

2/2/2003

SENAMHI
**DIRECCION GENERAL DE HIDROLOGIA
Y RECURSOS HIDRICOS**

INFORME TECNICO

**“ MODELO REGIONAL DE SIMULACION DE
NIVELES EN RIOS AMAZONICOS ”**

DIRECCION DE HIDROLOGIA APLICADA

OCTUBRE - 1998

INDICE

I.	INTRODUCCION	I
II.	OBJETIVOS	1
	2.1 GENERALES	1
	2.2 ESPECIFICOS	1
III.	AREA DE ESTUDIOS	1
IV.	INFORMACION UTILIZADA	2
V.	ANALISIS DE LA INFORMACION	3
	5.1 Río Amazonas	3
	5.2 Río Marañón	4
	5.3 Río Ucayali	4
VI.	ANALISIS DE CORRELACION	5
	DE INCREMENTOS DE NIVELES	
	6.1 Río Amazonas vs Río Ucayali	5
	6.2 Río Amazonas vs Río Marañón	6
	6.3 Río Ucayali vs Río Marañón	6
VII.	ANALISIS DE CORRELACION	6
	DE DESCENSOS DE NIVELES	
	7.1 Río Amazonas vs Río Ucayali	7
	7.2 Río Amazonas vs Río Marañón	7
	7.3 Río Ucayali vs Río Marañón	7
VIII.	ANALISIS REGIONAL DE	8
	INCREMENTOS Y DESCENSOS	
	DE NIVELES	
	8.1 Análisis Regional de Incrementos	8
	de Niveles	
	8.2 Análisis Regional de Descensos	9
	de Niveles	
IX.	BONDAD DEL MODELO REGIONAL	10
X.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .	11

I. INTRODUCCION:

El **SENAMHI**, a través de la **Dirección de Hidrología Aplicada**, esta impulsando el análisis, evaluación y desarrollo del recurso hídrico en la Cuenca Amazónica Peruana; con el fin de contribuir a un mejor conocimiento del comportamiento del régimen hídrico de niveles de agua y de su adecuado manejo.

En esta oportunidad, se presenta el estudio sobre “ **Modelo Regional de Simulación de Niveles en ríos Amazónicos** ”, el cual pretende contribuir y reforzar el exiguo conocimiento del recurso hídrico en la cuenca Amazónica Peruana, mediante el análisis de los niveles medios mensuales y anuales de los ríos Amazonas, Ucayali y Marañón, así como también de los incrementos y descensos que se han registrado durante el período seleccionado para el estudio.

La evaluación de dichas variables, permitirá determinar Modelos Matemáticos que expresen el comportamiento y tendencia de los incrementos de los ríos. Además, se realiza un enfoque regional de la variación de los incrementos y descensos del río Amazonas en función de los ríos Ucayali y Marañón; mediante la generación de un Modelo Matemático, para cuya resolución se ha aplicado el desarrollo Matricial de la Correlación Múltiple.

El análisis desarrollado, la evaluación y resultados obtenidos en el presente estudio facilitan una mejor comprensión de la variación de los niveles en los ríos Amazónicos y, por ende, su tendencia; lo cual trae beneficios al sector agropecuario, al sector fluvial y a las poblaciones ubicadas a lo largo de las riberas de los ríos.

El presente estudio, pretende ser una herramienta de consulta y apoyo a los diferentes usuarios del recurso hídrico amazónico, esperando que su aplicación contribuya a impulsar el Desarrollo Sostenido de la Cuenca Amazónica Peruana.

II. OBJETIVOS:

2.1 Generales:

Mejorar el conocimiento del régimen hídrico de los ríos Amazónicos.

2.2 Específicos:

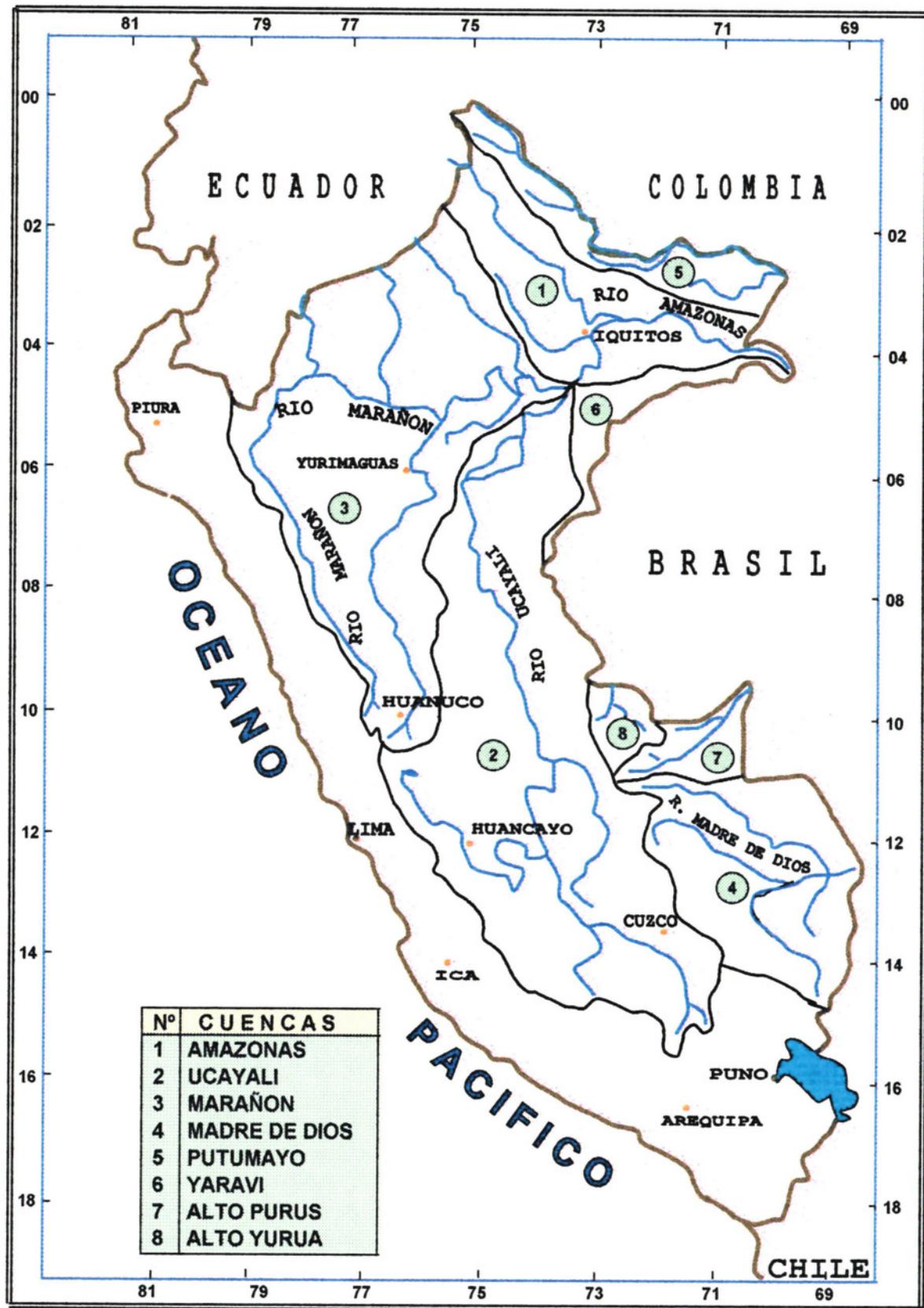
- Elaborar y Calibrar un Modelo Regional de niveles de agua, aplicable a los ríos Amazónicos.

III. AREA DE ESTUDIO:

La zona en estudio corresponde a las cuencas de los ríos Amazonas, Marañón y Ucayali, las cuales forman parte de la cuenca Amazónica Peruana; ocupando un área total de 752 050 Km², valor que representa el 77% de la superficie Amazónica Peruana; tal como se aprecia en el **Mapa N° 01**.

MAPA N° 01

CUENCAS DE LA VERTIENTE DEL ATLANTICO



La cuenca del río Amazonas, se caracteriza por presentar una forma triangular, limitando por el Norte con la cuenca del río Putumayo y con el Ecuador, por el Sur con las cuencas de los ríos Yavari y Ucayali, por el este con el Brasil y por el oeste con la cuenca del río Marañon.

La cuenca del río Ucayali, presenta una forma alargada, limitando por el Norte con la cuenca del río Amazonas, por el Sur con el Departamento de Puno y Arequipa, por el Este con las cuencas de los ríos Alto Yurua, Alto Purus y Madre de Dios.

La cuenca del río Marañon, se caracteriza por presentar una forma trapezoidal, limitando por el Norte con el Ecuador, por el Sur con la cuenca del río Ucayali, por el Este con las cuencas de los ríos Amazonas y Ucayali, por el Oeste con la cordillera de los Andes.

En el Cuadro N° 01, se presenta los principales parámetros fisiográficos de las cuencas utilizadas, observándose que la cuenca del río Ucayali es la más grande; ya que abarca una superficie total de 346 975 Km².

CUADRO N° 01

PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS

Cuenclas	Area Km ²	Perim. Km.	Lon. Río Km.	Ind. Pen .Kc.	Rec. Equi.	
					La	Lb
AMAZONAS	104 875	2 250	530	1.95	1025.39	102.28
MARAÑON	300 200	2 520	1 180	1.29	944.19	317.94
UCAYALI	346 975	3 240	2 050	1.54	1365.84	254.04
TOTAL	752 050					

Perim → Perímetro de la cuenca.

Lon. Río → Longitud de río principal.

Ind. Pen → Índice de Pendiente.

Rec. Equi. → Rectángulo Equivalente.

La → Lado mayor del rectángulo.

Lb → Lado menor del rectángulo.

IV. INFORMACION UTILIZADA:

Para el presente estudio, se utilizó información de niveles medios mensuales de los ríos Amazonas, Marañon y Ucayali, los cuales han sido proporcionadas por las Dirección Regional de Loreto y la Oficina General de Estadística e Informática.

CUADRO N° 02

ESTACIONES LIMNIMETRICAS UTILIZADAS

Estaciones Hidrológicas	Latitud Grados	Longitud Grados	Altitud msnm	Período Años
Enapu - Perú	76.14	3.43	106	1970/97
San Regís	74.12	4.36	80	1986/97
Requena	73.32	5.05	84	1984/97

En el **Cuadro N° 02**, se presentan las estaciones limnimétricas ubicadas en las cuencas de los ríos Amazonas, Marañon y Ucayali, así como también las coordenadas geográficas y el período de información utilizada.

V. ANALISIS DE LA INFORMACION:

Con el fin de conocer si la información hidrológica registradas en las estaciones limnimétricas ubicadas en los río Amazonas, Marañon, y Ucayali, es consistente, se procedió a realizar un análisis de consistencia de los niveles medios anuales de dichas estaciones.

En el **Cuadro N° 03**, se muestra el análisis de consistencia y los resultados obtenidos, observándose que la información de niveles medios anuales de las estaciones: Enapu-Perú, San Regís y Requena, presentan un comportamiento y homogéneo; tal como se aprecia en la **Figura N° 01**, donde se presenta la distribución de los valores acumulados de cada una de las estaciones y su tendencia.

Sabiendo que los niveles medios registrados en las estaciones limnimétricas seleccionadas para el presente estudio son consistentes, se procedió a realizar un análisis de las variaciones de los niveles de los ríos:

5.1 Río Amazonas:

La información seleccionada corresponde a los niveles medios mensuales del río Amazonas, registrada en la estación limnimétrica de Enapu - Perú, ubicada en el Muelle de Enapu - Perú., y cuenta con información continua desde el año 1969/70 a 1997/98, abarcando un registro continuo de 28 años.

Con dicha información, se procedió a determinar la variación de niveles del río, tal como se puede observar en la **Figura N° 02**, donde se aprecia el comportamiento variable de los niveles de agua; con valores que fluctúan entre 4 metros y - 5 metros.

Durante el mes de enero del año 1990 se registro el mayor incremento de nivel en el río amazonas, alcanzando valor de 4,01 metros y en el mes de junio de 1997 se obtuvo el mayor descenso de nivel de agua con un valor de - 4,93 metros.

Conocida la variación de niveles de agua del río Amazonas, se determinó los incrementos y descenso registrado para cada año, los cuales se muestran en la **Figura N° 03**, donde se aprecia que los incrementos han experimentado un comportamiento variable en su régimen con valores que fluctúan entre 2 y 10 metros, respectivamente, mientras que los descensos han variado entre - 3,38 y - 8,17 metros, respectivamente.

El mayor incremento ha nivel medio anual, se registró durante el año 1988/89, con un valor de 9,94 metros y el menor incremento de nivel de agua, se obtuvo durante el año 1972/73 con 2,90 metros.

CUADRO N° 03

ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE LA INFORMACIÓN DE NIVELES RIOS: AMAZONAS, UCAYALI Y MARAÑÓN

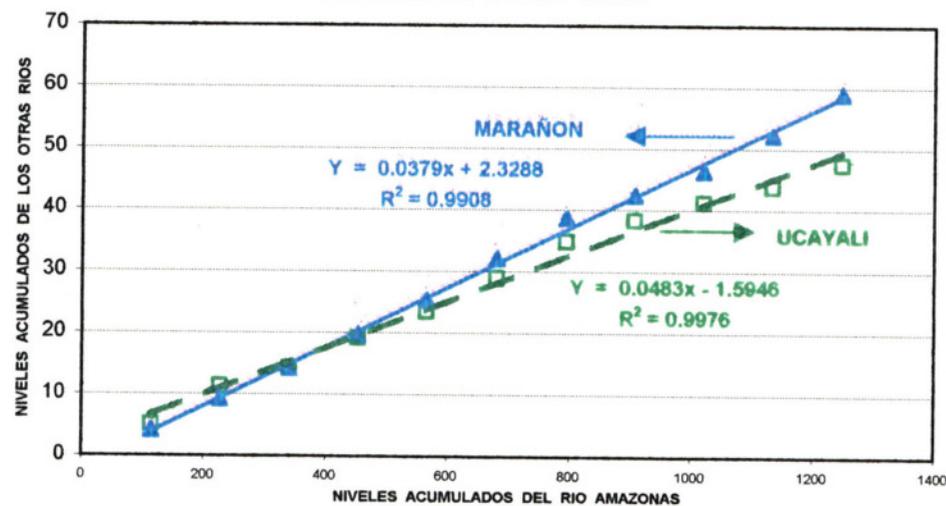
	UCAY	AMAZ	MARA	UCAY	AMAZ	MARA	MEDIA
AÑOS	ANUAL	ANUAL	ANUAL	ACUMU	ACUMU	ACUMU	ACUMU
86/87	5.239	114.473	4.1776	5.239	114.473	4.178	41.297
87/88	6.198	113.009	5.0953	11.437	227.482	9.273	82.731
89/90	2.928	112.904	4.9939	14.365	340.386	14.267	123.006
90/91	4.964	113.424	5.4790	19.329	453.810	19.746	164.295
91/92	4.279	111.993	5.6433	23.607	565.803	25.389	204.933
92/93	5.373	114.465	6.7028	28.980	680.268	32.092	247.113
93/94	6.000	114.885	6.6864	34.980	795.153	38.778	289.637
94/95	3.422	112.614	3.6312	38.402	907.767	42.410	329.526
95/96	2.907	112.425	3.9769	41.309	1020.191	46.386	369.296
96/97	2.632	113.257	5.9130	43.941	1133.449	52.299	409.896
97/98	3.646	113.815	6.8039	47.587	1247.263	59.103	451.318
NORMAL	4.135	113.968	5.3275				

* LOS NIVELES ESTAN EN METROS

AÑOS	AMAZ ACUMU	UCAY ACUMU	MARA ACUMU
86/87	114.47	5.24	4.18
87/88	227.48	11.44	9.27
89/90	340.39	14.37	14.27
90/91	453.81	19.33	19.75
91/92	565.80	23.61	25.39
92/93	680.27	28.98	32.09
93/94	795.15	34.98	38.78
94/95	907.77	38.40	42.41
95/96	1020.19	41.31	46.39
96/97	1133.45	43.94	52.30
97/98	1247.26	47.59	59.10

Figura N° 01

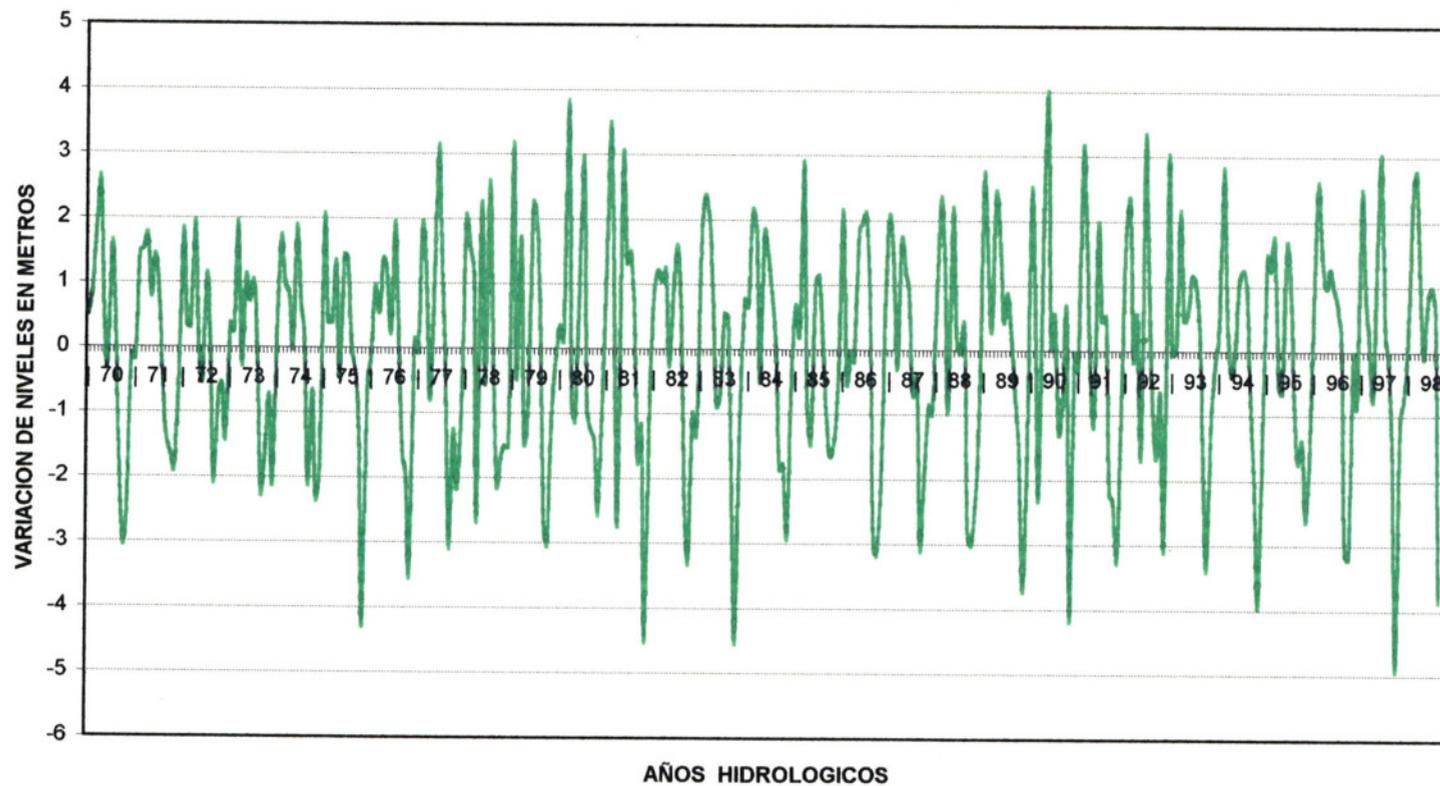
ANÁLISIS DE DOBLE MASA



VARIACION DE NIVELES DEL RIO AMAZONAS

Figura N° 02

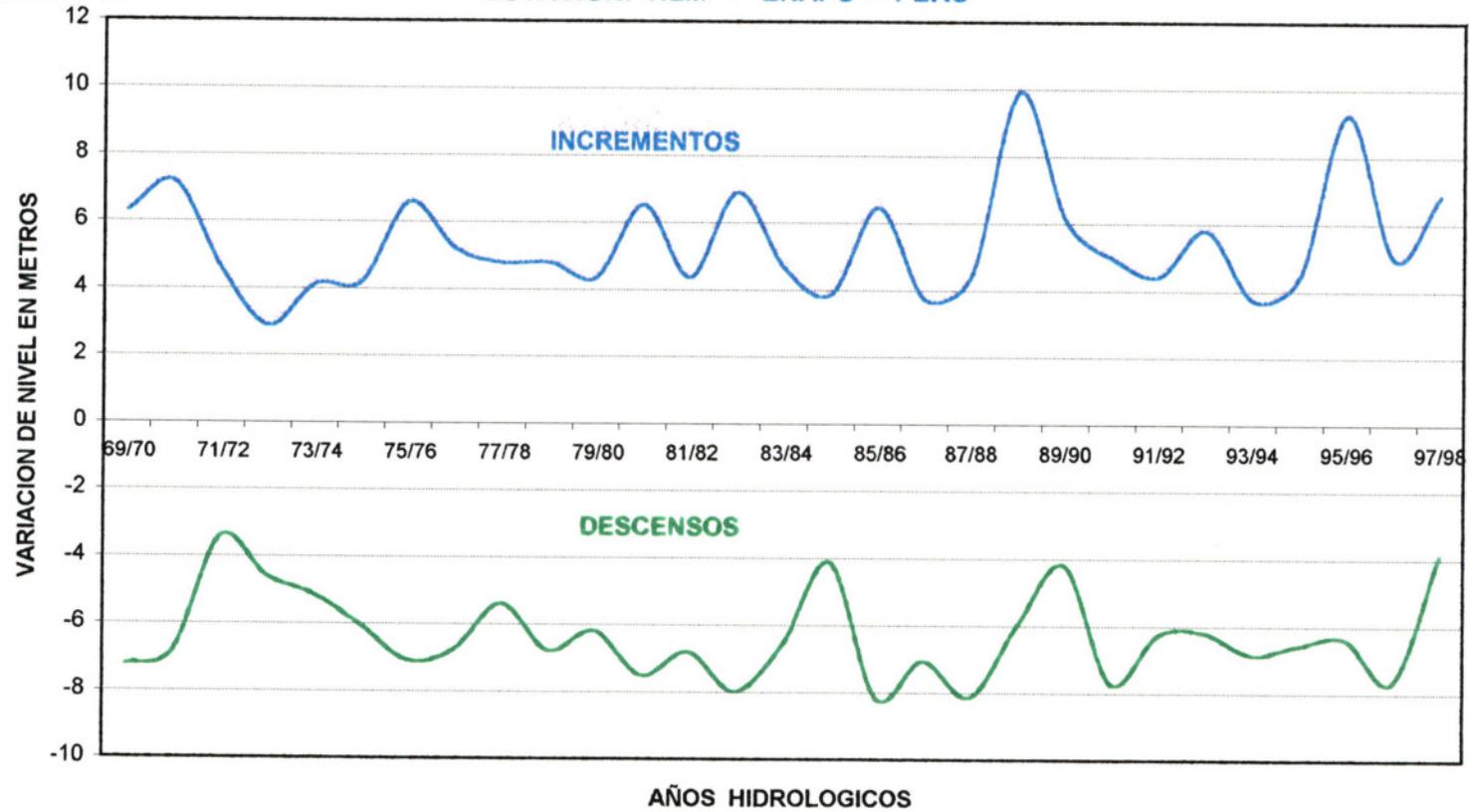
ESTACION: HLM - ENAPU - PERU



INCREMENTOS Y DESCENSOS DE NIVELES DEL RIO AMAZOMAS

ESTACION: HLM - ENAPU - PERU

Figura N° 03



El mayor descenso de nivel de agua se obtuvo durante el año 1985/86, con un valor de - 8,17 metros y el menor descenso de agua se registró en el año 1971/72 con - 3,38 metros.

5.2 Río Marañón:

La estación limnimétrica, HLM - Requena viene registrando los niveles de agua del río Marañón, desde el año 1986 a la fecha, abarcando un periodo de registro de 12 años, en forma ininterrumpida.

Con la información de niveles medios mensuales de río Marañón, se determino las variaciones del régimen de agua, tal como se muestra en la **Figura N° 04**, donde se puede observar un comportamiento variable con valores entre 4 metros y - 5 metros.

Durante febrero del año 1997 se registró el mayor incremento mensual con un valor de 3,55 metros y mientras que en mayo del año 1987, se obtuvo el mayor descenso con - 5,10 metros.

Con los valores de la variación de los niveles de agua del río Marañón, se determinaron los incrementos y descensos ha nivel medio mensual, tal como se presenta en la **Figura N° 05**, donde se observa que los incremento de agua registran un comportamiento variable con valores que fluctúan entre 1,69 metros y 7,77 metros, mientras que los descensos de niveles de agua experimentan un comportamiento irregular en su régimen, con valores que han variado entre - 1,85 metros y - 7,46 metros.

Durante el año 1995/96, se registró el mayor incremento de nivel de agua en el río Marañón, con un valor de 7,77 metros y el menor incremento registrado fue durante el año 1990/91, con 1,69 metros.

El mayor descenso registrado en el río Marañón, se presentó durante el año 1986/87 con - 7,46 metros y el mínimo descenso fue de - 1,85 metros; registrado en el año 1989/90.

5.3 Río Ucayali:

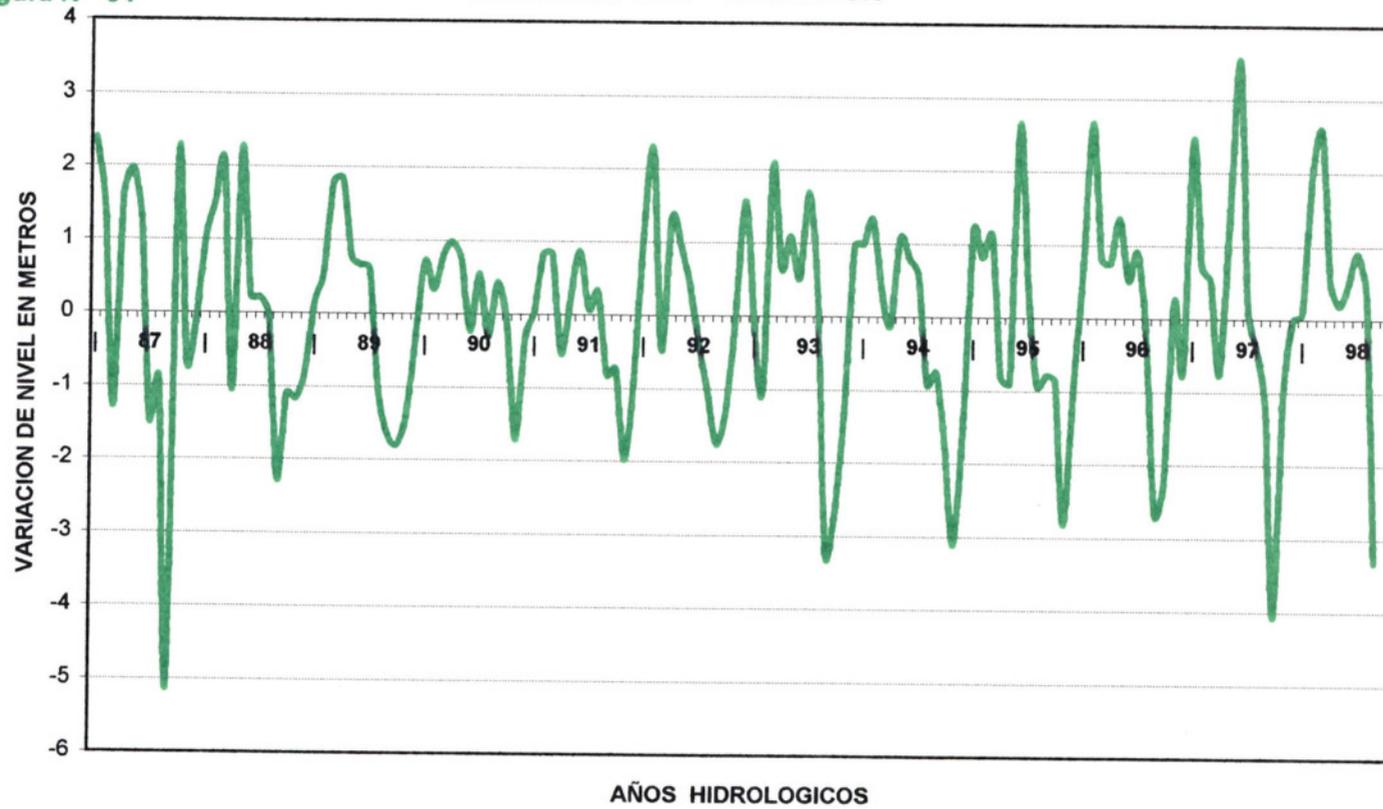
El río Ucayali cuenta con la estación limnimétrica de Requena, que viene registrando los niveles de agua desde el año 1984 a la fecha, abarcando un periodo de registro de 13 años

Con los valores de los niveles medios mensuales del río Ucayali, se procedió a determinar la variación de los niveles de agua, los cuales se muestran en la **Figura N° 06**, donde se puede observar; que el régimen hídrico viene experimentando un comportamiento variable con valores que fluctúan entre 3,56 metros y - 4,58 metros.

VARIACION DE NIVELES DEL RIO MARAÑÓN

ESTACION: HLM - SAN REGIS

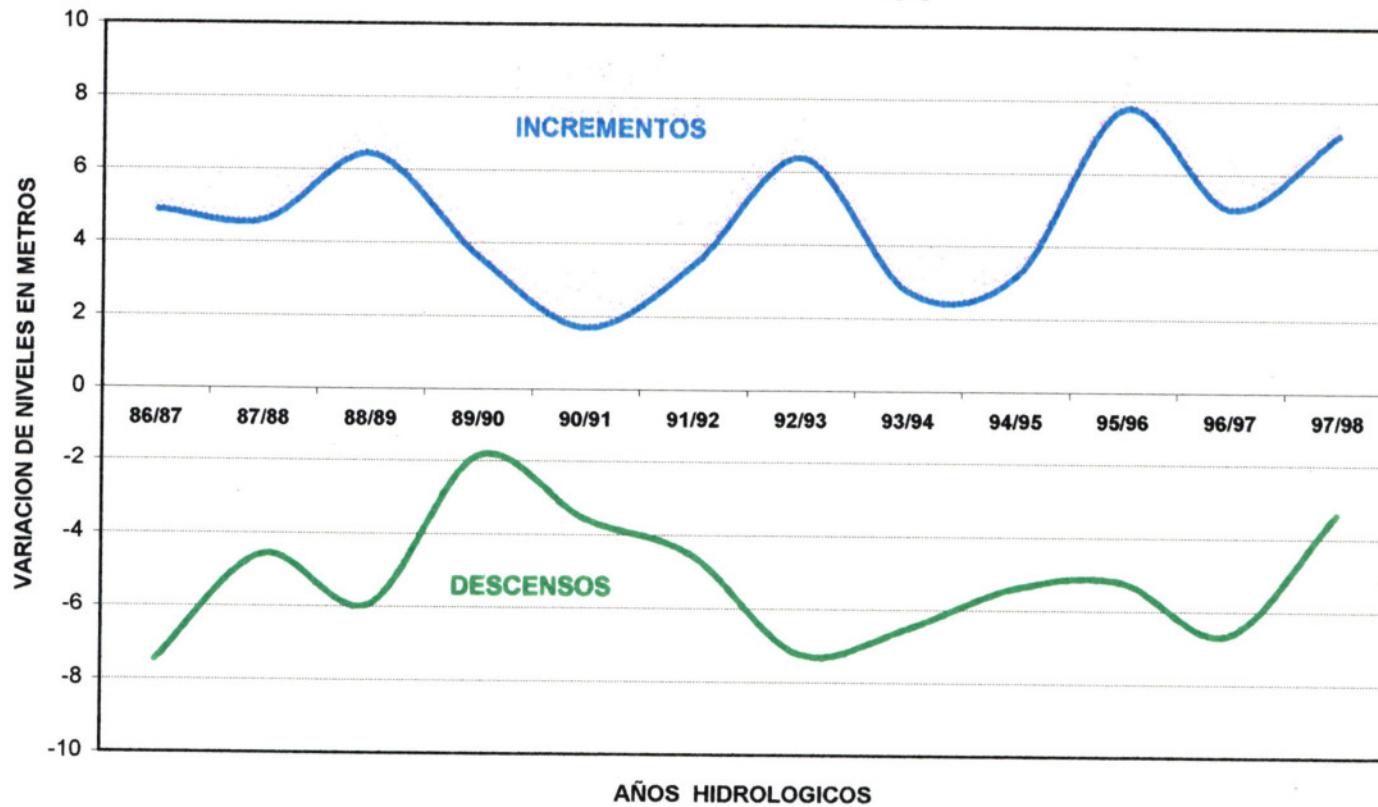
Figura Nº 04



INCREMENTOS Y DESCENSOS DE NIVELES DEL RIO MARAÑÓN

Figura Nº 05

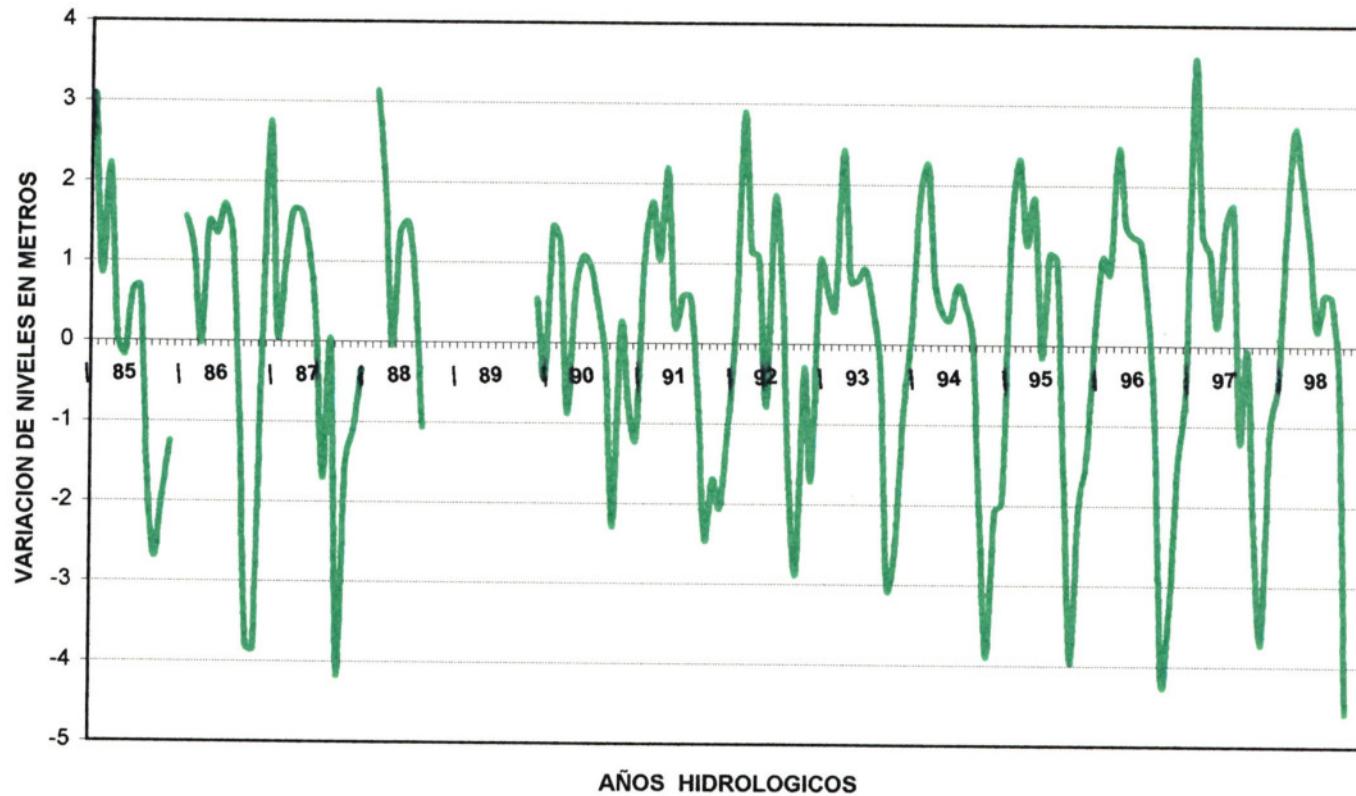
ESTACION: HLM - SAN REGIS



VARIACION DE NIVELES DEL RIO UCAYALI

ESTACION: HLM - REQUENA

Figura N° 06



El mayor incremento registrado a nivel medio mensual, se presenta durante el mes de setiembre del año 1996 con 3,56 metros y el menor descenso registrado fue en el mes mayo de 1997 con - 4,58 metros.

Conocidos la variación de los niveles de agua, se procedió a determinar los incrementos y descenso ha nivel medio anual, tal como se muestra en la **Figura N° 07**, donde se observa que los incremento vienen registrando un comportamiento variable con valores que fluctúan entre 3,16 metros y 9,63 metros, mientras que los descensos de niveles de agua, registran un comportamiento irregular con valores que varían entre - 2,55 metros y - 9,94 metros.

El mayor incremento registrado se presentó en el año 1996/97 con un valor de 9,63 metros y el menor incremento se obtuvo en el año 1989/90 con 3,16 metros.

El mayor descenso de agua fue de - 9,94 metros, registrado durante el año 1995/96 y el menor descenso se presentó en el año 1989/90 con - 2,55 metros.

VI. ANALISIS DE CORRELACION DE INCREMENTOS DE NIVELES:

Del análisis realizado a los niveles medios mensuales y anuales del los río Amazonas, Marañon y Ucayali, y la determinación de los incrementos y descensos registrados durante el período de registro de las estaciones seleccionadas, se plantea la necesidad de realizar un análisis de correlación de dichas variables, con el fin de conocer el comportamiento, la influencia y tendencia que existe entre los ríos antes mencionados, para lo cual se han seleccionado los grupos siguientes:

6.1 Río Amazonas vs Río Ucayali:

Los valores de incrementos medios anuales, de los ríos Amazonas y Ucayali, han sido correlacionados con el fin de conocer su comportamiento y tendencia en el espacio y tiempo; tal como se muestra en la **Figura N° 08**, donde podemos observar, que el régimen de las variables; presentan un comportamiento variable en su distribución.

El ajuste realizado a dichas variables, ha permitido determinar dos expresiones algebraicas de tipo logarítmico, las cuales vienen ha representar comportamiento de los incrementos de niveles de agua del río Ucayali en función del río Amazonas, tal como se puede observar en la **Figura N° 08**.

$$- \quad Y1 = 5.0620 * \text{Ln}(x) - 0.243$$

$$- \quad Y2 = 4.8396 * \text{Ln}(x) - 2.1527$$

La expresión **Y1**, agrupa a los años 1984/85, 1986/87, 1990/91, 1993/94, 1995/96, 1996/97 y 1997/98, mientras que la expresión **Y2**, agrupa a los años 1985/86, 1987/88, 1991/92, 1992/93 y 1995/96.

6.2 Río Amazonas vs Río Marañón:

Conocidos los incrementos de niveles medios anuales de los ríos Amazonas y Marañón, se realizó un análisis de correlación entre dichas variables, ploteándose los valores con el fin de conocer su comportamiento y tendencia en el espacio y tiempo, tal como se muestra en la **Figura N° 09**.

El ajuste realizado a las variables antes mencionadas, ha permitido determinar dos expresiones algebraicas del tipo logarítmicas, las cuales vienen a representar el comportamiento del régimen hídrico del río Marañón en función del río Amazonas, como puede apreciarse en la **Figura N° 09**.

$$- \quad Y1 = 5.2268 * \text{Ln}(x) - 3.4912$$

$$- \quad Y2 = 6.6331 * \text{Ln}(x) - 8.7179$$

La expresión algebraica **Y1**, representa el comportamiento de los incrementos de niveles de agua para los años 1984/85, 1986/87, 1987/88, 1991/92, 1992/93, 1993/94, 1994/95, 1995/96, 1996/97 y 1997/98, mientras que la expresión **Y2**, agrupa a los años 1988/89, 1989/90 y 1990/91.

6.3 Río Ucayali vs Río Marañón:

Con los incrementos medios anuales de los ríos Ucayali y Marañón, se realizó un análisis de correlación entre las variables; con el fin de conocer el comportamiento y la tendencia del régimen hídrico entre dichos ríos.

El ajuste de los datos ploteados, entre ambas variables, se presenta en la **Figura N° 10**, donde se puede observar las expresiones algebraicas del tipo logarítmicas determinadas, las cuales vienen a representar el comportamiento hídrico del río Ucayali en función de los incrementos de niveles del río Marañón.

$$- \quad Y1 = 4.0939 * \text{Ln}(x) - 1.9274$$

$$- \quad Y2 = 6.9302 * \text{Ln}(x) - 10.95$$

La expresión algebraica **Y1**, representa el comportamiento de los años 1986/87, 1987/88, 1989/90, 1991/92, 1992/93, 1995/96 y 1997/98, mientras que la expresión **Y2**, expresa el comportamiento de las variables 1990/91, 1993/94, 1994/95 y 1996/97.

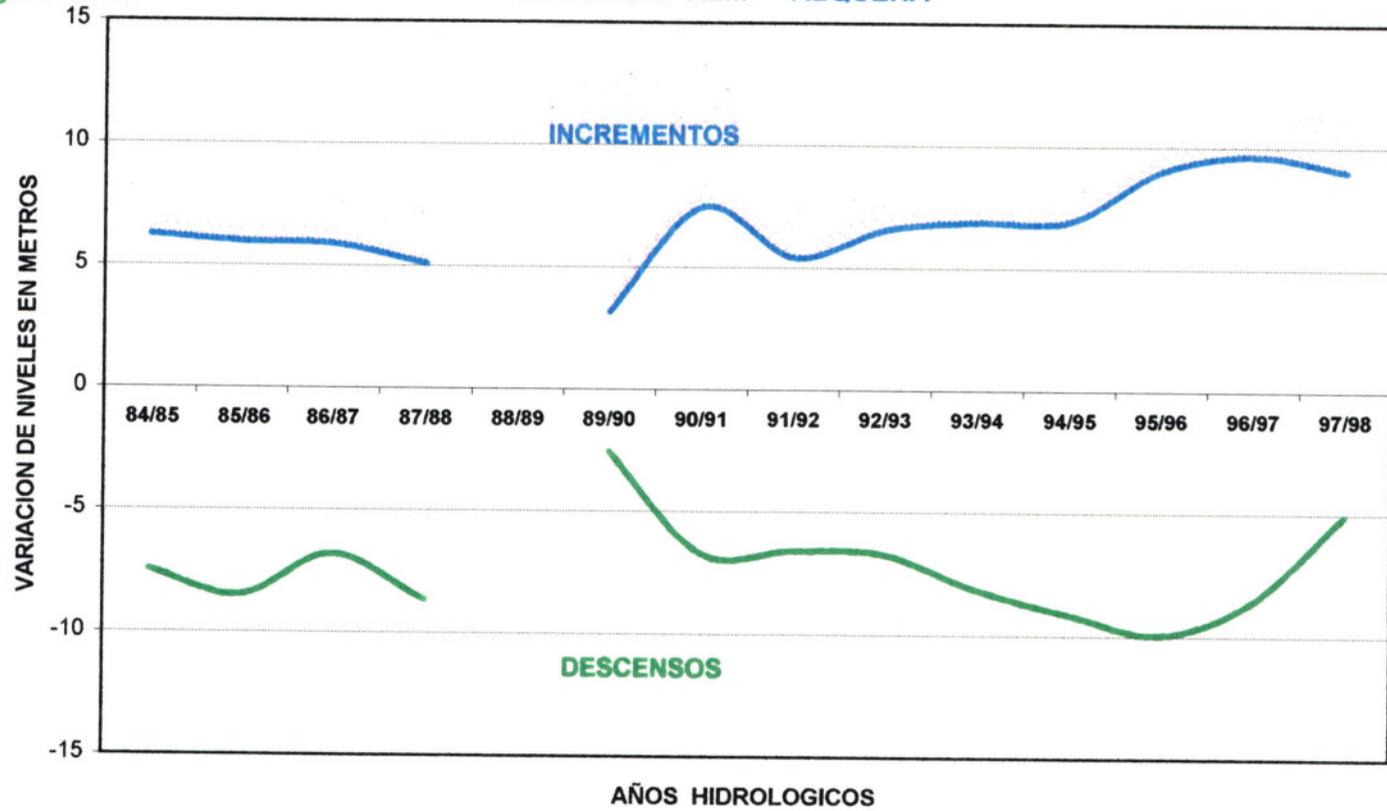
VII. ANALISIS DE CORRELACION DE DESCENSOS DE NIVELES:

Con los valores de descensos de niveles de agua, determinados para los ríos Amazonas, Marañón y Ucayali, se realizó un análisis de correlación entre las variables de

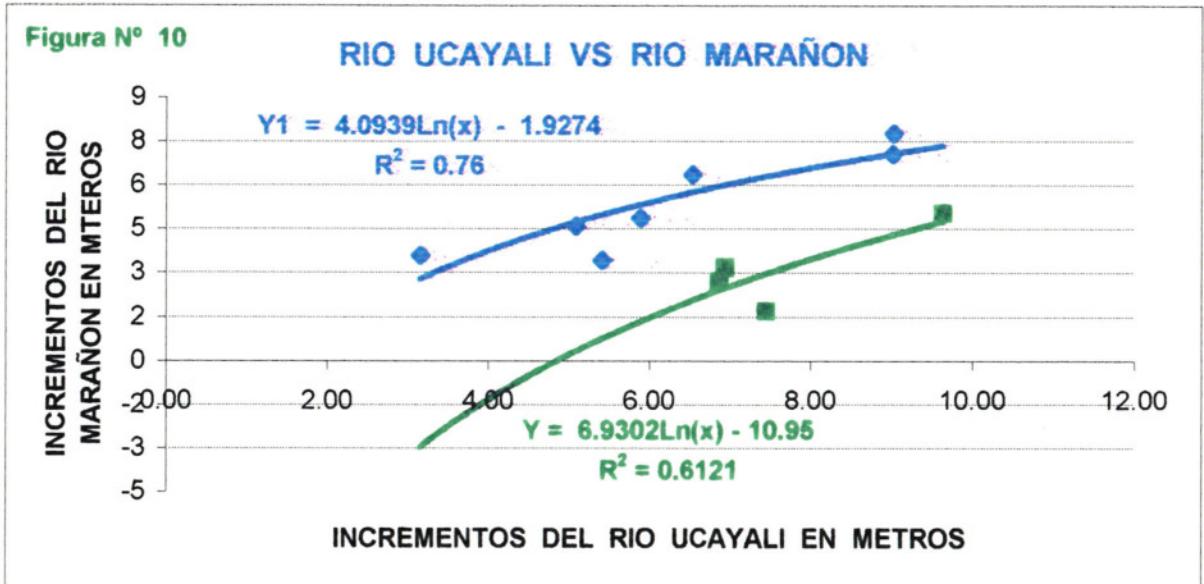
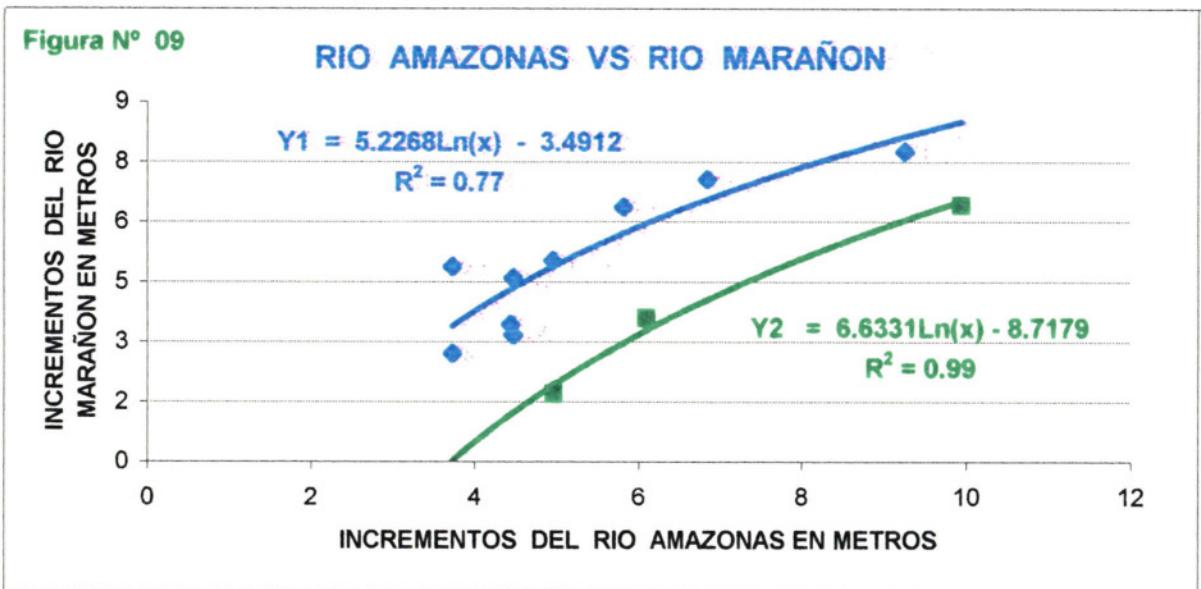
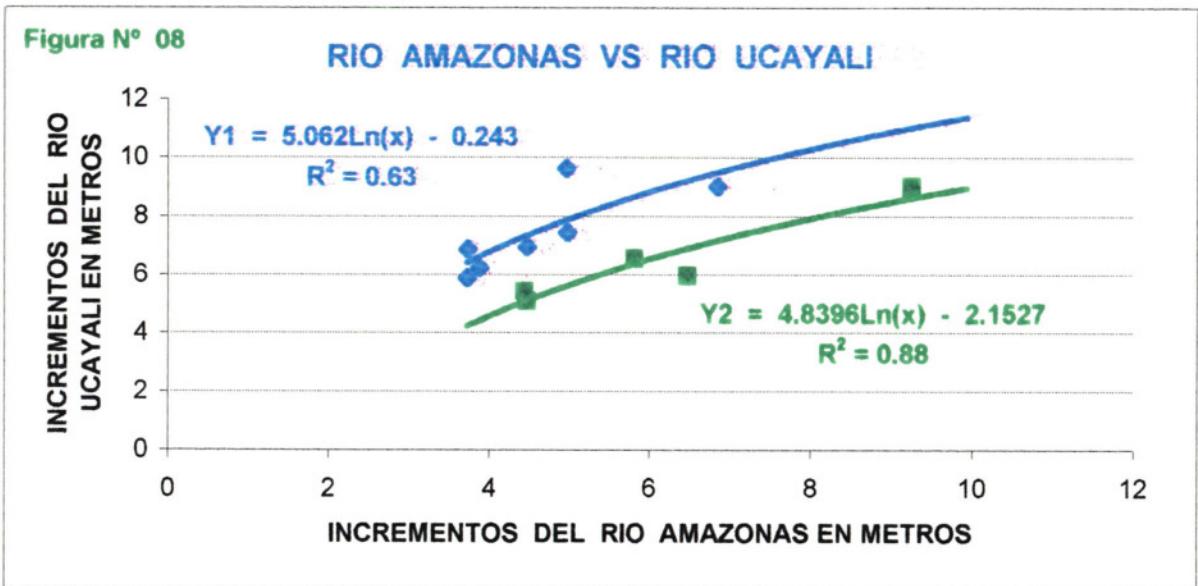
INCREMENTOS Y DESCENSOS DE NIVELES DEL RIO UCAYALI

Figura Nº 07

ESTACION: HLM - REQUENA



ANALISIS DE CORRELACION ENTRE LOS INCREMENTOS DE NIVELES



los ríos antes mencionadas, con el fin de conocer el comportamiento y tendencia de la distribución del régimen hídrico.

7.1 Río Amazonas vs Río Ucayali:

Se realizó un análisis de correlación para los descensos de ambos ríos, para lo cual se procedió a plotear los pares de valores ordenados, los cuales se presentan en la **Figura N° 11**, donde además se observa el ajuste realizado a los datos, mediante la utilización de dos expresiones algebraicas del tipo polinómica:

$$- \quad Y1 = 0.2767 * x^2 + 4.8331 * x + 12.766$$

$$- \quad Y2 = 1.1499 * x^2 + 2.4399 * x$$

La expresión algebraica, **Y1**, representa el comportamiento de los años 1985/86, 1986/87, 1987/88, 1989/90, 1990/91, 1991/92, 1992/93, 1993/94, 1997/98, mientras que la expresión algebraica **Y2**, expresa el comportamiento hídrico de los años 1984/85, 1994/95 y 1995/96.

7.2 Río Amazonas vs Río Marañón:

El ajuste realizado a los pares de valores de descensos medios anuales, de los ríos Amazonas y Marañón, han permitido determinar dos expresiones algebraicas del tipo polinómica:

$$- \quad Y1 = 0.0482 * x^2 + 1.9648 * x + 5.5429$$

$$- \quad Y2 = 0.0475 * x^2 + 1.3531 * x$$

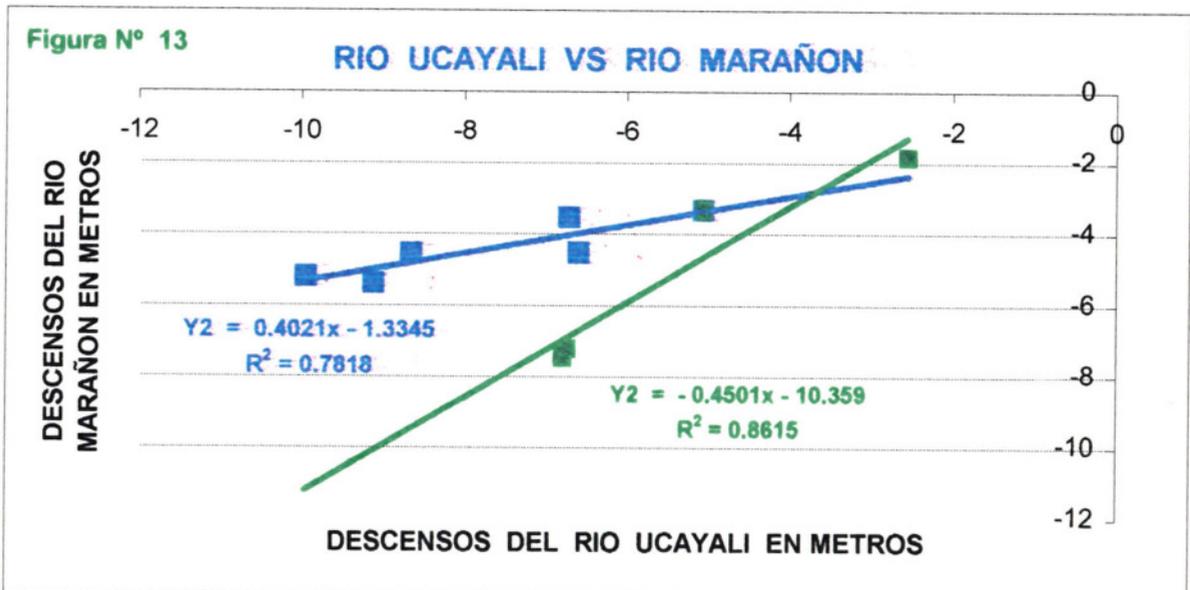
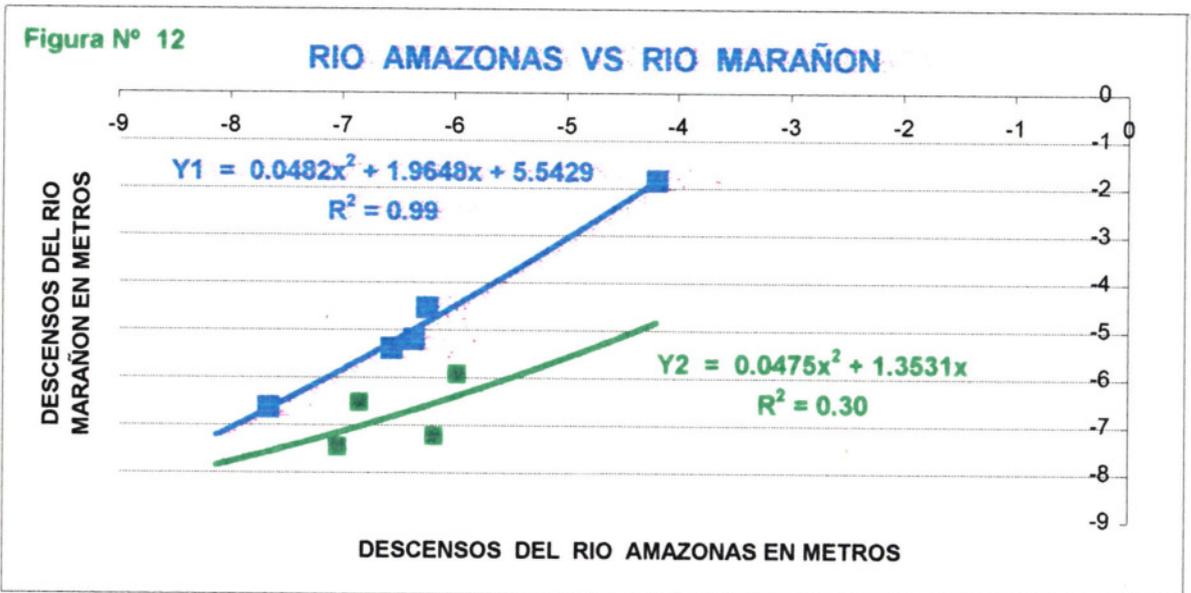
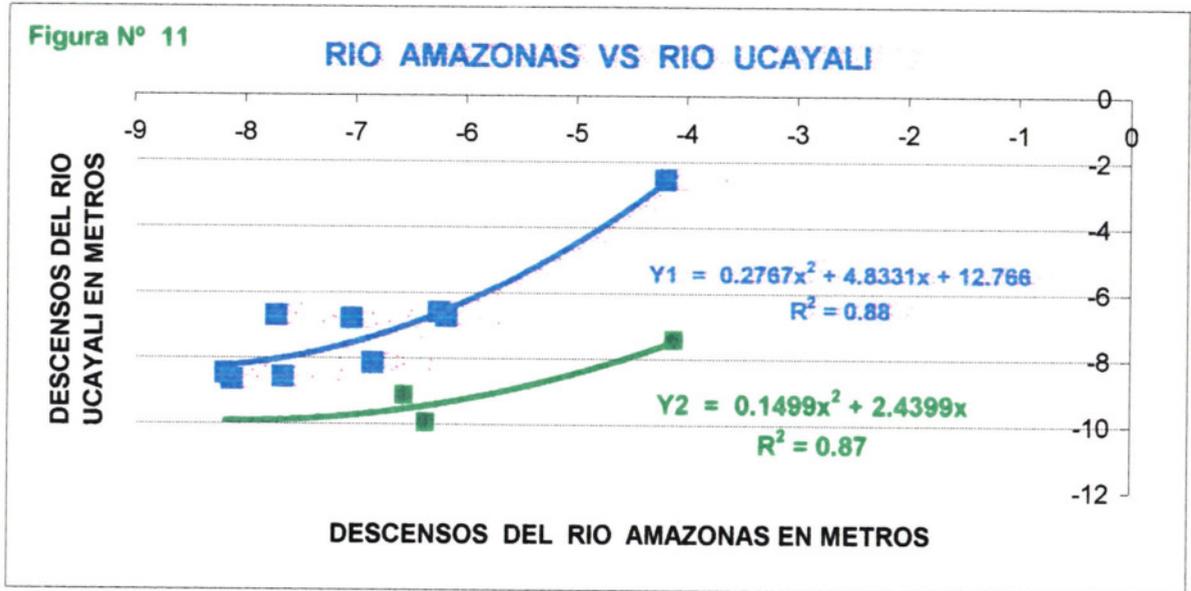
Dichas expresiones, vienen a representar el comportamiento hídrico del régimen de niveles del río Marañón en función del río Amazonas, tal como se puede observar en la **Figura N° 12**.

La expresión matemática de **Y1**, agrupa a los años 1989/90, 1991/92, 1994/95, 1995/96 y 1996/97, mientras que la expresión de **Y2**, expresa el comportamiento de los años 1986/87, 1988/89, 1992/93 y 1993/94.

7.3 Río Ucayali vs Río Marañón:

Los pares de valores de los descensos medios anuales, de los ríos Ucayali y Marañón, fueron ploteados con el fin de determinar su distribución en el espacio y el tiempo, como puede apreciarse en la **Figura N° 13**.

ANALISIS DE CORRELACION ENTRE LOS DESCENSOS DE NIVELES



El ajuste realizado a dicha distribución, ha permitido determinar dos expresiones matemáticas del tipo lineal:

$$- \quad Y1 = 0.4021 * x^2 - 1.3345$$

$$- \quad Y2 = -0.4501 * x^2 - 10.359$$

Dichas expresiones, vienen a representar el comportamiento hídrico de los descensos del río Marañon en función del río Ucayali.

La expresión representada mediante Y1, agrupa a los años 1987/88, 1990/91, 1991/92, 1994/95, 195/96 y 1997/98, mientras que la expresión Y2, agrupa a los años 1986/87, 1989/90, 1992/93 y 1997/98.

VIII. ANALISIS REGIONAL DE INCREMENTOS Y DESCENSOS DE NIVELES:

Conocidos los resultados obtenidos mediante los análisis de correlación y ajustes para las variables de incrementos y descensos de niveles medios anuales, para los ríos Amazonas, Marañon y Ucayali, se plantea la necesidad de realizar un análisis regional de dichas variables mediante la aplicación del modelo:

$$Y = \alpha * \frac{U^{\beta 2}}{M^{\beta 1}} \quad (I)$$

Donde:

Y	→	Incrementos y descensos medios anuales del río Amazonas.
U	→	Incrementos y descensos medios anuales del río Ucayali.
M	→	Incrementos y descensos medios anuales del río Marañon.
$\alpha, \beta 1, \beta 2$	→	Coefficientes a determinar por Correlación Multiple.

Con el fin de modelar el comportamiento y tendencia de los incrementos de niveles del río Amazonas en función de los río Ucayali y Marañon, que son los principales tributarios.

8.1. Análisis Regional de Incrementos de niveles:

Seleccionados los datos de incrementos de niveles medios anuales de los ríos Amazonas, Marañon y Ucayali, se procedió a desarrollar el análisis regional, mediante la aplicación de la expresión matemática (I).

La evaluación y determinación de los coeficientes del modelo, se calcularon mediante el análisis de Correlación Múltiple, tal como se muestra en el **Cuadro N° 04**, donde se puede observar cada uno de los pasados desarrollados mediante la aplicación Matricial a las ecuaciones planteadas, para obtener finalmente la expresión matemática siguiente:

$$Y_i = 2,7452 * \frac{U}{M} \quad (II)$$

- 0,1903
- 0,6591

La expresión matemática (II), permitirá conocer y evaluar los incrementos de niveles medios anuales del río Amazonas en función de los ríos Marañon y Ucayali, así como también su tendencia en el tiempo.

8.2. Análisis Regional de Descensos de niveles:

Los valores de los descensos determinados en los análisis anteriores, para los ríos Amazonas, Marañon y Ucayali; fueron modelados mediante la aplicación de la expresión matemática (I).

El desarrollo del Modelo Regional y la determinación de los coeficientes de la expresión (I), se realizó mediante la aplicación del análisis de Correlación Múltiple y el desarrollo Matricial de las ecuaciones planteadas; cuyo pasos se muestran en el **Cuadro N° 05**, donde se puede observar los valores de los coeficientes, que permiten finalmente obtener la expresión matemática (III).

La expresión matemática (III), obtenida mediante el análisis regional, contribuye a conocer y evaluar los descensos que se registran en el río Amazonas en función de los ríos Marañon y Ucayali y por ende su tendencia en el tiempo.

$$Y_d = 3,1357 * \frac{U}{M} \quad (III)$$

0,2248
- 0,1664

CUADRO N° 04

ANALISIS DE CORRELACION MULTIPLE DE INCREMENTOS DE NIVELES

AÑOS	INCAM M	INCMA M	INCUC M	Y LN(CV)	XA LN(A)	XB LN(Q)	Y Estimado	(Y-Yes) 2
87	3.73	4.87	5.89	1.32	1.58	1.77	1.7159	0.160
90	6.10	3.60	3.16	1.81	1.28	1.15	1.6353	0.030
92	4.44	3.44	5.41	1.49	1.24	1.69	1.5030	0.000
93	5.81	6.38	6.54	1.76	1.85	1.88	1.8740	0.013
94	3.73	2.71	6.88	1.32	1.00	1.93	1.3000	0.000
95	4.47	3.17	7.00	1.50	1.15	1.95	1.4001	0.009
96	9.25	7.77	9.02	2.22	2.05	2.20	1.9428	0.079
97	4.96	5.03	9.63	1.60	1.62	2.26	1.6437	0.002

SUMA	0.294
S123=	0.192
S1 =	0.282
R123 =	0.734

ECUACION MATRICIAL A RESOLVER

$a + b1 x1 + b2 x2 = d$	
$a + b1 x1 + b2 x2 = d$	
$a + b1 x1 + b2 x2 = d$	
N	8
SUMAY	13.01
SUYXA	19.69
SUYXB	24.21
SUXA2	18.25
SUXB2	28.32
SUXAXB	22.18
SUMAXA	11.77
SUMAXB	14.83
SUMAY2	21.81

a	8.000	11.769	14.829	13.015
b1	11.769	18.246	22.183	19.691
b2	14.829	22.183	28.318	24.208

a	13.015	11.769	14.829
	19.691	18.246	22.183
	24.208	22.183	28.318

Deter1	5.169
Matriz	5.118

alfa	1.0099		2.7452
------	--------	--	--------

b1	8	14.829	13.015
	11.769	22.183	19.691
	14.829	28.318	24.208

Deter2	-3.274
Matriz	1930.56

beta1	-0.6591
-------	---------

b2	8	11.769	13.015
	11.769	18.246	19.691
	14.829	22.183	24.208

Deter3	-0.974
Matriz	1930.557

beta2	-0.1903
-------	---------

CUADRO N° 05

ANALISIS DE CORRELACION MULTIPLE DE DESCENSOS DE NIVELES

AÑOS	INCAM M	INCMA M	INCUC M	Y LN(CV)	XA LN(A)	XB LN(Q)	Y Estimado	(Y-Yes) ²
87	7.03	4.56	6.78	1.95	1.52	1.91	1.8256	0.016
90	4.19	1.85	2.55	1.43	0.62	0.94	1.4556	0.001
92	6.24	4.53	6.59	1.83	1.51	1.89	1.8181	0.000
93	6.17	7.22	6.73	1.82	1.98	1.91	1.9004	0.007
94	6.84	6.52	8.13	1.92	1.87	2.10	1.9259	0.000
95	6.55	5.38	9.11	1.88	1.68	2.21	1.9195	0.002
96	6.35	5.19	9.94	1.85	1.65	2.30	1.9331	0.007
97	7.65	6.63	8.58	2.03	1.89	2.15	1.9408	0.009

SUMA	0.040
S123=	0.071
S1 =	0.168
R123 =	0.906

ECUACION MATRICIAL A RESOLVER

$a + b_1 x_1 + b_2 x_2 = d$	
$a + b_1 x_1 + b_2 x_2 = d$	
$a + b_1 x_1 + b_2 x_2 = d$	
N	8
SUMAY	14.72
SUYXA	23.86
SUYXB	28.80
SUXA2	21.51
SUXB2	30.90
SUXAXB	25.59
SUMAXA	12.72
SUMAXB	15.39
SUMAY2	27.31

a	8.000	12.716	15.393	14.719
b1	12.716	21.507	25.592	23.864
b2	15.393	25.592	30.897	28.796

a	14.719	12.716	15.393
	23.864	21.507	25.592
	28.796	25.592	30.897

Deter1.	3.579
Matriz	3.132

alfa	1.1429		3.1357
-------------	---------------	--	---------------

b1	8	15.393	14.719
	12.716	25.592	23.864
	15.393	30.897	28.796

Deter2.	-0.5211
Matriz	1930.557

beta1	-0.1664
--------------	----------------

b2	8	12.716	14.719
	12.716	21.507	23.864
	15.393	25.592	28.796

Deter3.	0.704
Matriz	1930.557

beta2	0.2248
--------------	---------------

IX. BONDAD DEL MODELO REGIONAL :

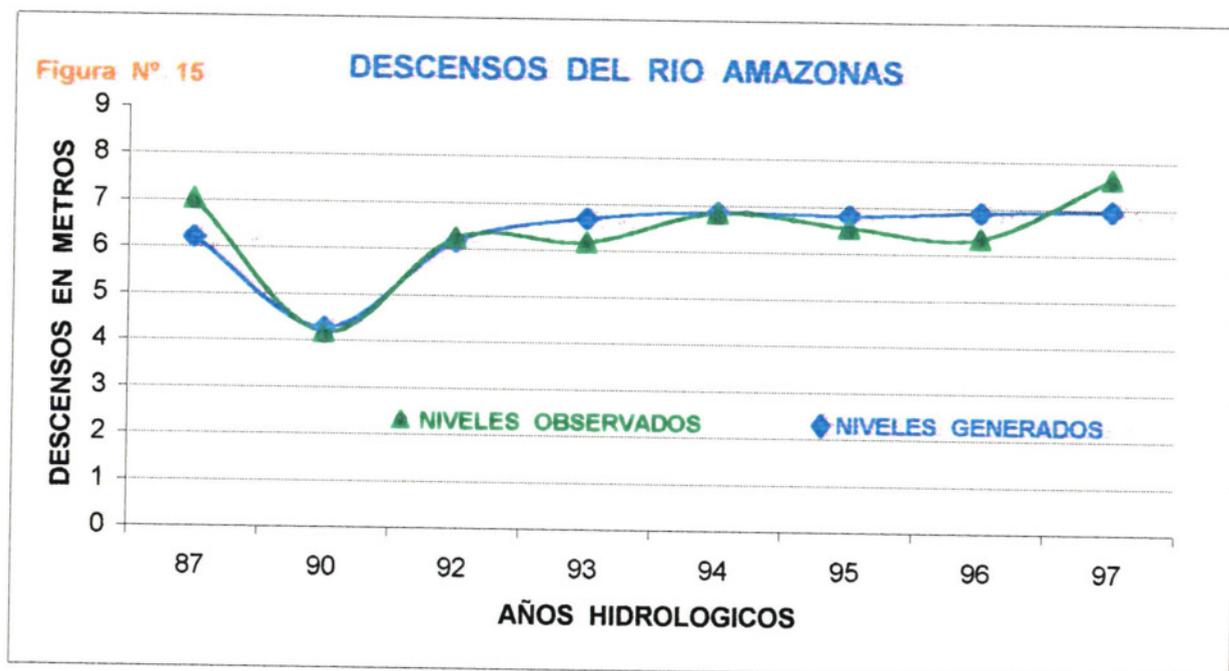
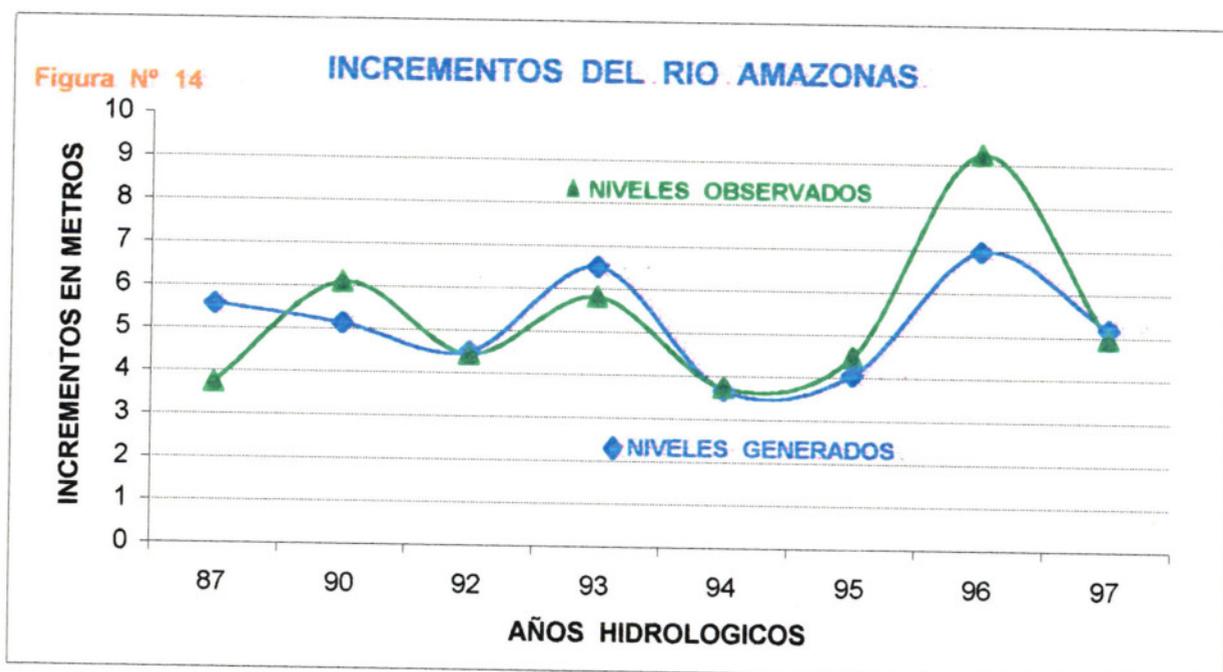
Mediante el desarrollo del Modelo Regional de los incrementos y descensos de niveles medios anuales del río Amazonas, en función de los ríos Marañón y Ucayali, se obtuvieron las expresiones matemáticas (II) y (III), las que representaran el comportamiento hídrico de los ríos.

Con el fin de conocer si las expresiones matemáticas obtenidas, se ajustan al comportamiento real de la variación de los incrementos y descensos de niveles de agua del río Amazonas; se procedió a realizar la generación y comparación de dichos valores, los cuales se muestran en las Figuras N° 14 y 15.

En la Figura N° 14, se puede observar que los incrementos generados registran un comportamiento similar al observado, presentando una ligera diferencia por defecto en el año 1996. Sin embargo, podemos decir que el modelo desarrollado se ajusta muy bien al régimen hídrico del río.

En la Figura N° 15, se observa la comparación de los valores de descensos generados y observados para el río Amazonas, los cuales registran un comportamiento similar en su régimen y tendencia, que confirma la bondad del modelo desarrollado.

COMPARACION DE NIVELES



X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

- Las cuencas del río Amazonas, Marañón y Ucayali, representan el 77% de la cuenca Amazónica.
- De la comparación de los rectángulos equivalente, la cuenca del río Ucayali posee la mayor longitud y la cuenca del río Amazonas la menor.
- La cuenca del río Marañón registra el menor Índice de Pendiente con 1,29.
- La información de niveles de agua, de los ríos Amazonas, Marañón y Ucayali, son consistente y homogénea.
- El mayor incremento de nivel de agua, registrado ha nivel mensual en el río Amazonas, fue de 4,01 metros, ocurrido en el mes de enero de 1990, y el mayor descenso fue de - 4,93 metros ocurrido en el mes de junio de 1997.
- A nivel anual, el río Amazonas registro el mayor incremento en el año hidrológico 1988/89 con 9,94 metros y el mayor descenso en el año 1985/86 con - 8,17 metros.
- El río Marañón, registro el mayor incremento de nivel de agua en el mes de febrero del año 1997 con 3,55 metros y el mayor descenso en el mes de mayo de 1987; con un valor de - 5,10 metros.
- El mayor incremento y descenso registrado en el río Marañón, ha nivel anual se presento en los años 1995/96 y 1986/87 con 7,77 metros y - 7,46 metros.
- El río Ucayali, registro un incremento de 3,56 metros, ocurrido en el mes de setiembre del año 1996, y el mayor descenso fue de - 4,58 metros, registrado en el mes de mayo de 1997.
- A nivel anual, el incremento y descenso registrado en el río Ucayali fue de 9,63 metros y - 9,94 metros, ocurrido en los años 1997/97 y 1995/96.
- Los incrementos de nivel de agua, fueron ajustados mediante expresiones matemáticas del tipo logarítmicas., determinándose las ecuaciones siguientes:

- **Amazonas vs Ucayali:**

- $Y1 = 5,0620 * \ln(X) - 0,243$

- $Y2 = 4,8396 * \ln(X) - 2,1527$

- **Amazonas vs Marañón:**

- $Y1 = 5,2268 * \ln(X) - 3,4912$

- $Y2 = 6,6331 * \ln(X) - 8,7179$

- **Ucayali vs Marañon:**

$$- \quad Y1 = 4,0939 * \text{Ln}(X) - 1,9274$$

$$- \quad Y2 = 6,9302 * \text{Ln}(X) - 10,95$$

- Los descensos de niveles de agua, fueron ajustados mediante expresiones algebraicas del tipo polinómicas, obteniéndose las ecuaciones siguientes:

- **Amazonas vs Ucayali:**

$$- \quad Y1 = 0,2767 * x^2 + 4,8331 * x + 12,766$$

$$- \quad Y2 = 1,1499 * x^2 + 2,4399 * x$$

- **Amazonas vs Marañon:**

$$- \quad Y1 = 0,0482 * x^2 + 1,9648 * x + 5,5429$$

$$- \quad Y2 = 0,0475 * x^2 + 1,3531 * x$$

- **Ucayali vs Marañon:**

$$- \quad Y1 = 0,4021 * x^2 - 1,3345$$

$$- \quad Y2 = -0,4501 * x^2 - 10,359$$

- Del Modelo regional aplicado a los incrementos y descensos de niveles de agua, se obtuvieron las expresiones siguientes:

- **Incrementos:**

$$Yi = 2,7452 * \frac{U}{M} - 0,1903 - 0,6591$$

- **Descensos:**

$$Yd = 3,1357 * \frac{U}{M} + 0,2248 - 0,1664$$