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



ESTADÍSTICAS DE NIVELES EN PUERTOS DEL URUGUAY

PUERTO DE FRAY BENTOS (Río Negro)

> PUBLICACIÓN Nº 4 E EDICIÓN 2023

ESTADÍSTICAS DE NIVELES EN PUERTOS DEL URUGUAY

PUERTO DE FRAY BENTOS (Río Negro)

REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY

ARMADA NACIONAL



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

2023

© 2023, SOHMA URUGUAY Todos los derechos reservados ISSN 2982-4370

Publicación N° 4 E

PRÓLOGO

Con la presente publicación de Estadísticas de Niveles en Puertos del Uruguay: Puerto de Fray Bentos, 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 del departamento de Río Negro. 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 situaciones de eventos extremos, ya sea de crecidas como de grandes bajantes. También ayudará a entender como el ambiente está cambiando e identificar cuáles podrían ser las presiones futuras. Esta edición de "Estadísticas de niveles en Puertos del Uruguay. Puerto de Fray Bentos" debe tomarse como un ingrediente importante en la cooperación siempre necesaria entre investigación y gestión.

La publicación presenta valores máximos, mínimos y de niveles medios, mensuales y anual, amplitud y permanencia para el Puerto de Fray Bentos del año 2021 y se realizan comparaciones con datos históricos (años 2011 a 2021) recabados por este Servicio.

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. Bach. Ignacio De Rosa, con la orientación del MSc. José Verocai.

Capitán de Navío (CG)

ALEJANDRO CHUCARRO

Jefe del Servicio de Oceanografía, Hidrografía
y Meteorología de la Armada

Diciembre 2023.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	3
CAPÍTULO I	
Niveles Medios Diarios, Mensuales y Anual en el 2021	4
Niveles Medios Mensuales y Anual Acumulados en 11 años	6
Máximos y Mínimos Mensuales y Anuales en el 2021	6
Máximos y Mínimos Mensuales y Anuales Acumulados en 11 años	8
CAPÍTULO II Valores Mensuales de Permanencias de Cotas para el año 2021 y Acumuladas en 11 años	10
CAPÍTULO III Valores Mensuales de Frecuencias para el año 2021 y Acumuladas en 11 años	13
CAPÍTULO IV Conclusiones	15
AGRADECIMIENTOS	18

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 Fray Bentos (sobre el Río Uruguay durante los años 2011-2012 y 2014-2021) latitud: 33° 06.1' S longitud: 58° 18.15' W (Fig. 1). El cero de la escala del Puerto de Fray Bentos se encuentra a 25,5 cm por debajo del Plano de Reducción de Sondas de la carta de referencia y este último a 80 cm por encima del Plano Hidrométrico Provisorio (Ex-Wharton). Fueron considerados los datos horarios de cada mes a lo largo de todo el año 2021, en donde para enero fueron considerados por ejemplo 744 datos, para febrero 672 y así sucesivamente, completando 8760 datos anuales.

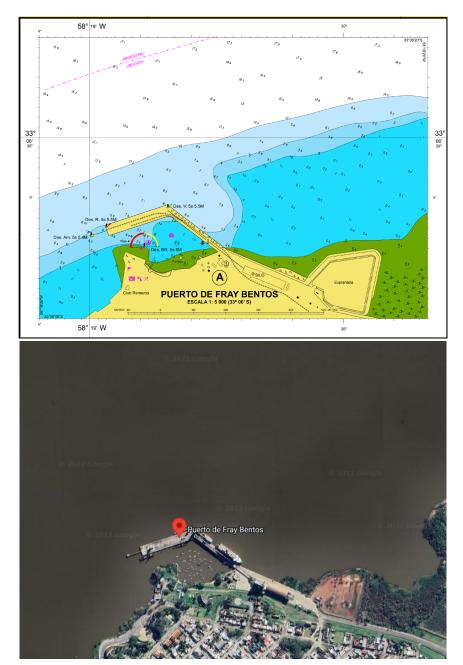


Figura 1. Arriba: Extracto de la Carta Náutica 706 del Puerto de Fray Bentos (elaborado por la División Cartografía Náutica del SOHMA).

Abajo: Imagen satelital (extraída de Google Maps) del Puerto de Fray Bentos.

CAPÍTULO I

Niveles Medios Diarios, Mensuales y Anual en el 2021

El "Nivel Medio Diario" corresponde al cálculo del promedio aritmético de las alturas de las aguas horarias (00:00, 01:00, ... 23:00), esta información es representada para el año 2021 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. 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 2021 en la Figura 2 y Tabla 2. Por otro lado en la Tabla 1 se representa la cantidad de veces y horas por mes que el 0 de la regla quedo al descubierto (ultimas 2 filas), llámese descubierto cuando las alturas de las aguas se encontraban por debajo del 0 de la escala.

Tabla 1. Valores promedios diarios expresados en centímetros y número de veces y horas que el cero quedó al descubierto en el año 2021.

Dias/Meses	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1	117	208	72	116	71	85	137	76	67	111	149	122
2	103	179	99	115	74	95	105	69	117	120	162	120
3	102	179	122	87	76	130	109	46	135	122	120	70
4	166	195	122	75	131	98	100	56	98	150	110	93
5	156	170	131	63	184	93	103	61	84	93	124	107
6	138	154	157	72	120	124	105	38	98	85	203	110
7	132	136	105	83	132	115	98	36	107	171	168	110
8	119	153	81	55	100	111	100	68	141	132	115	73
9	128	204	116	68	74	100	95	209	150	123	133	75
10	102	197	130	103	65	92	80	205	138	111	160	81
11	85	176	73	156	121	81	97	138	138	100	113	56
12	108	135	85	172	103	118	99	119	109	113	91	50
13	153	117	124	171	69	130	111	102	121	122	71	76
14	133	122	111	148	70	71	169	79	187	127	66	107
15	96	134	115	131	69	87	156	80	160	153	83	134
16	71	176	113	113	74	124	124	84	121	161	88	121
17	129	139	105	118	94	111	110	72	115	124	169	131
18	142	122	144	89	103	115	103	54	106	109	139	131
19	97	116	153	49	101	114	129	63	102	124	111	81
20	88	138	119	48	89	104	111	72	119	116	98	64
21	85	148	137	41	64	147	74	75	180	113	93	110
22	51	105	154	20	65	152	98	64	173	100	78	94
23	58	110	94	71	101	119	77	64	169	157	181	93
24	67	136	81	107	107	138	80	85	132	160	130	89
25	82	119	61	143	117	152	123	91	131	122	89	61
26	69	106	91	132	141	93	103	76	121	110	104	114
27	108	101	110	96	73	81	123	61	149	121	103	79
28	151	101	107	85	85	61	123	76	197	113	94	68
29	142		117	75	94	93	128	68	159	107	120	63
30	139		141	80	81	131	85	44	127	95	157	28
31	230		113		76		64	57		99		37
Veces	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tiempo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

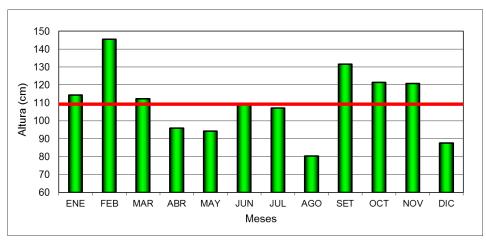


Figura 2. Niveles medios mensuales (en centímetros) para el año 2021. Las columnas indican el nivel medio mensual y la línea roja indica el nivel medio anual (109,7 cm).

Tabla 2. Valores de los niveles medios mensuales y promedio anual 2021.

MESES	Nivel medio (en cm.)					
Enero	114,4					
Febrero	145,5					
Marzo	112,4					
Abril	96,0					
Mayo	94,2					
Junio	108,8					
Julio	107,1					
Agosto	80,3					
Setiembre	131,6					
Octubre	121,4					
Noviembre	120,7					
Diciembre	87,6					
Nivel medio anual	109,7					

Los meses de febrero y setiembre fueron los que presentaron mayores promedios, mientras que los meses de agosto y diciembre fueron los que presentaron el menor nivel promedio para el año 2021. El cero de la regla permaneció cubierto durante todo el año 2021.

Niveles Medios Mensuales y Anual Acumulados en 11 años

Los meses que presentaron los mayores promedios mensuales acumulados (en el período de 2011 a 2021) fueron abril, mayo, julio y octubre, superando todos los 160 cm. Por otra parte, los meses con menores promedios fueron marzo y diciembre, que midieron por debajo de los 140 cm (Fig. 3).

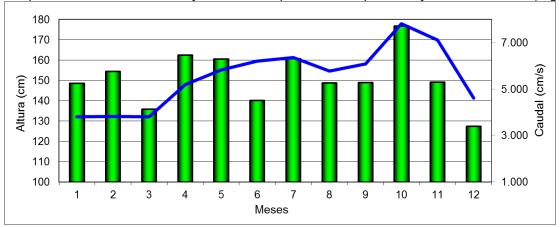


Figura 3. Niveles medios mensuales acumulados en 11 años (eje izquierdo, columnas verdes), y promedios mensuales (de 56 años) de caudales de descarga del Río Uruguay (eje derecho, línea continua azul).

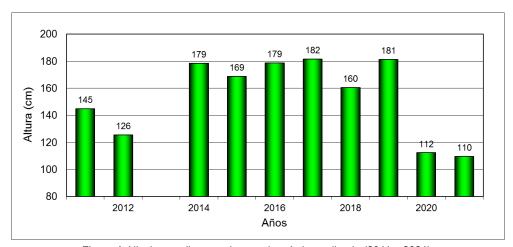


Figura 4. Niveles medios anuales en el período analizado (2011 – 2021).

Del período (2011 – 2021) analizado se observó que los años 2017 y 2019 presentaron los niveles promedios más elevados (superiores a 180 cm, Fig. 4), seguidos por los años 2014 y 2016. El promedio anual más bajo le correspondió al año 2021 con 110 cm, seguido del año 2020 con 120 cm.

Máximos y Mínimos Mensuales y Anuales en el 2021

De los valores horarios se identificaron los máximos y mínimos mensuales alcanzados por las aguas del Río Uruguay (Fray Bentos, departamento de Río Negro). Esto se realizó para el año 2021 identificando los máximos y mínimos de todo el año. En los meses de enero y noviembre se registraron los valores máximos anuales (Fig. 5; Tabla 3). En contraposición el menor máximo registrado correspondió al mes de diciembre.

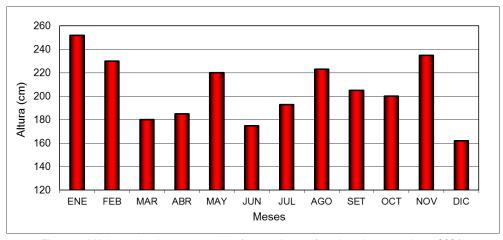


Figura 5. Máximos absolutos mensuales (en centímetros) registrados para el año 2021.

Tabla 3. Valores de los niveles máximos y mínimos mensuales expresados en centímetros. En negrita se presentan los valores máximo y mínimo anual del año 2021.

MESES	Máximo	Mínimo		
Enero	252	40		
Febrero	230	86		
Marzo	180	50		
Abril	185	15		
Mayo	220	48		
Junio	175	50		
Julio	193	55		
Agosto	223	25		
Setiembre	205	51		
Octubre	200	60		
Noviembre	235	56		
Diciembre	162	10		



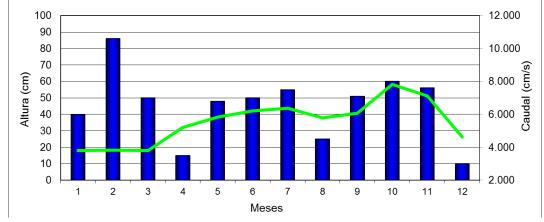


Figura 6. Mínimas alturas del agua para el año 2021 (eje izquierdo, columnas azules), y promedios mensuales (de 56 años) de caudales de descarga del Río Uruguay (eje derecho, línea continua verde).

El valor mínimo absoluto registrado en el año 2021 fue de 10 centímetros sobre la cota cero de la escala. El mismo ocurrió en el mes de diciembre. En el mes de abril se registró el segundo valor mínimo mensual. El mes que presentó valor mínimo más elevado para el año 2021 fue febrero. Con respecto al promedio mensual de los caudales evacuados se observó que enero, febrero y marzo fueron los mínimos registrados.

Máximos y Mínimos Mensuales y Anuales Acumulados en 11 años

El máximo absoluto registrado en un período de 11 años correspondió al mes de abril seguido por el mes de enero. El mes de marzo presentó el menor valor de máximo registrado en 11 años (Fig. 7).

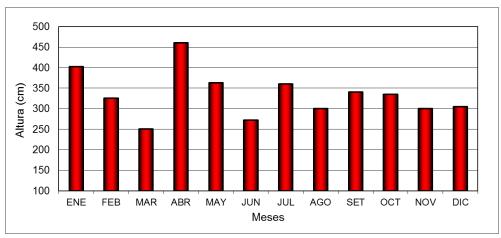


Figura 7. Máximos absolutos para cada mes tomando 11 años de datos.

La Figura 8 muestra los máximos anuales del período analizado.

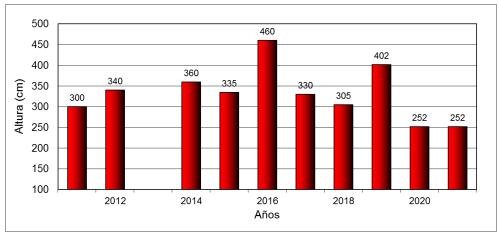


Figura 8. Valores máximos anuales en un período de 11 años.

En la Figura 9 se encuentran los niveles mínimos absolutos de cada mes registrados en los 11 años analizados. Los mínimos extremos correspondieron a los meses de mayo y diciembre. Con respecto a los mínimos más elevados correspondieron a los meses de febrero, junio y setiembre.

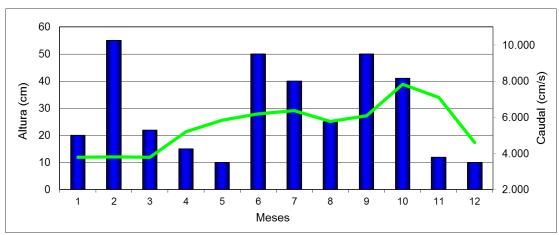


Figura 9. Mínimas alturas en 11 años de datos (eje izquierdo, columnas azules), y promedios mensuales (de 56 años) de caudales de descarga del Río Uruguay (eje derecho, línea continua verde).

Los mínimos absolutos de los años analizados se encuentran en la Figura 10.

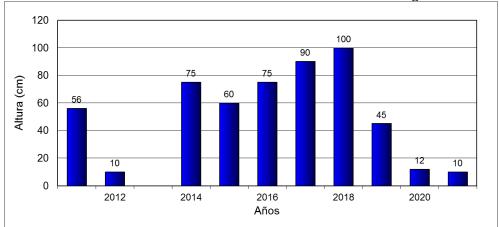


Figura 10. Valores mínimos anuales en un período de 11 años.

CAPÍTULO II

Valores Mensuales de Permanencias de Cotas para el año 2021 y Acumuladas en 11 años

El cálculo de permanencias 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 cero "0" de la regla en el puerto de Fray Bentos). Esas cotas fueron determinándose a intervalos de 10 cm entre la cota -10 cm hasta la cota 500 cm.

Los valores obtenidos para cada intervalo se sumaron agrupados por meses, determinándose el porcentaje que le corresponde de tiempo cubierto para el año 2021. Posteriormente se realizó el cálculo de permanencias acumuladas para los años 2011 – 2021, en función de la misma escala de cotas (intervalos de 10 cm entre la cota -10 cm hasta 500 cm).

La Tabla 4 muestra la permanencia del nivel de las aguas por cada mes (año 2021) expresadas en horas, desde la cota -10 cm hasta la cota 340 cm. En la última fila se indica el porcentaje total para cada cota tomando como base 8760 horas. Luego, en la Figura 11 se representa la curva de permanencia que corresponde al período 2021 (cotas en función de porcentaje cubierto). La Figura 12 muestra la curva de permanencia acumulada para los 11 años analizados en su conjunto.

Para el año 2021 se observó que un 100 % de las veces los niveles se ubicaron cubriendo la cota de 0 cm. Un 99,99 % de las veces la cota de 10 cm permaneció cubierta, solamente 1 hora en todo el año 2021, la cota de 10 cm quedó al descubierto. Además un 98,40 % de las veces, la cota de 40 cm permaneció cubierta, y un 91,80 % de las veces, la cota de 60 cm.

Para los 11 años analizados se observó que un 100 % de las veces, los niveles se ubicaron cubriendo la cota de 0 cm, y un 99,99 % de las veces los niveles se ubicaron por encima de la cota de 10 cm. La cota de 60 cm permaneció cubierta un 97,41 % de las veces mientras que un 82,84 % de las veces los niveles se ubicaron sobre la cota de los 100 cm.

Tabla 4. Tiempo en horas. Porcentaje de cotas o planos que estuvieron cubiertos por las aguas, en intervalos de 10 centímetros hasta la cota de 340 centímetros para el año 2021.

MESES					co.	ГАЅ						
	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ENERO	744	744	744	744	744	742	728	680	648	603	495	440
FEBRERO	672	672	672	672	672	672	672	672	672	672	668	629
MARZO	744	744	744	744	744	744	742	716	681	635	591	527
ABRIL	720	720	720	702	692	668	642	587	532	429	331	298
MAYO	744	744	744	744	744	744	741	681	572	451	346	256
JUNIO	720	720	720	720	720	720	718	696	668	609	539	444
JULIO	744	744	744	744	744	744	744	737	690	642	584	431
AGOSTO	744	744	744	744	730	697	627	516	375	238	128	114
SETIEMBRE	720	720	720	720	720	720	720	711	706	691	666	608
OCTUBRE	744	744	744	744	744	744	744	743	730	723	689	619
NOVIEMBRE	720	720	720	720	720	720	720	706	660	620	558	458
DICIEMBRE	744	744	743	733	709	705	672	597	514	437	351	249
SUMAS	8760	8760	8759	8731	8683	8620	8470	8042	7448	6750	5946	5073
PORCENTAJES	100,00	100,00	99,99	99,67	99,12	98,40	96,69	91,80	85,02	77,05	67,88	57,91

MESES												
	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220
ENERO	406	331	247	187	113	54	38	24	22	21	20	19
FEBRERO	583	464	382	320	272	220	178	141	80	33	22	12
MARZO	434	272	155	95	61	36	10					
ABRIL	277	189	146	118	70	53	24	11				
MAYO	182	118	81	42	29	26	21	16	14	9	4	1
JUNIO	373	231	124	60	44	27	5					
JULIO	289	175	96	60	43	23	17	11	2			
AGOSTO	109	78	62	56	53	50	47	41	37	32	28	20
SETIEMBRE	528	427	333	235	171	143	112	71	44	13		
OCTUBRE	562	296	189	144	103	64	13	7	3			
NOVIEMBRE	396	303	248	192	150	119	77	56	40	21	5	4
DICIEMBRE	188	90	61	10	5	1						
SUMAS	4327	2974	2124	1519	1114	816	542	378	242	129	79	56
PORCENTAJES	49,39	33,95	24,25	17,34	12,72	9,32	6,19	4,32	2,76	1,47	0,90	0,64
MESES												
2020												
	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340
ENERO	230 17	240 8	250 1	260	270	280	290	300	310	320	330	340
ENERO FEBRERO	230 17	240 8		260	270	280	290	300	310	320	330	340
				260	270	280	290	300	310	320	330	340
FEBRERO MARZO				260	270	280	290	300	310	320	330	340
FEBRERO				260	270	280	290	300	310	320	330	340
FEBRERO MARZO ABRIL				260	270	280	290	300	310	320	330	340
FEBRERO MARZO ABRIL MAYO				260	270	280	290	300	310	320	330	340
FEBRERO MARZO ABRIL MAYO JUNIO				260	270	280	290	300	310	320	330	340
FEBRERO MARZO ABRIL MAYO JUNIO JULIO				260	270	280	290	300	310	320	330	340
FEBRERO MARZO ABRIL MAYO JUNIO JULIO AGOSTO				260	270	280	290	300	310	320	330	340
FEBRERO MARZO ABRIL MAYO JUNIO JULIO AGOSTO SETIEMBRE				260	270	280	290	300	310	320	330	340
FEBRERO MARZO ABRIL MAYO JUNIO JULIO AGOSTO SETIEMBRE OCTUBRE				260	270	280	290	300	310	320	330	340
FEBRERO MARZO ABRIL MAYO JUNIO JULIO AGOSTO SETIEMBRE OCTUBRE NOV IEMBRE DICIEMBRE		8		260	270	280	290	300	310	320	330	340
FEBRERO MARZO ABRIL MAYO JUNIO JULIO AGOSTO SETIEMBRE OCTUBRE NOVIEMBRE	17		1	0,00	0,00	280	290	0,00	0,00	0.00	0,00	340

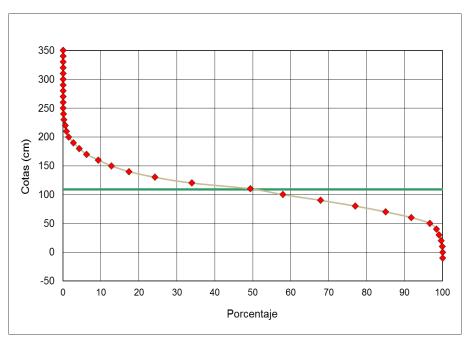


Figura 11. Curva de Permanencia para Fray Bentos 2021. Cotas en función de porcentaje cubierto. La línea verde indica el nivel medio (NM en centímetros) para el año 2021.

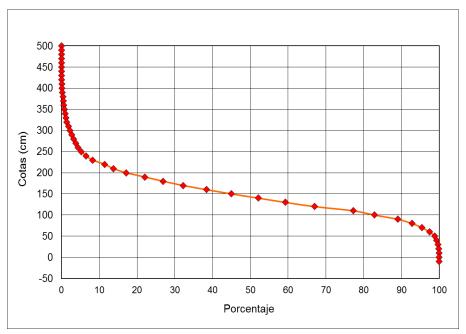


Figura 12. Curva de Permanencia acumulada para Fray Bentos considerando los años 2011 - 2021. Cotas en función de porcentaje cubierto.

CAPÍTULO III

Valores Mensuales de Frecuencias para el año 2021 y Acumuladas en 11 años

El cálculo de Frecuencias se realizó clasificando las alturas horarias, en este caso en intervalos de 10 centímetros. Se utilizaron directamente las alturas de la planilla Excel, con las cantidades de casos por intervalos, y se construyeron las series que corresponden al año 2021 y acumuladas de 11 años (Tabla 5 y Figs. 13 y 14).

Tabla 5. Frecuencia de alturas horarias para Fray Bentos, año 2021. Número de casos separados por mes.

Intervalo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	TOTAL	q
-101					•			Ū					0	0,
0 - 9												1	1	0,
10 - 19				18								10	28	0
20 - 29				10				14				24	48	0
30 - 39	2			24				33				4	63	0
40 - 49	14		2	26	3	2		70				33	150	1
50 - 59	48		26	55	60	22	7	111	9	1	14	75	428	4
60 - 69	32		35	55	109	28	47	141	5	13	46	83	594	6
70 - 79	45		46	103	121	59	48	137	15	7	40	77	698	7
80 - 89	108	4	44	98	105	70	58	110	25	34	62	86	804	9
90 - 99	55	39	64	33	90	95	153	14	58	70	100	102	873	9
00 - 109	34	46	93	21	74	71	142	5	80	57	62	61	746	8
10 - 119	75	119	162	88	64	142	114	31	101	266	93	98	1353	15
20 - 129	84	82	117	43	37	107	79	16	94	107	55	29	850	9
30 - 139	60	62	60	28	39	64	36	6	98	45	56	51	605	6
40 - 149	74	48	34	48	13	16	17	3	64	41	42	5	405	4
50 - 159	59	52	25	17	3	17	20	3	28	39	31	4	298	3
60 - 169	16	42	26	29	5	22	6	3	31	51	42	1	274	3
70 - 179	14	37	10	13	5	5	6	6	41	6	21		164	1
80 - 189	2	61		11	2		9	4	27	4	16		136	1
90 - 199	1	47			5		2	5	31	3	19		113	1
00 - 209	1	11			5			4	13		16		50	0
10 - 219	1	10			3			8			1		23	0
20 - 229	2	12			1			20			3		38	0
30 - 239	9										1		10	0
40 - 249	7												7	0
50 - 259	1												1	0
60 - 269													0	0
70 - 279													0	0
80 - 289													0	0
90 - 299													0	0
00 - 309													0	0
10 - 319													0	0
20 - 329													0	0
30 - 339													0	0

Sumatoria 744

672

744

720

744

720

744

744

720

744

720

744

8760 100,00

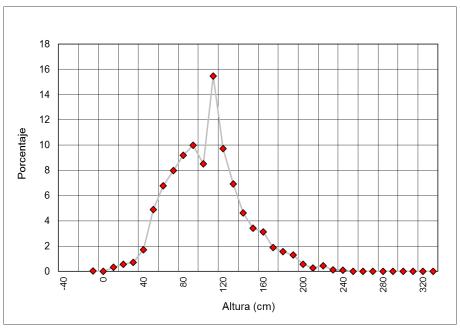


Figura 13. Curva de Frecuencias de Fray Bentos para el año 2021.

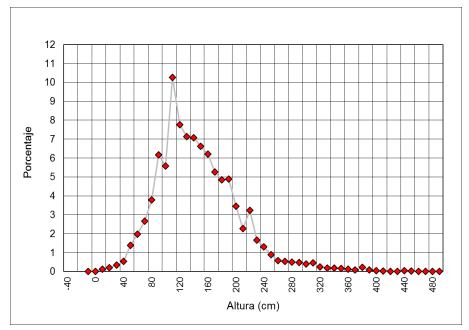


Figura 14. Curva de Frecuencias para los años 2011 - 2021 acumuladas para Fray Bentos.

Para el año 2021 la cota de nivel más frecuente fue la de 120 cm, seguida por la cota 100 y 130 cm (con porcentajes de 15,4 %, 10,0 % y 9,7 % respectivamente). Por otra parte, cuando se toman la totalidad de los años analizados (11 años), se observó que las mayores frecuencias, en porcentaje, se ubicaron en las cotas 120 cm, 130 cm y 140 cm (con 10,3 %, 7,8 % y 7,1 % respectivamente).

CAPÍTULO IV

Conclusiones

De los promedios de niveles anuales de los 11 años analizados (Fig. 4), el nivel medio fue de 154 cm. Si observamos los promedios mensuales acumulados de 11 años (Fig. 3), vemos que el valor medio fue superado en 5 meses, mientras que en 7 meses los promedios permanecieron por debajo de la media. Sin embargo, para el año 2021, los promedios mensuales no alcanzaron a superar la media (Fig. 2).

A excepción de los primeros meses (enero, febrero y marzo), los promedios mensuales para el 2021 siguieron la tendencia observada en los promedios mensuales de caudales del Río Uruguay (Fig. 17). El promedio de niveles en los meses de abril, mayo, agosto y diciembre fue menor al promedio anual, y coincidió con una disminución en los niveles de descarga del Río Uruguay.

A nivel mundial, la fase cálida de los eventos ENSO, se caracteriza por una serie de fenómenos climáticos que son puntuales y diferentes para cada región. En el caso de nuestra región se traduce en lluvias intensas, afectando la cuenca de los ríos Paraná y Uruguay. Por otra parte, la fase fría o evento de La Niña, se caracteriza por fenómenos de sequía en nuestra región (Fig. 16).

2011	-1.4	-1.2	-0.9	-0.7	-0.6	-0.4	-0.5	-0.6	-0.8	-1.0	-1.1	-1.0
2012	-0.9	-0.7	-0.6	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.2
2013	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.6	0.7
2015	0.5	0.5	0.5	0.7	0.9	1.2	1.5	1.9	2.2	2.4	2.6	2.6
2016	2.5	2.1	1.6	0.9	0.4	-0.1	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.6
2017	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1	-0.1	-0.4	-0.7	-0.8	-1.0
2018	-0.9	-0.9	-0.7	-0.5	-0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.8	0.9	0.8
2019	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	0.1	0.2	0.3	0.5	0.5
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2020	0.5	0.5	0.4	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.6	-0.9	-1.2	-1.3	-1.2
2021	-1.0	-0.9	-0.8	-0.7	-0.5	-0.4	-0.4	-0.5	-0.7	-0.8	-1.0	-1.0

Figura 15. Oceanic Niño Index (ONI). Los números en rojo indican trimestres de El Niño, los azules de La Niña y los que no tienen color son trimestres neutros, tomado de:

https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis monitoring/ensostuff/ONI v5.php

Particularmente los años 2021 y 2020 a nivel mundial, evidenciaron índices Oceánicos del Niño con valores negativos correspondientes a la fase fría (Fig. 15). Esto se traduce en una disminución de las precipitaciones en esos meses (Fig. 16).

Por otra parte, el año 2019, presentó varios trimestres del niño (fase cálida de los eventos ENSO). Los promedios de niveles en los años 2021 y 2020 fueron considerablemente inferiores al promedio del 2019, evidenciando una posible disminución en las precipitaciones en la cuenca del Río Uruguay durante esos años.

Los promedios de los niveles mensuales de los 11 años analizados en este estudio, presentaron tendencia similar que los promedios mensuales de descarga del Río Uruguay registrados durante 56 años (Fig. 3). Los meses de abril, julio y agosto fueron los que presentaron mayores promedios, coincidiendo los meses de julio y agosto con los meses de mayores caudales.

Este resultado refuerza la relación positiva que existiría entre los caudales de descarga del Río Uruguay y los niveles en Fray Bentos.



Figura 16. Consecuencias regionales del fenómeno de La Niña a nivel mundial, tomado de: https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis monitoring/lanina/cold impacts.shtml

De acuerdo con investigaciones, los meses de primavera son los que el Río Uruguay presenta niveles de descarga más elevados (Barros et al., 2005). Esto se ve reflejado en el gráfico de caudales del Río (Fig. 17) habiendo sido octubre y noviembre los meses con mayor promedio acumulado de 56 años. En 2021, los mayores promedios corresponden a los meses de febrero, setiembre, octubre y noviembre, siendo estos tres últimos consistentes con los niveles de descarga esperados.

Analizando los máximos mensuales del año 2021, durante los meses de enero y noviembre se registraron los mayores máximos. En particular, el máximo de noviembre coincidió con el período de promedios de caudales más elevados (setiembre, octubre y noviembre). Con respecto al máximo de enero, podría deberse a un gran número de precipitaciones, las cuales según Inumet, durante ese mes superaron la media de enero de 40 años.

Con respecto a los niveles máximos anuales de los 11 años estudiados, se observó que (Fig. 8) en los años 2016 y 2019 el nivel superó los 400 cm. Ambos eventos ocurrieron en años que presentaron eventos de El Niño (Fig. 15). Particularmente el 2016 presentó trimestres de El Niño con índices altos, siendo a la vez el año con el máximo absoluto más elevado de los once.

Analizando los mínimos anuales del año 2021, el mes en el que se registró el mínimo valor absoluto fue diciembre (con 10 cm). Según la estadística de los caudales, diciembre se encuentra dentro del período donde los promedios de descarga son más bajos, siendo concluyente esto últimos con el valor mínimo observado. Por otra parte, en febrero de 2021 se registró el mayor valor mínimo.

Para el período de 11 años acumulados, los meses que presentaron el valor mínimo más bajo fueron mayo y diciembre (con 10 cm). Seguidamente el mínimo más bajo fue noviembre. Febrero presentó el mayor valor mínimo para este período de años. Tanto febrero como noviembre son meses en que los valores mínimos observados no enseñan una buena relación con la información de caudales. Esto podría deberse a la cantidad de años analizados, siendo 11 años poco en contraste con los 56 años de información de caudales con la que se está haciendo la comparación. Cabe destacar que durante el período estudiado no se registraron valores menores al cero de la escala, aún en años de La Niña caracterizados por presentar fenómenos de seguía.

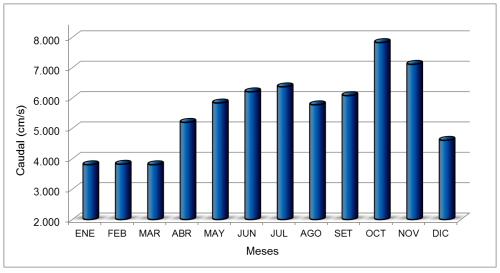


Figura 17. Promedios mensuales acumulados en 56 años de los caudales de descarga del Río Uruguay aportados por el Instituto Nacional del Agua (Argentina).

Con respecto a las frecuencias acumuladas para los 11 años de datos (Fig. 14), se observó que disminuyen lentamente hacia las dos colas del gráfico. Las cotas mayores a los 260 cm y las cotas menores a los 50 cm presentaron una frecuencia de 0% con décimas.

Si bien año a año los valores de frecuencias, permanencias y cotas alcanzadas por el Río Uruguay frente al Puerto de Fray Bentos, van cambiando presentando a veces niveles extremos, existen investigadores que apoyan la idea de colectar 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. Además, esto permite obtener tendencias más confiables que las realizadas con series de datos de pocos años. También es importante y nunca habría que dejar de lado el análisis de los eventos extremos ya que, eventualmente, son estos los que mayor daño (materiales, humanos y económicos) provocan a la población.

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 Uruguay 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 Jefe del Departamento de Oceanografía, Alférez de Navío (CG) María Rouco por realizar las revisiones de este trabajo.

Al Sub-Jefe del SOHMA, Capitán de Fragata (CG) Marcelo Olivera por alentar la realización de este trabajo.

Al Jefe del SOHMA Capitán de Navío (CG) Alejandro Chucarro por generar las condiciones para realizar esta tarea en el Departamento de Oceanografía.