ESTIMACION DE MODELOS DE PRONOSTICO DE CAUDAL PARA EL SECTOR ELECTRICO COLOMBIANO USANDO INDICES MACROCLIMATICOS ASOCIADOS AL ENOS

Edgar CADAVID MAZO
Interconexión Eléctrica SA
Medellín, Colombia

El fenómeno ENOS, de naturaleza oceánico-atmosférica presenta efectos muy destacados a escala global. La ocurrencia del ENOS ha incidido de manera catastrófica en muchos países tropicales, entre ellos Colombia. El pasado evento cálido de los años 91-92 produjo en Colombia una sequía generalizada, afectando sectores de gran incidencia económica como el agropecuario y el eléctrico. El sector eléctrico por ejemplo, cuya capacidad instalada está compuesta en un 80% hidráulica y en un 20% térmica, presentó disminuciones en los aportes hídricos mensuales al sistema hidroeléctrico de hasta el 51,6% durante el período, lo cual llevó a racionamientos de energía eléctrica por más de siete meses.

Sin embargo, las crisis también generan oportunidades y es por esto que a partir del evento cálido 91-92 el tema de la incidencia del fenómeno ENOS sobre la hidrología colombiana ha venido ocupando la atención no sólo de investigadores, sino también la de todos aquellos sectores que se han visto afectados por su ocurrencia. En el Sector Eléctrico Colombiano (SEC), la empresa Interconexión Eléctrica S.A. - ISA, encargada de la planeación, coordinación y control de la operación de los recursos energéticos usados para la generación eléctrica, inició todo un proceso de investigación que busca mejorar los pronósticos de caudales. Como resultado de este proceso ya se cuenta con algunos modelos preliminares que incorporan algunos índices macroclimáticos relacionados con el ENOS. (ver ISA - Universidad Nacional de Colombia, 1994; Documento Interno ISA CND 95-111).

El objetivo de este trabajo es el de presentar el esbozo de una metodología que permita encontrar modelos de pronóstico de caudales de utilidad para el planeamiento del sistema eléctrico colombiano, en particular se trabajará sobre una metodología que se ha venido empleando en ISA. Los modelos resultantes incluirán señales macroclimáticas.

La información básica empleada incluye series a nivel mensual de caudales y de índices macroclimáticos asociados con el ENOS.

De acuerdo con el conocimiento que se tiene de los ríos asociados al SEC, se buscó aplicar la metodología propuesta a dos ríos que presentan diferente comportamiento frente al ENOS. El primero de ellos, el río Cauca a la altura de la Central Hidroeléctrica de Salvajina, ha mostrado claras respuestas ante los eventos; mientras que el segundo río seleccionado, río Batá asociado a la Central Hidroeléctrica de Chivor, no ha mostrado una relación directa con el fenómeno.

Las series de las variables macroclimáticas asociadas al ENOS utilizadas corresponden al índice de oscilación del sur (IOS) y a las temperaturas de la superficie del océano Pacífico (TSM) en las regiones Niño1+2, Niño3 y Niño4. Adicionalmente, utilizando la base de datos COADS se definieron series de temperatura superficial del mar para tres regiones del océano Atlántico localizadas frente a las costas del norte del Brasil, de Guyana y de Venezuela. La Tabla 1 presenta las series de caudales utilizadas. Es importante señalar que las series de caudales están referidas al sitio de presa de las centrales hidroeléctricas asociadas.

Es importante anotar que todos los análisis realizados a lo largo de esta sección utilizan las anomalías estandarizadas de las series de caudales y de las variables macroclimáticas, lo cual tuvo por objeto trabajar con anomalías y remover el ciclo anual de las series.

Para identificar la señal del Niño sobre las series de caudal, se graficó simultáneamente la serie de caudal con el IOS utilizando promedios móviles de 4 y 6 meses para suavizar las señales. La serie Salvajina (río Cauca) muestra la señal más clara del Niño (Tabla 2), observándose una coincidencia para la mayor parte de las anomalías.

A través del método de correlación cruzada se buscó encontrar la relación del caudal con cada variable macroclimática. Se calculó el autocorrelograma de cada serie de caudales y la correlación cruzada de éstas con los índices de TSM del Océano Pacífico. Adicionalmente, dada la baja señal encontrada del ENOS para el río Batá, se calculó la correlación cruzada entre este río y las temperaturas superficiales del Atlántico en tres regiones (Región 1: 0-15S;15-45O, Región 2: 15N-0;30-45O, Región 3: 15N-0;45-60O).

La Tabla 2 presenta las mejores tres correlaciones con sus correspondientes rezagos obtenidas para el río Salvajina y el río Batá. En ella se observa cómo de acuerdo con las correlaciones obtenidas las regiones Niño3 y Niño4 aportan buena información acerca del caudal en Salvajina con tiempos de anticipación de 3 y hasta 4 meses. Obsérvese que ya a partir del tercer mes las correlaciones con temperaturas en las regiones Niño3 y Niño4 superan el autocorrelograma de caudal. El río Batá muestra bajas correlaciones con las variables asociadas al ENOS, y aún más bajas son las correlaciones con las temperaturas del Océano Atlántico.

Para hallar modelos de pronóstico se eligió hacerlo mediante Regresión Lineal Múltiple, que es una metodología que permite incorporar el mayor número de variables explicativas potenciales para pronosticar el caudal. El procedimiento usado fue el siguiente: a) de acuerdo con las resultados de las correlaciones cruzadas de los caudales con las variables macroclimáticas, se consideraron como potenciales predictores aquellas variables con los respectivos rezagos que presentaron una significativa correlación con el caudal. Adicionalmente, se consideró incluir los tres primeros rezagos de la variable caudal, dado que los caudales guardan fuerte relación con los inmediatamente pasados (persistencia). Es importante señalar que se reservó de cada serie los últimos diez años para usarlos en la validación de los modelos estimados. Se eligieron como potenciales predictores (variables explicativas) las siguientes variables:

Río Salvajina:		Río Batá	
Rezago	Variable	Rezago	Variable
3 a 5	N12	6 y 7	N12
2 a 6	N3	4 a 7	N3
1 a 5	N4	5 a 7	N4
1 a 3	IOS	5 a 7	IOS
1 a 3	Caudal (Q)	1 a 2	Atla1
		1 a 3	Caudal (Q)

Como puede observarse, para el río Batá se desecharon como potenciales predictores las temperaturas del Océano Atlántico para las regiones Atla2 y Atla3 por bajas correlaciones.

b) se seleccionaron los mejores predictores a través del procedimiento stepwise, usando un valor de 10 del estadístico F para entrada de variables. A través de este procedimiento se estimaron cuatro modelos que permiten predicción a uno, dos, tres y cuatro meses.

La Tabla 3 presenta los modelos obtenidos para los ríos Cauca-Salvajina y Batá respectivamente. Es importante anotar que los contrastes (test **t** y **F**) para calificar la validez individual y en conjunto de los coeficientes de regresión fueron superados para todos los modelos obtenidos con un nivel de significancia de 0.05.

Comparando los resultados de ambos ríos puede observarse que los modelos para Salvajina superan en bondad (R^2) a los estimados para el río Batá, resultado que era de esperarse dada la clara señal que presenta Salvajina frente al Niño. Asimismo, se observa en la Tabla 3 para el río Batá, como el modelo para el pronóstico de dos a cuatro meses es el mismo, pues considera la temperatura en la región Niño3 rezagada cuatro meses; la diferencia radicaría en el caudal encontrado una vez que se desestandarice el valor hallado.

Para juzgar la validez de un modelo puede usarse la comparación entre los pronósticos y las ocurrencias históricas, usando para esto un período histórico no utilizado para estimar el modelo. En este trabajo esta validación sólo se llevó a cabo para los modelos del río Cauca - Salvajina, pues son mucho mejores que los encontrados para el río Batá, para lo cual se empleó el período histórico 1985 a 1994 no usado en la estimación del modelo lineal. Las gráficas contenidas en la Figura 1 presentan la comparación con el pronóstico de caudales hasta con cuatro meses de anticipación. En ella puede observarse lo siguiente: a) el ajuste entre los caudales observados y los pronosticados

APLICACION PRACTICA DE LA PREDICCION CLIMATICA EN EL PRONOSTICO DE CAUDALES EL SISTEMA DEGENERACION HIDROELECTRICA DE LAS EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLI

Héctor PIZARRO DÍAZ
José E.SALAZAR V.
Empresas Públicas de Medellín
Medellin, Colombia

Empresas Públicas de Medellín (EEPPM) es una entidad municipal encargada de prestar los servicio públicos en amplia región del departamento de Antioquia. Posee varios de los principales proyectos hidroeléctricos y entre los de mayor capacidad de regulación en Colombia, y su sistema de generación eléctrica cubre gran parte d demanda del sistema nacional interconectado.

Con el fin de realizar la adecuada operación del sistema de generación, Empresas Públicas de Medellín contrató cc Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos de la Universidad Nacional el desarrollo de metodología predicción de caudales (Univ. Nacional, Medellin). Este estudio comprobó la fuerte relación existente entre el régi hidrológico de la zona donde se encuentran ubicados los proyectos hidroeléctricos y la evolución climática e Océano Pacífico y en él se desarrollaron metodologías que, basadas en los datos de precipitación y caudal recolecta por la red hidrométrica y en los índices climáticos de evolución global, permiten hacer pronósticos de caudal mens que se utilizan actualmente para la planificación de la operación. Este aspecto tiene ahora gran importancia ante nuevas condiciones del mercado de generación en Colombia que pasa de ser un mercado regulado a uno de li oferta.

Para las Empresas Públicas de Medellín es importante conocer como será el comportamiento de sus recursos hídri para hacer un planeamiento adecuado de éstos y así competir eficientemente a nivel nacional en la oferta de ener En este trabajo se aplicará el método de las componentes principales a cuatro series de caudales mensua pertenecientes a los más importantes proyectos hidroeléctricos con el fin de determinar el patrón hidrológico comportamiento común y la posibilidad de pronosticar las componentes principales con base en los índices climátic Además se calculará la correlación entre los caudales estacionales y las temperaturas de la superficie del mar (TS en las regiones Niño1+2, Niño3 y Niño4 del Océano Pacífico Ecuatorial . El objetivo es analizar la posibilidad pronosticar los caudales estacionales promedios en el año siguiente basándose en los pronósticos de temperatura c entregan los modelos de evolución del Pacífico que actualmente funcionan. En la Tabla 1 puede observarse los sit de medición de caudales seleccionados para el presente trabajo.

Se hizo el análisis de componentes principales a las series mensuales de caudales estandarizados de los r mencionados con el fin de extractar su patrón común. Al determinar las correlaciones de la primera componente (c explica el 70% de la varianza), con las temperaturas en las zonas Niño1+2, Niño3 y Niño4, se observa una noto correlación. En particular se encontró que los valores más altos se presentan en la correlación con la zona Niñ (r=0.49), y rezagados 2 meses con relación a los caudales. En la Figura 1 se puede observar la serie de la prin componente principal y de la temperatura de la superficie del mar en la zona Niño4. La segunda componente (c explica cerca del 15 % de la varianza) no muestra correlación apreciable con las variables de evolución climática. interesante señalar que el periodograma de la primera componente presenta su máximo valor en el período de meses, coincidiendo aproximadamente con periodos importantes del periodograma de la serie de temperatura de zona Niño4.

Este resultado indica nuevamente la clara relación entre los caudales en la zona donde se localizan los principa proyectos de generación hidroeléctrica de Colombia y lo que sucede en el Océano Pacífico. Sin embargo, no obtuvieron valores de correlación lo suficientemente altos que indiquen que sea preferible pronosticar la compone principal en vez de cada una de las series en forma independiente. Se plantea la posibilidad de realizar en el fut este mismo análisis incluyendo un número mayor de series de caudales de la zona.

De otra parte, se exploró la posibilidad de pronóstico de los caudales estacionales mediante regresión lineal con las variables climáticas. La selección de las estaciones se realizó de acuerdo con los regímenes de caudales determinados por el paso del Frente Intertropical de Convergencia por el territorio colombiano(dos estaciones de caudales bajos: Enero-Marzo y Julio-Septiembre; y dos de caudales altos: Abril-Junio y Octubre-Diciembre).

Se correlacionaron los caudales trimestrales con las temperaturas promedio mensuales en las zonas Niño3 y Niño4 del Océano Pacífico. En general se encontró que la mayor correlación se presenta con el valor de temperatura en la zona Niño4 del mes inmediatamente anterior o con el primer mes del trimestre. Los resultados se presentan en la Tabla 1.

CONCLUSIONES

El resultado muestra que los ríos con mayor correlación son el río Grande y el río Nare. En estos dos ríos las mayores correlaciones se encuentran para las estaciones de menores caudales correspondientes a los trimestres uno y tres. Como ejemplo, en la Fig.2 se muestran los valores del caudal promedio del trimestre Enero-Marzo en el río Nare obtenidos con la ecuación de regresión que lo relaciona con la TSM del Niño4 en el mes de Enero. Los caudales trimestrales de los ríos Guatapé y Guadalupe tienen correlaciones más bajas y no existe una clara diferencia en la capacidad de predicción de las distintas estaciones.

En este trabajo se utilizaron como variables climáticas para la predicción las temperaturas superficiales del mar en las zonas Niño1+2, Niño3 y Niño4. Aunque los mejores resultados se encontraron con las temperaturas en la zona Niño4 y con un rezago de aproximadamente 2 meses, es posible que alguna otra zona del Pacífico presente mejores correlaciones con las series de caudales estudiadas. Si bien se observa una notoria relación entre los caudales en la zona estudiada y las condiciones en el Océano Pacífico, existen otros fenómenos de carácter local que también deberán estudiarse en el futuro.

En conclusión, y tal como se plantea en (1), existe una clara relación entre los caudales en la zona donde se localizan los principales proyectos hidroeléctricos en Colombia y las condiciones en el Océano Pacífico. Como consecuencia, la predicción climática es útil para realizar pronósticos de caudales en las diferentes escalas de tiempo requeridas lo cual permite una mejor operación del sistema de generación.

Tabla 1.- Ubicación geográficas de las estaciones seleccionadas.

Río	Localización		Area de la cuenca(km^2)	Período de registro
	Latitud	Longitud		
Nare	6 16' N	75 18' O	842	1955-1994
Grande	6 30' N	75 26' O	1056	1955-1994
Guadalupe	6 42' N	75 16' O	276	1955-1994
Guatapé	6 30' N	75 26' O	180	1959-1994

Tabla 2.- Valores de correlación de los caudales promedio trimestrales y los valores mensuales de las temperaturas del Océano Pacífico en la región Niño4.

	Trimestre							
	ene-mar		abr-jun		jul-sep		oct-dic	
Río	feb	ene	may	abr	ago	jul	nov	oct
Nare	0.72	0.72	0.40	0.38	0.68	0.71	0.44	0.61
Grande	0.72	0.75	0.48	0.41	0.70	0.72	0.57	0.69
Guadalupe	0.44	0.42	0.35	0.25	0.38	0.32	0.36	0.46
Guatapé	0.37	0.42	0.41	0.46	0.20	0.27	0.12	0.26

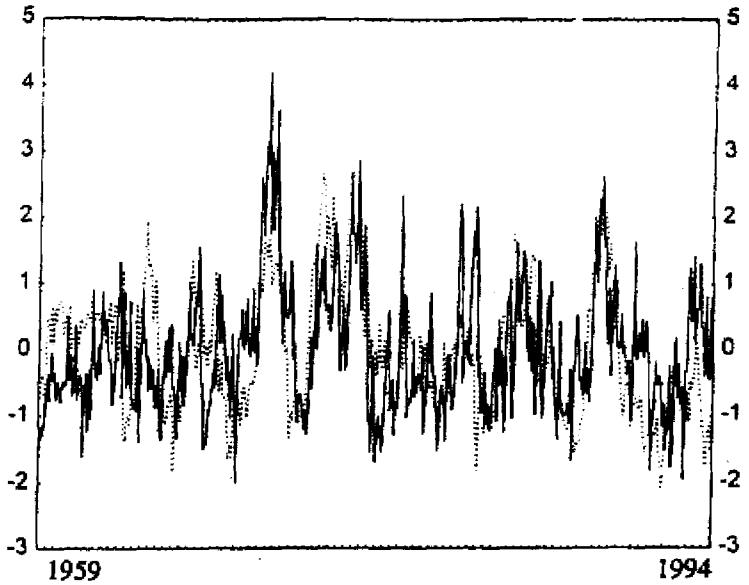

Figura 1.- Primer componente principal de los ríos Nare Grande, Guadalupe y Guatapé (línea llena) y temperaturas del Océano Pacífico en la región Niño4 (línea de puntos). Anomalías estandarizas del período 1959-1994

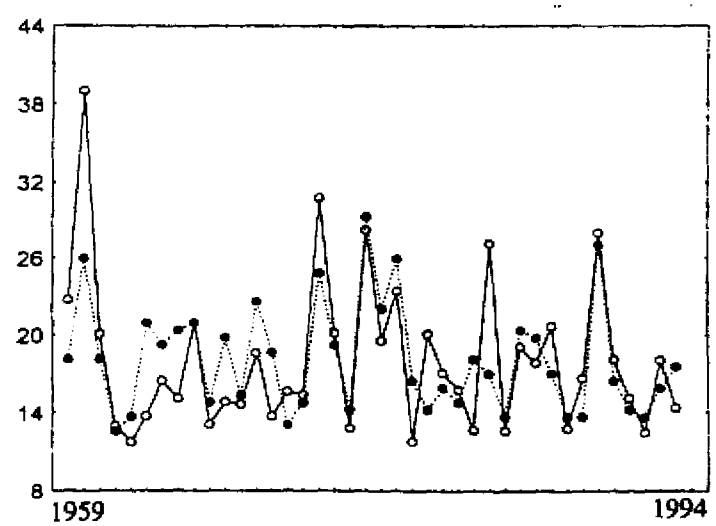

Figura 2.- Caudal (m3/seg) del trimestre Enero-Marzo observado en el río Nare (línea llena) y calculado (línea de puntos) mediante la regresión con las temperaturas del Océano Pacífico en la región Niño4 durante el mes de Enero.El período analizado es 1959-1994.

PREDICCION DE CAUDALES PARA PLANEAMIENTO DE LA OPERACION EN LAS CENTRALES HIDROELECTRICAS DE PAUTE Y AGOYAN EN EL ECUADOR

Winston M. VILLAGOMEZ DEL POZO
Unidad de Hidrología Operativa, Instituto Ecuatoriano de Electrificación
Quito, Ecuador

El uso de modelos de circulación general de la atmósfera han aportado al conocimiento de la atmósfera tropical . Estas investigaciones indican que las interacciones de la atmósfera con el océano y tal vez con la tierra pueden ser más importantes para la variabilidad interanual de la atmósfera en los trópicos que en las tierras tropicales. Partiendo de esta premisa muchos investigadores han realizado estudios estadísticos para predecir lluvias estacionales en algunas regiones tropicales a partir de variables meteorológicas de períodos anteriores a dichas lluvias como son , presión media del nivel del mar , temperaturas de la superficie del mar, valores zonales y meridionales medios de vientos de superficie y valores de radiación de onda larga, entre otros. (Ropeleswski y Halpert, 1987 y 1989).

También, en los ultimos años se han hecho estudios de predicción de caudales en regiones tropicales con resultados predecibles a partir del ENOS (El Niño/ Oscilación del Sur), y también a partir de las temperaturas de la superficie del mar en el Pacífico Ecuatorial. (Aceituno y Vidal, 1990; Montecinos y Gerreaud, 1994).

El objetivo de este estudio es encontrar alguna señal determinística asociada a las temperaturas de la superficie del mar y al fenómeno ENOS con los caudales y poder utilizarla como variable de pronóstico.

La República del Ecuador se encuentra en la América del Sur entre aproximadamente 1° 30' N y 5°S y entre 72°O y 81°O, por lo que está situada en la región ecuatorial y por lo tanto debemos pensar que estará influenciada por los fenómenos atmosféricos que se desarrollan en el Océano Pacífico Ecuatorial.

El INECEL, Instituto Ecuatoriano de Electrificación, es la entidad estatal encargada de generar y transmitir la energía eléctrica a los centros de consumo para su distribucion por venta a las Empresas Eléctricas regionales El INECEL cuenta con tres centrales hidroélectricas localizadas en la zona central y sur del país en la sierra ecuatoriana y en ellas se producen más del 70% de la generación del país y son : Pisayambo (70 Mw), Agoyan (156 Mw) y Paute (1075 Mw). Cuenta además con plantas térmicas que cubren la demanda pico y sobre todo en los períodos de estiaje de caudales.

A través de su Dirección de Operación del Sistema Nacional Interconectado se realiza la planeación hidroeléctrica y térmica para el año calendario y se lo hace en base a los datos de caudales observados y que han sido registrados en la entrada a los embalses con un registro histórico de 30 años. Se ha empleado la metodología de Box y Jenkins utilizando los modelos ARMA que mejor se ajusten y con un rezago de un mes.

Las cuencas hidrográficas que aportan el caudal a las centrales estan ubicadas dentro de los 0° 40'S y 3° 20'S y entre los 78° 20'O y 79° 20'O. En estas cuencas se tiene una variabilidad espacial y temporal de lluvia que incide directamente en la producción de caudales. Esta variabilidad mensual está relacionada con los diferentes sistemas atmosféricos que causan la lluvia sobre la región. Estos son: la posición de la zona de convergencia intertropical (ZCIT) y su trayectoria, la Vaguada del Sur y finalmente el sistema océanico con las corrientes marinas de Humbolt (fría) y del Golfo (cálida).

Los datos de las series estandarizadas de anomalías de caudales mensuales usadas en este estudio estan basadas en series de enero a diciembre para el río Paute (1964-1994) y para la presa de Agoyan (1963-1994). Los datos de las series estandarizadas de anomalías de temperatura de la superficie del mar utilizadas en este estudio están basadas en 3 series desde enero a diciembre para 1949-1994 , y corresponden a las zonas del Océano Pacífico Ecuatorial que se les ha denominado Niño1+2 (entre los 0°S y 10°S, y entre los 80°O y 90°O), Niño3 (entre los 5°N y 5°S y entre los 90°O y 150°O), y finalmente Niño4 (entre los 5°N y 5°S y entre los 150°O y 160°E). Los datos de la serie estandarizada de anomalías de la presión al nivel del mar expresadas como un índice que es la diferencia entre las

presiones observadas en dos estaciones de medida ubicadas en Tahití y Darwin se ha convenido en denominar el Indice de Oscilación del Sur (IOS). Esta serie tiene igual período que las de temperatura . Adicionalmente cuando el IOS es menor que cero, se tienen eventos cálidos y se llaman eventos Niño, caso contrario, si el IOS es mayor que cero, los eventos son fríos y se denominan Niña. Estos eventos toman así el nombre de eventos ENOS.

La técnica empleada ha sido utilizar el procedimiento de Análisis de Regresión Simple. Se han calculado coeficientes de correlación, se ha hecho una validación cruzada con la prueba de significancia del Local Skill. Esta metodología ha utilizado como predictores las anomalías de las series de temperatura: Niño1+2, Niño3, Niño4 y de presión , IOS y como predictandos las anomalías de las series de caudales de Paute y Agoyan en su orden.

Los resultados preliminares del estudio indican que existe una relación entre las temperaturas de la superficie del mar y los caudales y se resume en los coeficientes de correlación encontrados al realizar la regresión del mes anterior del predictor con el mes actual y posteriores a este del predictando que se muestran en las Tablas 1 y 2. Para el mes de enero del predictor y para el mes de julio del predictando se obtuvieron los valores más altos de correlación y con ellos se realizaron las validaciones cruzadas para el período estudiado obteniendosé las series calculadas, como se indican en las Figuras 1 y 2. Al comprobar el grado de significación del Local Skill se obtuvieron los valores más altos para Paute con el Niño3 (58.06 %) y para Agoyan con el Niño4 (53.12 %).

El propósito de estos estudios es que una vez determinada la relación entre los datos de temperatura observados en cualquiera de las zonas del Océano Pacífico Ecuatorial y los caudales de Paute y de la presa de Agoyan hacer una predicción a futuro de dichos caudales a nivel mensual con una proyección hasta 12 y 18 meses.

CONCLUSIONES

Existe una fuerte relación entre las temperaturas observadas para varios meses en las zonas del Pacífico Ecuatorial con los caudales de los ríos de la región central y sur de la Sierra Ecuatoriana.

Las relaciones encontradas con las TSM en la región Niño3 para el mes de enero y los caudales en el río Paute en el mes de Julio, y con las TSM en la región Niño4 y los caudales de la presa Agoyan en el mes de julio, son buenas y con correlaciones superiores a 0.60.

Los resultados de estas correlaciones simples indican que es una buena metodología para un análisis preliminar de este tipo y que señala un punto de partida para ubicar los meses o períodos que pueden estar correlacionados.

En el futuro se trabajará en base a estudios de correlaciones bimensuales entre los 4 predictores y los dos predictandos; correlaciones trimestrales entre los mismos predictores y los predictandos; correlaciones semestrales entre los predictores con los predictandos considerando solamente el período noviembre-abril de influencia de la corriente cálida del Golfo a las costas ecuatorianas.

REFERENCIAS

Aceituno P. y F. Vidal, 1990: Variabilidad Interanual de los caudales de los rios andinos en Chile Central en relacion a la Temperatura de superficie del Mar en el Pacifico Central. Rev.Soc. Chilena de Ing. Hidraulica. 5, 1-17.

Montecinos A. y R. Garreaud, 1994: Pronostico Estacional del regimen fluviometrico en Chile Central. Trabajo presentado en el XVI Congreso Latinoamericano de Hidraulica. Santiago Chile. Nov. 1994.

Ropelewski C. F. and M.S. Halpert, 1987: Global and regional escale precipitacion patterns associated with the El Niño/ Southern Oscillation. Mon. Wea. Rev. 115, 1606 - 1626.

Ropelewski C. F. and M.S. Halpert, 1989: Precipitation patterns associated with the high index phase of the Southern Oscilation. J. Climate. 2, 268 - 284.

Tabla 1.- Coeficientes de correlación entre las TSM y los caudales.

Predictor: Niño3 - Predictando: Río Paute											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
FEB	0.25										
MAR	0.04	0.01									
ABR	0.29	0.25	0.29								
MAY	0.07	0.06	0.03	0.03							
JUN	0.23	0.22	0.25	0.24	0.22						
JUL	0.73	0.69	0.63	0.41	0.26	0.06					
AGO	0.13	0.24	0.36	0.35	0.35	0.28	0.27				
SEP	0.05	0.16	0.17	0.21	0.24	0.16	0.13	0.13			
OCT	0.12	0.17	0.22	0.18	0.25	0.20	0.19	0.16	0.22		
NOV	0.20	0.22	0.15	0.01	0.07	0.12	0.06	0.09	0.06	0.09	
DIC	0.09	0.14	0.22	0.33	0.35	0.24	0.08	0.33	0.37	0.42	0.40
Predictor: Niño4 - Predictando: Presa Agoyan											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
FEB	0.07										
MAR	0.04	0.05									
ABR	0.42	0.41	0.42								
MAY	0.20	0.21	0.19	0.16							
JUN	0.47	0.42	0.54	0.30	0.34						
JUL	0.63	0.59	0.57	0.40	0.39	0.30					
AGO	0.27	0.23	0.30	0.09	0.20	0.20	0.31				
SEP	0.05	0.03	0.24	0.09	0.16	0.14	0.30	0.37			
OCT	0.40	0.40	0.46	0.48	0.45	0.36	0.57	0.57	0.54		
NOV	0.37	0.33	0.38	0.26	0.25	0.19	0.28	0.23	0.25	0.19	
DIC	0.24	0.20	0.03	0.02	0.07	0.11	0.10	0.19	0.19	0.17	0.17

Tabla 2.- Resultados del análisis de regresión y de validación cruzada

	Caudal Observado			Caudal Calculado		
	Coef. Corr.	Valor Fo	Slope	Coef. Corr.	Local Skill	Signif.
Predictor: mes de enero - Predictando: Caudal río Paute mes de julio						
Niño1+2	0.55	19.36	-0.54	0.47	41.94	0.95
Niño3	0.73	50.67	-0.73	0.69	58.06	1.00
Niño4	0.70	42.19	-0.70	0.64	38.71	0.95
SOI	0.72	48.38	0.51	0.68	64.52	1.00
Predictor: mes de enero - Predictando: Caudal Presa Agoyan mes de julio						
Niño1+2	0.46	11.72	-0.45	0.36	50.00	0.98
Niño3	0.60	25.36	-0.60	0.53	40.62	0.95
Niño4	0.63	29.25	-0.63	0.57	53.12	1.00
SOI	0.55	18.64	0.38	0.51	56.25	1.00

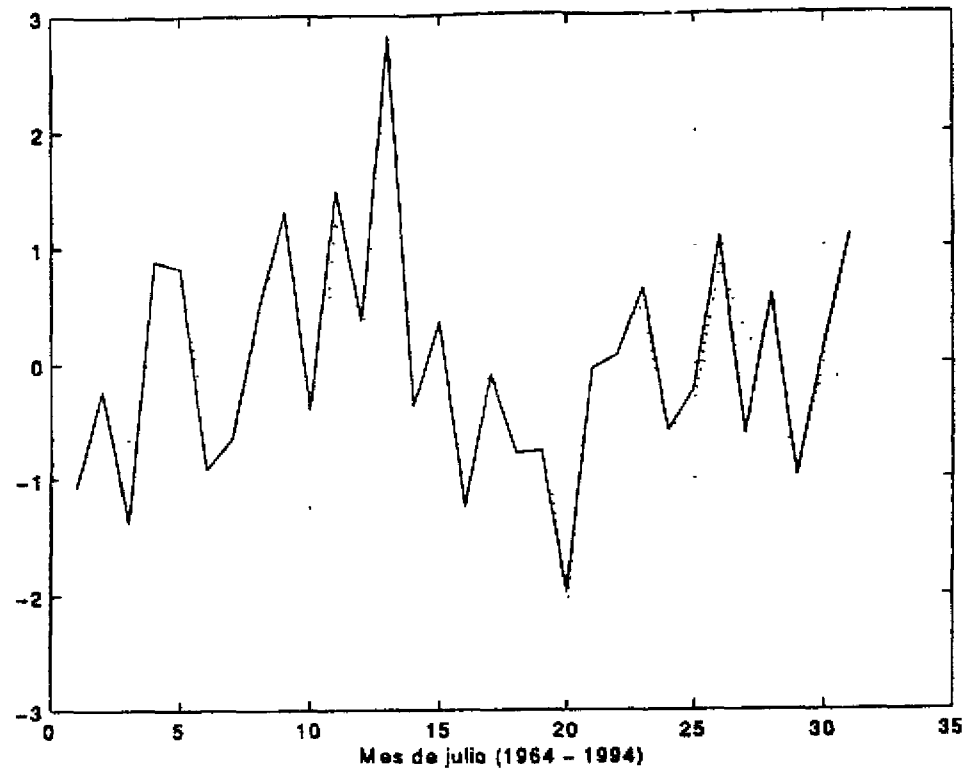

Figura 1.- Resultado de la validación cruzada del modelo de pronóstico de caudales del mes de julio en el Río Paute (línea punteada). Caudales observados (línea llena). Período: 1964 - 1994.

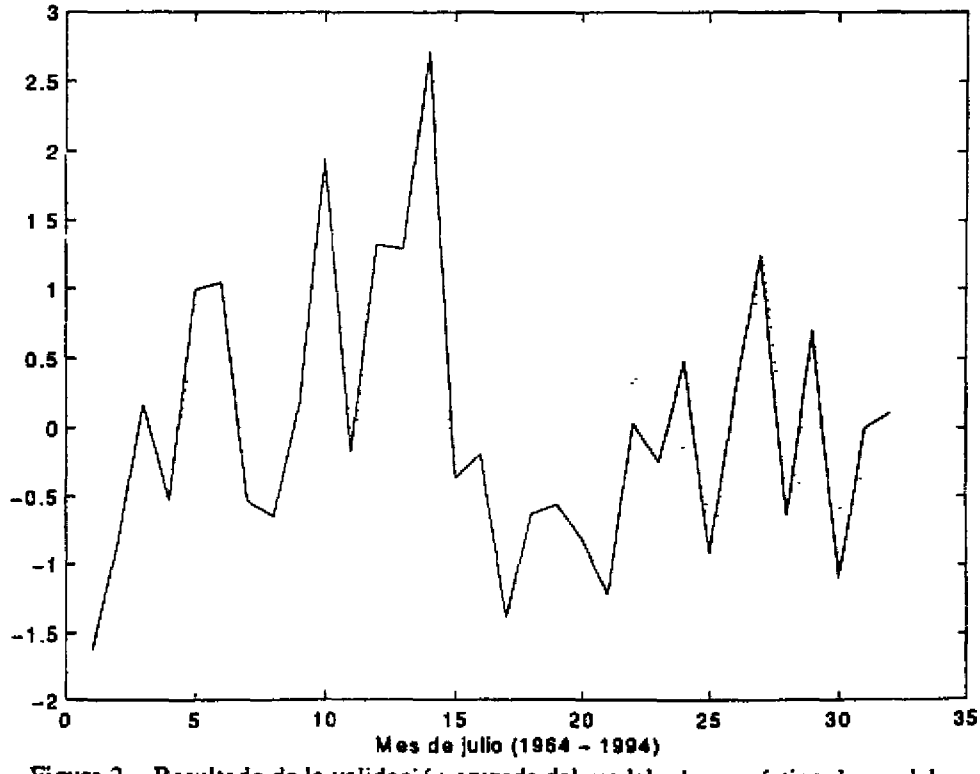

Figura 2.- Resultado de la validación cruzada del modelo de pronóstico de caudales del mes de julio en la presa Agoyan (línea punteada). Caudales observados (línea llena). Período: 1964 - 1994.