

Cálculo de registros sintéticos de ingresos por cuenca propia de un sistema de presas de la región Noroeste de México, caracterizada por eventos invernales

Synthetic Generation of Inflows in a Dam System of a Region Characterized by Extraordinary Winter Events

R. Domínguez-Mora
Instituto de Ingeniería, UNAM.
Facultad de Ingeniería, UNAM.
E-mail: rdm@pumas.iingen.unam.mx

M.L. Arganis-Juárez
Instituto de Ingeniería, UNAM.
Facultad de Ingeniería, UNAM.
E-mail: MarganisJ@iingen.unam.mx

(Recibido: septiembre de 2007; aceptado: junio de 2008)

Resumen

En este estudio se generaron muestras sintéticas de series mensuales de volúmenes de ingreso por cuenca propia de cuatro presas en las que se preserva la autocorrelación y la correlación cruzada de las series históricas. Se utilizó el método de Svanidze modificado con una variante en la selección aleatoria de años, considerando que los ingresos anuales por cuenca propia a cada una de las presas tuvieron una distribución afectada por los eventos de invierno. Los estadísticos media, desviación estándar, coeficiente de asimetría y coeficiente de autocorrelación, así como la correlación cruzada, fueron reproducidos satisfactoriamente.

Descriptores: Muestras sintéticas, eventos de invierno, método de Svanidze modificado, escurrimientos, autocorrelación, correlación cruzada.

Abstract

In this paper synthetic monthly series of net basin inflows in four dams were generated; there are correlations and crossed correlations in historic series; Svanidze's modified method was applied, adding a different way in the random selection of years including the fact that the net basin inflows distribution was influenced by winter events. Statistics media, standard deviation, skew, autocorrelation and crossed correlation were successfully reproduced.

Keywords: *Sinthetic series, winter events, Svanidze's modified method, inflows, autocorrelation, crossed correlation.*

Introducción

En el Noroeste de la República Mexicana el régimen normal de escurrimientos tiene su máximo en los meses de verano, de julio a octubre, y valores mínimos en invierno (diciembre, enero y febrero). Sin

embargo, ocasionalmente se presentan tormentas de invierno, conocidas en la región como equipatas, de tal magnitud que los escurrimientos mensuales que provocan son mucho mayores que la media en esos meses, e incluso, sensiblemente mayores que los de los meses de verano; es por eso que en el análisis y la generación de

series sintéticas de escurrimientos se debe tomar muy en cuenta esta característica.

En este estudio se generaron muestras sintéticas de volúmenes mensuales de ingreso por cuenca propia a cuatro presas situadas en la cuenca del río Yaqui, en el estado de Sonora. La región en estudio se muestra en la figura 1 y en la figura 2 con la configuración del sistema formado por las presas Lázaro Cárdenas (Angostura), Son., Abraham González, Chih., Plutarco Elías Calles (El Novillo), Son., y Álvaro Obregón (Oviachic), Son.

Se utilizó el método de Svanidze modificado (Domínguez *et al.*, 2001,2002), (Svanidze, 1980), con una variante en la selección aleatoria de los años, debido a que en un ensayo preliminar se observó que el método en su forma original reportaba valores sintéticos de las asimetrías considerablemente mayores que los históricos (hasta más del doble), en prácticamente todos los meses. Lo anterior se atribuyó a la existencia de eventos extraordinarios de invierno en años con valores grandes del ingreso por cuenca propia. Las muestras generadas preservan satisfactoriamente las características estadísticas (media, desviación estándar y coeficiente de asimetría de cada mes) de los escurrimientos de cada una de las presas, la función de distribución de los escurrimientos anuales totales, los coeficientes de autocorrelación entre meses sucesivos y los coeficientes de

correlación cruzada, para cada mes del año, entre cada pareja de presas.

Desarrollo

Método de Svanidze modificado en la selección aleatoria de años

En el análisis de series de tiempo, existen numerosas metodologías para obtener registros sintéticos a partir del registro histórico, tanto de series anuales como de series periódicas (semestrales, mensuales, diarias); entre esos métodos cabe destacar los modelos autorregresivos de promedios móviles ARMA (p,q) (Salas *et al.*, 1988), modelos ARIMA y de Thomas Fiering (Yurekly *et al.*, 2004), el método de Fragmentos de Svanidze (Svanidze,1980).

Los modelos ARMA tienen el inconveniente de que su aplicación se limita a series de datos cuya distribución debe ser normal y aunque existen técnicas para efectuar una transformación normalizante a la serie original, tales como el cálculo del logaritmo natural o el método de Box y Cox (Escalante, 2002), por tratarse de transformaciones no lineales, al aplicar la transformación inversa se incurre en una deformación de los resultados finales.

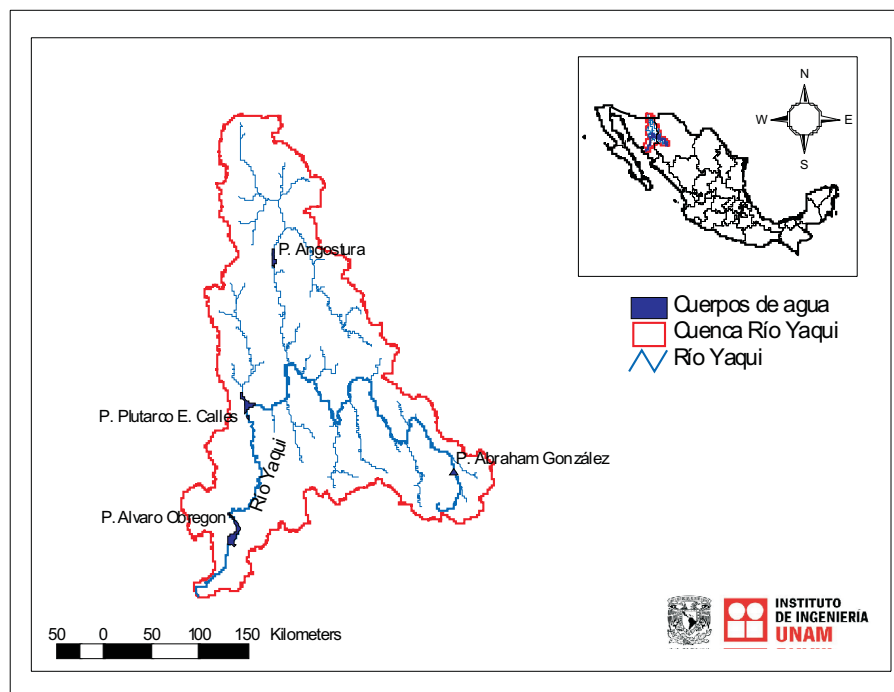


Figura 1. Localización del sitio, río Yaqui, Sonora, México

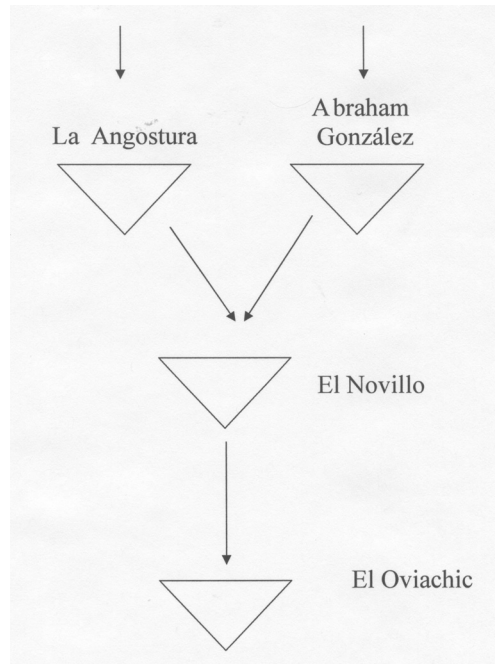


Figura 2. Configuración del sistema de presas

El método de Svanidze modificado, ha sido utilizado con éxito en la generación sintética de los volúmenes de escurrimiento de sistemas de presas que operan en cascada (Domínguez *et al.*, 2001, 2002); tiene la ventaja de que no se requiere que los datos sean normales y que logra reproducir las correlaciones y correlaciones cruzadas. El problema que tiene es la preservación de la correlación entre el último periodo del año i y el primer periodo del año $i+1$, pero lo anterior se resuelve identificando los periodos de más baja correlación y redefiniendo los años (en lugar de usar años cronológicos, se utilizan años hidrológicos).

Los datos de entrada al proceso son las n series periódicas históricas analizadas. Para cada año del registro histórico se calculan los totales de cada serie y la suma de los n totales; adicionalmente, para cada una de las series se obtiene la fracción del ingreso mensual con respecto al total anual y se determina, para cada total anual de cada serie, el porcentaje con respecto al total suma. A la serie anual formada por la suma de los n totales se le hace un análisis estadístico para determinar la función de distribución de probabilidades de mejor ajuste.

La generación sintética se realiza mediante un doble procedimiento aleatorio; el primero consiste en utilizar la función de distribución de mejor ajuste, con la que se obtienen m valores aleatorios con la función de distribución de la suma de los n totales. El segundo

procedimiento es la selección aleatoria de entre m años históricos para obtener el porcentaje sintético tanto de los totales anuales de cada serie, como las fracciones mensuales correspondientes. Se obtienen los totales anuales sintéticos para cada serie multiplicando el total suma aleatorio por el porcentaje correspondiente al año seleccionado aleatoriamente. Se multiplica el total anual sintético de cada serie por las fracciones mensuales correspondientes al año seleccionado, con lo que se determinan las m series periódicas sintéticas.

Modificación al algoritmo en la selección de los años aleatorios

En el estudio de las presas del río Yaqui, al hacer la aplicación del método de Svanidze modificado con el procedimiento descrito anteriormente, no se lograron reproducir los coeficientes de asimetría (figura 3); la causa atribuida a este problema fue la existencia ocasional de valores registrados en los meses de invierno de magnitud considerablemente mayor a la media anual.

Considerando que los volúmenes totales anuales se ajustan a una función de distribución doble Gumbel (González, 1970) en la que la población mayor corresponde a años con eventos extraordinarios de invierno, se modificó el procedimiento de selección de los años, de forma que, si el valor total anual sintético generado es mayor que un umbral que separa las dos poblaciones,

la selección se hace sólo entre los años que pertenecen a la segunda población y en caso contrario entre los de la primera.

Aplicación

Se aplicó el método de Svanidze modificado a los datos históricos de los volúmenes de ingreso mensuales por cuenca propia de las presas Lázaro Cárdenas (Angostura), Son., Abraham González, Chih., Plutarco Elías

Calles (El Novillo), Son., y Álvaro Obregón (Oviachic), Son., utilizando los datos del funcionamiento mensual de las presas obtenidos del Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS) de la Comisión Nacional del Agua. Se formó un archivo de 26 años no continuos (1964-1966, 1968-1985 y 1995-1999) de escurrimientos simultáneos mensuales por cuenca propia (es decir, restando a las entradas totales las descargas de las presas situadas aguas arriba) para cada una de las presas. Para preparar los archivos de entrada al algoritmo se

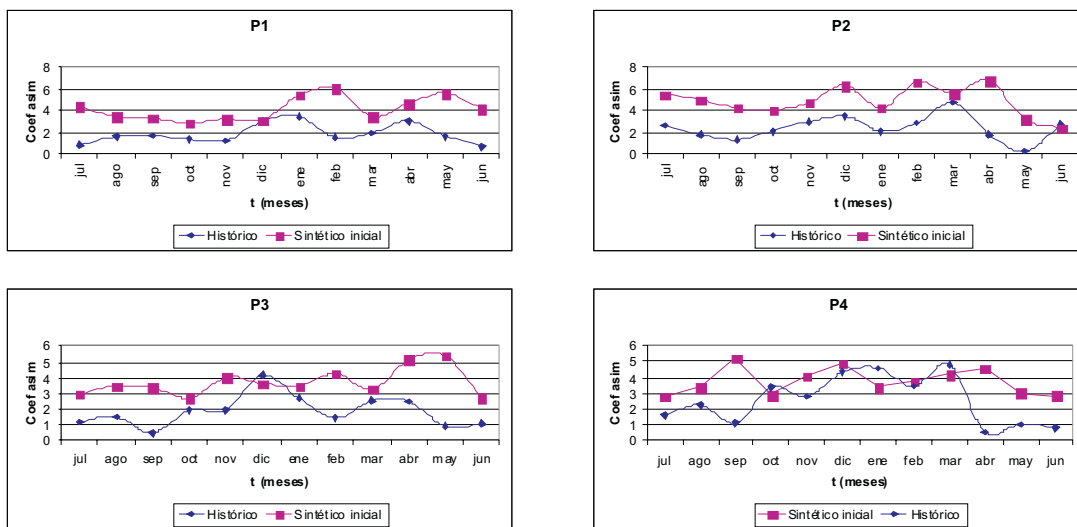


Figura 3. Coeficientes de asimetría obtenidos con el método de Svanidze en su forma original

Tabla 1. Serie mensual de la suma de las 4 presas analizadas (Ingresos en hm³). Estadísticos básicos

Año	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	total
1964	497.4696	1288.6312	970.3002	746.8146	57.5832	40.4642	55.7816	166.8092	101.9120	62.2910	9.1470	19.0804	4016.2842
1965	208.0154	403.1058	652.6616	54.1544	30.3662	704.8609	162.9960	287.6730	103.7640	46.7180	36.9100	56.4260	2747.6513
1966	657.3450	2163.9878	509.8542	131.5572	57.7688	80.9908	501.2690	1254.1120	1810.7160	179.7150	95.8400	75.4680	7518.6236
1968	1128.8264	1314.5250	778.7398	88.8518	81.3170	113.7550	90.5570	137.4810	57.9360	42.5994	100.6580	55.6540	3988.9004
1969	525.7990	428.8336	355.3582	194.8360	241.5010	353.4000	80.6260	103.7628	123.0934	57.6802	50.9704	55.2192	2571.0798
1970	392.2288	980.1680	415.0852	79.5656	46.1592	70.8820	53.9580	65.6716	55.8644	34.7510	33.5924	45.5266	2273.4528
1971	458.9000	976.6812	227.2906	551.8460	184.8970	173.5800	97.9070	58.1660	62.1970	49.6032	40.6158	121.6950	3003.3788
1972	335.5958	782.0620	649.4230	351.3840	258.0740	115.5070	648.1260	942.6900	459.4160	124.1098	81.2390	63.4692	4811.0958
1973	336.0856	800.9430	147.4534	53.2276	34.4200	70.2334	60.5960	46.7830	36.5894	40.7904	36.8910	49.1554	1713.1682
1974	584.8742	725.0140	774.2610	163.4300	273.6210	76.9540	97.1800	205.2828	61.2514	37.9342	55.3578	30.6106	3085.7710
1975	697.9882	689.4842	760.9390	67.1292	68.7260	119.2690	92.6660	208.1270	53.6550	62.6012	35.0842	60.6234	2916.2924
1976	931.2506	287.3772	396.6144	184.2630	72.7856	90.2940	160.8860	91.8664	73.9842	38.9928	47.1116	63.1900	2438.4158
1977	540.6922	897.5622	482.3906	211.4592	53.8906	66.4000	112.2806	165.1524	769.3410	69.2330	49.6062	75.3646	3493.3526
1978	218.0706	550.5732	672.1960	471.5230	154.7970	439.8060	1412.8340	413.3180	160.4258	73.9272	90.2960	71.8820	4729.6488
1979	358.5792	580.6228	202.7826	63.5564	70.3222	88.2170	69.4446	117.7752	66.7476	89.7762	28.8246	57.3328	1793.9812
1980	334.7024	888.4154	718.4110	179.4560	61.5456	81.7140	392.9170	126.2520	546.1174	99.4078	70.4258	94.0692	3593.4336
1981	784.5284	1003.7180	607.4386	212.0260	89.8940	54.6060	95.5672	102.6160	100.4530	67.6918	39.2620	38.6952	3196.4962
1982	221.9640	347.0014	295.0814	81.5476	89.0684	632.7460	365.0440	764.0952	1313.6622	460.5976	148.7738	101.1160	4820.6936
1983	275.2280	826.7210	591.1568	673.6192	347.9014	388.2190	167.4450	84.4080	87.6376	93.0976	94.0012	151.3138	3780.7486
1984	526.2368	1723.9440	506.4812	341.0494	140.2500	3150.5560	1893.2590	1084.0128	322.3672	200.6552	131.3468	142.2932	10162.4516
1985	433.7082	759.5270	333.6312	257.5366	133.7908	133.1310	182.1800	918.5370	204.0960	264.5698	120.0220	32.7224	3773.4520
1995	248.7620	278.3658	373.9000	58.2980	202.0220	52.8640	41.4700	64.6700	88.9990	29.6952	20.4440	26.3450	1485.8350
1996	545.1190	745.3890	884.2940	57.7190	47.7430	69.8780	42.3250	29.8220	47.2966	38.3110	31.5468	39.9744	2579.4178
1997	180.2262	819.5120	365.2840	109.5510	62.7264	489.3680	209.3440	249.7440	206.1648	110.8620	41.2000	37.0044	2880.9868
1998	330.8804	611.4168	152.1474	71.9290	37.0230	43.1352	28.6920	42.4448	29.2480	25.2040	16.1180	8.6950	1396.9336
media	470.0430	834.9433	512.9270	218.2532	115.9277	308.0332	284.6051	309.2509	277.7174	96.0326	60.2114	62.9170	3550.8618
desvest	234.4393	433.7232	230.8967	199.0089	87.5928	622.8825	445.1053	366.9720	432.2697	95.6760	37.5963	35.9478	1902.2040
coefasim	1.1594	1.4479	0.1498	1.5096	1.2590	4.2845	2.8317	1.5715	2.6411	2.7314	0.8794	1.0509	2.1072
rj+lj	0.3462	0.2426	0.2777	0.4826	0.0908	0.7821	0.6180	0.6704	0.6485	0.7833	0.5800	0.1160	

identificaron los meses de más baja correlación, a partir del registro construido con la suma de las 4 presas (tabla 1). De acuerdo con la tabla 1, la menor correlación se tiene entre el mes de junio y el de julio, por lo que se decidió trabajar con un año hidrológico, cuyo mes inicial es julio y el mes final es junio (tabla 2).

Resultados

Al realizar el análisis estadístico del total suma, con ayuda del software AX (Jiménez, 1996), se obtuvo que la función a la que mejor se ajustaban los datos fue una función de distribución Doble Gumbel (González, 1970), (Aparicio, 1989) con parámetros $\alpha_1=0.001269$ $\beta_1=255.0534$ $\alpha_2=0.000309$ $\beta_2=6111.5934$ $p=0.85$; el valor de p indica que el 85% de los datos corresponden a una primera población y el 15% restante a una segunda población. Al ordenar los eventos de mayor a menor se identificaron cinco años con ingresos extraordinarios en invierno (figura 4).

Se generaron 1000 datos sintéticos del total suma; la figura 5, muestra tanto los datos sintéticos como los datos históricos y calculados, dibujados en escala Gumbel.

Por otro lado, se obtuvieron 1000 años seleccionados aleatoriamente (con reemplazo) de entre los datos de la muestra histórica para considerar los porcentajes con respecto al valor total suma, correspondientes a cada presa, así como sus respectivas fracciones mensuales. Para ello, se comparó el ingreso total suma sintético con

respecto a 4729 (quinto valor de la figura 4), de tal forma que si el valor sintético era superior a dicho valor, la selección aleatoria se hacía entre los años de mayor valor (en este caso los años 1966, 1972, 1982, 1984), en caso contrario la selección aleatoria se hacía entre los años restantes.

En la figura 5 se presenta la comparación de los ingresos por cuenca propia total anual (suma de las cuatro presas) histórico y sintético; se calcularon los estadísticos media, desviación estándar, coeficiente de asimetría, coeficiente de autocorrelación y de correlación cruzada; la comparación entre los estadísticos históricos y calculados se muestra en las Figuras 6 a 10; en las que se denota como P1 a Lázaro Cárdenas (Angostura), P2 a Abraham González, P3 a Plutarco E Calles (El Novillo) y P4 a Álvaro Obregón (Oviachic).

Tabla 2. Año hidrológico, suma de las 4 presas analizadas. Estadísticos básicos

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total
1964	68.9898	57.7900	78.8598	38.7372	43.5102	16.5046	497.4696	1288.6312	970.3002	746.8146	57.5832	40.4642	3905.6546
1965	55.7816	166.8092	101.9120	62.2910	9.1470	19.0804	208.0154	403.1058	652.6616	54.1544	30.3662	704.8609	2468.1855
1966	162.9960	287.6730	103.7640	46.7180	36.9100	56.4260	657.3450	2163.9878	509.8542	131.5572	57.7688	80.9906	4295.9906
1968	501.2690	1254.1120	1810.7160	179.7150	95.8400	75.4680	1126.8264	1314.5250	778.7398	88.8518	81.3170	113.7550	7421.1350
1969	90.5570	137.4810	57.9360	42.5994	100.6580	55.6540	525.7990	428.8336	355.3582	194.8360	241.5010	353.4000	2584.6132
1970	80.6260	103.7628	123.0934	57.6802	50.9704	55.2192	392.2288	980.1680	415.0852	79.5656	46.1592	70.8820	2455.4408
1971	53.9580	65.6716	55.8644	34.7510	33.5924	45.5266	458.9000	976.6812	227.2906	551.8460	184.8970	173.5800	2862.5588
1972	97.9070	58.1660	62.1970	49.6032	40.6158	121.6950	335.5958	782.0620	649.4230	351.3840	258.0740	115.5070	2922.2298
1973	648.1260	942.6900	459.4160	124.1098	81.2390	63.4692	336.0856	800.9430	147.4534	53.2276	34.4200	70.2334	3761.4130
1974	60.5960	46.7830	36.5894	40.7904	36.8910	49.1554	584.8742	725.0140	774.2610	163.4300	273.6210	76.9540	2868.9594
1975	97.1800	205.2828	61.2514	37.9342	55.3578	30.6106	697.9882	689.4842	760.9390	67.1292	68.7260	119.2690	2891.1524
1976	92.6660	208.1270	53.6550	62.6012	35.0842	60.6234	931.2506	287.3772	396.6144	184.2630	72.7856	90.2940	2475.3416
1977	160.6860	91.8664	73.9842	38.9928	47.1116	63.1900	540.6922	897.5622	482.3906	211.4592	53.8906	66.4000	2728.2258
1978	112.2606	165.1524	769.3410	69.2330	49.6062	75.3646	218.0706	550.5732	672.1960	471.5230	154.7970	439.8060	3747.9236
1979	1412.8340	413.3180	160.4258	73.9272	90.2960	71.8820	358.5792	580.6228	202.7826	63.5564	70.3222	88.2170	3586.7632
1980	69.4446	117.7752	66.7476	89.7762	28.8246	57.3328	334.7024	888.4154	718.4110	179.4560	61.5456	81.7140	2694.1454
1981	392.9170	126.2520	546.1174	99.4078	70.4258	94.0692	784.5284	1003.7180	607.4386	212.0260	89.8940	54.6060	4081.4002
1982	95.5672	102.6160	100.4530	67.6918	39.2620	38.6952	221.9640	347.0014	295.0814	81.5476	89.0684	632.7460	2111.6940
1983	365.0400	764.0952	1313.6622	460.5976	148.7738	101.1160	275.2280	826.7210	591.1568	673.6192	347.9014	388.2190	6256.1302
1984	167.4450	84.8080	87.6376	93.0976	94.0012	151.3138	526.2368	1723.9440	506.4812	341.0494	140.2500	3150.5560	7066.4206
1985	1893.2590	1084.0128	322.3672	200.6552	131.3468	142.2932	433.7082	759.5270	333.6312	257.5366	133.7908	133.1310	5825.2590
1995	182.1800	918.5370	204.0960	264.5698	120.0220	32.7224	248.7620	278.3658	373.9000	58.2980	202.0220	52.8640	2936.3390
1996	41.4700	64.6700	88.9990	29.6952	20.4440	26.3450	545.1190	745.3890	884.2940	57.7190	47.7430	69.8780	2621.7652
1997	42.3250	29.8220	47.2966	38.3110	31.5468	39.9744	180.2262	819.5120	365.2840	109.5510	62.7264	489.3680	2255.9434
1998	209.3440	249.7440	206.1648	110.8620	41.2000	37.0044	330.8804	611.4168	152.1474	71.9290	37.0230	43.1352	2100.8510
1999	28.6920	42.4448	29.2480	25.2040	16.1180	8.6950	940.0030	924.4140	359.8080	52.1526	20.8250	36.8768	2484.4812
media	276.3122	299.5793	270.0690	93.8289	59.5690	61.1319	488.1184	838.3844	507.0378	211.8647	112.2699	297.6041	3515.7699
desvest	438.1576	362.9238	425.3278	94.4140	36.9821	36.3786	247.5036	425.3223	228.2160	197.6904	87.8263	612.6102	1506.1934
coefasim	2.8966	1.6267	2.7068	2.7858	0.9365	1.0398	1.0016	1.4431	0.2192	1.5528	1.2754	4.3607	1.5477
rj+1,j	0.6225	0.6739	0.6521	0.7852	0.5815	-0.0165	0.3364	0.2348	0.2932	0.5001	0.1068	0.4282	

Cálculo de registros sintéticos de ingresos por cuenca propia de un sistema de presas de la región Noroeste de México, caracterizada por eventos invernales

Errores cuadráticos Archivo: SU4P.AJU				
i	Tr	Dato	Calculado	Error ²
1	26	10162.45	10059.91	10514.78
2	13	7518.62	7306.38	45044.65
3	8.67	4820.69	5754.64	872262.58
4	6.5	4811.1	4949.38	19121.05
5	5.2	4729.65	4476.57	64051.26
6	4.33	4016.28	4151.82	18371.54
7	3.71	3988.9	3905	7039.75
8	3.25	3780.75	3704.94	5747.6
9	2.89	3773.45	3535.49	56625.51
10	2.6	3593.43	3387.3	42488.64
11	2.36	3493.35	3254.51	57046.46
12	2.17	3196.5	3133.16	4012.55
13	2	3085.77	3020.41	4272.25
14	1.86	3003.38	2914.13	7964.95
15	1.73	2916.29	2812.64	10742.45
16	1.63	2880.99	2714.5	27719.6
17	1.53	2747.65	2618.4	16704.28
18	1.44	2579.42	2523.1	3171.84
19	1.37	2571.08	2427.23	20693.33
20	1.3	2438.42	2329.18	11934.39
21	1.24	2273.45	2226.83	2173.08
22	1.18	1793.98	2117.05	104372.23
23	1.13	1713.17	1994.45	79120.2
24	1.08	1485.84	1847.9	131087.27
25	1.04	1396.93	1644.54	61308.47

Parámetros estadísticos de la muestra:

$\mu = 3550.862$ $\sigma = 1902.203$ $\gamma = 2.107$ $\kappa = 8.779$

Figura 4. Datos históricos y calculados

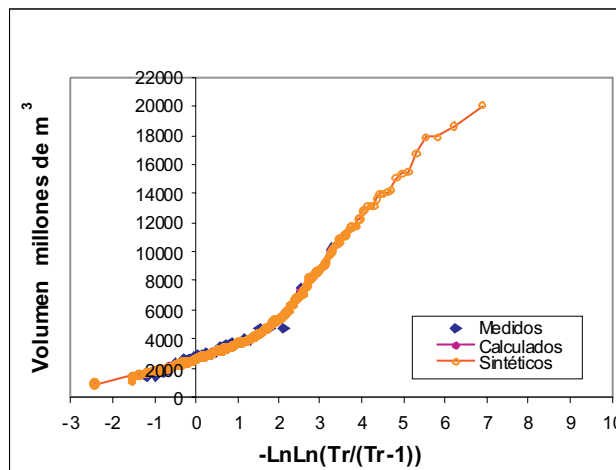


Figura 5. Función Doble Gumbel, datos históricos y calculados. 1000 datos sintéticos generados

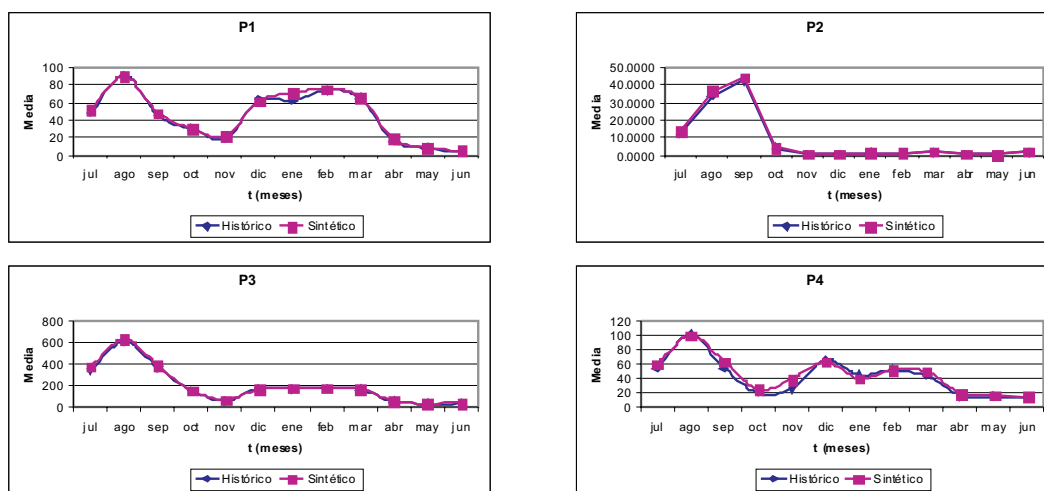


Figura 6. Comparación de las medias (hm³)

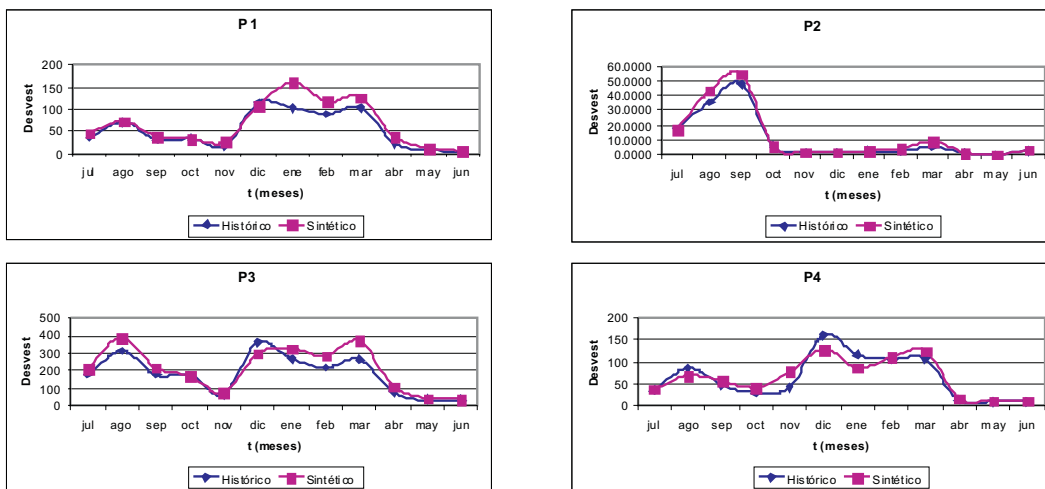


Figura 7. Comparación de las desviaciones estándar (hm^3)

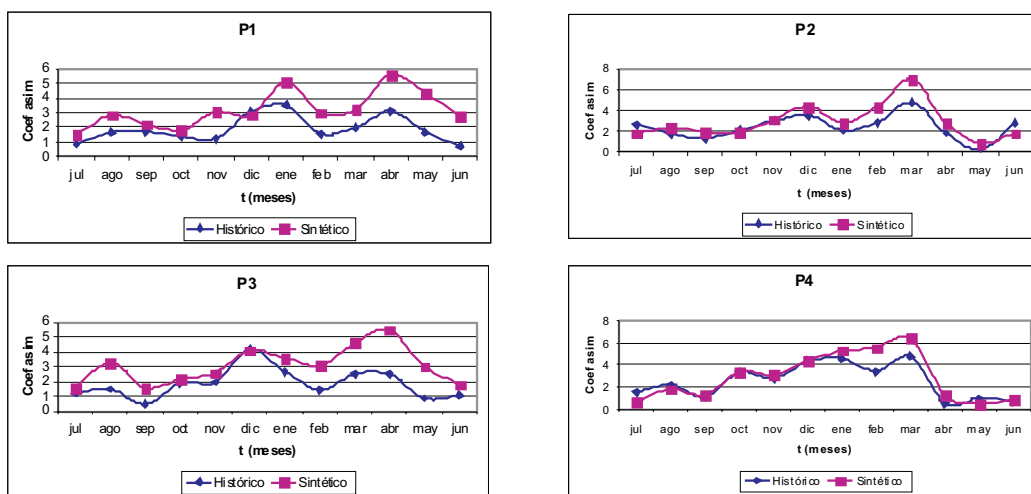


Figura 8. Comparación de los coeficientes de asimetría

Cálculo de registros sintéticos de ingresos por cuenca propia de un sistema de presas de la región Noroeste de México, caracterizada por eventos invernales

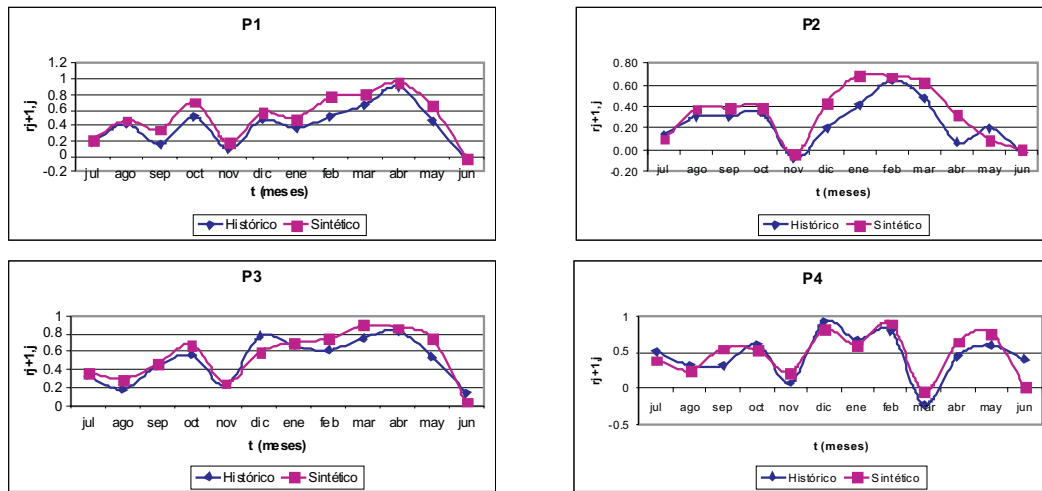


Figura 9. Comparación de los coeficientes de autocorrelación

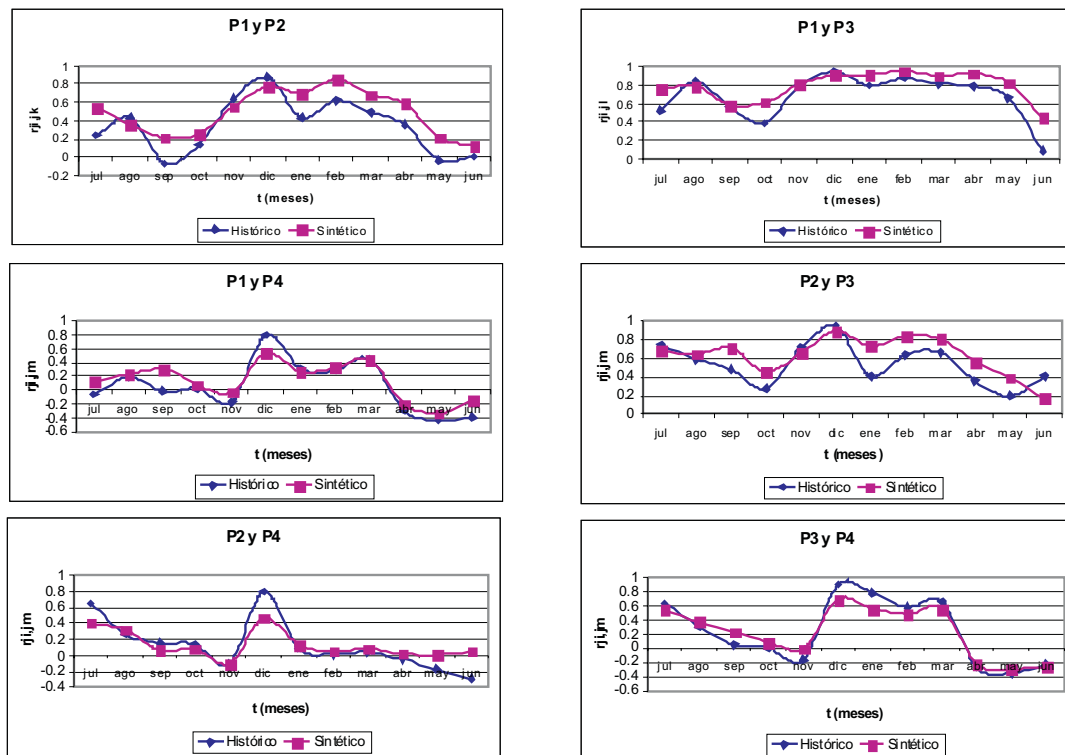


Figura 10. de los coeficientes de correlación cruzada

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede concluir que el método de Svanidze modificado en la selección de años aleatorios es una herramienta útil y práctica en la determinación de muestras sintéticas de los ingresos por cuenca propia de un sistema de presas conectadas. Los estadísticos obtenidos preservan adecuadamente los de las series históricas; en particular, cabe destacar una muy buena concordancia entre los coeficientes de asimetría obtenidos al modificar la selección de los años aleatorios; se preservaron las autocorrelaciones y las correlaciones cruzadas, lo que no sucedía al aplicar al método en su forma tradicional a series de tiempo caracterizadas por estar sujetas a eventos extraordinarios de tipo invernal.

Agradecimientos

Se agradece a la M. I. Gabriela Esquivel Garduño su colaboración en el diseño de imágenes en ambiente Arc View.

Referencias

Aparicio M.F.J. *Fundamentos de hidrología de superficie*. México. Limusa. 1989.

Domínguez M.R., Fuentes M.G. y Arganis J.M.L. *Procedimiento para generar muestras sintéticas de series periódicas mensuales a través del Método de Svanidze modificado aplicado a los datos de las presas La Angostura y Malpaso*. Series Instituto de Ingeniería. C1-19. 2001.

Domínguez M.R., Fuentes M.G.E. y Arganis J.M.L. Generación de muestras sintéticas de volúmenes de escurrimiento mensual de las presas La Angostura y Malpaso, Chiapas, utilizando el Método de Svanidze Modificado. XX Congreso Latinoamericano de Hidráulica., Ciudad de La Habana. 2002.

Escalante S.C.A y Reyes C.L. *Técnicas estadísticas en hidrología*. México. Facultad de Ingeniería, UNAM. 2002.

González V.F.J. *Contribución al análisis de frecuencias de valores extremos de los gastos máximos en un río*. México. Instituto de Ingeniería. Serie Azul. No. 277. 1970.

Jiménez E.M. Programa AX. Área de riesgos hidrometeorológicos. Centro Nacional de Prevención de Desastres. México. 1996,

Salas J.D., Delleur J.W., Yevjevich y Lane W.L. *Applied Modeling of Hydrological Time Series*. USA. Water Resources Publications. 1988.

Svanidze G.G. *Mathematical Modeling of Hydrologic Series*. USA. Water Resources Publications. 1980.

Yurekly K., Kurunk A. y Simsek H. Prediction of Daily Maximum Streamflow Based on Stochastic Approaches. *Journal of Spatial Hydrology*, 4(2), 2004

Semblanza de los autores

Ramón Domínguez-Mora. Egresado de la Facultad de Ingeniería, UNAM con maestría y doctorado. Se desempeña como investigador titular en la Coordinación de Hidráulica del Instituto de Ingeniería de la UNAM, así como profesor del Posgrado de Ingeniería de la misma institución. Ha realizado amplios trabajos en material de hidrología superficial, hidrología urbana y aprovechamientos hidráulicos.

Maritza L. Arganis-Juárez. Es egresada de la Facultad de Ingeniería, UNAM con maestría y doctorado. Actualmente es investigador asociado de la Coordinación de Hidráulica del Instituto de Ingeniería de la UNAM y profesora de asignatura definitiva de la Facultad de Ingeniería, UNAM. En 1993, inició su colaboración con esta institución como profesora de física en la Escuela Nacional Preparatoria; actualmente realiza investigaciones en el área de aprovechamientos hidráulicos e hidrología.