

**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 Nº 4A

11^{va} EDICIÓN 2020

ESTADÍSTICAS DE NIVELES EN PUERTOS DEL URUGUAY

PUERTO PAYSANDÚ

REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY

ARMADA NACIONAL



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

11a EDICIÓN 2020

© 2020, SOHMA URUGUAY
Todos los derechos reservados
ISBN 978-9974-8640-3-0

Publicación
N° 4A

PRÓLOGO

Con la publicación de la undécima 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.

La publicación presenta valores máximos, mínimos y de niveles medios, mensuales y anual, amplitudes y permanencias para el Puerto de Paysandú del año 2019 y se realizan comparaciones con datos históricos (años 1918 a 1926 y 2008 a 2019) 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 2019	5
Niveles Medios Mensuales y Anual Acumulados en 20 años	7
Máximos y Mínimos Mensuales y Anuales en el 2019	8
Máximos y Mínimos Mensuales y Anuales Acumulados en 20 años	9
CAPÍTULO II	
Valores Mensuales de Permanencias de Cotas para el año 2019 y acumuladas (20 años)	11
CAPÍTULO III	
Valores mensuales de Frecuencias para el año 2019 y acumuladas (20 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 – 1926 y 2008 - 2019), 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 República (ex Wharton). A esos efectos fueron considerados los datos horarios de cada mes a lo largo de todo el año 2019, en donde para enero fueron considerados por ejemplo 744 datos, para febrero 672 y así sucesivamente, completando 8760 datos anuales.

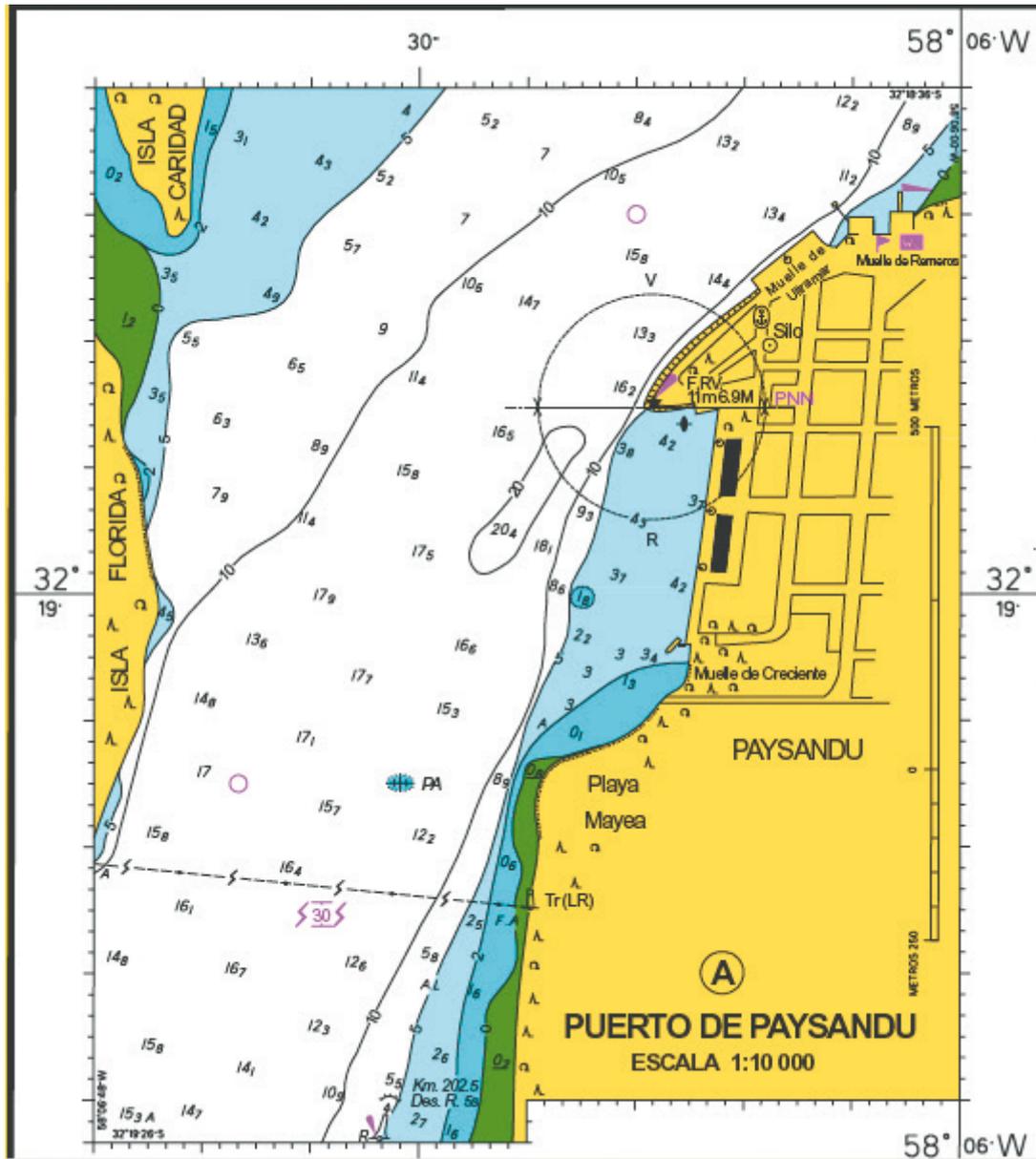


Figura 1. Extracto de la carta digital marcando la ubicación del puerto de Paysandú (elaborada por la División Cartografía Náutica del SOHMA).



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 2019

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 2019 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 2019 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 2019.

Dias/Meses	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1	268	559	129	184	253	381	169	264	115	99	380	195
2	253	574	90	188	209	380	143	277	122	218	435	203
3	272	576	121	197	205	377	116	288	144	225	483	200
4	295	507	102	226	248	375	134	286	157	218	485	178
5	291	423	93	180	242	376	157	263	178	211	484	178
6	283	362	134	197	245	378	165	246	254	169	477	188
7	326	317	169	148	274	398	173	249	164	117	466	187
8	342	282	207	129	286	399	141	283	147	96	459	176
9	372	258	249	162	291	400	124	311	143	111	451	146
10	442	236	226	141	307	405	114	326	216	113	441	178
11	533	229	187	139	341	359	123	286	229	155	432	175
12	587	254	180	168	395	322	124	233	219	202	428	184
13	602	218	222	143	442	304	144	255	194	205	419	190
14	632	152	253	115	454	271	132	268	178	202	397	205
15	670	117	252	113	463	278	112	255	131	256	372	157
16	741	99	246	159	451	320	143	220	111	274	355	140
17	766	92	254	126	445	339	155	185	103	267	330	158
18	762	82	250	113	452	335	113	159	78	234	308	159
19	833	131	263	116	462	293	102	182	85	194	286	184
20	844	186	301	110	477	250	105	213	85	160	279	174
21	844	203	290	139	491	256	67	202	84	138	272	179
22	838	205	271	125	491	226	96	171	74	140	278	171
23	839	207	243	127	466	193	149	142	96	139	252	132
24	841	201	203	119	424	172	169	126	68	142	187	86
25	819	199	199	174	394	179	182	84	63	142	128	75
26	792	192	250	202	364	161	225	46	72	132	156	129
27	762	157	249	207	350	163	253	62	93	102	202	115
28	724	123	228	193	350	145	257	65	81	121	227	128
29	675		205	175	352	159	255	41	57	157	221	131
30	621		198	194	366	193	265	74	48	214	205	116
31	573		195		377		271	109		334		104
Veces	0											
Tiempo	0 h											

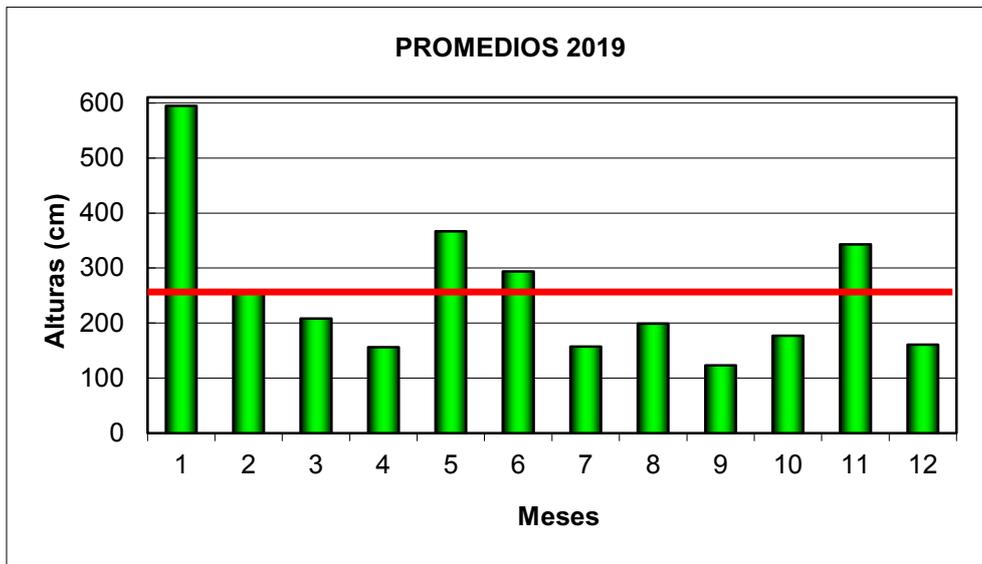


Figura 3. Niveles medios mensuales (en centímetros) para el año 2019. Las columnas indican el nivel medio mensual y la línea roja indica el nivel medio anual (253,6 cm).

Tabla 2. Valores de los niveles medios mensuales y promedio anual 2019.

MESES	Nivel medio (en cm.)
Enero	595
Febrero	255
Marzo	208
Abril	156
Mayo	367
Junio	294
Julio	157
Agosto	199
Setiembre	124
Octubre	177
Noviembre	343
Diciembre	161
Nivel medio anual	253,6

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 2019.

Niveles Medios Mensuales y Anual Acumulados en 20 años

Los meses que presentaron los mayores promedios mensuales acumulados (en un período de 20 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 190 cm) (Fig. 4).

De los 20 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.

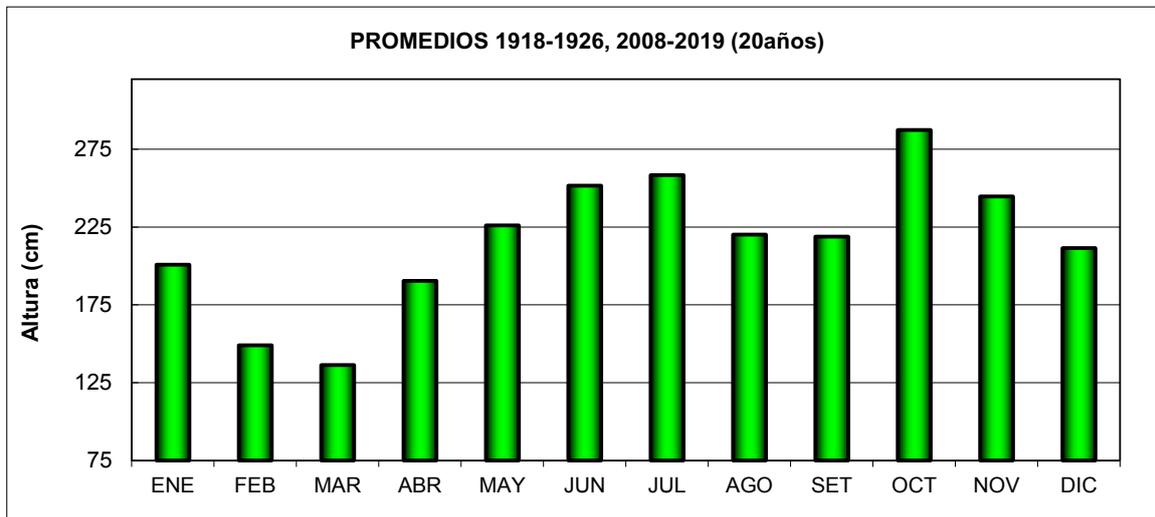


Figura 4. Niveles medios mensuales acumulados (en centímetros) para los años 1918 - 1925, 2008 - 2019.

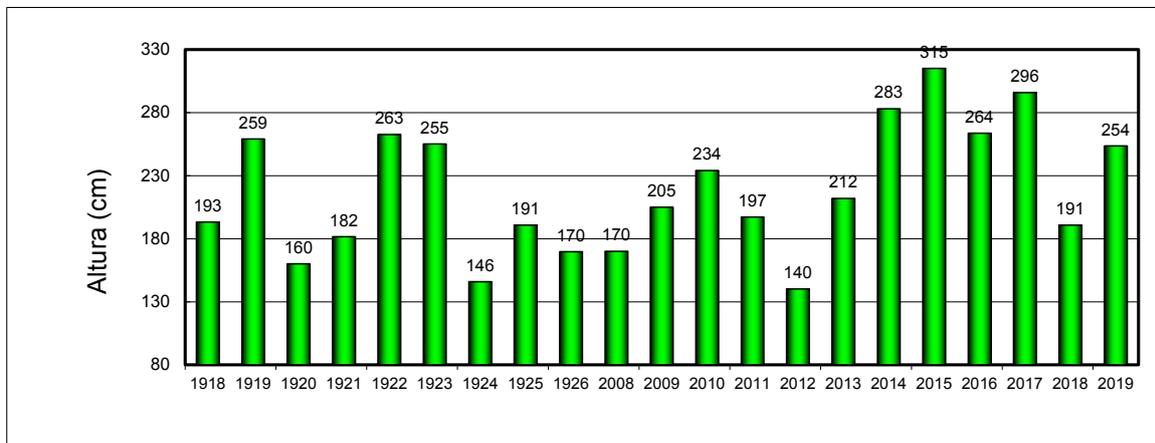


Figura 5. Niveles medios anuales para los años 1918 - 1925, 2008 - 2019.

Máximos y Mínimos Mensuales y Anuales en el 2019

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 2019 y se identificaron los máximos y mínimos valores horarios anuales. En el mes de mayo se registró el valor máximo anual (846 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 2019 y la figura 7 muestra los niveles mínimos absolutos por mes para el año 2019

El valor mínimo absoluto registrado fue de 27 centímetros sobre la cota cero de la escala. El mismo ocurrió en el mes de agosto. En el mes de setiembre se registró el segundo valor mínimo mensual. Los meses que presentaron valores mínimos elevados en el año 2019 fueron mayo y junio.

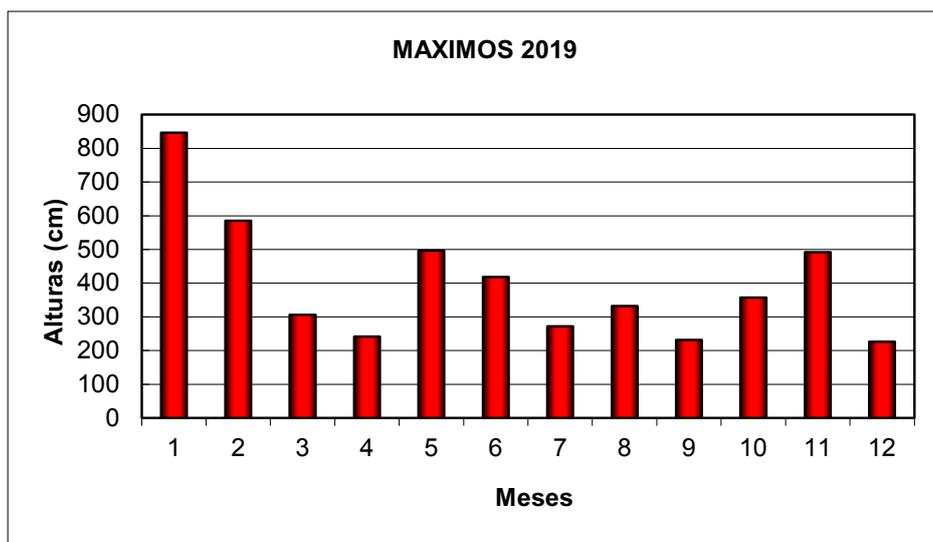


Figura 6. Máximos absolutos mensuales (en centímetros) registrados para Paysandú en el año 2019.

Tabla 3. Valores de los niveles máximos y mínimos mensuales expresados en centímetros. En negrita se resaltan el máximo y el mínimo del año 2019

MESES	Máximo	Mínimo
Enero	846	78
Febrero	585	75
Marzo	306	82
Abril	242	87
Mayo	496	196
Junio	418	134
Julio	272	54
Agosto	332	27
Setiembre	232	42
Octubre	357	59
Noviembre	492	117
Diciembre	226	54

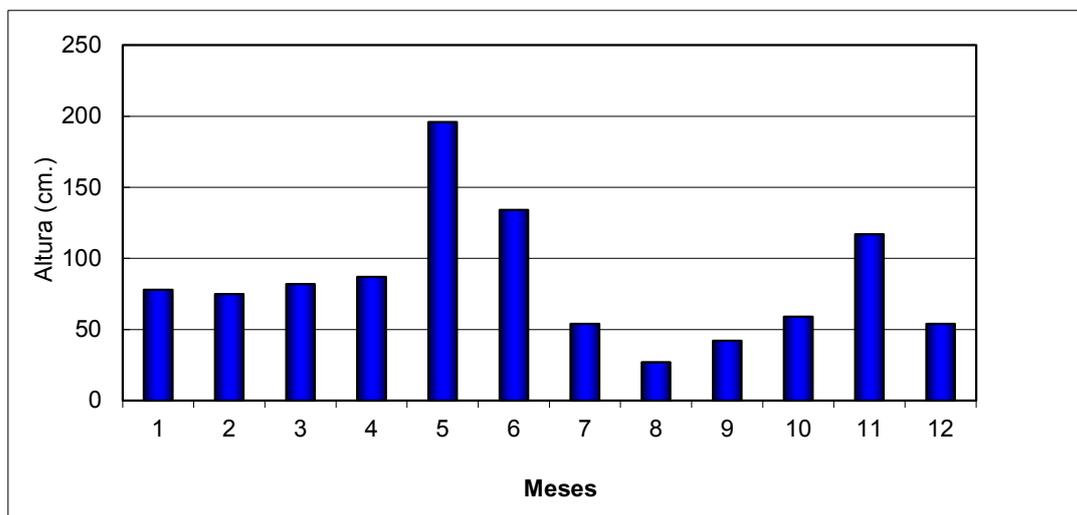


Figura 7. Mínimas alturas del agua (eje izquierdo, columnas azules) en el puerto del Paysandú, registrados para cada mes del año 2019.

Máximos y Mínimos Mensuales y Anuales Acumulados en 20 años

La figura 8 muestra los máximos absolutos acumulados por mes para 20 años. El máximo absoluto registrado en el período de 20 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 20 años.

La figura muestra los niveles mínimos absolutos por mes, acumulados para los veinte años analizados (1918-1926, 2008-2019).

Los valores mínimos mensuales registrados en los 20 años analizados correspondieron a los meses de marzo, abril, y febrero. Cabe aclarar que en el período 2008 – 2019 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.

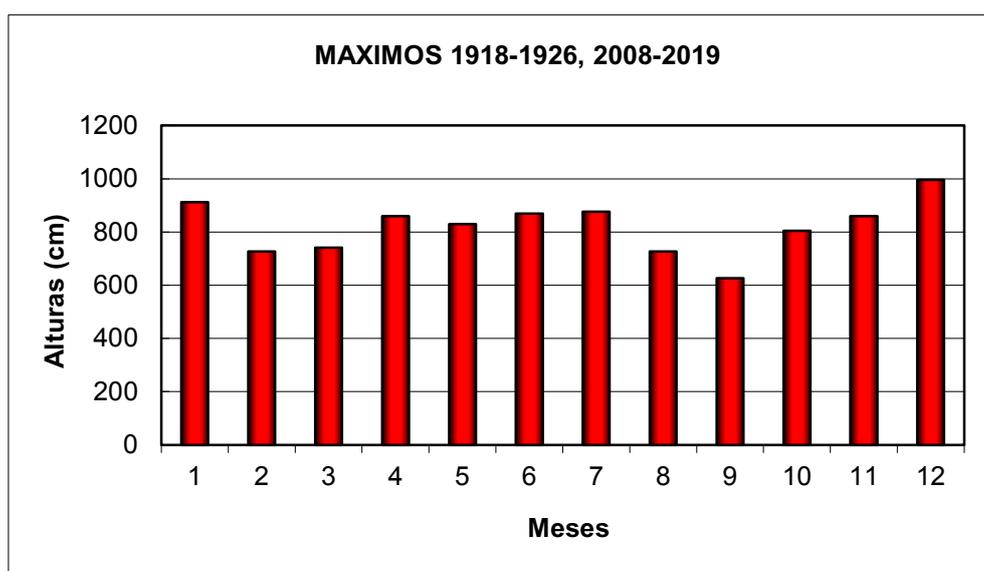


Figura 8. Máximos absolutos para cada mes tomando 20 años de datos en Paysandú.

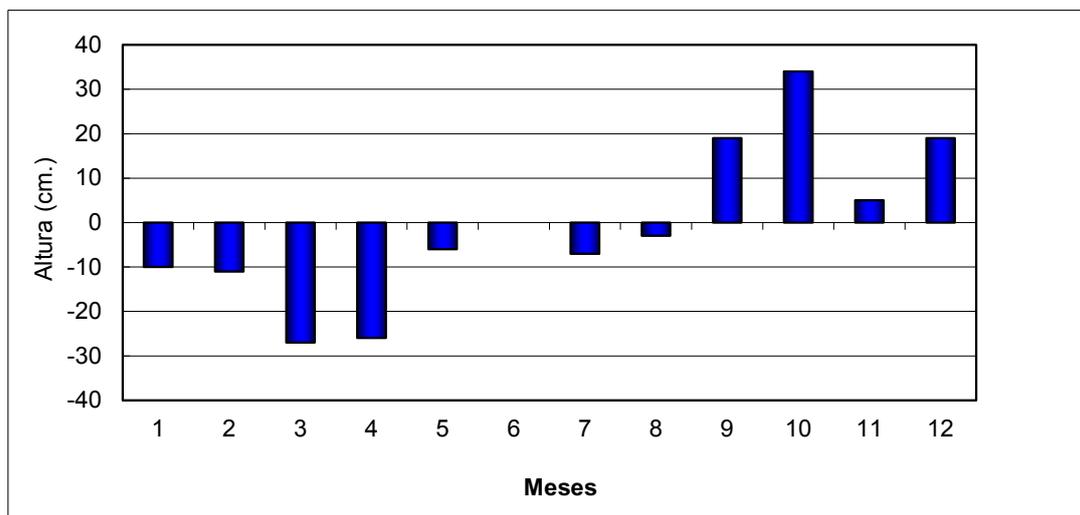


Figura 9. Mínimas alturas absolutas (en centímetros) registradas frente al Puerto de Paysandú discriminadas por meses del año totalizando 20 años (1918 - 1926, 2008-2019).

CAPÍTULO II

Valores Mensuales de Permanencias de Cotas para el año 2019 y acumuladas (20 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 650 cm.

Los valores obtenidos para cada intervalo, se sumaron agrupados por meses, determinándose el porcentaje que le corresponde de tiempo cubierto para el año 2019.

Posteriormente se realizó el cálculo de Permanencia acumulado para los años 1918-1926, 2008-2019, en función de la misma escala de cotas (intervalos de 20 cm entre la cota – 50 cm hasta 910 cm).

La Tabla 4 muestra la permanencia del nivel de las aguas por cada mes (año 2019), expresadas en horas, en tanto que en la última fila indica el porcentaje total (del año) para cada cota. Mientras que la figura 10 representa la curva de permanencia que corresponde al período 2019 (cotas en función de porcentaje cubierto). La figura 11 muestra la curva de permanencia acumulada para los 20 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 650 centímetros para el año 2019.

MESES	C O T A S											
	-50	-30	-10	10	30	50	70	90	110	130	150	170
ENERO	744	744	744	744	744	744	744	744	744	744	744	744
FEBRERO	672	672	672	672	672	672	672	639	593	546	511	482
MARZO	744	744	744	744	744	744	744	727	665	636	602	562
ABRIL	704	704	704	704	704	704	704	701	660	467	365	272
MAYO	744	744	744	744	744	744	744	744	744	744	744	744
JUNIO	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	697	619
JULIO	744	744	744	744	744	744	726	712	647	449	325	200
AGOSTO	744	744	744	744	738	698	632	617	588	558	528	485
SEPTIEMBRE	720	720	720	720	720	691	586	454	391	289	234	160
OCTUBRE	744	744	744	744	744	744	738	722	661	580	417	355
NOVIEMBRE	720	720	720	720	720	720	720	720	720	703	690	670
DICIEMBRE	725	725	725	725	725	725	705	697	665	564	470	398
SUMAS	8725	8725	8725	8725	8719	8650	8435	8197	7798	7000	6327	5691
PORCENTAJES	100,00	100,00	100,00	100,00	99,93	99,14	96,68	93,95	89,38	80,23	72,52	65,23
	190	210	230	250	270	290	310	330	350	370	390	410
ENERO	744	744	744	735	703	634	595	589	551	541	529	522
FEBRERO	449	320	273	223	185	176	159	148	137	128	120	112
MARZO	512	418	345	191	67	34						
ABRIL	139	44	11									
MAYO	744	712	681	639	590	529	514	499	435	370	314	290
JUNIO	561	523	514	484	438	396	371	306	255	247	89	45
JULIO	149	141	129	114	10							
AGOSTO	445	398	358	284	157	71	35	2				
SEPTIEMBRE	86	60	2									
OCTUBRE	297	241	125	99	61	25	23	12	4			
NOVIEMBRE	650	609	551	540	522	435	419	396	378	340	307	291
DICIEMBRE	96	16										
SUMAS	4872	4226	3733	3309	2733	2300	2116	1952	1760	1626	1359	1260
PORCENTAJES	55,84	48,44	42,79	37,93	31,32	26,36	24,25	22,37	20,17	18,64	15,58	14,44
	430	450	470	490	510	530	550	570	590	610	630	650
ENERO	518	513	508	504	498	493	486	466	436	404	382	356
FEBRERO	105	98	93	88	83	78	73	34				
MARZO												
ABRIL												
MAYO	268	198	76	32								
JUNIO												
JULIO												
AGOSTO												
SEPTIEMBRE												
OCTUBRE												
NOVIEMBRE	241	177	92	17								
DICIEMBRE												
SUMAS	1132	986	769	641	581	571	559	500	436	404	382	356
PORCENTAJES	12,97	11,30	8,81	7,35	6,66	6,54	6,41	5,73	5,00	4,63	4,38	4,08

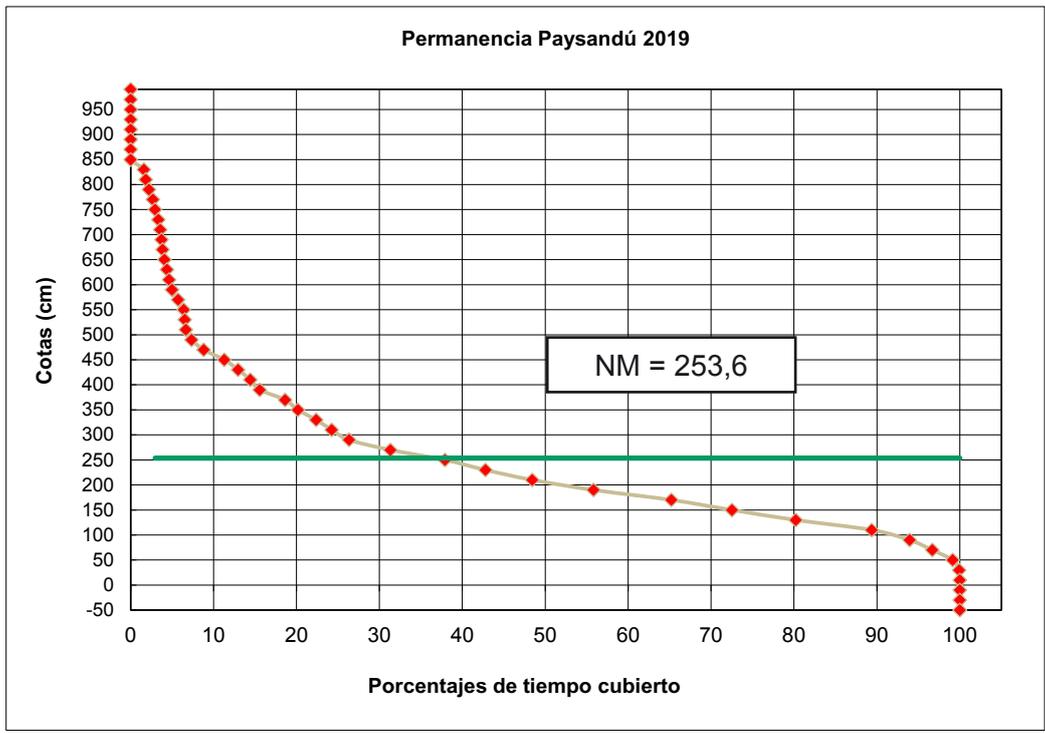


Figura 10. Curva de Permanencia para Paysandú. La línea verde indica el nivel medio (NM en centímetros) para el año 2019.

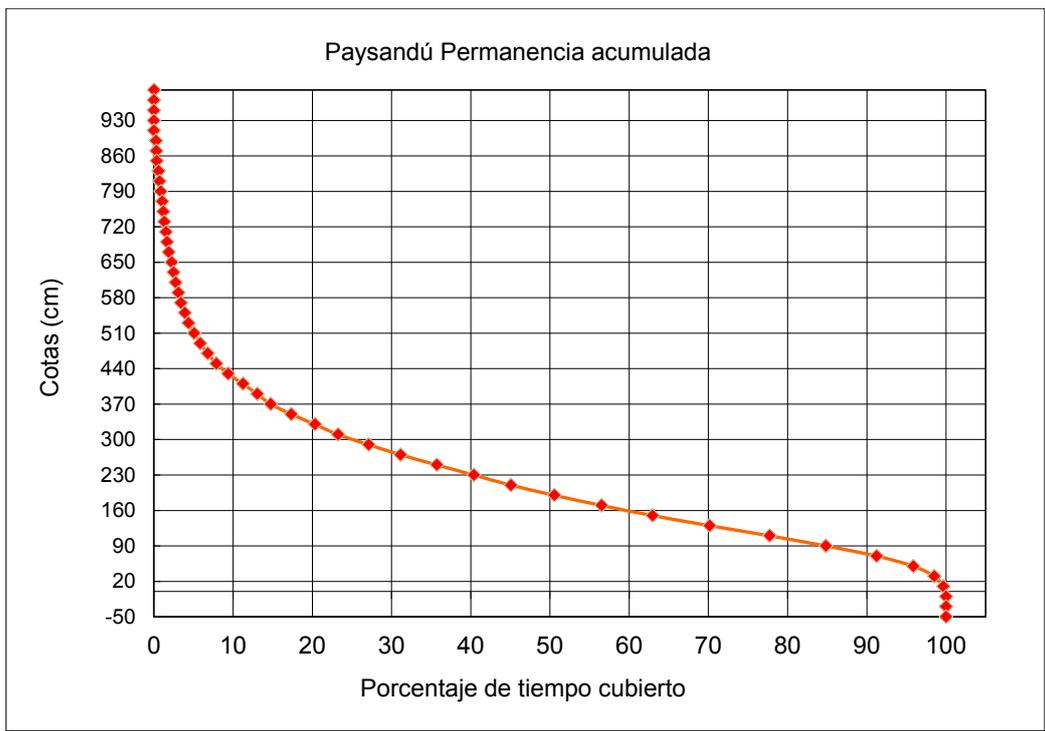


Figura 11. Curva de Permanencia acumulada para Paysandú considerando los años 1918 - 1926, 2008 - 2019.

CAPÍTULO III

Valores mensuales de Frecuencias para el año 2019 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 2019 y acumuladas de 20 años. La Tabla 5 y la figuras 12 y 13 muestran estos datos.

Tabla 5. Frecuencia de alturas horarias para el Puerto de Paysandú 2019. Número de casos separados por mes.

Paysandú 2019														
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					0	0,00
10 - 29								6	0				6	0,07
30 - 49							0	40	29	0		0	69	0,79
50 - 69		0		0			18	66	105	6		20	215	2,46
70 - 89		33	0	3			14	15	132	16		8	221	2,53
90 - 109		46	17	41			65	29	63	61	0	32	354	4,06
110 - 129		47	62	193		0	198	30	102	81	17	101	831	9,52
130 - 149		35	29	102		23	124	30	55	163	13	94	668	7,66
150 - 169		29	34	93		78	125	43	74	62	20	72	630	7,22
170 - 189		33	40	133	0	58	51	40	74	58	20	302	809	9,27
190 - 209		129	50	95	32	38	8	47	26	56	41	80	602	6,90
210 - 229	0	47	94	33	31	9	12	40	58	116	58	16	514	5,89
230 - 249	9	50	73	11	42	30	15	74	2	26	11	0	343	3,93
250 - 269	32	38	154	0	49	46	104	127	0	38	18		606	6,95
270 - 289	69	9	124		61	42	10	86		36	87		524	6,01
290 - 309	39	17	33		15	25	0	36		2	16		183	2,10
310 - 329	6	11	34		15	65		33		11	23		198	2,27
330 - 349	38	11	0		64	51		2		8	18		192	2,20
350 - 369	10	9			65	8		0		4	38		134	1,54
370 - 389	12	8			56	158				0	33		267	3,06
390 - 409	7	8			24	44					16		99	1,13
410 - 429	4	7			22	45					50		128	1,47
430 - 449	5	7			70	0					64		146	1,67
450 - 469	5	5			122						85		217	2,49
470 - 489	4	5			44						75		128	1,47
490 - 509	6	5			32						17		60	0,69
510 - 529	5	5			0						0		10	0,11
530 - 549	7	5											12	0,14
550 - 569	20	39											59	0,68
570 - 589	30	34											64	0,73
590 - 609	32	0											32	0,37
610 - 629	22												22	0,25
630 - 649	26												26	0,30
650 - 669	19												19	0,22
670 - 689	11												11	0,13
690 - 709	13												13	0,15
710 - 729	20												20	0,23
730 - 749	35												35	0,40
750 - 769	22												22	0,25
770 - 789	43												43	0,49
790 - 809	32												32	0,37
810 - 829	21												21	0,24
830 - 849	140												140	1,60
850 - 869	0												0	0,00
870 - 889														0,00
890 - 909														0,00
910 - 929														0,00
930 - 949														0,00
950 - 969														0,00
970 - 989														0,00
990 - 1009														0,00
Sumatoria	744	672	744	704	744	720	744	744	720	744	720	725	8725	100,00

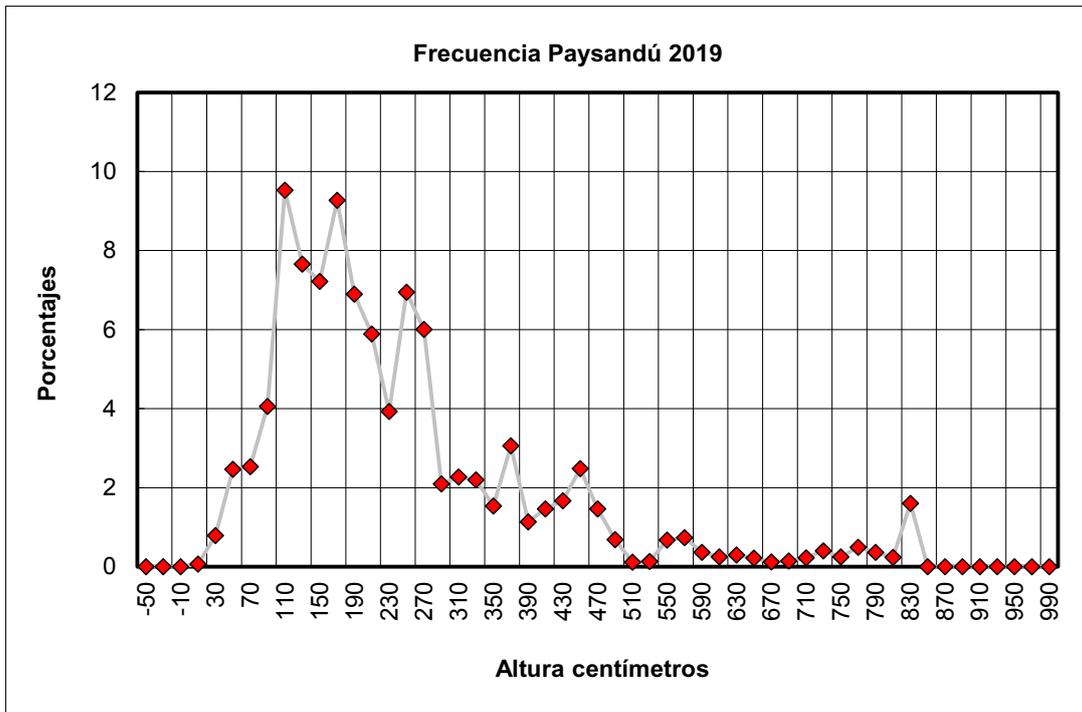


Figura 12. Curva de Frecuencias de Paysandú para el año 2019.

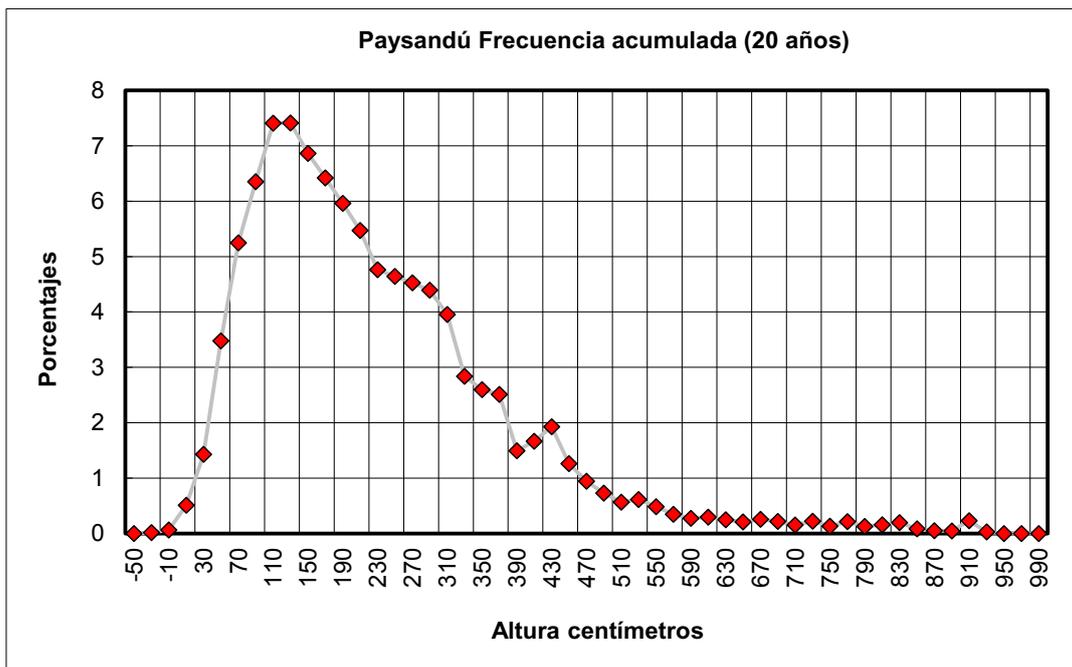


Figura 13. Curva de Frecuencias para los años 1918 - 1926, 2008 - 2019 acumuladas para el puerto de Paysandú

CAPÍTULO IV

Conclusiones

Los promedios mensuales del Río Uruguay frente al puerto de Paysandú para el año 2019 (Fig. 3) fueron disímiles superando a veces los 550 centímetros como fue el caso del mes de enero. Tanto en enero como en los meses de mayo, junio y noviembre (meses en que se registraron los promedios más elevados) se confirmó una alta descarga de agua por parte de la represa Salto Grande. Esta elevación de los promedios en los meses mencionados condicionó el promedio general anual (año 2019) elevándolo a 253 centímetros (estadísticamente la media es sensible a valores extremos). Observando los promedios mensuales de los 20 años analizados para este estudio, presentaron un comportamiento mensual muy similar a los caudales de descarga del Río Uruguay registrados durante 56 años. Esta coincidencia reafirma la necesidad de poseer largas series de datos para poder correlacionarlos con cierta confianza y que a su vez posean cierta coherencia entre caudales de descarga y niveles registrados. El mes de octubre ha sido el que presentó el promedio acumulado más elevado en los 20 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).

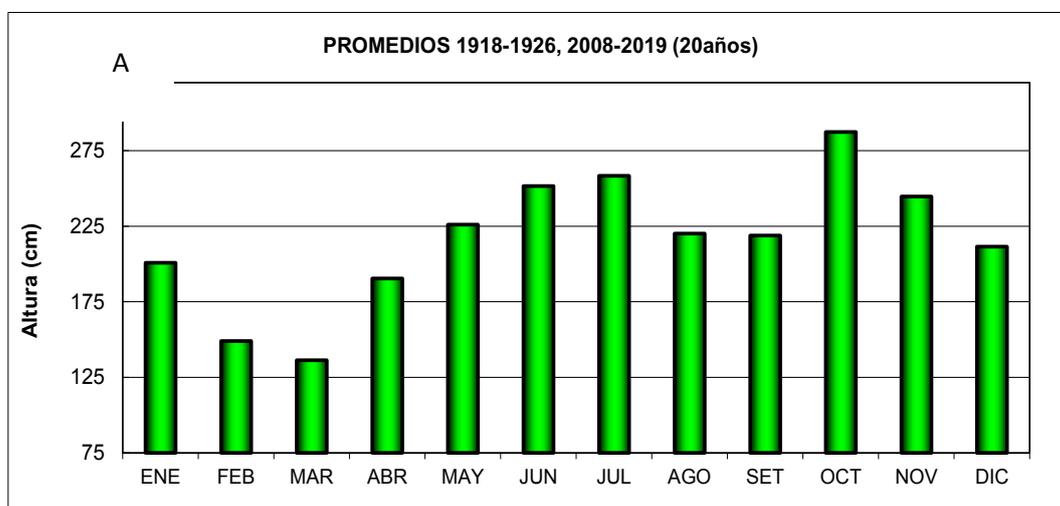


Figura 14. (A). Promedios mensuales (20 años) de los niveles del Río Uruguay tomados frente a Paysandú,

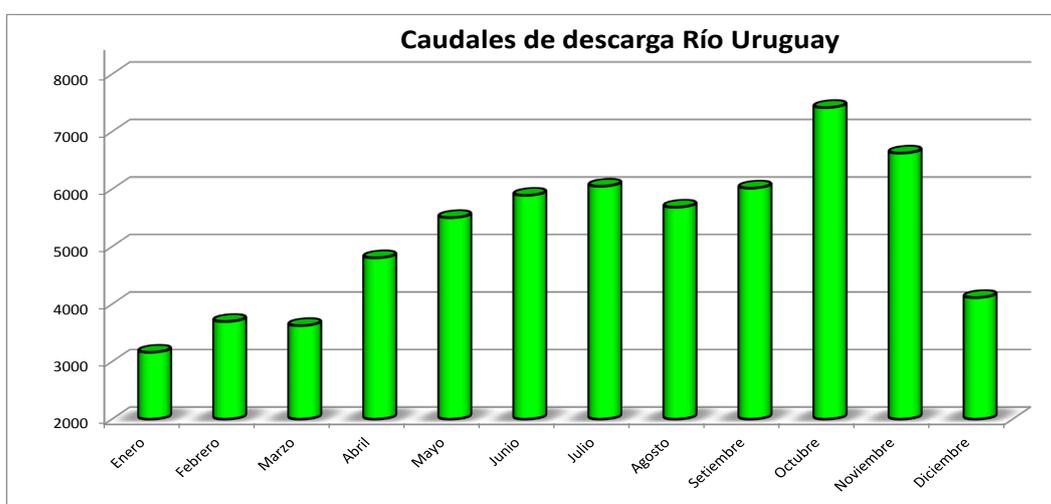


Figura 14 (B). Promedios mensuales (56 años) de los caudales de descarga del Río Uruguay aportados por la represa de Salto Grande.

En el mes de enero de 2019 se observó que el promedio de niveles fue muy elevado (595 centímetros) no coincidiendo con el promedio acumulado de 20 años para ese mes (200 centímetros) lo cual pone de manifiesto que en enero de 2019 el Río Uruguay se comportó de contrariamente a lo esperado estadísticamente. El mes de julio fue otro de los meses que en el año 2019 se comportó (157 cm) diferente a lo esperado siendo (258 cm) el promedio de los 20 años acumulados. Otro de los meses que se comportó diferente (no coincidiendo con lo esperado para esa época del año) a lo esperado, fue octubre de 2019 (con 177 cm), contra los 287 cm que presenta de promedio acumulado en 20 años.

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 del mes de noviembre, los meses de setiembre y octubre en el año 2019 se comportaron contrariamente a lo esperado estadísticamente.

Analizando los valores máximos absolutos del año 2019, se observó que el mes de enero fue el que registró el valor máximo anual (con 846 cm. sobre el cero de la escala). El mes que también registró un máximo no tan pronunciado fue setiembre (con 585 cm). Este máximo registrado en enero se acercó a 66 cm del máximo histórico registrado para ese mes en 20 años. En relación a los caudales de descarga del Río Uruguay, la estadística mostró que en este mes (enero) los promedios de caudales se sitúan por debajo 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 octubre a marzo del 2019, el cual fue de +0.8 (fase niño fuerte), (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.

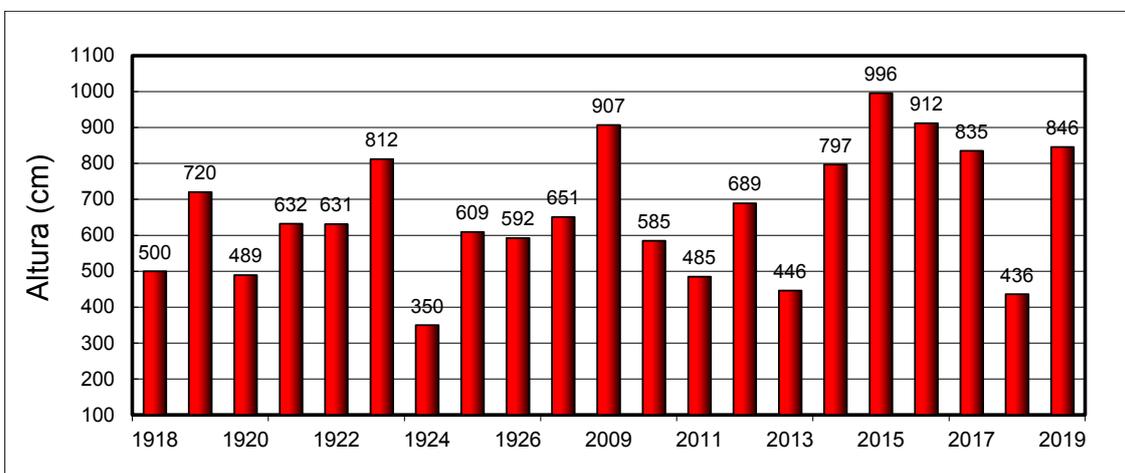


Figura 15. Valores máximos anuales tomados de los 20 años analizados.

Cuando se observan los niveles máximos absolutos de la serie de 20 años, se evidencia que (Fig. 15) a partir del año 2014 y hasta el año 2017 inclusive los máximos encontrados presentaron valores que superaron todos la cota de los 790 centímetros (muy por encima de la cota de seguridad). Es de destacar que de los 20 años analizados un 75% superó la cota de los 550 cm. Estos resultados son coincidentes con lo reportado por otros autores (Barros, 2005; SINAE, 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 2019, el mes en el que se registró el mínimo valor absoluto fue agosto (con +27 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 este mínimo registrado no podría asociarse a los promedios de caudales, ni a los promedios de valores mensuales. Por el contrario los meses del año 2019 que presentaron los mínimos más elevados fueron mayo y junio, estos meses son considerados por encima del promedio cuando se analizan los caudales de 20 años.

Para el período de 20 años de niveles acumulados, los meses que presentaron los valores más bajos de mínimos fueron: enero, febrero, marzo y abril. Estos resultados se correlacionan con la distribución mensual promedio de los caudales del Río Uruguay (Fig. 16) y con los trabajos consultados en la bibliografía.

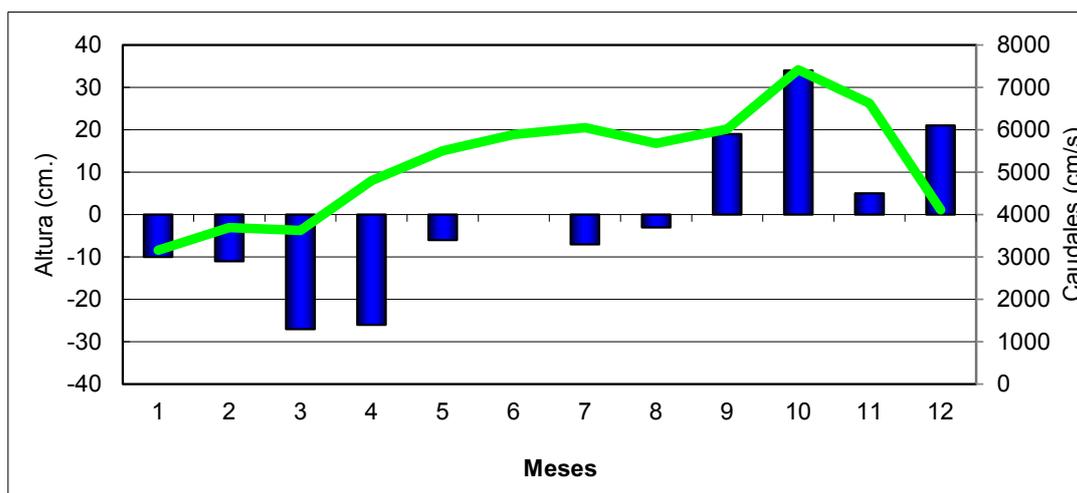


Figura 16. Valores absolutos mínimos mensuales de niveles (columnas azules) tomados en un período de 20 años; y valores promedio mensuales de caudales (línea continua verde) tomados en un período de 56 años.

Observando la permanencia de las aguas, estas cubrieron (año 2019) 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 +70 cm. un 97%. En el otro extremo, el gráfico de permanencias mostró que la cota de +830 centímetros fue cubierta un 1,60% del tiempo en el año. Este último dato es importante en el momento de planificar la evacuación. Analizando los 20 años acumulados, se observó que la cota de los -50 y -30 centímetros estuvieron cubiertas un 100% de las veces, mientras que la cota de +10 centímetros estuvo cubierta un 99,64% de las veces y la de los +30 centímetros un 98,51 % de las veces, comparando estos resultados con lo ocurrido en el año 2019 (cota +10 centímetros cubierta el 100% de las veces), refuerza los resultados observados con respecto a los promedios anuales observados para el año 2019. Se observó además que el 50,54% 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 muy poco mas baja que la registrada para el año 2019 (50% cota cubierta de 200 centímetros) indicando que este último año los niveles han estado por debajo encima 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 2019 presentó una distribución con dos picos (110 y 170 centímetros), alcanzando los dos mas de un 9% del tiempo (mayores frecuencias registradas) .El río se situó en la cota de 110 centímetros en el segundo pico el rio se situó en 170 centímetros. Estando la mayor parte del tiempo entre 90 y 270 centímetros. Observando las frecuencias acumuladas en los 20 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 120 centímetros con un 7,4 % de las veces (en horas). Esto significa que la mayor parte del tiempo (en horas) el nivel del rio se ubicó en la cota 120 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 550 centímetros (considerada de seguridad para evacuación) el agua la estuvo cubriendo un 0,48% del tiempo en 20 años.

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, 2017 y 2019), 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.