

SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA
HIENO DE INGENIERÍA HIDRÁULICA

AÑO HIDROLOGICO DE UNA VARIABLE

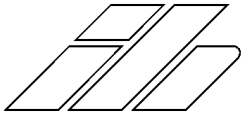
SERGIO RADRIGÁN VOGEL
Hidrelec Ltda.
Huelén 111, Providencia, Santiago - Chile
Tel. 2362913 - 2362914 Fax: 2441048
e-mail: **hidro@hidrelec.cl**

RESUMEN

Se propone la definición del año hidrológico de una variable (caudal o lluvia) en una estación dada como aquel conjunto de 12 meses seguidos que tiene la mejor correlación interna de las variables. Se muestra que este año hidrológico tiene varias propiedades estadísticas y prácticas importantes que llevan a proponer que, cada vez que analice o estudie una variable hidrológica, sea conveniente calcular y definir su año hidrológico.

ABSTRACT

It is proposed to define the hydrologic year of a variable (discharge or rain) in a certain station as the best internal correlated successive 12 months set. It is shown that this hydrologic year has many important statistical and practical properties that conduce to propose that every time you have to analyze or study a hydrologic variable, you should first calculate and define the corresponding hydrologic year.



AÑO HIDROLÓGICO DE UNA VARIABLE

1. Introducción

La traslación de la Tierra alrededor del Sol, con su plano eclíptico inclinado, impone una variación cíclica de un año de duración sobre una gran cantidad de fenómenos que se desarrollan sobre la superficie terrestre, entre los que se puede mencionar los fenómenos climáticos y todos aquellos asociados en forma más o menos directa a ellos, incluyendo los biológicos, comportamiento humano y sus derivados económicos.

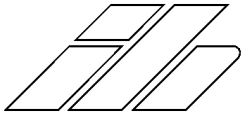
De una manera general son los fenómenos climáticos o los muy estrechamente asociados a éstos, los que pueden considerarse como causa desencadenante de los otros fenómenos secundarios. El fenómeno climático más directamente asociado a la variación cíclica solar es sin duda la potencia solar unitaria que recibe cada región de la superficie terrestre a lo largo del año y que se convierte directamente en un fenómeno calórico. Este fenómeno está acompañado por la irradiación al espacio, que puede considerarse de carácter más pasivo y produce una disminución de la temperatura.

La existencia de dos grandes masas de fluido sobre la superficie terrestre, la atmósfera y los océanos, produce dos efectos adicionales significativos sobre el fenómeno calórico derivado de la potencia solar unitaria: el transporte de los efectos y la introducción de una variable aleatoria en el comportamiento de los fenómenos. En efecto, el movimiento de estos fluidos produce el transporte de las masas calentadas en sentido superficial u horizontal y en sentido vertical, con lo cual el efecto de la potencia solar unitaria de una región se transporta o traslada hacia otras regiones de la superficie terrestre, que está recibiendo en ese momento una distinta potencia solar unitaria, produciéndose una superposición de efectos energéticos.

Por otra parte, las dos grandes masas de fluido, las aguas del océano y los gases de la atmósfera se mueven dentro de un rango de número de Reynolds altísimo, propio de los flujos altamente turbulentos. Este fenómeno de turbulencia propio sólo de los fluidos gaseosos y líquidos, conlleva la aparición de un proceso aleatorio en las variables en juego, que produce una verdadera “cascada” de efectos aleatorios encadenados, con dispersión creciente en el tiempo y en el espacio. Se llega así a las variables climáticas, que todos conocemos, con una dispersión en tiempo y espacio de enormes proporciones y consecuencias.

Esta variable climática, que se inicia como una masa calentada por la potencia solar o enfriada por la irradiación al espacio, va enriqueciéndose con otras variables, como ser densidad, humedad, velocidad, etc, todas las cuales van adquiriendo también las características macroaleatorias descritas más arriba. Particularmente se producen fenómenos encadenados a estas variables, como son la humedad, la condensación y finalmente la precipitación sobre la superficie terrestre con todas sus variedades conocidas, lluvias, neblinas, nevazones, etc.

La precipitación termina por convertir una parte del fenómeno climático inicial en agua, en todas sus formas posibles: líquido, sólido y vapor, con o sin escurrimiento superficial, con acumulaciones o infiltraciones al subsuelo, etc. A partir del fenómeno



de la precipitación sobre la superficie terrestre que, como se aprecia, aparece como un enésimo escalón en las variables climáticas, comienza nuestra ocupación directa de ingeniero hidráulico.

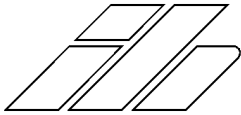
Mirado desde el punto de vista estadístico y, sobre todo, en su aspecto aleatorio derivado de las macroturbulencias oceánicas y atmosféricas, aparecen sobre la superficie de la tierra otros fenómenos como son la acumulación, el rezago, las diferencias de velocidad, etc, todo lo cual recompone todo el proceso aleatorio climático primitivo en una nueva variable aleatoria de flujo de agua, que es la que aprovecharemos como recurso o consideraremos como causas de riesgo en crecidas.

Resumiendo:

- el fenómeno causa inicial de todo fenómeno climático es cíclico anual y se deriva de la potencia solar unitaria que recibe cada región de la superficie terrestre.
- este fenómeno climático causa una serie de fenómenos adicionales que se encadenan con las macroturbulencias de los flujos oceánicos y atmosféricos, adquiriendo características aleatorias de gran proporción.
- si se sigue la pista al fenómeno de la precipitación y se continúa con el fenómeno del agua terrestre derivada de ella, se agregan componentes estadísticos derivados de la acumulación, rezago y otras, que terminan por definir las características aleatorias del agua-recurso y agua-crecida en un lugar determinado.

A pesar de que las macroturbulencias y los fenómenos de acumulación, rezago y otros pueden ser considerables, no logran ocultar el carácter cíclico anual del fenómeno climático subyacente inicial o desencadenante. Esta es la experiencia que todos conocemos. Así, desde un punto de vista estadístico, el comportamiento de la variable agua-recurso, por ejemplo, sigue un patrón básico cíclico anual afectado por los fenómenos aleatorios que se ha descrito suscitadamente y que reciben el nombre de "ruido estadístico", que es típico en cada lugar de la tierra y en cada curso de agua y, más aún, en cada sección del curso de agua. Un análisis más detallado permite establecer que este ruido estadístico no es absolutamente aleatorio, sino que sigue una ley de continuidad geográfica bastante precisa. Así se reconoce que los "ruidos estadísticos" van cambiando gradualmente de una región geográfica a la vecina y es posible definir zonas homogéneamente secas o húmedas, de alta o baja dispersión, etc. Esto es fácilmente reconocible y constituye la base de los estudios hidrológicos a nivel geográfico.

Sin embargo, existe otro fenómeno muy interesante, que constituye la base de esta comunicación. En efecto, la potencia solar unitaria produce una variable temperatura, que afecta con resultados crecientes a la superficie terrestre, a los océanos y a la atmósfera. La mayor temperatura produce un efecto determinístico en el suelo o superficie de la tierra firme, pero un efecto aleatorio en los océanos y en la atmósfera. En efecto, el aumento de temperatura aumenta el número de Reynolds de los flujos y, por ende, su turbulencia, que se imprime en los flujos oceánicos y atmosféricos como una variable aleatoria que se va propagando en el espacio y en el tiempo.



Ahora, bien, surge aquí un asunto que es de primordial importancia para la materia que se expone: Las características de la impresión aleatoria son a su vez de carácter cíclico anual, ya que podría razonarse que los grados de turbulencia dependen de la temperatura. A mayor temperatura habrá un mayor grado de turbulencia e inversamente. Siguiendo este razonamiento podría asegurarse que no sólo existe turbulencia o aleatoriedad sobrepuesta a un proceso cíclico anual, sino que el grado de turbulencia es a su vez cíclico. En otras palabras, los números de Reynolds de los flujos oceánicos y atmosféricos son a su vez función de la temperatura y, por tanto, de la potencia solar unitaria.

Sin entrar, por el momento, a una formulación o proposición de una modelación de los fenómenos cíclicos anuales afectados por una aleatoriedad de desarrollo también cíclico anual, parece plausible considerar que ambos se acoplan de tal manera que es posible reconocer la existencia de períodos cíclicos de mayor uniformidad interna.

2. Definición del año hidrológico de una variable hidrológica.

Este período cíclico de mayor uniformidad interna es el que se propone denominar “año hidrológico”. En otras palabras, frente a un fenómeno hidrológico determinado y en una sección o lugar determinado, se propone definir el “año hidrológico” como aquel período de 12 meses seguidos que, desde el punto de vista estadístico, sea el mejor correlacionado consigo mismo. Así, existirán “años hidrológicos” para las precipitaciones en un determinado lugar, para los caudales en una determinada sección fluvial, etc. Debido a los fenómenos de rezago, almacenamiento y otros que afectan a una determinada variable climática o hidrológica, no se puede pretender ni esperar que en un mismo lugar el “año hidrológico” de las precipitaciones sea coincidente con el “año hidrológico” de los caudales, por ejemplo.

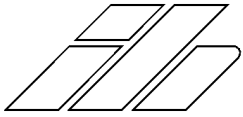
A raíz de algunos estudios que se ha realizado, se ha confirmado empíricamente lo expuesto en el capítulo precedente.

Para este efecto se ha trabajado con estadísticas a nivel mensual y centradas en las variables caudales y lluvias. Se define el “año hidrológico” de caudales o lluvias en un lugar o sección determinada como aquel conjunto de 12 meses seguidos que muestre la mejor correlación interna. En primer lugar, se ha construido 12 conjuntos de años distintos de 12 meses seguidos, que se designan por su mes de comienzo:

Año hidrológico	Nomenclatura	Promedio (caudales) o suma (lluvias) de 12 meses seguidos
Enero	ENEah	Enero-Diciembre
Febrero	FEBah	Febrero-Enero (año siguiente)

Diciembre	DICah	Diciembre-Noviembre (año siguiente)

(Observación: hay que notar que esta construcción no es estadísticamente homogénea, en un sentido estricto de las matemáticas, pues va abarcando períodos estadísticos diferentes. Sin embargo, si la estadística que se analiza es



suficientemente larga -más de 20 años- el sesgo estadístico que se introduce puede considerarse pequeño).

Para ilustrar las diversas propiedades y características de los años hidrológicos se ha elaborado dos casos prácticos que se van detallando en los cuadros que acompañan a este informe: los caudales del río Maipo en La Obra y las lluvias de Santiago en la terraza del MOP.

2.1 Cálculo del año hidrológico a partir de la mejor correlación interna.

La correlación interna de un año hidrológico se ha calculado con el siguiente procedimiento:

- En primer lugar, se calcula el coeficiente de correlación lineal entre el año hidrológico tentativo y un mes. El cálculo se repite para los 12 meses del año hidrológico tentativo y se calcula el coeficiente de correlación promedio de ellos.

- Se repite esta operación para los 12 años hidrológicos tentativos posibles (resultarían 144 correlaciones lineales, de las que sólo se ha calculado 84 con los coeficientes de correlación interna mayores, y se muestran en el cuadro 1 para los dos ejemplos de ilustración).

- Aquel año hidrológico tentativo que arroje el mejor coeficiente promedio sería el año hidrológico elegido (se muestran en negrita en el cuadro 1). Para los caudales de Maipo en La Obra resulta el año hidrológico de Junio y para las lluvias de Santiago (MOP) el de Febrero.

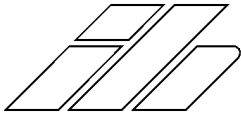
2.2 Procedimiento de la autocorrelación con desfase 1.

El cálculo estadístico desarrollado en el cap. 2.1 es muy largo y trabajoso, pues exige realizar el cálculo de 144 correlaciones lineales o, si se pretende hacer un cálculo marginal, alrededor de 80 correlaciones lineales. Para simplificar y acortar los cálculos se ha diseñado un procedimiento de cálculo completamente diferente, que pasa a constituir la esencia de esta comunicación.

Se construye, en primer lugar, la matriz de valores “mes ah” en que el valor “mes ah” es el valor promedio (caudales) o valor suma (lluvias) de los 12 meses seguidos que comienza en el “mes”, tal como se definió en el cap. 2.1. Se hace el siguiente razonamiento:

Por definición de la construcción del “año hidrológico”, el conjunto de 12 meses seguidos tiene la mejor correlación promedio con el año de 12 meses seguidos de la matriz “mes ah”. Si se corre en un mes el conjunto de 12 meses seguidos, éste tendrá una correlación promedio con el año de 12 meses seguidos anterior, un poco peor y así sucesivamente. En particular, si se corre en 12 meses el conjunto de 12 meses seguidos se obtendrá el año de 12 meses seguidos siguiente y éste tiene una correlación peor que el del año hidrológico calculado inicialmente.

Este razonamiento puede expresarse también de otra manera: si se postula que el proceso estadístico de una variable climática es de ciclo anual, resulta que el ciclo siguiente tiende a ser disjunto con el ciclo inicial. Si el ciclo anual calculado es el más homogéneo, el ciclo anual siguiente pasa a ser el más disjunto posible. En otras



palabras, el “año hidrológico” sería aquel conjunto de 12 meses seguidos que es más disjunto, o tiene peor correlación, con el conjunto de 12 meses seguidos siguientes.

El cálculo estadístico se hace correlacionando el conjunto de años hidrológicos tentativos “mes ah” con el mismo conjunto desfasado en un año. El resultado se denomina coeficiente de autocorrelación con desfase 1 del año hidrológico tentativo “mes año”. Este mismo cálculo se repite con los 12 años hidrológicos tentativos. El año hidrológico tentativo que muestra el menor valor del coeficiente de autocorrelación con desfase 1 resulta ser el año hidrológico buscado.

Los cálculos de la autocorrelación con desfase 1 se han resumido en el cuadro 2 y de él resulta que el año hidrológico de la variable caudales en Maipo / La Obra es el de Junio y el de la variable lluvias en Santiago MOP es el de Diciembre.

2.3 Procedimiento de las pendientes de las curvas de excedencia de los años hidrológicos tentativos.

Ya que el año hidrológico se ha definido como “aquel conjunto de 12 meses seguidos que tiene la mejor correlación interna”, resulta que un año hidrológico bajo tiende a tener todos sus meses bajos y, por el contrario, un año hidrológico alto tiende a tener todos sus meses altos. Por tanto, si se ordenan de mayor a menor los años hidrológicos tentativos, y se les correlaciona con sus curvas excedencia, haciendo previamente las transformaciones de variables típicas (log - gauss, gumbel u otras), las pendientes de estas curvas excedencia - año hidrológico tentativo serán tanto mayores mientras mejor correlación interna tenga el año hidrológico tentativo. En particular, el año hidrológico definitivo tendrá la mayor pendiente.

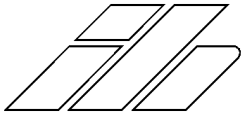
En el cuadro 3 se ha calculado, para los ejemplos ilustrativos, las constantes a y b de la ecuación de correlación $\log(\text{var.ah}) = a + b * \text{gauss}(\text{exced})$, en que b mide el valor de la pendiente de la curva correlacionada. De este modo se concluye que las mayores pendientes que definen los años hidrológicos se verifican en el año hidrológico de Junio para los caudales de Maipo/La Obra y de Febrero para las lluvias de Santiago MOP (ambas en negrita).

2.4. Procedimiento simple de las razones mínimas y máximas de las variables.

Este procedimiento es una extensión muy simple del procedimiento anterior. En efecto, como se está analizando estadísticas similares, con diferencias de 1 año o a lo más, se puede suponer, en forma simplista y aproximada que las variables extremas (var.máx y var.mín) se sitúan en las vecindades de las excedencias máximas y mínimas de las curvas de correlación típicas que se adopten.

Así el valor $V = \text{VARah.mín} / \text{VARah.máx}$ de la estadística que se analiza mide en forma bastante aproximada la pendiente de la curva de excedencia y se puede aproximar que su valor mínimo corresponde a la pendiente máxima b .

Este procedimiento es muy simple, pues sólo hay que recoger los valores VARah.máx y VARah.mín de la estadística disponible y calcular el valor de V . En el cuadro 4 se muestra estos valores extremos para las dos variables de cálculo utilizadas. Así para Maipo/La Obra resulta el año hidrológico de Junio y para Santiago MOP de Febrero.



Este procedimiento es el más simple y rápido y permite obtener con una gran aproximación el año hidrológico definitivo.

3.- Relativa imprecisión y constancia del año hidrológico.

De los ejemplos ilustrados en los cuadros en 1 al 4 se aprecia que la precisión de definición del año hidrológico, siguiendo procedimientos distintos, puede no ser muy grande. Así en las lluvias Santiago MOP el año hidrológico calculado con coeficientes de autocorrelación desfase 1 (cuadro 2) resulta ser Diciembre y en cambio, el año hidrológico calculado con los otros procedimientos (cuadros 1, 3 y 4) resulta ser Febrero, o sea, con 2 meses de diferencia. En cambio, los caudales de Maipo / La Obra coinciden en el año hidrológico de junio para todos los procedimientos (cuadro 1, 2, 3 y 4).

En el cuadro 5 se da una lista de los años hidrológicos calculados para varias estaciones y los procedimientos utilizados para su cálculo. Se aprecia que, en general, los procedimientos coinciden en sus resultados, o están separados por pocos meses.

Al final del cuadro 5 se da el ejemplo de Copiapó, en que se calculó tres estadísticas distintas, debido a la carencia de datos de los años 1932 y 1933, y se aprecia la gran constancia del año hidrológico calculado con estadísticas disjuntas.

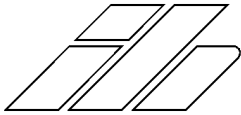
4. Pronóstico de variables hidrológicas.

El problema práctico que se plantea es la posibilidad de pronosticar una variable hidrológica en base a mediciones hechas sobre esta u otras variables. En general, la variable hidrológica lluvia o precipitación es la que tiene menos aportes determinísticos bien conocidos y, por tanto, sólo se puede pronosticar en base a conocimientos estadísticos. En cambio, la variable caudal tiene muchas veces aportes determinísticos importantes, como son los niveles de lagos o grandes embalses, niveles de freáticas o acumulaciones en forma sólida (rutas de nieve o volúmenes de glaciares), que pueden medirse en forma más o menos precisa. Por tanto, la incorporación de estos aportes determinísticos muchas veces permiten pronosticar la variable hidrológica futura con bastante éxito.

Por el momento sólo no referiremos a las variables hidrológicas que no poseen, o de las cuales se desconocen, estos aportes determinísticos.

El tema que se trata es la posibilidad de hacer un pronóstico progresivo del año hidrológico de una variable hidrológica en base a mediciones progresivas de esta variable. El procedimiento de pronóstico es el siguiente:

- se comienza por establecer un año hidrológico tentativo y se mide la variable en su primer mes. Con este valor se hace un primer pronóstico del año hidrológico tentativo.
- en el mes siguiente se mide el valor de la variable en el segundo mes y se calcula el promedio acumulado (caso de caudales) o la suma acumulada (caso de lluvias) de la variable.
- con el avance progresivo del año hidrológico tentativo se va repitiendo esta operación, calculando el promedio acumulado desde el primer mes (caso de caudales)



o la suma acumulada desde el primer mes (caso de lluvias). El promedio o la suma acumulada del 12^o mes corresponde al valor del año hidrológico tentativo.

- a continuación se establece una correlación lineal entre un mes de la variable acumulada (como vector independiente) y el año hidrológico tentativo (como vector dependiente).

La ecuación de correlación lineal resultante se aplica a cada valor de ese mes de la variable acumulada, con la cual se obtiene una estimación del año hidrológico tentativo a partir de ese mes y de ese año en particular. Con esta construcción se obtiene una matriz de pronósticos del año hidrológico tentativo, formada por los N años de la estadística y por los 12 meses del año hidrológico tentativo.

- Finalmente se calcula para cada mes de esta matriz los errores absolutos relativos cometidos en la estimación del año hidrológico tentativo. El error absoluto promedio de un mes es un indicador del error que se cometerá en el pronóstico del año hidrológico tentativo.

En el cuadro 6 se muestra, para los dos ejemplos ilustrativos, la evolución de los errores relativos de los pronósticos del año hidrológico tentativo a partir del primer mes del año hidrológico tentativo.

Se aprecia que los errores relativos van disminuyendo necesariamente hasta 0 y que la evolución de los años hidrológicos tentativos es tanto mejor cuando se ubican más cerca del año hidrológico definitivo, calculado por los métodos expuestos más arriba.

5. Resumen

- Se propone definir el año hidrológico de una variable hidrológica (caudal o lluvia) como aquel conjunto de 12 meses seguidos que tiene la mejor correlación interna de las variables.

- Este año hidrológico cumple en forma muy aproximada con varias definiciones estadísticas:

a) tiene la autocorrelación con desfase 1 mínima

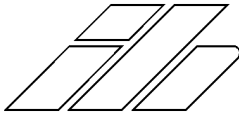
b) tiene la pendiente máxima de las curvas de excedencia

c) cumple con la razón $V = \text{VAR.ah mín} / \text{VAR.ah máx} = \text{mínima}$

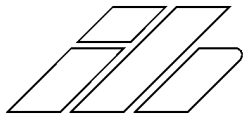
- El año hidrológico es muy estable: su mes de comienzo no cambia significativamente con la longitud de la estadística analizada.

- El pronóstico estadístico dentro o cerca del año hidrológico es el que lleva a los errores menores y, por tanto, es el más útil para pronosticar los valores futuros de las variables hidrológicas en estudio.

- Se propone, en consecuencia, cada vez que se analice o estudie una variable hidrológica, la conveniencia de calcular y definir, como un primer paso básico, el año hidrológico de esa variable hidrológica en estudio, ya que éste conllevará el menor sesgo en todos los estudios hidrológicos estadísticos que se hagan sobre esta variable.



CUADRO 1														CUADRO 2	
COEFICIENTES DE CORRELACION INTERNA.														COEFICIENTES DE AUTOCORRELACION CON DESFASE 1	
MAIPOLO OBRA Qahm. Caudales.														MAIPOLO OBRA Caudales.	
prom	año	Mes comienzo año hidrológico >> <input type="text"/>												año	coef.
correl	hidrol.	Coeficientes de correlación lineal de cada mes con el año hidrológico tentativ												hidrol.	autoc.
intern	tentat	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	tentat.	desf 1
***	ENEah													ENEah	,542
***	FEBah													FEBah	,483
,750	MARah	,922	,913	,345	,401	,484	,692	,890	,916	,897	,861	,780	,906	MARah	,354
,789	ABRah	,949	,938	,926	,298	,428	,685	,883	,906	,917	,859	,764	,915	ABRah	,259
,833	MAYah	,960	,947	,940	,869	,392	,676	,872	,897	,921	,854	,754	,914	MAYah	,218
,851	JUNah	,964	,950	,942	,876	,631	,659	,863	,886	,919	,853	,753	,914	JUNah	,207
,824	JULah	,964	,948	,939	,877	,650	,342	,856	,881	,916	,851	,754	,915	JULah	,217
,785	AGOah	,962	,949	,939	,885	,669	,378	,352	,870	,911	,850	,751	,906	AGOah	,246
,752	SETah	,959	,951	,939	,889	,686	,406	,391	,415	,902	,845	,742	,897	SETah	,278
***	OCTah													OCTah	,333
***	NOVah													NOVah	,391
***	DICah													DICah	,449
SANTIAGO.MOP.LLahm. Lluvias.														SANTIAGO.MOP Lluvias	
prom	año	Mes comienzo año hidrológico >> <input type="text"/>												año	coef.
correl	hidrol.	Coeficientes de correlación lineal de cada mes con el año hidrológico tentativ												hidrol.	autoc.
intern	tentat	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	tentat.	desf 1
,293	ENEah	-,212	,201	,232	,213	,471	,547	,470	,535	,404	,208	,237	,207	ENEah	-,085
,303	FEBah	-,093	,202	,237	,213	,472	,552	,468	,532	,402	,208	,231	,208	FEBah	-,089
,269	MARah	-,089	-,221	,238	,217	,467	,546	,474	,542	,396	,208	,250	,198	MARah	-,077
,233	ABRah	-,136	-,221	-,152	,216	,480	,541	,483	,534	,385	,213	,257	,202	ABRah	-,063
***	MAYah													MAYah	-,045
***	JUNah													JUNah	-,067
***	JULah													JULah	-,033
***	AGOah													AGOah	,107
***	SETah													SETah	,135
***	OCTah													OCTah	-,071
,217	NOVah	-,208	,171	,216	,218	,478	,554	,423	,509	,423	,219	-,178	-,218	NOVah	-,074
,249	DICah	-,210	,201	,196	,222	,465	,572	,451	,500	,390	,220	,197	-,218	DICah	-,115
CUADRO 3							CUADRO 4								
PENDIENTES DE CURVAS DE EXCEDENCIA							RAZONES ENTRE LAS VARIABLES MINIMAS Y MAXIMAS DE LOS AÑOS HIDROLOGICOS								
Ecuación de correlación: $\log(\text{VARah})=a+b*\text{gauss}(\text{exced})$															
Maipo\La Obra.Caudales			Santiago MOP.Lluvias				Maipo\La Obra.Caudales			Santiago MOP.Lluvias					
año	cte	pen-	año	cte	pen-	año	Qah	Qah	Qah	año	LLah	LLah	LLah		
hidrol.		diente	hidrol.		diente	hidrol.	min	máx	mín/máx	hidrol.	min	máx	mín/máx		
tentat	a	b	tentat	a	b	tentat				tentat					
ENEah	4,636	,304	ENEah	5,611	,476	ENEah	50,9	216,0	,236	ENEah	70,1	604,1	,116		
FEBah	4,633	,316	FEBah	5,611	,476	FEBah	47,6	211,4	,225	FEBah	70,1	613,0	,114		
MARah	4,628	,333	MARah	5,612	,474	MARah	45,5	222,7	,204	MARah	70,1	613,0	,114		
ABRah	4,625	,344	ABRah	5,615	,469	ABRah	44,1	238,3	,185	ABRah	70,1	598,9	,117		
MAYah	4,622	,350	MAYah	5,620	,460	MAYah	42,7	246,7	,173	MAYah	82,8	627,2	,132		
JUNah	4,622	,352	JUNah	5,647	,398	JUNah	41,6	250,9	,166	JUNah	97,9	580,5	,169		
JULah	4,623	,350	JULah	5,634	,423	JULah	41,8	248,8	,168	JULah	129,5	504,6	,257		
AGOah	4,626	,346	AGOah	5,642	,422	AGOah	41,5	244,5	,170	AGOah	100,6	512,0	,196		
SETah	4,627	,340	SETah	5,647	,419	SETah	42,4	243,5	,174	SETah	87,5	570,2	,153		
OCTah	4,631	,333	OCTah	5,639	,446	OCTah	43,6	237,6	,184	OCTah	88,3	597,1	,148		
NOVah	4,633	,323	NOVah	5,642	,441	NOVah	46,2	237,0	,195	NOVah	69,3	604,0	,115		
DICah	4,636	,315	DICah	5,635	,464	DICah	50,6	236,1	,214	DICah	70,1	604,1	,116		



CUADRO 5

Maipo\La Obra. Qah. Resumen pronóstico													ah
errores absolutos medios de pronósticos sucesivos del año hidrológico													error
mes a partir del comienzo del año hidrológico													absul.
ah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	prom
FEBah	0,075	0,074	0,072	0,069	0,063	0,051	0,043	0,033	0,023	0,012	0,002	0,000	0,043
ABRah	0,109	0,101	0,083	0,057	0,041	0,026	0,014	0,007	0,000	0,002	0,000	0,000	0,037
JUNah	0,073	0,042	0,029	0,018	0,009	0,008	0,003	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,015
AGOah	0,021	0,014	0,007	0,011	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,001	0,000	0,006
OCTah	0,638	1,069	1,175	0,775	0,339	0,131	0,042	0,002	0,008	0,007	0,007	0,000	0,349
DICah	2,343	2,229	1,569	0,738	0,202	0,016	0,091	0,119	0,122	0,111	0,079	0,000	0,635

Stgo.MOP. Lah. Resumen pronóstico													ah
errores medios de pronósticos sucesivos del año hidrológico													error
mes a partir del comienzo del año hidrológico													absul.
ah	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	prom
ENEah	0,255	0,253	0,236	0,251	0,182	0,133	0,038	0,011	0,011	0,007	0,002	0,000	0,115
FEBah	0,263	0,244	0,261	0,190	0,139	0,038	0,011	0,062	0,007	0,001	-0,001	0,000	0,101
MARah	0,241	0,261	0,190	0,141	0,041	0,014	0,012	0,009	0,003	0,001	0,002	0,000	0,076
ABRah	0,259	0,188	0,139	0,040	0,014	0,013	0,010	0,005	0,003	0,003	0,002	0,000	0,056
OCTah												0,000	0,000
DICah	0,263	0,259	0,262	0,237	0,254	0,180	0,125	0,029	0,005	0,007	0,004	0,000	0,135

CUADRO 6

AÑOS HIDROLOGICOS CALCULADOS				
Estaciones	Procedimiento de cálculo del año hidrológico			
	1 Correlac. interna	2 Autocorr desfase 1	3 Pendientes de curvas	4 relaciones ah.(mín/máx)
Caudales				
Aconcagua\Chacabuquito		jun		jun
Afluentes embalse Paloma		jul		jul
Descarga C. Chapiquiña		ene		ene
Elqui\Almendral		set		ago
Huasco\Algodones		ago		may
Lircay\Las Rastras	may	jun		jun
Maipo\El Manzano		jun		jun
Maipo\La Obra	jun	jun	jun	jun
LLuvias				
C. Chapiquiña		mar		mar
Putre		abr		oct-dic
Armerillo		ene	dic	
Sauzal		dic		abr
Santiago MOP	feb	dic	feb	feb
Copiapó 1897-1931		jul		jul
Copiapó 1934-1992		jun		jun
Copiapó 1897-1992		jul		jul