

REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY
ARMADA NACIONAL
SERVICIO DE OCEANOGRAFÍA HIDROGRAFÍA Y METEOROLOGÍA DE LA ARMADA



ESTADÍSTICAS DE NIVELES EN PUERTOS DEL URUGUAY

PUERTO PAYSANDÚ

PUBLICACIÓN N° 4A

10^{ma} EDICIÓN 2019

ISBN 978-9974-8640-3-0

ESTADÍSTICAS DE NIVELES EN PUERTOS DEL URUGUAY

PUERTO DE PAYSANDÚ

REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY

ARMADA NACIONAL



PUBLICADO POR EL
SERVICIO DE OCEANOGRAFÍA, HIDROGRAFÍA Y METEOROLOGÍA
DE LA ARMADA

10ma EDICIÓN 2019

© 2019, SOHMA URUGUAY
Todos los derechos reservados
ISBN 978-9974-8640-3-0

Publicación
N° 4A

PRÓLOGO

Con la publicación de la décima edición de Estadísticas de Niveles en Puertos del Uruguay: Puerto de Paysandú, el Departamento de Oceanografía perteneciente al Servicio de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología de la Armada (SOHMA), continúa con la tarea de informar y divulgar los conocimientos referentes a nuestras Aguas Jurisdiccionales.

Nuestra finalidad es proporcionar a los diversos actores relacionados con el tema, la información básica que puede ser de utilidad ya sea a navegantes, científicos, técnicos, gestores y estudiantes. Proveemos información histórica y actualizada de los niveles del Río Uruguay frente a las costas de Paysandú. Esta información deberá ser tomada como una herramienta más a aplicar en conjunto con información de monitoreo continuo, para así mitigar los efectos de los cambios de nivel del Río Uruguay lo más eficientemente y eficazmente que sea posible.

Su uso, podrá ser de utilidad para prevenir los niveles alcanzados en los meses que presentan eventos extremos de inundación, ya que se ha observado que se producen cada vez con mayor frecuencia en el Río Uruguay. También ayudará a entender como el ambiente está cambiando e identificar cuáles podrían ser las presiones futuras. Esta nueva edición de “Estadísticas de Niveles en Puertos del Uruguay: Puerto de Paysandú” debe tomarse como un ingrediente clave en la cooperación siempre necesaria entre investigación, gestión y operación.

En estos estadísticos se indican valores máximos, mínimos y de niveles medios, mensuales y anual, amplitud y permanencia para el Puerto de Paysandú del año 2018 y se realizan comparaciones con datos históricos (años 1918 a 1925 y 2008 a 2018) recabados por este Servicio.

Los datos han sido brindados al SOHMA por la Prefectura de Paysandú y por la Dirección Nacional de Aguas, sin la cual este estudio no hubiese sido posible.

La edición de esta publicación así como el análisis de sus datos su representación y cálculos correspondientes han sido realizados en la División Oceanografía Física del SOHMA, por el Sr. MSc. José Verocai.

INDICE

INTRODUCCIÓN	3
CAPÍTULO I	
Niveles Medios Diarios, Mensuales y Anuales 2018	5
Niveles Medios Mensuales y Anual Acumulados en 18 años	7
Máximos y Mínimos Mensuales y Anuales en el 2018	8
Máximos y Mínimos Mensuales y Anuales Acumulados en 18 años	9
CAPÍTULO II	
Valores Mensuales de Permanencias de Cotas para el año 2018 y acumuladas (18 años)	11
CAPÍTULO III	
Valores mensuales de Frecuencias para el año 2018 y acumuladas (18 años)	13
CAPÍTULO IV	
Conclusiones	15

INTRODUCCIÓN

La presente publicación del SOHMA, contiene valores y cálculos tomados de las observaciones registradas a lo largo de los años, en la escala ubicada en el Puerto de Paysandú (sobre el Río Uruguay durante los años 1918 – 1925 y 2008 - 2018), latitud: $32^{\circ}15'18''$ S. y longitud: $058^{\circ}06'00''$ W (Figs. 1 y 2). El cero de la escala del puerto de Paysandú se encuentra a 100.9 centímetros sobre el cero hidrométrico de la Republica (ex Wharton). A esos efectos fueron considerados los datos horarios de cada mes a lo largo de todo el año 2018, en donde para enero fueron considerados por ejemplo 744 datos, para febrero 672 y así sucesivamente, completando 8760 datos anuales.

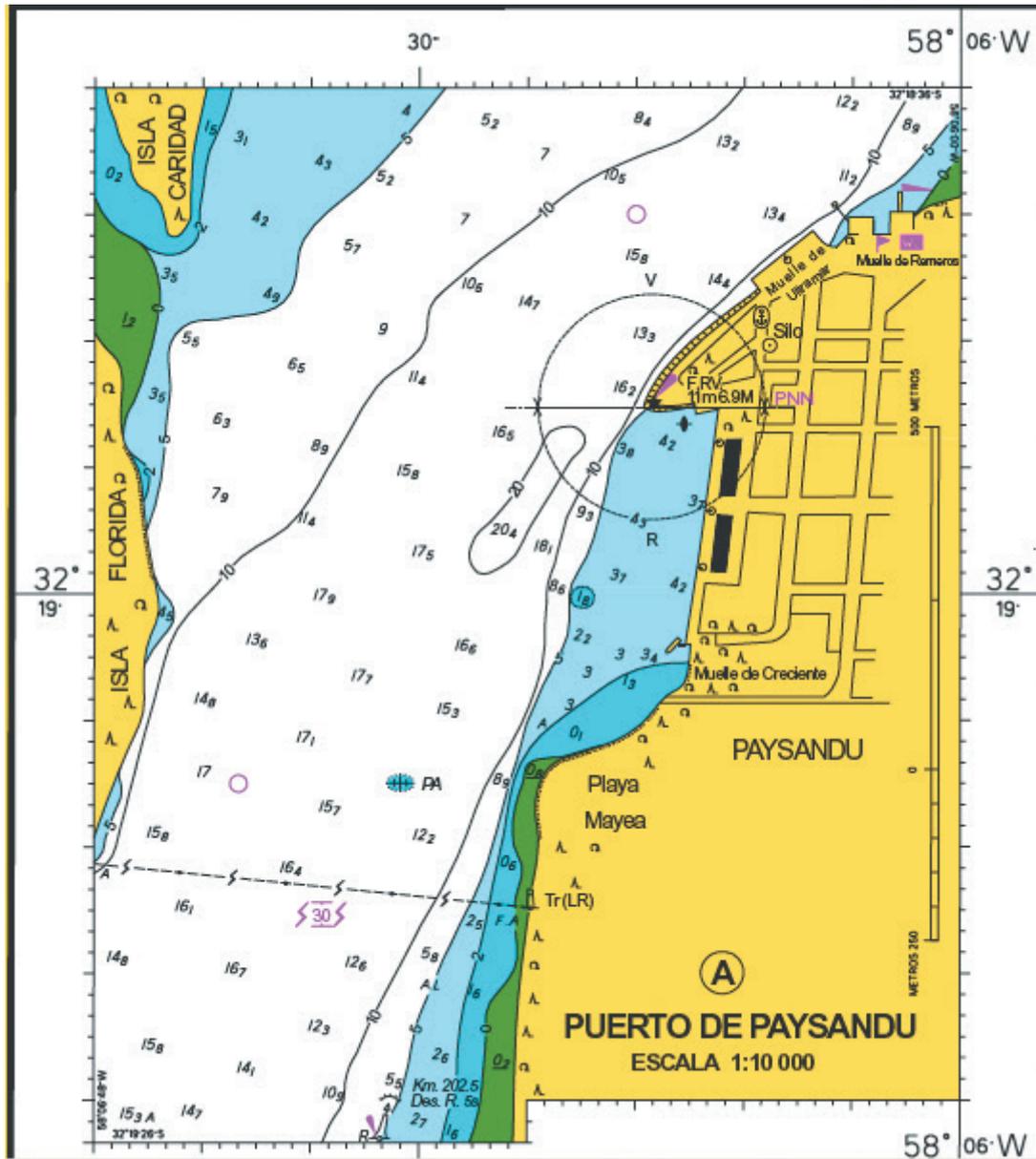


Figura 1. Extracto de la carta digital marcando la ubicación del puerto de Paysandú (elaborada por la División Cartografía Náutica del SOHMA).



Figura 2. Ubicación de las escalas en el puerto de Paysandú donde actualmente se toman los datos de niveles del Río Uruguay.

CAPÍTULO I

Niveles Medios Diarios, Mensuales y Anuales 2018

El “Nivel Medio Diario” corresponde al cálculo de la suma del registro de las alturas de las aguas horarias (00:00, 01:00...23:00) dividido 24, esta información es representada para el año 2018 en la Tabla 1. En tanto el “Nivel Medio Mensual” corresponde al promedio aritmético de las alturas horarias a lo largo de todo un mes dividido la cantidad de horas correspondiente al mes de registro. Por último el “Nivel Medio Anual” es el promedio aritmético de las alturas horarias registradas durante todo el año. El “Nivel Medio Mensual” y el “Nivel Medio Anual” se representan para el año 2018 en la Figura 3 y Tabla 2. Por otro lado en la Tabla 1 se representan la cantidad de veces y horas por mes que el 0 de la Estación Mareográfica quedó al descubierto (últimas 2 filas), llámese descubierto cuando las alturas de las aguas se encontraban por debajo del 0 de la escala (en este caso nunca). Los datos están referidos al cero de la escala ubicada en el Puerto de Paysandú

Tabla 1. Valores promedios diarios expresados en centímetros, número de veces y tiempo en que el cero quedó al descubierto del año 2018.

Dias/Meses	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1	162	225	107	129	177	249	81	164	283	271	207	349
2	118	245	95	141	175	270	96	160	288	324	195	349
3	82	256	113	142	175	242	151	165	249	337	181	352
4	75	226	101	177	219	222	194	171	265	326	199	324
5	71	208	102	203	251	232	211	125	261	303	197	306
6	104	232	154	207	242	218	199	98	254	288	256	300
7	94	241	139	246	226	191	194	98	236	263	325	289
8	60	219	94	190	199	190	184	93	238	282	355	257
9	58	198	75	136	237	189	154	165	253	320	360	205
10	70	174	78	160	288	113	134	232	273	341	373	217
11	92	196	92	146	381	132	134	191	303	346	360	234
12	110	188	133	176	433	178	118	138	313	353	340	254
13	107	140	105	171	412	186	99	98	296	336	320	243
14	155	98	92	145	352	169	92	83	282	316	286	243
15	206	67	126	89	272	173	109	78	274	309	267	230
16	146	60	142	52	249	160	124	109	229	295	271	199
17	96	60	114	37	246	127	150	74	203	287	286	204
18	72	70	78	58	245	78	154	42	206	289	254	205
19	67	60	92	97	227	84	138	117	209	310	232	318
20	88	95	98	94	164	77	125	158	198	321	263	336
21	88	125	145	81	133	81	129	141	196	315	274	334
22	112	145	149	105	135	87	132	184	194	306	290	322
23	141	108	115	123	153	120	169	147	208	316	322	307
24	179	114	150	154	174	135	216	106	215	336	340	286
25	213	106	181	138	186	135	206	155	202	341	333	289
26	176	87	195	145	169	116	201	133	182	329	317	316
27	145	86	170	120	119	106	218	61	223	305	311	330
28	143	92	156	137	98	88	201	28	264	270	330	332
29	142		165	171	72	89	167	49	243	226	348	309
30	160		177	160	78	83	129	81	250	213	350	305
31	191		160		170		137	232		223		297
Veces	0											
Tiempo	0 h											

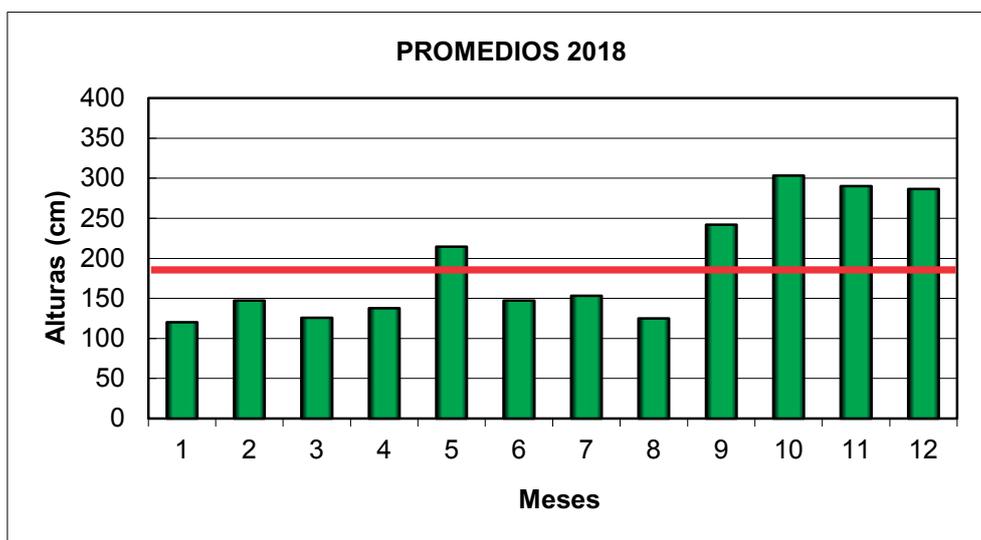


Figura 3. Niveles medios mensuales (en centímetros) para el año 2018. Las columnas indican el nivel medio mensual y la línea roja indica el nivel medio anual (190,8 cm).

Tabla 2. Valores de los niveles medios mensuales y promedio anual 2018.

MESES	Nivel medio (en cm.)
Enero	120
Febrero	147
Marzo	126
Abril	138
Mayo	215
Junio	147
Julio	153
Agosto	125
Setiembre	242
Octubre	303
Noviembre	290
Diciembre	286
Nivel medio anual	191

Los meses de octubre y noviembre fueron los que presentaron mayores promedios, mientras que los meses de enero y marzo fueron los que presentaron los menores niveles en promedio para el año 2018.

Niveles Medios Mensuales y Anual Acumulados en 18 años

Los meses que presentaron los mayores promedios mensuales acumulados (en un período de 18 años) fueron octubre, julio y junio (superando todos los 250 cm), los meses con menores promedios se situaron en enero, febrero y marzo (correspondientes a verano y parte de otoño, no superando los 185 cm) (Fig. 4).

De los 18 años analizados se observó que el año 2015 presentó los niveles promedios más elevados (Fig. 5), seguido por los años 2017 y 2014. El promedio anual más bajo correspondió al año 2012 seguido por el año 1924.

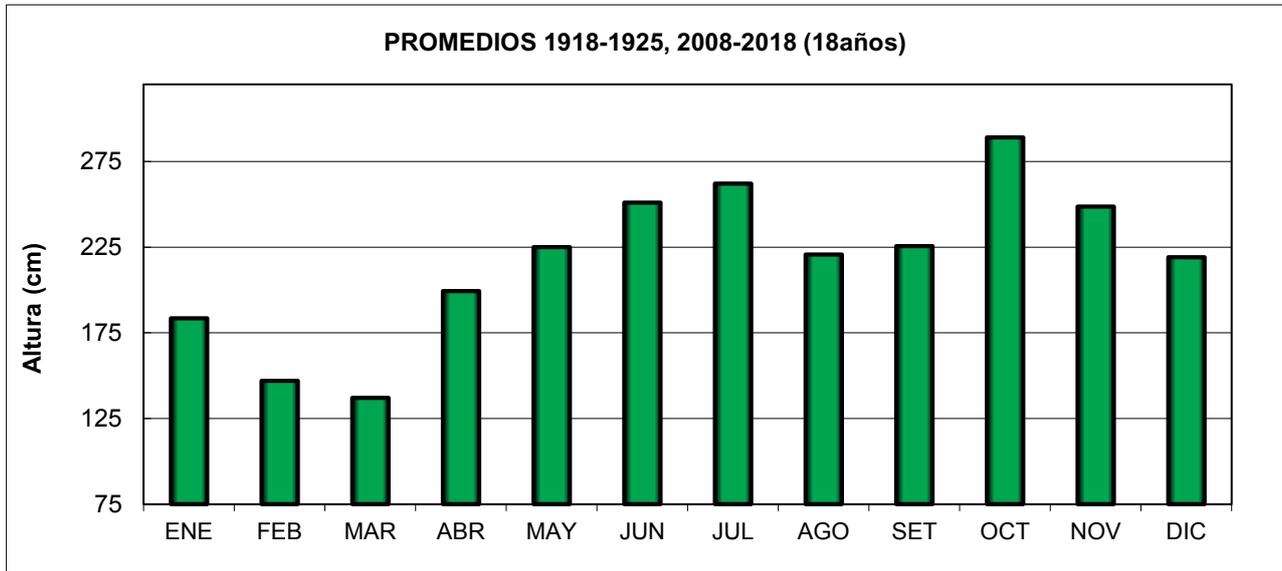


Figura 4. Niveles medios mensuales acumulados (en centímetros) para los años 1918 - 1925, 2008 - 2018.

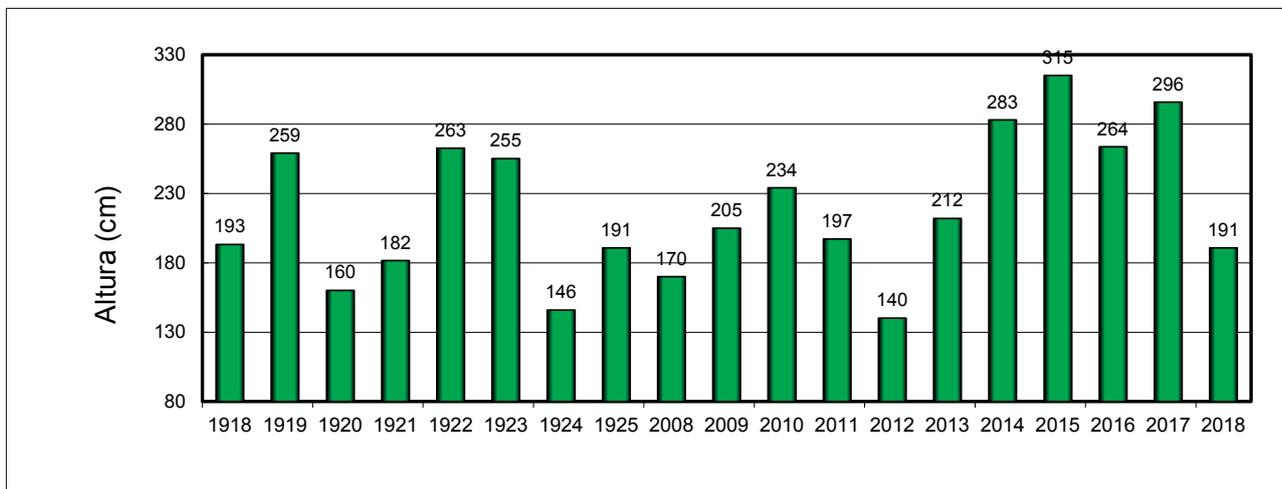


Figura 5. Niveles medios anuales para los años 1918 - 1925, 2008-2018.

Máximos y Mínimos Mensuales y Anuales en el 2018

De los valores horarios mensuales se identificaron los máximos y mínimos alcanzados por el nivel del Río Uruguay. Esto se realizó para cada mes del año 2018 y se identificaron los máximos y mínimos valores horarios anuales. En el mes de mayo se registró el valor máximo anual (436 cm). Los otros dos meses que presentaron máximos significativos fueron noviembre y diciembre. En contraposición el menor máximo registrado correspondió al mes de marzo (Fig.6).

La tabla 3 muestra los valores de los niveles máximos y mínimos para el año 2018 y la figura 7 muestra los niveles mínimos absolutos por mes para el año 2018

El valor mínimo absoluto registrado fue de 20 centímetros sobre la cota cero de la escala. El mismo ocurrió en el mes de agosto. En el mes de abril se registró el segundo valor mínimo mensual. Los meses que presentaron valores mínimos elevados en el año 2018 fueron octubre y diciembre respectivamente. Con respecto a los caudales evacuados por Salto Grande se observa que en enero, febrero y marzo, estos fueron los mínimos mensuales, seguidos de junio, julio y agosto.

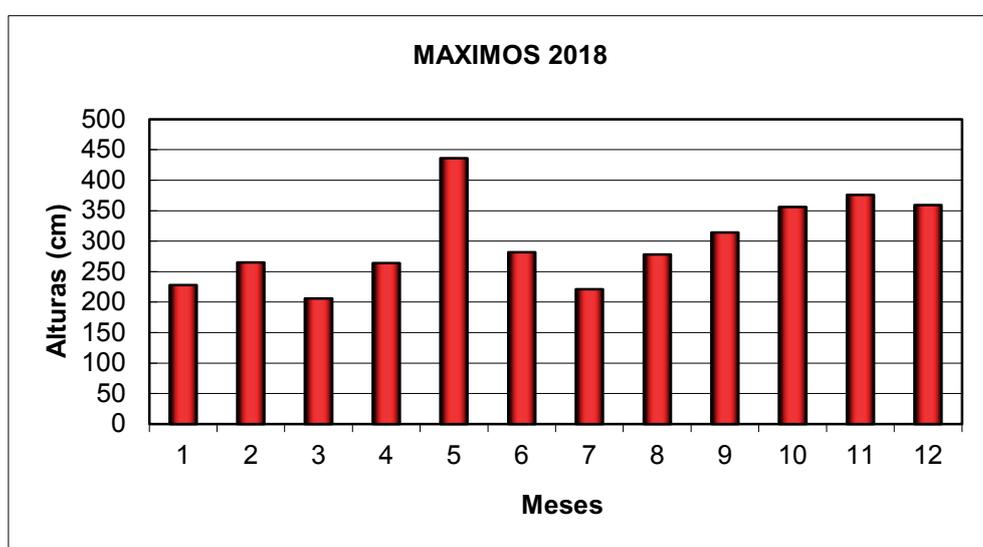


Figura 6. Máximos absolutos mensuales (en centímetros) registrados para Paysandú en el año 2018.

Tabla 3. Valores de los niveles máximos y mínimos mensuales expresados en centímetros. En negrita se resaltan el máximo y el mínimo del año 2018

MESES	Máximo	Mínimo
Enero	228	45
Febrero	265	46
Marzo	206	65
Abril	264	34
Mayo	436	60
Junio	282	62
Julio	221	74
Agosto	278	20
Setiembre	314	175
Octubre	356	204
Noviembre	376	162
Diciembre	359	187

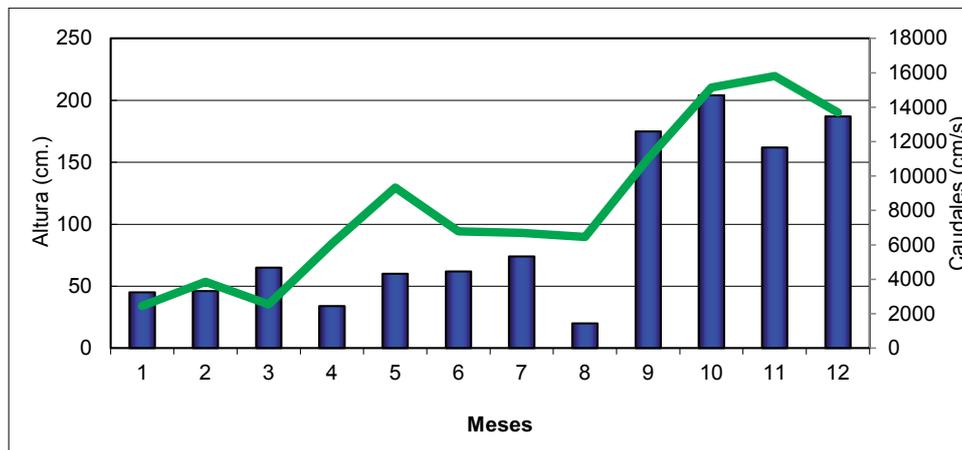


Figura 7. Mínimas alturas del agua (eje izquierdo, columnas azules) en el puerto del Paysandú, y caudales evacuados por Salto Grande (eje derecho, línea continua verde) registradas para cada mes del año 2018.

Máximos y Mínimos Mensuales y Anuales Acumulados en 18 años

La figura 8 muestra los máximos absolutos acumulados por mes para 18 años. El máximo absoluto registrado en el período de 18 años tomados para su estudio correspondió al mes de diciembre seguido por los meses de enero y julio. El mes de setiembre presentó el menor valor de máximo registrado en 18 años.

La figura muestra los niveles mínimos absolutos por mes, acumulados para los dieciocho años analizados (1918-1925, 2008-2018).

Los valores mínimos mensuales registrados en los 18 años analizados correspondieron a los meses de marzo, abril, y febrero. Cabe aclarar que en el período 2008 – 2018 las cotas pudieron situarse por debajo de esa cifra, porque en esos años, escala de la cual se tomó la información no poseía tramos negativos.

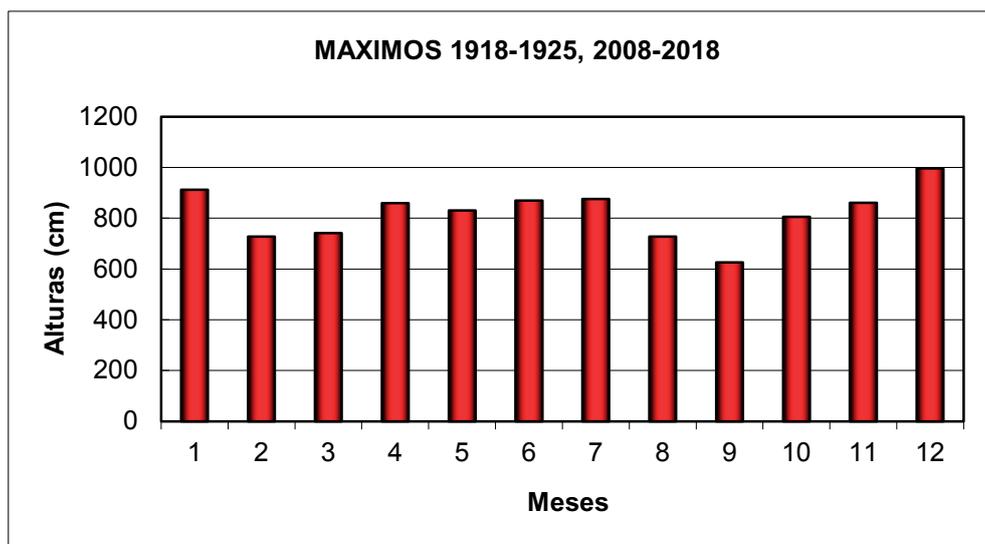


Figura 8. Máximos absolutos para cada mes tomando 18 años de datos en Paysandú.

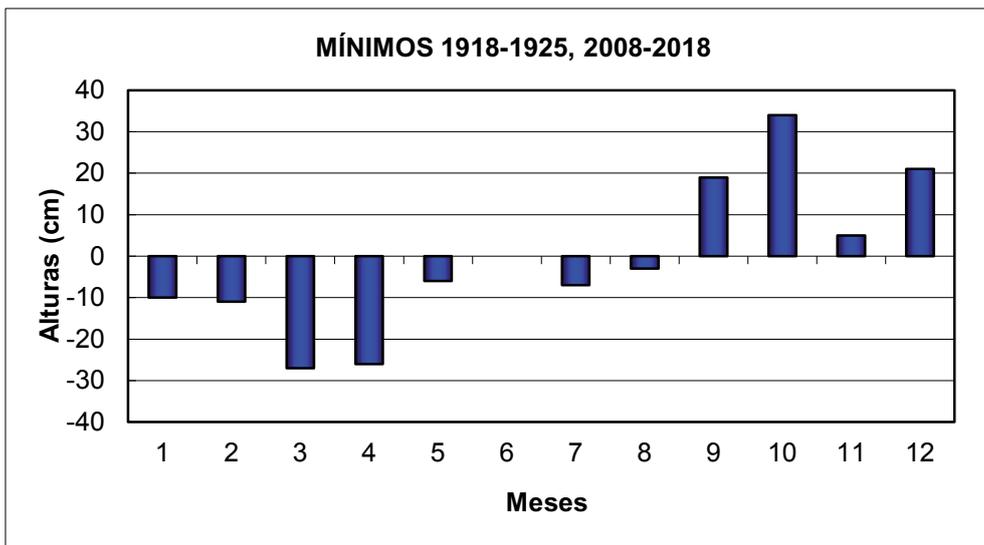


Figura 9. Mínimas alturas absolutas (en centímetros) registradas frente al Puerto de Paysandú discriminadas por meses del año totalizando 18 años analizados (1918 - 1925, 2008-2018).

CAPÍTULO II

Valores Mensuales de Permanencias de Cotas para el año 2018 y acumuladas (18 años)

El cálculo de los niveles de Permanencia se realizó considerando la cantidad de horas que las alturas de las aguas estuvieron por encima de diferentes cotas de la escala con respecto a un plano de referencia (en este caso el 0 de la escala), esas cotas fueron determinándose a intervalos de 20 cm entre la cota – 50 cm hasta la cota 410 cm.

Los valores obtenidos para cada intervalo, se sumaron agrupados por meses, determinándose el porcentaje que le corresponde de tiempo cubierto para el año 2018.

Posteriormente se realizó el cálculo de Permanencia acumulado para los años 1918-1925, 2008-2018, en función de la misma escala de cotas (intervalos de 20 cm entre la cota – 50 cm hasta 410 cm).

La Tabla 4 muestra la permanencia del nivel de las aguas por cada mes (año 2018), expresadas en horas, en tanto que en la última fila indica el porcentaje total para cada cota para todos los meses tomando como base 8720 horas. Mientras que la figura 10 representa la curva de permanencia que corresponde al período 2018 (cotas en función de porcentaje cubierto). La figura 11 muestra la curva de permanencia acumulada para los 18 años analizados en su conjunto en este estudio.

Tabla 4. Tiempo en horas. Porcentaje de cotas o planos que estuvieron cubiertos por las aguas, en intervalos de 20 centímetros hasta la cota de 410 centímetros para el año 2018.

MESES	COTAS											
	-50	-30	-10	10	30	50	70	90	110	130	150	170
ENERO	744	744	744	744	744	739	623	488	375	304	188	118
FEBRERO	672	672	672	672	672	663	566	484	404	337	301	272
MARZO	744	744	744	744	744	744	724	607	452	295	213	115
ABRIL	720	720	720	720	720	673	650	609	529	435	275	151
MAYO	744	744	744	744	744	744	723	697	664	629	578	504
JUNIO	720	720	720	720	720	720	704	554	502	369	297	247
JULIO	744	744	744	744	744	744	744	692	639	469	336	269
AGOSTO	744	744	744	744	727	667	624	537	427	330	260	128
SEPTIEMBRE	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
OCTUBRE	744	744	744	744	744	744	744	744	744	744	744	744
NOVIEMBRE	704	704	704	704	704	704	704	704	704	704	704	689
DICIEMBRE	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720
SUMAS	8720	8720	8720	8720	8703	8582	8246	7556	6880	6056	5336	4677
PORCENTAJES	100,00	100,00	100,00	100,00	99,81	98,42	94,56	86,65	78,90	69,45	61,19	53,64
MESES	190	210	230	250	270	290	310	330	350	370	390	410
ENERO	74	20										
FEBRERO	237	165	113	18								
MARZO	23											
ABRIL	101	37	26	7								
MAYO	394	351	307	161	121	114	107	89	79	69	58	42
JUNIO	162	136	75	35	18							
JULIO	202	81										
AGOSTO	78	50	27	9	4							
SEPTIEMBRE	675	517	417	294	186	76	20					
OCTUBRE	744	730	682	663	620	523	368	183	19			
NOVIEMBRE	672	604	564	542	471	369	311	227	90	23		
DICIEMBRE	708	653	595	519	478	418	269	139	23			
SUMAS	4070	3344	2806	2248	1898	1500	1075	638	211	92	58	42
PORCENTAJES	46,67	38,35	32,18	25,78	21,77	17,20	12,33	7,32	2,42	1,06	0,67	0,48

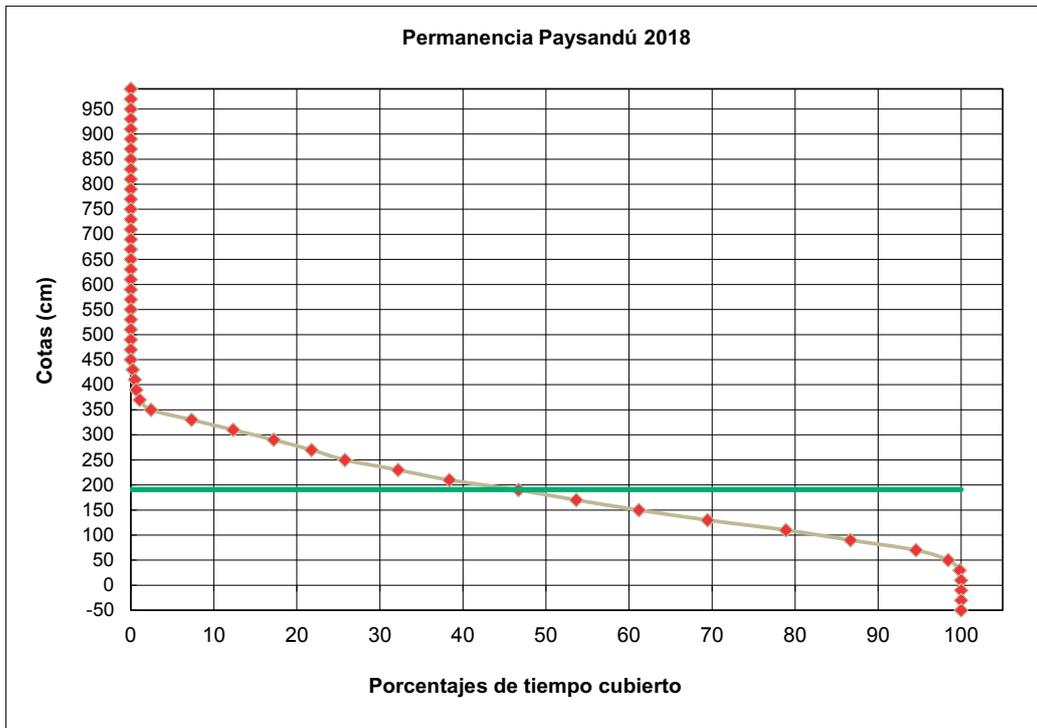


Figura 10. Curva de Permanencia para Paysandú. La línea verde indica el nivel medio (NM en centímetros) para el año 2018.

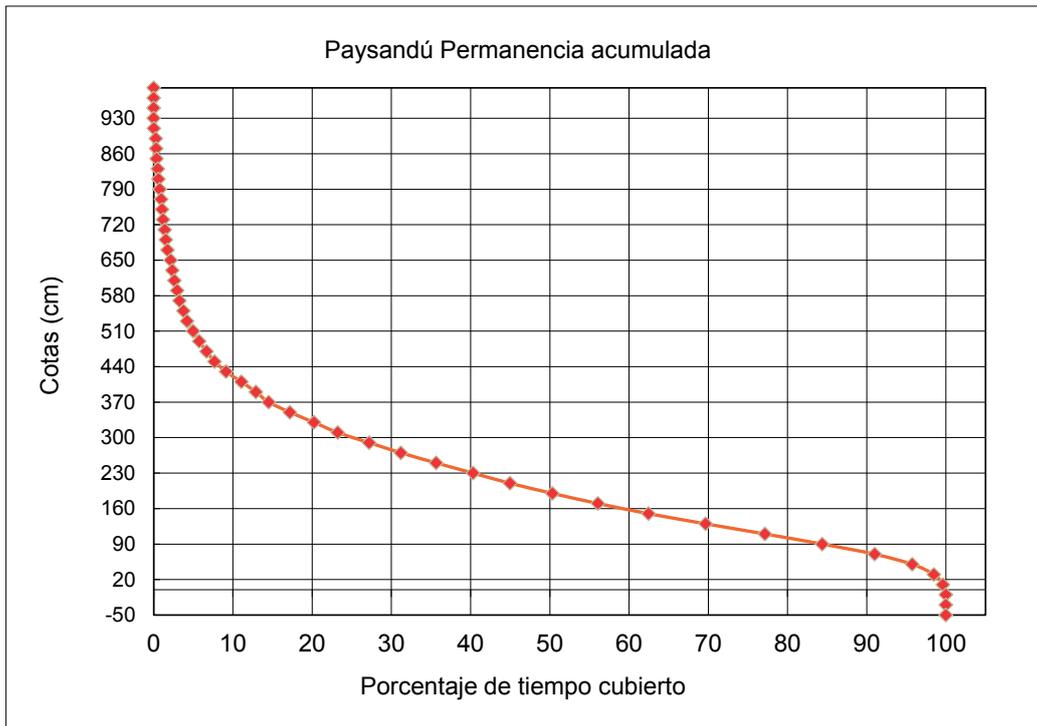


Figura 11. Curva de Permanencia acumulada para Paysandú considerando los años 1918 - 1925, 2008 - 2018.

CAPÍTULO III

Valores mensuales de Frecuencias para el año 2018 y acumuladas.

El cálculo de Frecuencias se realizó clasificando las alturas horarias, en intervalos de 20 centímetros. Se utilizaron directamente las alturas de la planilla Excel, con las cantidades de casos por intervalos, se construyeron las series que corresponden al año 2018 y acumuladas de 18 años. La Tabla 5 y la figuras 12 y 13 muestran estos datos.

Tabla 5. Frecuencia de alturas horarias para el Puerto de Paysandú 2018. Número de casos separados por mes.

Paysandú 2018														
Intervalo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	TOTAL	%
-50 - -31														0,00
-30 - -11														0,00
-10 - 9														0,00
10 - 29								17					17	0,19
30 - 49	5	9		47				60					121	1,39
50 - 69	116	97	20	23	21	16		43					336	3,85
70 - 89	135	82	117	41	26	150	52	87					690	7,91
90 - 109	113	80	155	80	33	52	53	110					676	7,75
110 - 129	71	67	157	94	35	133	170	97					824	9,45
130 - 149	116	36	82	160	51	72	133	70					720	8,26
150 - 169	70	29	98	124	74	50	67	132			15		659	7,56
170 - 189	44	35	92	50	110	85	67	50	45		17	12	607	6,96
190 - 209	54	72	23	64	43	26	121	28	158	14	68	55	726	8,33
210 - 229	20	52		11	44	61	81	23	100	48	40	58	538	6,17
230 - 249		95		19	146	40		18	123	19	22	76	558	6,40
250 - 269		18		7	40	17		5	108	43	71	41	350	4,01
270 - 289					7	18		4	110	97	102	60	398	4,56
290 - 309					7				56	155	58	149	425	4,87
310 - 329					18				20	185	84	130	437	5,01
330 - 349					10					164	137	116	427	4,90
350 - 369					10					19	67	23	119	1,36
370 - 389					11						23		34	0,39
390 - 409					16								16	0,18
410 - 429					22								22	0,25
430 - 449					20								20	0,23
450 - 469													0	0,00
470 - 489													0	0,00
490 - 509													0	0,00
510 - 529													0	0,00
530 - 549													0	0,00
550 - 569													0	0,00
570 - 589													0	0,00
590 - 609													0	0,00
610 - 629													0	0,00
630 - 649													0	0,00
650 - 669													0	0,00
670 - 689													0	0,00
690 - 709													0	0,00
710 - 729													0	0,00
730 - 749													0	0,00
750 - 769													0	0,00
770 - 789													0	0,00
790 - 809													0	0,00
810 - 829													0	0,00
830 - 849													0	0,00
850 - 869													0	0,00
870 - 889													0	0,00
890 - 909													0	0,00
910 - 929													0	0,00
930 - 949													0	0,00
950 - 969													0	0,00
970 - 989													0	0,00
990 - 1009													0	0,00
Sumatoria	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	704	720	8720	100,00

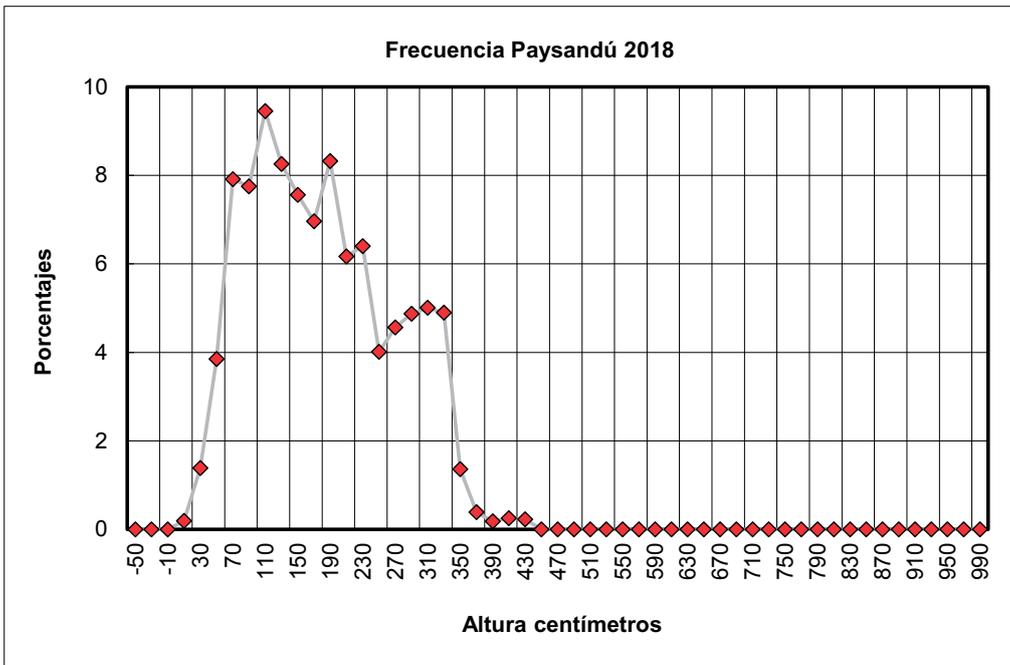


Figura 12. Curva de Frecuencias de Paysandú para el año 2018.

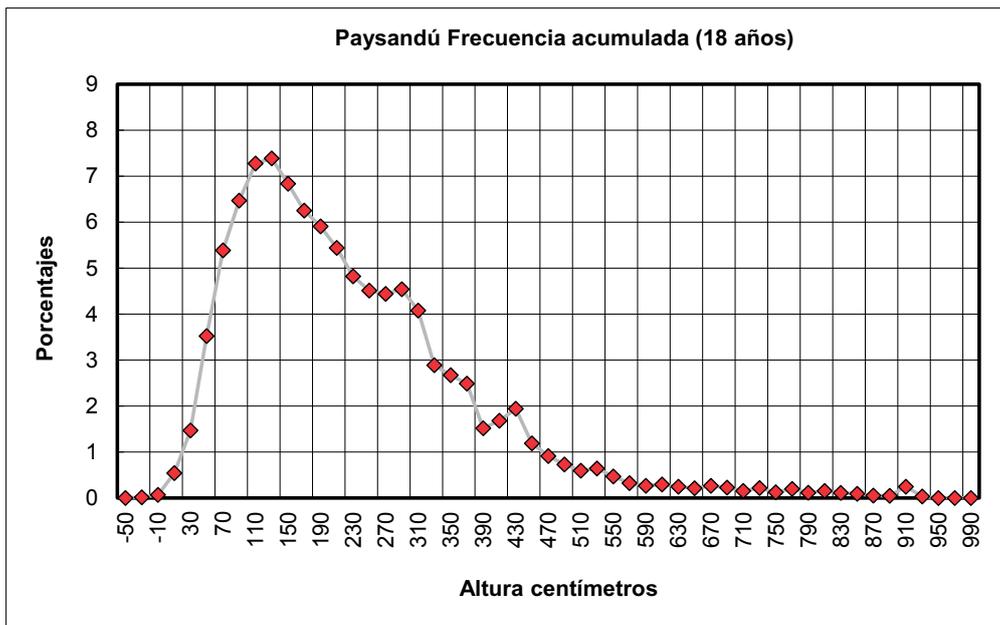


Figura 13. Curva de Frecuencias para los años 1918 - 1925, 2008 - 2018 acumuladas para el puerto de Paysandú

CAPÍTULO IV

Conclusiones

Los promedios mensuales del Río Uruguay frente al puerto de Paysandú para el año 2018 (Fig. 3) no superaron los 305 centímetros en todo el año. Pero (a excepción de mayo) mostraron un comportamiento concordante con el patrón de caudales de descarga del Río Uruguay. En agosto y diciembre el promedio observado no se encontró en concordancia con el promedio de caudales (56 años), siendo que en agosto el promedio es más bajo que la estadística de caudales, y en diciembre el promedio es más alto que la estadística de caudales. Sin embargo los promedios mensuales de los 18 años tomados para el estudio presentaron una concordancia con los caudales de descarga registrados durante 56 años. El mes de octubre ha sido el que presentó el promedio acumulado más elevado en los 18 años de estudio, coincidiendo con el mes que presenta el caudal promedio más elevado. Este resultado refuerza la relación entre caudales y niveles de descarga del Río Uruguay (Figs. 14A y 14B).

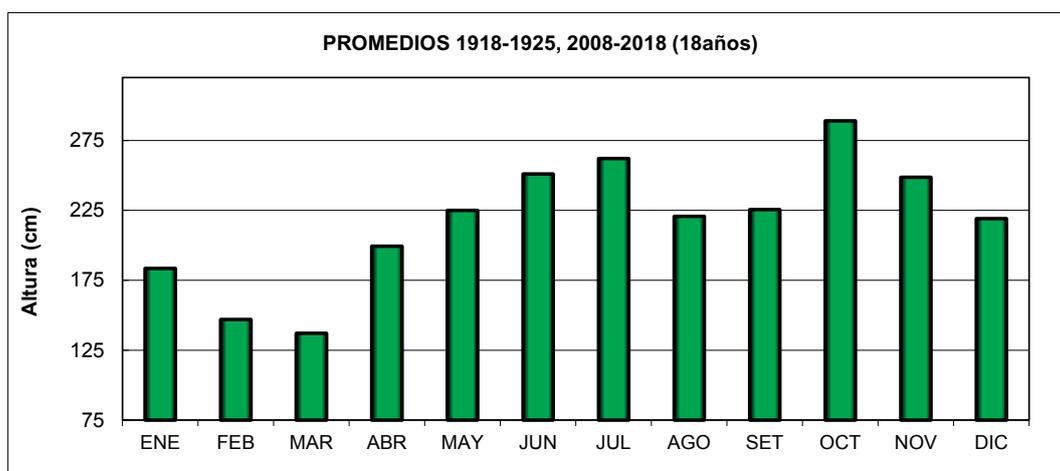


Figura 14. (A). Promedios mensuales (18 años) de los niveles del Río Uruguay tomados frente a Paysandú,

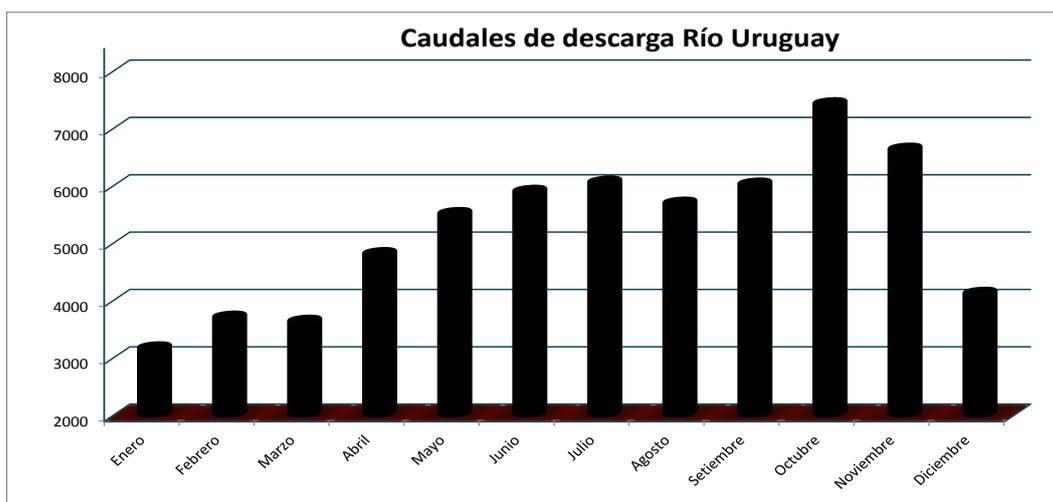


Figura 14 (B). Promedios mensuales (56 años) de los caudales de descarga del Río Uruguay aportados por la represa de Salto Grande.

En el mes de enero de 2018 se observó que el promedio de niveles fue bajo (120 centímetros) no coincidiendo con el promedio acumulado de 18 años para ese mes (183 centímetros) pero si coincidiendo con el estadístico de los caudales. Lo cual pone de manifiesto que en enero de 2018 el Río Uruguay se comportó de acuerdo a lo esperado estadísticamente. En los meses de junio, junio y agosto los promedios de niveles para el año 2018 fueron más bajos que los acumulados en los 18 años de datos, y no coincidiendo con los caudales de descarga pronosticados y con lo esperado para la época del año (primavera).

Otros investigadores (Barros et al., 2005; Bidegain et.al., 2005) han reportado que los meses de primavera (setiembre a noviembre) son los que el Río Uruguay presenta niveles más elevados debido al alto caudal de descarga que proviene de las lluvias en su cuenca (Fig.14A). Con excepción de los meses de junio, julio y agosto, los promedios del año 2018 fueron típicos estadísticamente.

Los meses de enero y agosto del año 2018 presentaron el promedio de niveles más bajo de todos los meses del año. Este resultado coincide en parte (solo enero) con los caudales encontrados.

Analizando los valores máximos absolutos del año 2018, se observó que el mes de mayo fue el que registró el valor máximo anual (con 436 cm. sobre el cero de la escala). El mes que también registró un máximo no tan pronunciado fue noviembre (con 376 cm). Estos máximos registrados no se acercaron a los máximos históricos (registrados durante 18 años de estudio) (830 y 860 centímetros para mayo y noviembre). En relación a los caudales de descarga del Río Uruguay, la estadística mostró que en estos dos meses (mayo y noviembre) los promedios de caudales se sitúan por encima del promedio tomado de 56 años de datos. Este resultado es importante ya que identifica de alguna manera los meses en que el Río Uruguay presenta niveles muy por encima de la cota de seguridad (550 cm para evacuación), pero estos resultados no sorprenden tanto si se observa el índice ONI (Oceanic Niño Index) para los meses de marzo-abril-mayo del 2018, el cual fue de -0.4 (fase neutra), (para que sea declarado un evento del NIÑO, el índice debe de ser 0.5 o mayor y la NIÑA debe ser de -05 o menor)

https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php

Los eventos ENSO (El Niño Oscilación Sur) para nuestra región marcan precipitaciones abundantes (y también para la cuenca del Río Uruguay) causando aumento del caudal de descarga del Río Uruguay, y por lo tanto generando inundaciones.

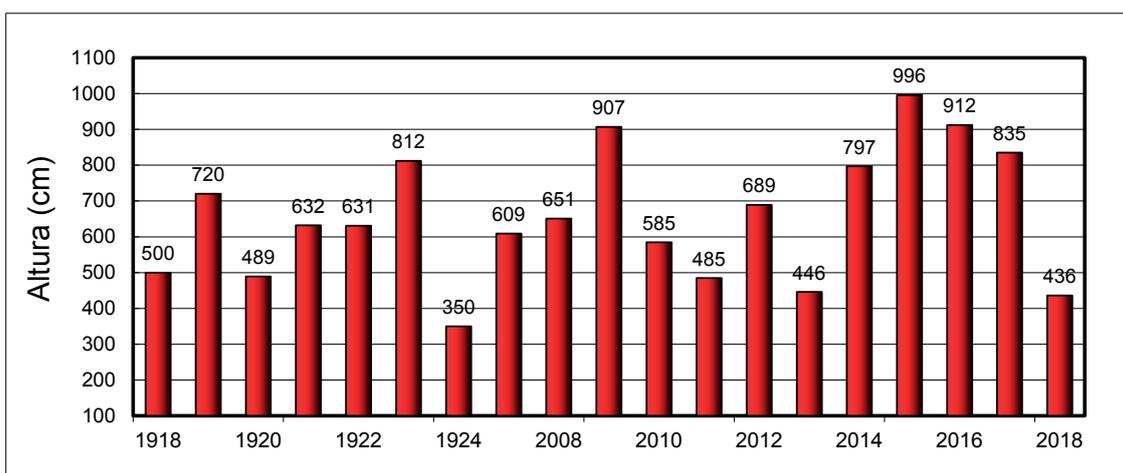


Figura 15. Valores máximos anuales tomados de los 18 años analizados.

Cuando se analizan los niveles máximos absolutos de los 18 años analizados se observa que (Fig. 15) a partir del año 2014 y hasta el año 2017 inclusive presentaron valores superando todos la cota de los 790 centímetros (muy por encima de la cota de seguridad). Es de destacar que de los 18 años analizados solamente un 33.3% superó la cota de los 790 cm y dentro de ese porcentaje, los últimos 4 años (2014-2017) ocuparon el 67% del total. Estos resultados son coincidentes con lo reportado por otros autores (Barros, 2005; SINAIE, 2014) los cuales afirman que en los últimos años se han encontrado evidencias que confirman un significativo aumento de la precipitación media en la cuenca del Río Uruguay.

Con respecto a los mínimos anuales para el año 2018, el mes en el que se registró el mínimo valor absoluto fue agosto (con 20 centímetros). Este año no presentó valores de 0 centímetro, por lo tanto, la falta de escala por debajo de esa cifra no afectó los registros. La estadística de caudales muestra que el mes de agosto se encuentra por encima del promedio para el Río Uruguay, por lo que los datos del año 2018, por lo tanto este mínimo registrado no coincide con lo esperado para esa época del año. Por el contrario los meses del año 2018 que presentaron los mínimos más elevados fueron setiembre, octubre, noviembre y diciembre, estos meses fueron justamente los que presentaron mayores promedios de caudales evacuados por Salto Grande, coincidiendo con el estadístico de caudales, mostrando una correlación positiva entre caudales de descarga de Salto Grande con niveles del Río registrados en el Puerto de Paysandú (Fig. 8).

Para el período de 18 años de niveles acumulados, los meses que presentaron los valores más bajos de mínimos fueron: enero, febrero, marzo y abril. Estos resultados coinciden con la distribución mensual promedio de los caudales del Río Uruguay (Fig. 16) y con los trabajos consultados en la bibliografía.

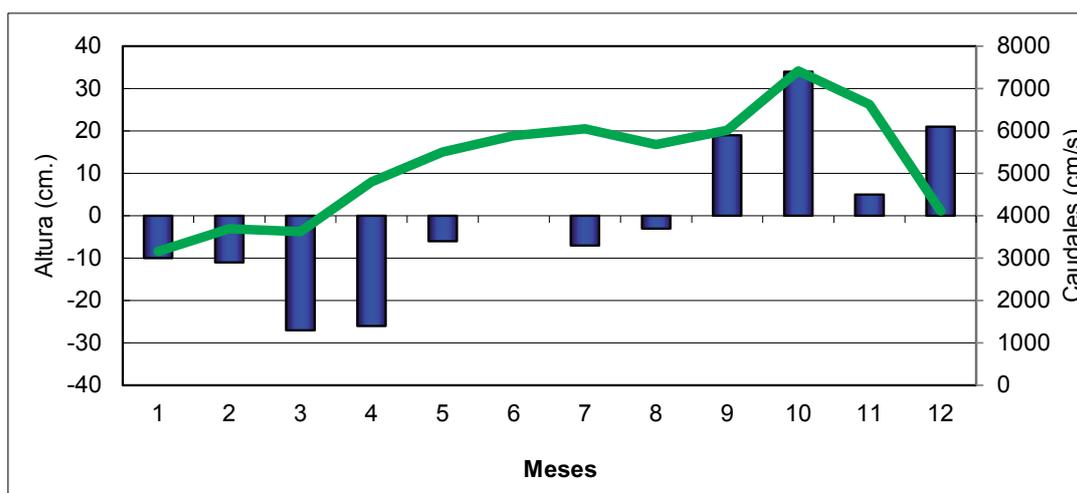


Figura 16. Valores absolutos mínimos mensuales de niveles (columnas azules) para el año 2018 tomados en un período de 18 años; y valores promedio mensuales de caudales (línea continua verde) tomados en un período de 56 años.

Observando la permanencia de las aguas, estas cubrieron (año 2018) las cotas de -50, -30, -10, y +10 centímetros el 100% de las veces, la cota de +30 centímetros estuvo cubierta un 99% de las veces, y la cota de +50 cm. un 98%. En el otro extremo, el gráfico de permanencias mostró que la cota de +430 centímetros fue cubierta un 0,23% del tiempo en el año. Este último dato es importante en el momento de planificar los tiempos de evacuación. Analizando los 18 años acumulados, se observó que la cota de los -50 y -30 centímetros estuvieron cubiertas un 100% de las veces (140375 horas), mientras que la cota de +10 centímetros estuvo cubierta un 99,63% de las veces y la de los +30 centímetros un 98,47 % de las veces, comparando estos resultados con lo ocurrido en el año 2018 (cota +10 centímetros cubierta el 100% de las veces), refuerza los resultados observados con respecto a los promedios anuales observados para el año 2018. Se observó además que el 50,34% de las veces el nivel del Río Uruguay frente a Paysandú se encontró cubriendo la cota de 190 centímetros sobre el cero de la escala local. Esto es una cifra un poco mas alta que la registrada para el año 2018 (50% cota cubierta de 180 centímetros) indicando que este último año los niveles han estado por debajo del promedio. Es por este tipo de situaciones que se torna importante tomar una serie de años para establecer los niveles medios.

El gráfico de frecuencias del año 2018 presentó una distribución con dos picos (110 y 310 centímetros), casi un 8% del tiempo (mayores frecuencias registradas) el río se situó en la cota de 110 centímetros en el segundo pico el río se situó en 190 centímetros. Estando la mayor parte del tiempo entre 50 y 330 centímetros. Observando las frecuencias acumuladas en los 18 años analizados la distribución se presenta con un solo pico y es asimétrica con sesgo positivo, por lo que la moda es menor que la mediana y esta a su vez menor que la media. La cota más frecuente se situó en 130 centímetros con un 7,38 % de las veces (en horas). Esto significa que la mayor parte del tiempo (en horas) el nivel del río se ubicó en la cota 130 centímetros, pero también estuvo mucho tiempo en las cotas superiores, ya que las frecuencias disminuyen lentamente a partir de la moda. Por el contrario los porcentajes de las cotas inferiores a esa moda, disminuyeron rápidamente, indicando que el Río si bien pudo experimentar bajantes extremas, estas no duraron mucho tiempo. Es de destacar que en la cota de los 540 centímetros (considerada de seguridad para evacuación) el agua estuvo un 0,46% de las veces (653 horas).

Si bien año a año los valores de las frecuencias, permanencias y cotas alcanzadas por el Río Uruguay frente al Puerto de Paysandú, van cambiando presentando a veces niveles extremos (como se observó en los últimos años 2009, 2015, 2016 y 2017), existen investigadores que apoyan la idea de coleccionar más datos pues a medida que se van sumando años a la estadística, los resultados van adquiriendo mayor porcentaje de seguridad y menor porcentaje de error, lo cual es muy importante para observar tendencias. También es importante y nunca habría de dejar de observar el análisis de los eventos extremos ya que, eventualmente, son estos los que mayor daño (materiales, humanos y económicos) provocan a la población. Estos eventos extremos (inundaciones) son consecuencia de precipitaciones abundantes en la cuenca alta del Río Uruguay (Brasil). Dado que existen varias represas ubicadas en alto Uruguay antes de Salto Grande, el control del caudal vertido por Salto Grande en épocas de lluvias, se torna mas difícil.

Conociendo la estacionalidad de la época de lluvias en la cuenca alta del Río Uruguay se puede tener un estimado del caudal de descarga que llega a la represa y de ese modo mitigar el daño producido por la rápida crecida de los niveles del río en las ciudades costeras aguas debajo de la represa. La ocurrencia de eventos ENSO (el Niño – La Niña) es otra variable a tener en cuenta ya que nivel regional se puede tener información de su formación y de este modo prevenir eventos extremos de inundaciones.

Agradecimientos

Al personal de la Prefectura de Paysandú que participó y que actualmente participa de la recopilación y envío de la información que sin ella sería imposible realizar este tipo de estudios.