowie Creek con las diferencias de gastos del río Leaf en las estaciones D y A (vea la sección "Caso especial"). Se puede esperar que de mejores resultados que una correlación de los gastos de Bowie Creek con los gastos de dos ríos de cuencas vecinas (vea la sección " Caso General)". Esto está demostrado por la comparación de los resultados obtenidos mediante el caso general y el especial.

Otras combinaciones de registros tomado del mismo sistema, podrá ser usado; por ejemplo, los gastos del río Leaf en Hattiesburg pueden ser correlacionado con la suma de los gastos de la estación Collins y Bowie Creek, o la suma de los gastos de la estación Collins y Bowie Creek pueden ser promediados con aquellos de una estación aguas abajo, río Leaf en Mc Clain, y este promedio usado para correlacionar con los gastos

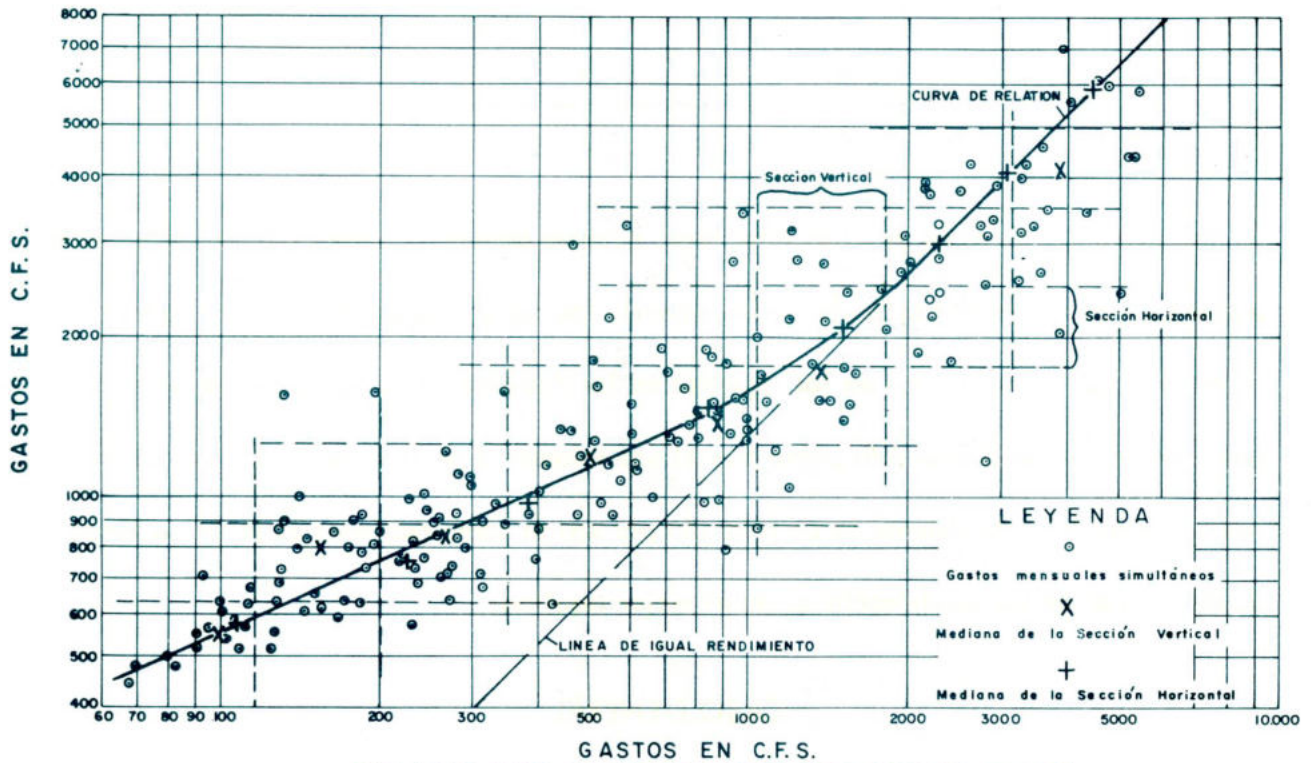
de Hattiesburg. La suma de otras estaciones necesariamente no mejoraría la correlación. Sobre esta corriente en particular, promediando los registros para la estación aguas abajo en Mc Clain con la suma de los registros de las dos estaciones aguas arriba podrán probablemente dar resultados más pobre que el uso solamente de la suma de las dos estaciones aguas arriba. Realmente la correlación por ambas combinaciones es la única forma de decir cual de las combinaciones da el mejor resultado.

CASO GENERAL

Los registros de dos estaciones de largos registros, A y B son correlacionados con los registros de la estación C de corto registro, como sigue:

1. Correlacione la estación A, (río Leaf cerca de Collins, Miss. tabla 1) como abscisa, con la estación C (Bowie Creek cerca de Hattiesburg, Miss., tabla 2). Esta es la correlación de la fig. 10.
2. Obtenga el valor de la curva (Y_c) para la estación C (Bowie Creek) correspondiente a cada uno de los valores de la estación A (río Leaf cerca de Collins, tabla 1). (Vea la tabla 5).
3. Calcule la relación Y/Y_c de la estación C (Bowie Creek) de las tablas 2 y 5 (vea la tabla 6)
4. Correlacione la estación A (río Leaf cerca de Collins, tabla 1) como abscisa con la estación B (Bogue Chitto en Franklinton, La tabla 7). (vea la figura 11).

BOGUE CHITTO EN FRANKLINTON, LA., AREA TRIBUTARIA, 985 ML²



RIO LEAF CERCA COLLINS, MISS., AREA TRIBUTARIA, 752 MILLAS²

Figura II.-Correlación de gasto mensual, Río Leaf y Bogue Chitto

Año Hidrológico 1940-54

5. Obtenga el valor de la curva (Y_c) para la estación B (Bogue Chitto) correspondiente a cada valor de la estación A río Leaf cerca de Collins, tabla 1 (vea la tabla 8).
6. Calcule la relación Y/Y_c de la estación B (Bogue Chitto) de las tablas 7 y 8 (vea la tabla 9).
7. Sobre papel logarítmico, plotée las relaciones (del paso 6) que representan las desviaciones de la estación B como abscisa contra las relaciones (del paso 3) que representan las desviaciones de la estación C como ordenadas (vea la fig. 12). Dibuje una curva de relación, recordando que la suma de los residuos deben ser iguales a cero; que los residuos en cualquier sección de la línea deben ser igual a cero; y que los residuos deben ser minimizados. En la figura 12, la posición de unos pocos puntos bajos sugieren un gancho en la línea. Como quiera que sea, la evidencia es insuficiente para garantizar el alejamiento de la línea recta.

TABLA 5.-Valores de la (Yc) de gastos mensuales en C. F.S. de Bowie Creek, cerca Hattiesburg, Miss., Area Tributaria, 304 Millas², de la figura 10

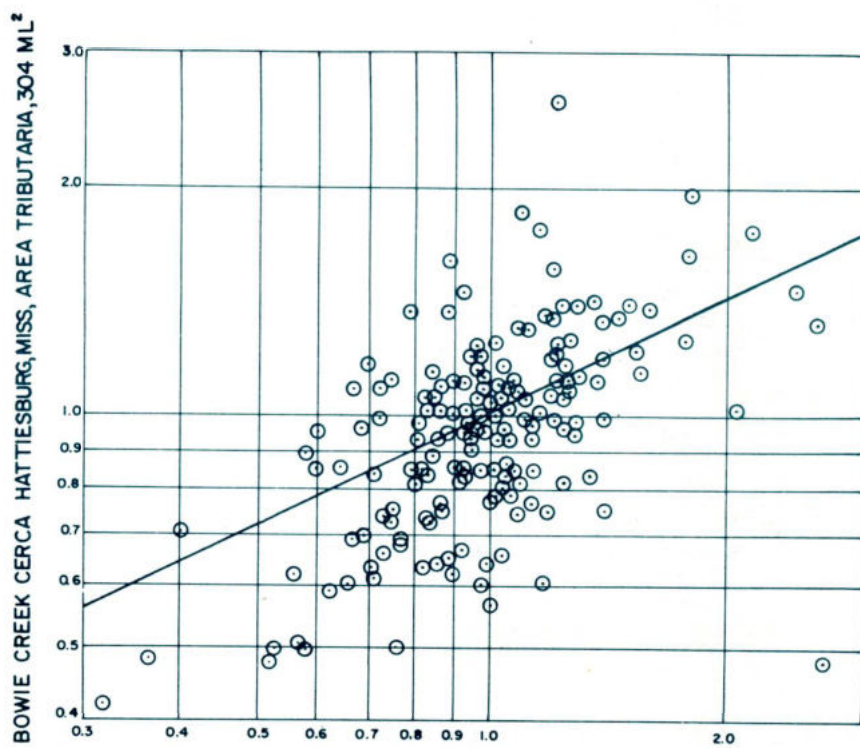
AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
1940	127	125	235	299	1,210	512	792	1,070	313	1,630	301	217
1941	152	240	856	473	481	680	698	225	166	366	238	134
1942	140	153	622	462	640	1,440	439	329	242	232	350	389
1943	221	198	578	508	630	1,460	758	250	183	261	141	178
1944	125	276	360	575	878	1,220	1,850	840	271	180	335	211
1945	155	252	479	632	1,280	938	750	497	422	385	244	172
1946	225	201	362	896	1,330	898	295	870	347	379	457	197
1947	155	414	421	2,030	454	998	1,510	610	350	188	164	156
1948	158	276	508	530	1,220	1,670	670	260	192	192	244	353
1949	260	1,360	968	1,060	1,340	1,240	1,110	820	518	588	489	470
1950	246	216	372	1,990	1,920	870	382	678	321	309	252	218
1951	163	194	338	534	1,040	1,070	800	232	237	234	144	169
1952	137	153	430	302	518	555	443	464	191	134	143	116
1953	106	136	186	542	1,090	898	668	1,770	227	403	329	214
1954	129	156	498	500	389	575	530	489	166	222	118	107

TABLA 6.-Relación Y: Yc, para el Río Bowie Creek cerca Hattiesburg, Miss.

AÑO	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.
1940	1.402	1.104	0.855	0.726	0.855	0.850	0.660	0.417	0.891	0.953	0.565	0.627
1941	.836	.658	.831	.846	.601	1.165	.844	.849	1.090	.689	.630	.970
1942	.943	1.373	1.371	1.123	.755	.704	.601	1.550	1.058	.776	1.851	.946
1943	1.579	1.303	1.263	.998	1.332	1.429	1.090	1.008	1.098	1.080	1.220	2.567
1944	1.168	.996	1.175	1.350	1.115	1.109	.476	.954	.937	1.144	1.054	1.190
1945	1.123	1.750	1.194	1.038	.615	.504	1.097	.638	1.192	.818	.832	.959
1946	1.213	1.299	1.950	1.050	.619	1.007	.817	.979	1.141	1.330	.628	1.025
1947	1.123	1.343	.955	.920	1.048	1.389	1.172	1.449	.983	.968	1.213	1.455
1948	1.184	1.373	1.744	1.219	.732	1.017	1.082	.958	1.099	1.068	.939	.720
1949	.681	.988	.930	.689	1.158	1.236	1.008	.865	.832	1.403	1.350	1.053
1950	1.171	1.088	.954	.581	.856	.972	.984	.853	.819	.748	1.056	1.248
1951	1.245	.948	1.018	.781	.856	.879	.750	.784	.747	.842	1.049	1.118
1952	.993	1.039	.984	.877	1.008	.834	.851	.683	.764	1.075	.937	1.034
1953	1.047	1.007	.984	.646	.743	.813	1.015	.902	.775	.499	.480	.598
1954	.953	1.013	1.631	.638	.666	.497	.498	.474	.837	.725	.949	.926

TABLA 7.-Gastos medios mensuales en C.F.S. del Río Bogue Chitto en Franklinton, La., Area Tributario ,985 Millos²

AÑO	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.
1940	700	518	701	762	2,554	1,277	2,655	1,178	624	3,433	1,033	569
1941	514	639	3,817	1,497	987	1,498	1,728	761	830	914	716	637
1942	514	554	1,532	1,880	1,515	2,044	1,609	1,329	731	853	1,271	1,131
1943	731	816	3,179	1,533	2,743	6,999	2,066	796	634	675	566	851
1944	547	896	1,148	2,148	2,197	4,002	2,405	1,871	973	591	919	750
1945	681	1,043	1,451	2,144	3,227	1,813	2,452	1,317	1,290	1,306	922	608
1946	1,005	857	2,164	3,264	2,628	2,802	923	2,354	1,790	3,213	1,278	1,561
1947	865	1,901	1,700	5,829	1,463	4,219	5,562	1,768	1,608	905	1,003	1,554
1948	883	1,560	3,409	1,999	3,138	6,015	1,400	896	779	916	830	971
1949	715	3,479	3,735	2,505	4,574	4,206	3,822	2,783	1,330	2,788	1,787	1,843
1950	1,100	986	1,074	4,402	4,399	3,730	1,495	2,419	1,335	1,148	1,094	821
1951	794	727	1,186	1,696	3,281	3,107	3,090	897	1,210	915	664	654
1952	582	638	1,258	866	1,401	1,232	1,357	973	629	603	624	499
1953	448	538	799	1,509	3,314	2,429	1,738	5,933	941	999	2,971	778
1954	567	729	2,769	1,539	1,152	1,038	875	791	607	685	473	474



BOGUE CHITTO EN FRANKLINTON, AREA TRIBUTARIA, 985 ML²

FIGURA 12--Relación Y:Yc Bogue Chitto y Bowie Creek

Año Hidrológico 1940-54

8. Seleccione las relaciones Y/Y_c de la curva del paso 7 (fig. 12), para la estación C (Bowie Creek) correspondiente a las relaciones Y/Y_c de la estación B (tabla 8). Estos datos están tabulados en la tabla 10.

9. Ajuste los gastos de la estación C (tabla 2) dividiéndolas por las relaciones (tabla 10) seleccionadas de las curvas. Los gastos ajustados están tabulados en la tabla 11.

10. Correlacione los gastos ajustados de la estación C (tabla 11), con los gastos de la estación A (tabla 1). (Vea la fig. 13). La pérdida de grados de libertad son 8-seis para la correlación más dos para la curva Y/Y_c .

USO. Para usar la curva de relación para estimar la estación C, dados los gastos de las estaciones A y B:

(a) Entre en la curva del paso 4 (fig. 11) con el valor de la estación A

TABLA 8.-Relación Yc-de Gastos mensuales en C.F.S. del Río Bogue Chitto en Franklinton, La, Área Tributeria, 905 Mitos, de la Figura 11

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
1940	538	528	856	1,020	4,220	1,580	2,530	3,680	1,060	5,700	1,030	802
1941	612	865	2,820	1,460	1,490	2,140	2,180	824	659	1,190	860	557
1942	578	618	1,940	1,430	2,000	5,080	1,360	1,090	870	842	1,150	1,250
1943	816	748	1,780	1,570	1,960	5,120	2,400	896	702	920	580	690
1944	527	960	1,170	1,780	2,900	4,280	6,500	2,720	948	698	1,110	785
1945	626	899	1,480	1,980	4,500	3,160	2,370	1,530	1,320	1,240	878	676
1946	825	758	1,180	2,980	4,640	3,000	1,010	2,880	1,140	1,220	1,420	747
1947	626	1,300	1,320	7,160	1,410	3,410	5,300	1,900	1,150	720	650	628
1948	630	960	1,570	1,640	4,270	5,880	2,090	920	728	728	878	1,160
1949	920	4,780	3,290	3,670	4,700	4,360	3,820	2,640	1,580	1,820	1,510	1,460
1950	880	800	1,210	7,000	6,780	2,880	1,230	2,120	1,070	1,050	900	802
1951	645	738	1,120	1,650	3,600	3,680	2,580	840	860	850	590	665
1952	570	618	1,350	1,030	1,600	1,720	1,380	1,440	728	559	587	497
1953	462	561	718	1,680	3,800	3,000	2,090	6,200	828	1,280	1,100	792
1954	541	625	1,530	1,540	1,250	1,780	1,640	1,510	658	818	509	469

TABLA 9.- Relación Yc, para el Río Bogue Chito en Franklinton, La.,

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
1940	1.301	0.981	0.819	0.747	0.605	0.808	1.049	0.320	0.589	0.602	1.003	0.709
1941	.840	.739	1.354	1.025	.662	.700	.793	.924	1.259	.768	.833	1.144
1942	.889	.896	.790	1.315	.758	.402	1.183	1.219	.840	1.013	1.105	.905
1943	.896	1.091	1.786	.976	1.399	1.367	.861	.888	.903	.734	.976	1.233
1944	1.038	933	.981	1.207	.758	.935	.370	.688	1.026	.847	.828	.955
1945	1.088	1.160	.980	1.083	.717	.574	1.035	.861	.977	1.053	1.050	.899
1946	1.218	1.131	1.834	1.095	566	.934	.914	.817	1.570	2.634	900	2.090
1947	1.382	1.462	1.288	814	1.038	1.237	1.049	.931	1.398	1.257	1.543	2.475
1948	1.402	1.625	2.171	1.219	.735	1.023	.670	.974	1.070	1.258	.945	.837
1949	.777	.728	1.135	.683	.973	.965	1.001	1.054	842	1.532	1.183	1.262
1950	1.250	1.232	.888	.629	.649	1.295	1.215	1.141	1.248	1.093	1.216	1.024
1951	1.231	985	1.059	1.028	.911	.844	1.198	1.068	1.407	1.076	1.125	.983
1952	1.021	1.032	.932	.841	.876	.716	.983	.676	.864	1.079	1.063	1.024
1953	.970	959	1.113	.898	.872	.810	.832	.957	1.136	.780	2.701	.982
1954	1.048	1.166	1.810	.999	.922	.583	.534	.524	922	.837	.929	1.011

TABLA 10.-Relación Y.Yc. para el Río Bowie Creek cerca Hattiesburg, Miss., de la Figura 12

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
1940	1.14	0.998	0.910	0.870	0.782	0.900	1.03	0.570	0.770	0.748	1.00	0.850
1941	.92	.862	1.17	1.02	.819	.840	.897	.962	1.13	.88	.920	1.07
1942	.948	.958	.897	1.15	.872	.640	1.09	1.10	.92	1.00	1.06	.958
1943	.958	1.11	1.34	.996	1.19	1.17	.937	.948	.958	.86	.99	1.11
1944	1.02	.966	.998	1.10	.872	.965	.614	.835	1.02	.922	.917	.98
1945	1.06	1.08	.998	1.04	.850	.760	1.02	.930	.995	1.03	1.03	.956
1946	1.11	1.07	1.35	1.05	.759	.965	.958	.905	1.26	1.62	.96	1.45
1947	1.18	1.21	1.14	.902	1.03	1.12	1.03	.962	1.19	1.13	1.25	1.57
1948	1.19	1.28	1.47	1.11	.86	1.02	.838	.996	1.04	1.13	.97	.918
1949	.882	.859	1.07	.834	.992	.99	1.00	1.03	.922	1.24	1.09	1.12
1950	1.12	1.12	.945	.798	.808	1.14	1.10	1.07	1.12	1.11	1.10	1.02
1951	1.11	.998	1.03	1.02	.960	.92	1.10	1.04	1.19	1.10	1.07	.992
1952	1.01	1.03	.968	.920	.940	.848	.998	.822	.932	1.10	1.04	1.00
1953	.995	.985	1.06	.956	.938	.900	.918	.980	1.07	.888	1.64	.99
1954	1.03	1.085	1.35	1.00	.962	.766	.738	.728	.96	.920	.96	1.00

TABLA 11.-Gastos mensuales del Río Bowie Creek, cerca Hattiesburg, Miss., ajustados para Bogue Chitto

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
1940	156	138	221	249	1,324	483	508	782	362	2,076	170	160
1941	138	183	608	392	353	943	657	199	160	286	163	121
1942	139	219	951	451	554	1,584	242	464	278	180	611	384
1943	364	232	545	509	705	1,783	882	266	210	328	174	412
1944	143	285	424	705	1,123	1,402	1,433	959	249	223	385	256
1945	164	408	573	631	926	622	807	341	506	306	197	173
1946	246	244	523	896	1,084	937	252	941	314	311	299	139
1947	147	460	353	2,070	462	1,238	1,717	919	289	161	159	145
1948	157	296	603	582	1,038	1,666	865	250	203	181	236	277
1949	201	1,563	841	875	1,565	1,548	1,119	688	467	665	606	442
1950	257	210	376	1,450	2,035	742	342	540	235	208	242	267
1951	183	184	334	409	927	1,023	545	175	149	179	141	191
1952	135	154	437	288	555	546	378	386	157	131	129	120
1953	112	139	173	366	864	811	739	1,629	164	226	96.3	129
1954	119	146	601	319	269	373	358	319	145	175	117	99.1

(río Leaf cerca de Collins) y obtenga el valor Y_c para la estación B (Bogue Chitto).

(b) Calcule Y/Y_c para la estación B.

(c) Entre en la curva de relaciones del paso 7 (fig 12) con la relación del paso (b) y lea la relación Y/Y_c para la estación C (Bowie Creek).

(d) Lea el gasto ajustado de la estación C (Bowie Creek) en la curva del paso 10 (fig 13).

(e) Multiplique el gasto ajustado de la estación C paso (d) por la relación Y/Y_c del paso (c) para obtener el gasto de la estación C.

CASO ESPECIAL

Una de las variedades de casos especiales se ilustra con el siguiente ejemplo: las estaciones de aforo están ubicadas sobre el cauce principal del río Leaf por encima y por debajo del tributario, del cual se desea la estimación correlativa. (Vea la fig 9). En una situación tal, la diferencia entre los gastos de la estación aguas arriba y la de aguas abajo, podría proporcionar la mejor variable independiente para correlacionar con el registro de la estación dependiente.

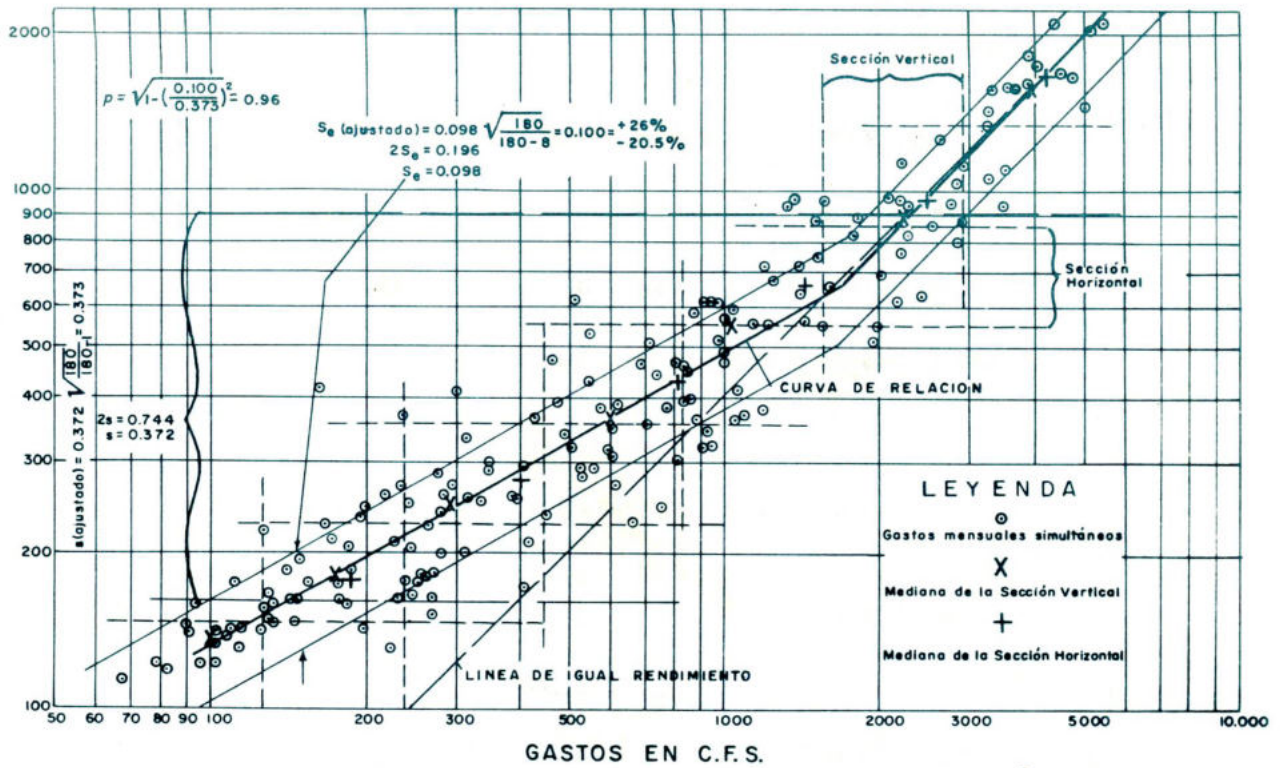
El gasto mensual de la estación A aguas arriba, río Leaf cerca de Collins (tabla 1), son restados de los registros de la estación D aguas abajo en Hattiesburg (tabla 12), con los resultados tabulados en la tabla 13.

Las diferencias de los gastos mensuales (tabla 13), se correlacionan con los gastos mensuales de Bowie Creek (tabla 2).

Para este propósito se usan los métodos de correlación simple. Los resultados se muestran en la figura 14.

BOWIE CREEK CERCA HATTIESBURG, MISS., AREA TRIBUTARIA, 304 ML²

GASTOS EN C. F. S.



RIO LEAF CERCA COLLINS, MISS., AREA TRIBUTARIA, 752 MILLAS²

Figura 13.- Correlación de gasto mensual, Rio Leaf y Bowie Creek

Año Hidrológico 1940-54

RESUMEN

Los registros de las estaciones de aforo es la mejor base para la estimación de magnitudes y la distribución de futuros caudales. A menudo, solamente un registro de corto plazo es disponible en el sitio donde se propone el desarrollo de los recursos hidráulicos. Tal registro, es menos representativo para los caudales futuros de una corriente que los de registros largos, pero a través de la correlación puede ser ajustada para que represente el largo período de una estación cercana de registro extendido.

La correlación gráfica es un método práctico para establecer una relación entre los registros largos y cortos.

La relación establecida, para un período de corto alcance concurrente, es usada para ajustar los registros de corto alcance a aquel de período de largo alcance.

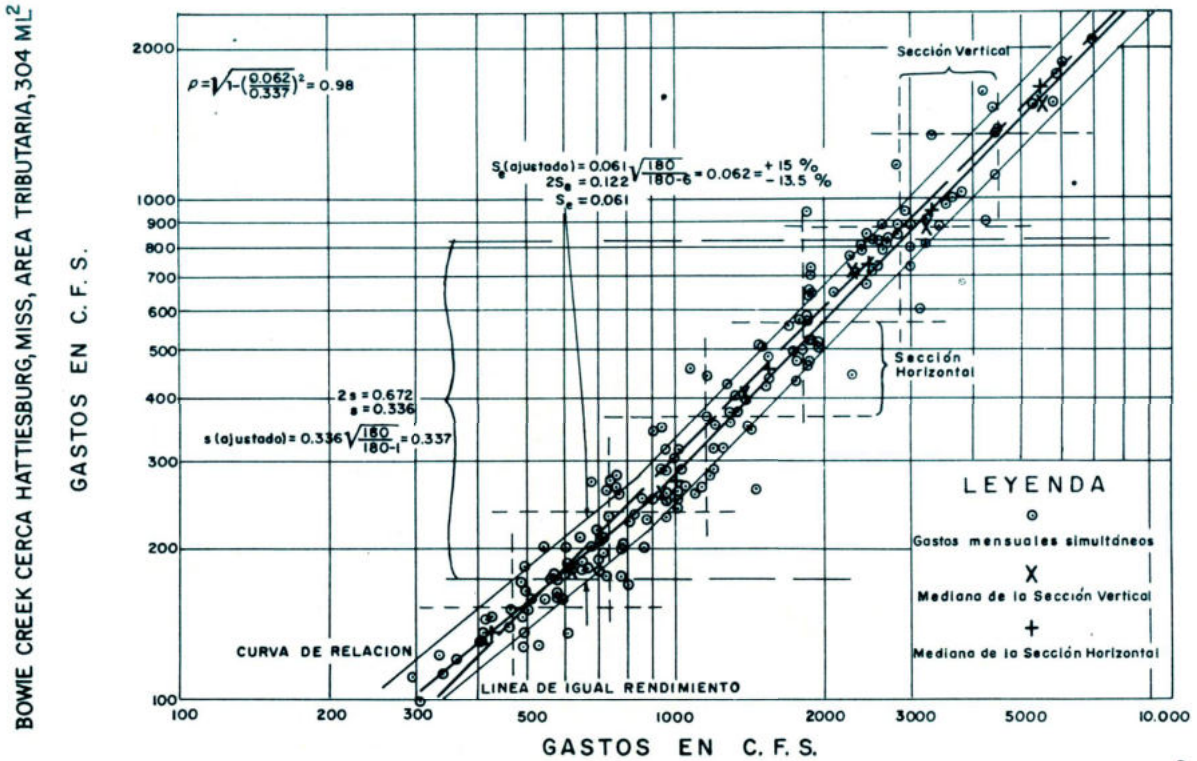


Figura 14.- Correlación de gasto mensual, hoyas de los rios Leaf y Bowie Creek entre Hattiesburg y Collins
Año Hidrológico 1940-54

Quando la relación entre las estaciones es buena, el registro corto es mejorado mediante la correlación con registros que son más de 25 por ciento más largos que los registros cortos; mientras el grado de relación decrece, es necesario una mayor extensión de los registros largos para mejorar los de corto alcance; y si la relación llega a ser pobre, ninguna cantidad de largo registro, puede mejorar el corto registro. El grado de correlación es medido por el índice o coeficiente de correlación.

La correlación simple es el establecimiento de una relación entre dos variables (en este ejemplo registros de estaciones de aforo); la correlación múltiple, es el establecimiento de una relación entre una variable dependiente (el registro a ser estimado) y dos o más variables independientes (generalmente largos registros).

La correlación gráfica de datos de caudales se lleva a cabo en papel logarítmico porque la variación en los datos, pueden ser ploteados sin una condensación indeseable

TABLA 12.-Gastos medios mensuales en C.F.S. del Río Leaf, en Hattiesburg, Miss., Area Tributaria, 1760 Millas²

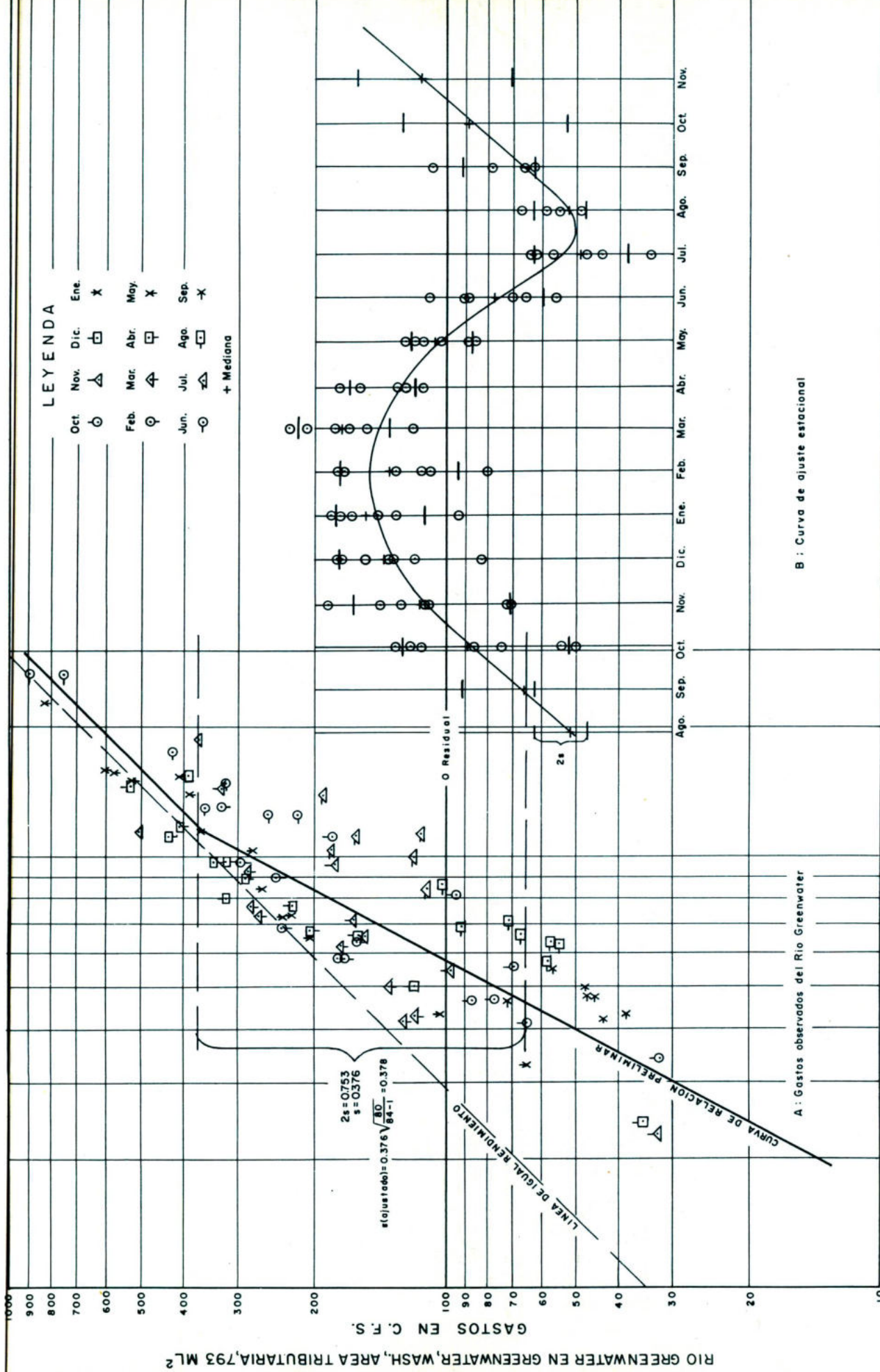
AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
1940	670	511	871	1,097	7,067	2,555	3,820	5,124	1,605	10,260	1,213	843
1941	622	870	4,484	2,198	1,831	4,222	3,467	948	801	1,422	777	509
1942	519	776	3,824	2,790	2,976	7,571	1,894	1,972	1,055	879	2,409	1,788
1943	1,182	1,153	3,110	2,934	4,098	10,910	4,404	1,195	855	1,087	604	1,246
1944	515	1,334	1,827	3,481	5,789	7,830	8,425	5,083	1,219	879	1,778	1,238
1945	691	1,471	2,741	3,520	5,834	4,188	4,339	2,138	2,200	1,634	1,062	655
1946	987	931	2,454	5,222	6,229	5,534	1,400	5,141	1,910	2,406	2,006	916
1947	713	2,396	2,033	11,570	2,695	7,121	10,040	4,548	1,959	900	842	942
1948	742	1,668	4,017	2,922	6,120	10,040	4,041	1,275	918	977	1,166	1,625
1949	1,046	6,985	6,740	5,401	8,900	7,792	7,428	4,565	2,788	3,727	2,796	2,611
1950	1,329	1,062	1,796	8,163	9,401	5,064	1,947	3,346	1,420	1,157	1,065	916
1951	689	690	1,396	2,392	5,416	4,700	5,129	967	1,054	982	581	808
1952	604	706	2,275	1,466	2,934	3,013	2,072	1,800	676	521	536	446
1953	366	514	846	2,500	5,304	5,293	3,990	10,230	983	1,535	1,012	761
1954	434	648	4,192	2,206	1,632	2,172	2,507	1,884	610	820	423	377

TABLA 13.-Gastos mensuales en C.F.S. del Río Leaf en Hattiesburg, Miss., menos Río Leaf cerca Collins, Miss.

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
1940	576	421	608	702	3,835	1,556	1,875	2,301	1,176	5,887	811	613
1941	497	597	2,337	1,338	948	2,665	1,858	704	655	867	509	408
1942	410	649	2,458	1,962	1,550	3,685	1,139	1,511	780	623	1,895	1,170
1943	945	958	1,900	1,956	2,711	7,005	2,587	902	683	774	493	1,082
1944	425	988	1,285	2,279	3,568	4,562	3,451	3,005	885	712	1,300	1,020
1945	561	1,175	1,863	2,116	2,398	1,772	2,546	1,204	1,491	1,031	782	501
1946	743	730	1,908	2,953	2,673	3,250	1,016	2,944	1,404	1,816	1,198	720
1947	583	1,711	1,330	6,105	1,894	4,514	5,996	3,221	1,440	721	699	810
1948	609	1,321	3,041	1,879	2,848	5,540	2,521	963	733	792	886	1,102
1949	734	3,334	4,216	2,598	5,308	4,463	4,484	2,536	1,785	2,490	1,890	1,753
1950	1,045	834	1,222	2,820	4,243	2,861	1,347	1,807	974	740	768	685
1951	548	501	915	1,334	2,664	1,875	3,151	712	787	722	467	658
1952	497	579	1,537	1,062	1,926	1,878	1,301	964	492	419	423	367
1953	298	411	669	1,415	2,402	3,010	2,468	5,486	736	875	549	537
1954	338	517	3,254	1,263	1,017	970	1,467	975	465	583	341	308

de la escala, porque las relaciones entre los registros de las estaciones de aforo tienen la tendencia de una o más líneas rectas, y porque los residuos de las relaciones logarítmicas tienden a ser distribuidos de acuerdo a la curva normal.

Una relación existe entre los registros de las estaciones de aforo a causa del clima común, y la forma de la relación está fijada por la hidrología de las hoyas productoras. La estadística proporciona solamente un método útil para definir una relación existente, no puede proveer la relación.

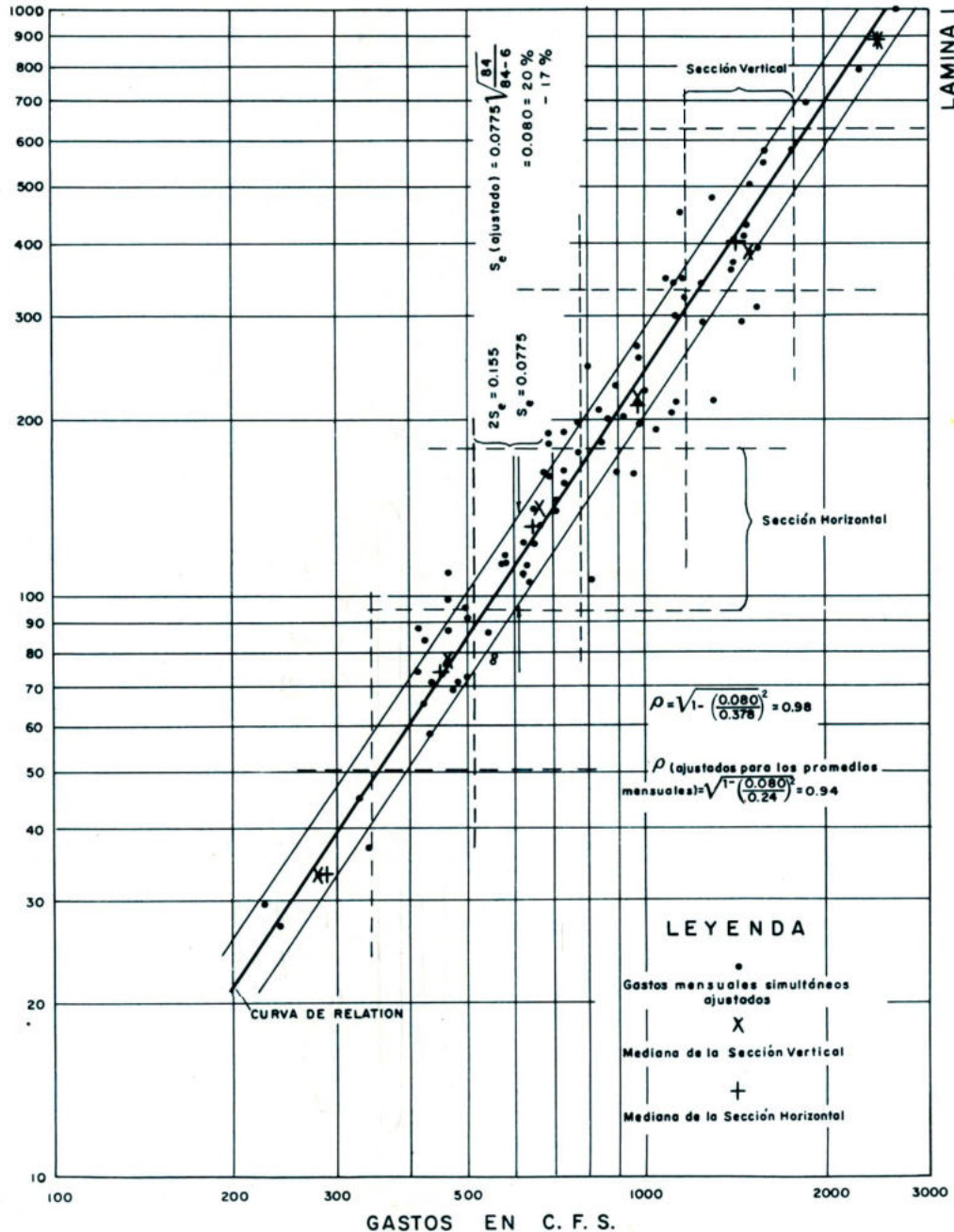


RIO GREENWATER EN GREENWATER, WASH., AREA TRIBUTARIA, 793 ML²

RIO WHITE EN GREENWATER, WASH., AREA TRIBUTARIA, 216 MILLAS²
GASTO MOSTRANDO LOS EFECTOS ESTACIONALES

RIO GREENWATER EN GREENWATER, WASH., AREA TRIBUTARIA, 793 ML²

GASTOS EN C. F. S.



LAMINA I
PARTE B

GASTOS EN C. F. S.

RIO WHITA EN GREENWATER, WASH., AREA TRIBUTARIA, 216 MILLAS²
 GASTOS DESPUES DE AJUSTADOS POR LOS EFECTOS ESTACIONALES

