

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



ESTADÍSTICAS DE NIVELES EN PUERTOS DEL URUGUAY

**ESTACIÓN MAREOGRÁFICA
PUNTA LOBOS
(Montevideo)**

PUBLICACIÓN N° 4B

Zª EDICIÓN 202X

ESTADÍSTICAS DE NIVELES EN PUERTOS DEL URUGUAY

ESTACIÓN MAREOGRÁFICA PUNTA LOBOS (Montevideo)

REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY
ARMADA NACIONAL



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

) UEDICIÓN 2023

© 2023, SOHMA URUGUAY
Todos los derechos reservados
ISBN 978-9974-8640-5-4

Publicación
N° 4B

PRÓLOGO

Con la publicación de la quinta edición de Estadísticas de niveles de Montevideo, 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 de la Plata medio, perteneciente a la estación GLOSS N°300 (Punta Lobos - Montevideo). 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 lo más eficientemente y eficazmente que sea posible.

El Sistema Global de Observación del Nivel del Mar (GLOSS) es un programa internacional de monitoreo del nivel del mar diseñado para producir observaciones in situ del nivel del mar de alta calidad para respaldar una amplia base de usuarios operativos y de investigación. GLOSS fue establecido por la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la UNESCO en 1985 y actualmente está formado por más de 90 países de todo el mundo. La estación Punta Lobos, también se puede visualizar en: Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL) que tiene base en Liverpool en el National Oceanography Centre (NOC).

Su uso, podrá ser de utilidad para prevenir los niveles alcanzados en situaciones de eventos extremos, ya sea de crecidas como de grandes bajantes. Eventos que se ha observado que se producen cada vez con mayor frecuencia en el Río de la Plata. También ayudará a entender como el ambiente está cambiando e identificar cuáles podrían ser las presiones futuras. Esta cuarta edición de “Estadísticas de niveles de Montevideo” debe tomarse como un ingrediente clave en la cooperación siempre necesaria entre investigación y gestión.

En el desarrollo de esta edición se indican valores máximos, mínimos, de niveles medios, mensuales y anual, amplitud y permanencia para la estación Montevideo del año 2022. Además realizan comparaciones con datos históricos (desde año 1995) 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. MSc. José E. Verocai

Contenido

CAPÍTULO I.-.....	7
Niveles Medios Diarios, Mensuales y Anual 2022.....	7
Niveles Medios Mensuales y Anual Acumulados en 28 años.....	8
Máximos y Mínimos Mensuales y Anuales en el 2022.....	10
Máximos y Mínimos Mensuales y Anuales Acumulados en 28 años.....	11
CAPÍTULO II.-.....	12
Valores mensuales de Permanencias de Cotas para el año 2022 y acumuladas de 28 años..	12
CAPÍTULO III.-.....	17
Valores mensuales de Frecuencias para el año 2022 y acumuladas de 28 años.....	17
CAPÍTULO IV.-.....	18
Conclusiones.....	18

INTRODUCCIÓN

La presente publicación del SOHMA, contiene valores y cálculos tomados de las observaciones registradas a lo largo de 28 años, en la estación Punta Lobos (GLOSS N°300) ubicada en la costa de Montevideo (sobre el Río de la Plata), latitud: $34^{\circ}54.2' S$. y longitud: $056^{\circ}15.4' W$ (Fig. 1). El cero del sensor instalado en la estación coincide con el plano Hidrométrico Provisorio (ex Wharton). A esos efectos fueron considerados los datos horarios de cada mes a lo largo de todo el año 2022, en donde para enero fueron considerados por ejemplo 744 datos, para febrero 696 y así sucesivamente, completando 8760 datos anuales.



Figura 1. Arriba Indicado en círculo rojo ubicación Estación Mareográfica Montevideo, Punta Lobos representado en el plano "A" de la carta Numero 41. Abajo Fotografía de la Casilla Mareográfica donde se encuentran los mareógrafos.

CAPÍTULO I.-

Niveles Medios Diarios, Mensuales y Anual 2022

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 2022 en la Tabla I. En tanto el “Nivel Medio Mensual” corresponde al promedio aritmético de las alturas horarias a lo largo de todo un mes dividido las horas de ese 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 2022 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 Estación Mareográfica quedo al descubierto (ultimas 2 filas), llámese descubierto cuando las alturas de las aguas se encontraban por debajo del 0 de la Estación.

Tabla 1. Valores promedios diarios expresados en centímetros, número de veces y tiempo en que el cero quedó al descubierto del año 2022.

Dias/Meses	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1	70	113	163	109	120	136	95	104	91	86	125	123
2	91	98	95	77	116	119	102	101	159	105	84	125
3	115	121	137	56	84	82	105	104	101	120	85	91
4	122	122	72	136	86	58	76	137	80	40	54	103
5	184	142	119	94	97	83	84	108	89	53	48	101
6	102	166	124	106	104	98	83	113	51	80	53	75
7	94	143	112	122	100	86	113	114	86	106	41	107
8	84	92	136	101	70	87	136	97	125	119	51	86
9	59	84	83	87	118	88	59	72	178	184	50	112
10	74	64	149	63	124	197	90	53	140	90	66	130
11	90	113	167	98	148	182	169	56	90	72	92	91
12	145	193	126	126	99	97	148	73	89	77	93	155
13	77	135	116	135	41	83	51	83	113	150	86	116
14	88	126	93	138	97	84	74	82	87	143	115	89
15	105	121	135	101	165	112	101	97	45	69	159	133
16	83	82	105	90	213	112	166	110	42	84	98	124
17	159	168	96	110	228	122	129	134	59	93	108	64
18	145	88	197	59	180	156	77	165	79	63	64	61
19	92	83	160	72	92	117	110	107	95	53	76	61
20	82	122	116	83	97	120	44	64	112	79	103	70
21	65	158	26	107	94	131	102	110	81	131	157	51
22	95	129	25	106	94	162	145	62	78	156	137	54
23	102	102	93	132	83	130	118	36	64	87	78	53
24	103	88	114	79	100	122	119	91	70	63	107	148
25	112	76	127	93	129	127	110	88	74	72	137	162
26	136	108	151	99	140	103	73	100	72	87	81	111
27	187	92	113	109	125	61	99	118	87	126	106	79
28	101	121	113	160	137	110	135	200	115	97	82	144
29	87	121	82	164	158	90	140	106	84	133	63	137
30	52		208	116	175	129	107	60	69	157	104	86
31	157		178		138		106	74		209		131
Veces	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tiempo	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0

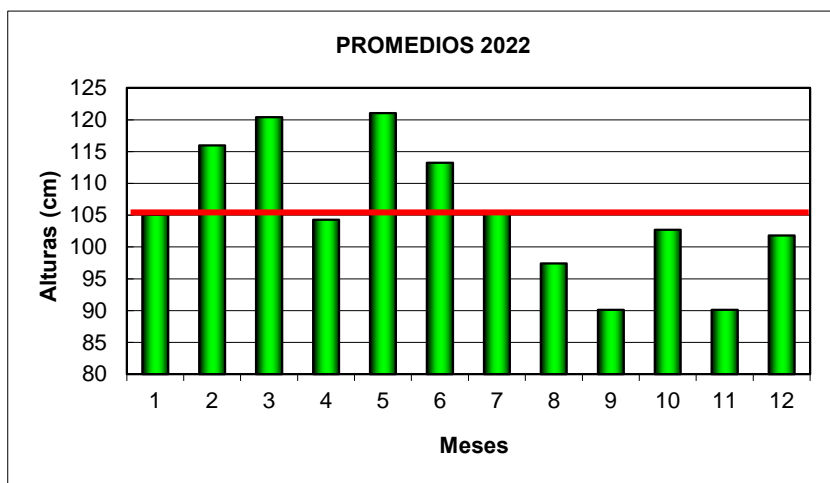


Figura 2. Niveles medios mensuales para el año 2022. Las columnas indican el nivel medio mensual y la línea roja indica el nivel medio anual de 105,6 cm.

Tabla 2. Valores de los niveles medios mensuales y promedio anual 2022.

MESES	Nivel medio (en cm.)
Enero	105,1
Febrero	116,0
Marzo	120,4
Abril	104,3
Mayo	121,0
Junio	113,2
Julio	105,4
Agosto	97,4
Setiembre	90,1
Octubre	102,7
Noviembre	90,1
Diciembre	101,8
Nivel medio anual	105,6

Los meses de mayo, marzo y febrero fueron los que presentaron mayores promedios, mientras que los meses de setiembre y noviembre fueron los que presentaron el menor nivel promedio para el año 2022.

Niveles Medios Mensuales y Anual Acumulados en 28 años

Los meses que presentaron los mayores promedios mensuales acumulados en el período de 28 años fueron febrero, marzo, abril y mayo; superando todos los 105 cm. Los meses con menores promedios fueron setiembre y octubre (correspondientes a primavera, no superando los 95,5 cm) (Fig. 3).

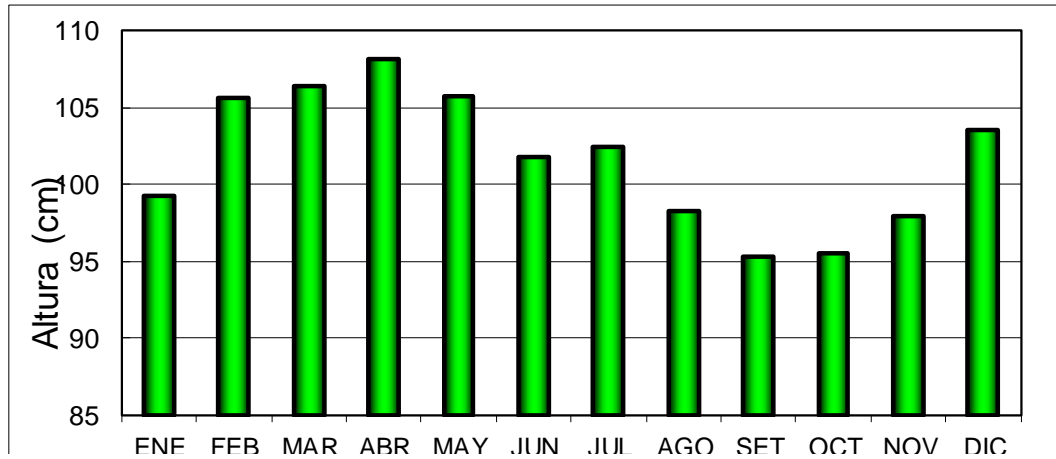


Figura 3. Niveles medios mensuales acumulados para los años 1995 - 2022.

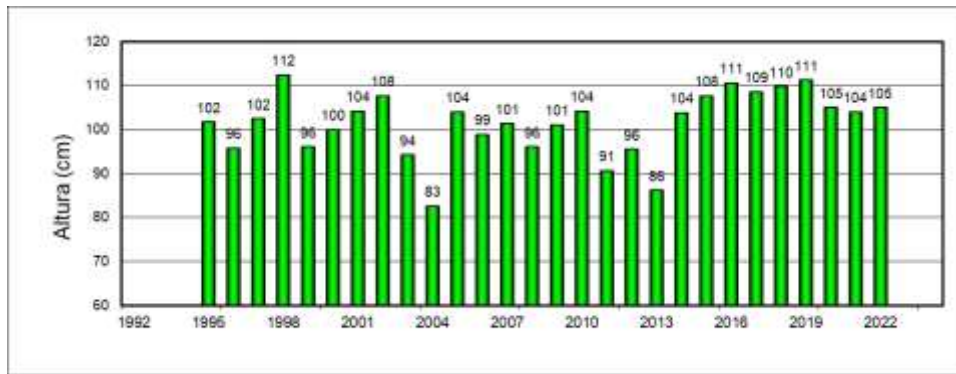


Figura 4. Niveles medios anuales para los 28 años analizados (1995 – 2022).

De los 28 años analizados se observó que el año 1998 presentó el nivel promedio más elevado con 112,4 cm (Fig. 4), seguido por los años 2016 y 2019. El promedio anual más bajo correspondió a los años 2004 y 2013 con 83 y 86 cm respectivamente. Se observa también que los últimos 9 años presentaron un promedio anual igual o superior a los 104 cm.

Máximos y Mínimos Mensuales y Anuales en el 2022

De los valores horarios mensuales se identificaron los máximos y mínimos alcanzados por las aguas del Río de la Plata, Punta Lobos, Montevideo. Esto se realizó para cada mes del año 2022 y se identificaron los máximos y mínimos valores horarios anuales. En los meses de mayo y octubre se registraron los valores máximos anuales (Fig. 5; Tabla 3). En contraposición el menor máximo registrado correspondió al mes de noviembre.

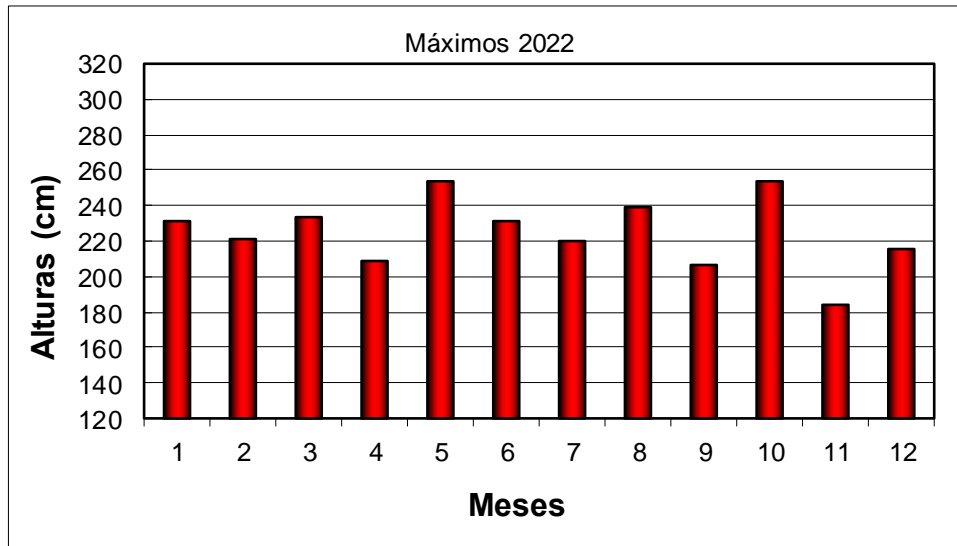


Figura 5. Máximos absolutos mensuales registrados para Montevideo en el año 2022.

Tabla 3. Valores de los niveles máximos y mínimos mensuales expresados en centímetros. En negrita se resaltan el máximo y el mínimo del año 2022

MESES	Máximo	Mínimo
Enero	231	26
Febrero	221	42
Marzo	233	-12
Abril	209	13
Mayo	254	26
Junio	231	36
Julio	220	14
Agosto	239	9
Setiembre	206	11
Octubre	254	10
Noviembre	184	5
Diciembre	215	20

La figura 6 muestra los niveles mínimos absolutos por mes para el año 2022.

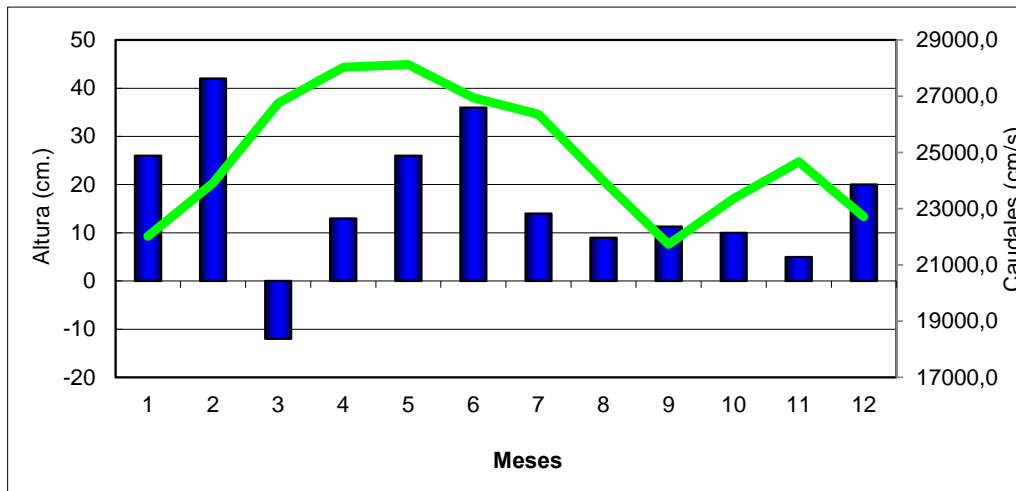


Figura 6. Mínimas alturas del agua (eje izquierdo, columnas azules) en la estación Punta Lobos, y promedio de caudales evacuados en 56 años; calculados del Río de la Plata (eje derecho, línea continua verde) registrados para cada mes del año 2022.

El valor mínimo absoluto registrado en el año 2022 fue de -12 centímetros sobre la cota cero de la escala. El mismo ocurrió en el mes de marzo. En el mes de noviembre se registró el segundo valor mínimo mensual. El mes que presentó valor mínimo más elevado para el año 2022 fue febrero. Con respecto al promedio mensual de los caudales evacuados se observó que setiembre, enero y diciembre, fueron los mínimos registrados.

Máximos y Mínimos Mensuales y Anuales Acumulados para 28 años.

El máximo absoluto registrado en un período de 28 años correspondió al mes de febrero seguido por los meses de junio y octubre. El mes de julio presentó el menor valor de máximo registrado (Fig. 7).

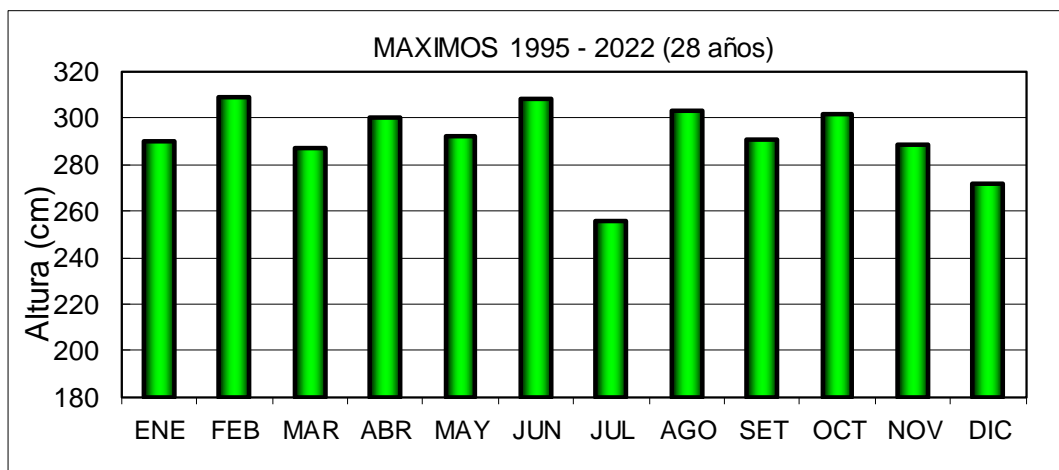


Figura 7. Máximos absolutos para cada mes tomando 28 años de datos en Montevideo.

En la figura 8 se muestran los niveles mínimos absolutos de cada mes registrados en los 28 años analizados. Los mínimos extremos correspondieron a los meses de setiembre y julio. Con respecto a los mínimos más elevados correspondieron a los meses de diciembre y febrero.

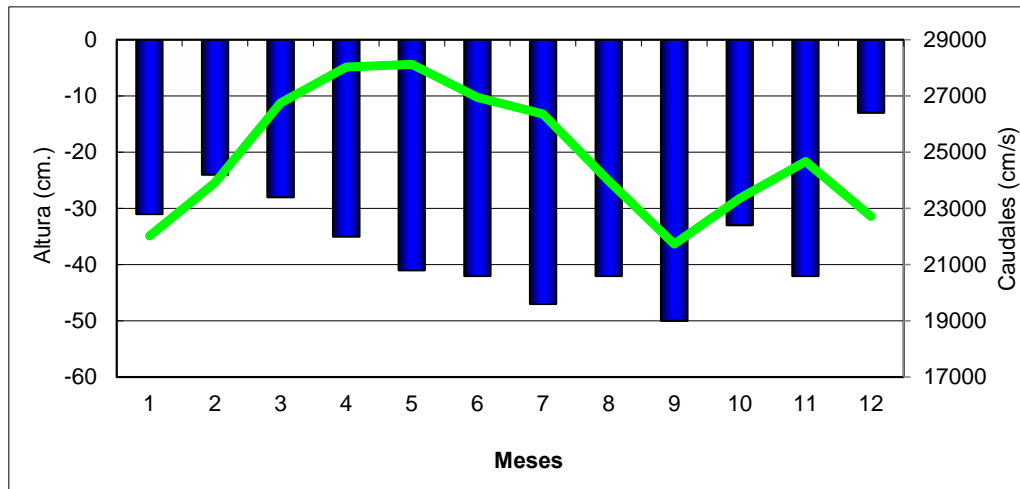


Figura 8. Mínimas alturas absolutas registradas en la estación Punta Lobos discriminadas por meses del año totalizando 28 años analizados (1995 - 2022).

CAPÍTULO II.-

Valores Mensuales de Permanencias de Cotas para el año 2022 y acumuladas en 28 años.

El cálculo 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 cero “0” del Sensor del Mareógrafo), esas cotas fueron determinándose a intervalos de 10 cm entre la cota - 50 cm hasta la cota 300 cm.

Los valores obtenidos para cada intervalo, se sumaron agrupados por meses, determinándose el porcentaje que le corresponde de tiempo cubierto para el año 2022. Posteriormente se realizó el cálculo de Permanencia acumulada para los años 1995 – 2022, en función de la misma escala de cotas (intervalos de 10 cm entre la cota -50 cm hasta 300 cm).

La Tabla 4 muestra la permanencia del nivel de las aguas por cada mes (año 2022), expresadas en horas, en tanto que en la última fila indica el porcentaje total para cada cota para todos los meses tomando como base 8760 horas. Mientras que la figura 9 representa la curva de permanencia que corresponde al período 2022 (cotas en función de porcentaje cubierto). La figura 10 muestra la curva de permanencia acumulada para los 28 años analizados en su conjunto en este estudio.

Para el año 2022 se observó que un 99.9% de las veces los niveles se ubicaron cubriendo la cota de 0 cm, solamente 9 horas en todo el año 2022, la cota de 0 centímetros quedó al descubierto.

Mientras que un 96,8% de las veces, la cota de +40 cm permaneció cubierta, y un 94% de las veces, la cota de +50 cm permaneció cubierta por las aguas.

Para los 28 años analizados se observó que un 99,9% de las veces, los niveles se ubicaron cubriendo la cota de -40 cm, y un 96,8% de las veces los niveles se ubicaron por encima de la cota de +30 cm. Mientras que un 47,8% 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 300 centímetros para el año 2022.

MESES	COTAS											
	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60
ENERO	744	744	744	744	744	744	744	744	739	733	717	671
FEBRERO	672	672	672	672	672	672	672	672	672	672	663	637
MARZO	744	744	744	744	740	735	727	719	715	708	696	680
ABRIL	720	720	720	720	720	720	720	718	714	705	688	660
MAYO	744	744	744	744	744	744	744	744	742	733	712	698
JUNIO	720	720	720	720	720	720	720	720	720	718	704	677
JULIO	744	744	744	744	744	744	744	741	734	716	695	656
AGOSTO	744	744	744	744	744	744	742	735	725	706	679	631
SETIEMBRE	720	720	720	720	720	720	720	717	708	687	649	590
OCTUBRE	744	744	744	744	744	744	743	738	734	720	686	622
NOVIEMBRE	720	720	720	720	720	720	717	714	700	673	622	555
DICIEMBRE	744	744	744	744	744	744	744	743	736	708	670	618
SUMAS	8760	8760	8760	8760	8756	8751	8737	8705	8639	8479	8181	7695
PORCENTAJES	100,00	100,00	100,00	100,00	99,95	99,90	99,74	99,37	98,62	96,79	93,39	87,84

MESES	COTAS											
	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
ENERO	607	529	431	336	272	187	146	129	114	91	62	48
FEBRERO	594	541	479	417	368	289	225	169	121	87	65	42
MARZO	664	631	564	499	443	356	295	239	182	137	96	80
ABRIL	599	544	464	380	311	213	144	86	68	47	30	20
MAYO	670	622	548	473	410	331	270	201	165	131	110	76
JUNIO	643	596	515	427	352	270	201	141	86	62	53	48
JULIO	594	545	473	383	325	236	171	135	101	68	48	29
AGOSTO	570	495	401	317	235	163	119	86	72	51	37	28
SETIEMBRE	517	405	294	214	173	117	81	68	56	43	33	24
OCTUBRE	559	453	382	326	272	218	188	147	108	83	66	48
NOVIEMBRE	492	410	314	235	184	142	117	96	68	38	16	2
DICIEMBRE	571	510	438	367	302	223	179	132	96	57	40	19
SUMAS	7080	6281	5303	4374	3647	2745	2136	1629	1237	895	656	464
PORCENTAJES	80,82	71,70	60,54	49,93	41,63	31,34	24,38	18,60	14,12	10,22	7,49	5,30

MESES	COTAS											
	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300
ENERO	41	33	22	10	1	0	0	0	0	0	0	0
FEBRERO	28	12	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
MARZO	62	40	23	12	4	0	0	0	0	0	0	0
ABRIL	10	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAYO	58	48	42	28	18	12	5	0	0	0	0	0
JUNIO	44	34	27	14	1	0	0	0	0	0	0	0
JULIO	19	12	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
AGOSTO	22	18	7	6	2	0	0	0	0	0	0	0
SETIEMBRE	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OCTUBRE	41	33	20	16	7	2	2	0	0	0	0	0
NOVIEMBRE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DICIEMBRE	9	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUMAS	342	241	151	88	33	14	7	0	0	0	0	0
PORCENTAJES	3,90	2,75	1,72	1,00	0,38	0,16	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

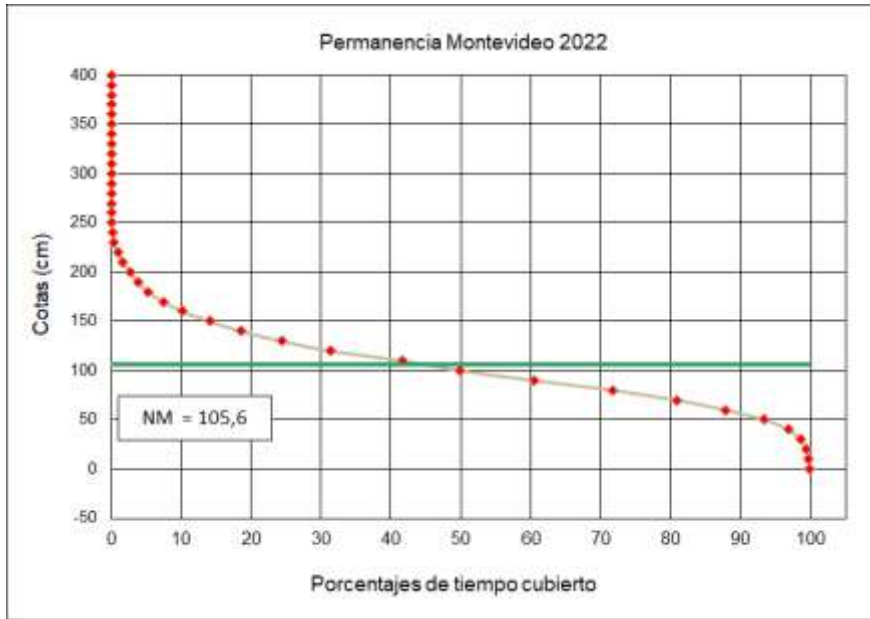


Figura 9. Curva de Permanencia para Montevideo. La línea verde indica el nivel medio (NM) para el año 2022.

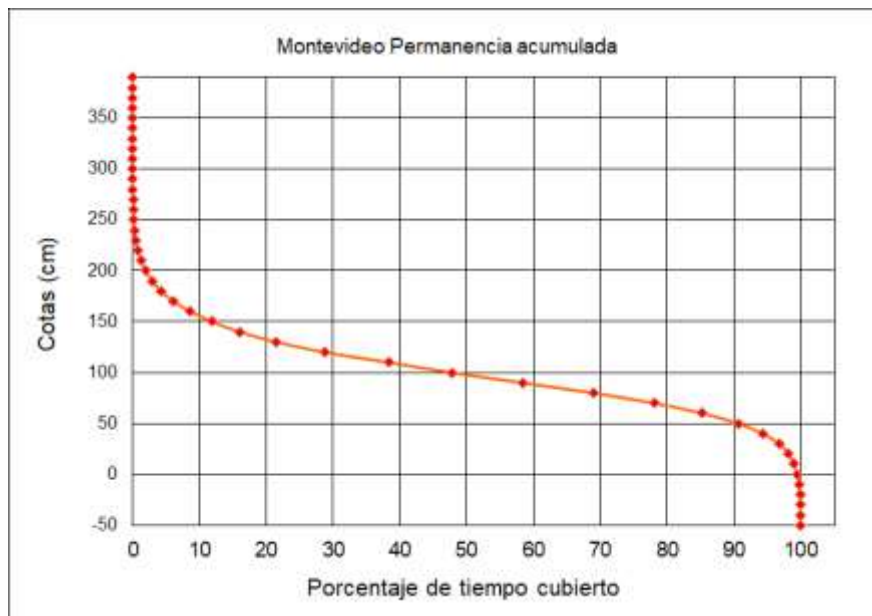


Figura 10. Curva de Permanencia acumulada para Montevideo considerando los años 1995 - 2022.

Tabla 5. Frecuencia de alturas horarias para la estación Punta Lobos año 2022. Número de casos separados por mes.

FRECUENCIA NIVELES HORARIOS

Montevideo 2022

Intervalo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	TOTAL	%
-50 - -41													0	0,00
-40 - -31													0	0,00
-30 - -21													0	0,00
-20 - -11			4										4	0,05
-10 - -01			5										5	0,06
0 - 09			8					2		1	3		14	0,16
10 - 19			8	2			3	7	3	5	3	1	32	0,37
20 - 29	5		4	4	2		7	10	9	4	14	7	66	0,75
30 - 39	6		7	9	9	2	18	19	21	14	27	28	160	1,83
40 - 49	16	9	12	17	21	14	21	27	38	34	51	38	298	3,40
50 - 59	46	26	16	28	14	27	39	48	59	64	67	52	486	5,55
60 - 69	64	43	16	61	28	34	62	61	73	63	63	47	615	7,02
70 - 79	78	53	33	55	48	47	49	75	112	106	82	61	799	9,12
80 - 89	98	62	67	80	74	81	72	94	111	71	96	72	978	11,16
90 - 99	95	62	65	84	75	88	90	84	80	56	79	71	929	10,61
100 - 109	64	49	56	69	63	75	58	82	41	54	51	65	727	8,30
110 - 119	85	79	87	98	79	82	89	72	56	54	42	79	902	10,30
120 - 129	41	64	61	69	61	69	65	44	36	30	25	44	609	6,95
130 - 139	17	56	56	58	69	60	36	33	13	41	21	47	507	5,79
140 - 149	15	48	57	18	36	55	34	14	12	39	28	36	392	4,47
150 - 159	23	34	45	21	34	24	33	21	13	25	30	39	342	3,90
160 - 169	29	22	41	17	21	9	20	14	10	17	22	17	239	2,73
170 - 179	14	23	16	10	34	5	19	9	9	18	14	21	192	2,19
180 - 189	7	14	18	10	18	4	10	6	16	7	2	10	122	1,39
190 - 199	8	16	22	7	10	10	7	4	7	8		2	101	1,15
200 - 209	11	8	17	3	6	7	9	11	1	13		4	90	1,03
210 - 219	12	3	11		14	13	2	1		4		3	63	0,72
220 - 229	9	1	8		10	13	1	4		9			55	0,63
230 - 239	1		4		6	1		2		5			19	0,22
240 - 249					7								7	0,08
250 - 259					5					2			7	0,08
260 - 269													0	0,00
270 - 279													0	0,00
280 - 289													0	0,00
290 - 299													0	0,00
300 - 309													0	0,00
Sumatoria	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744	8760	100,00

CAPÍTULO III.-

Valores mensuales de Frecuencias para el año 2022 y acumuladas de 28 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, se construyeron las series que corresponden al año 2022 y acumuladas de 28 años (Tabla 5, Figs. 11 y 12).

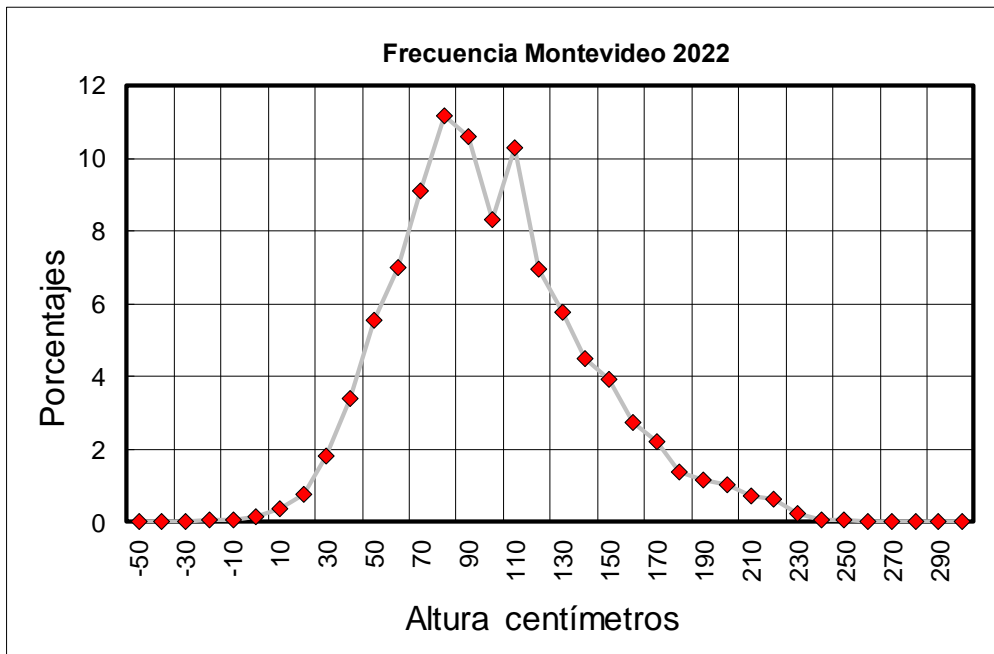


Figura 11. Curva de Frecuencias de Punta Lobos para el año 2022.

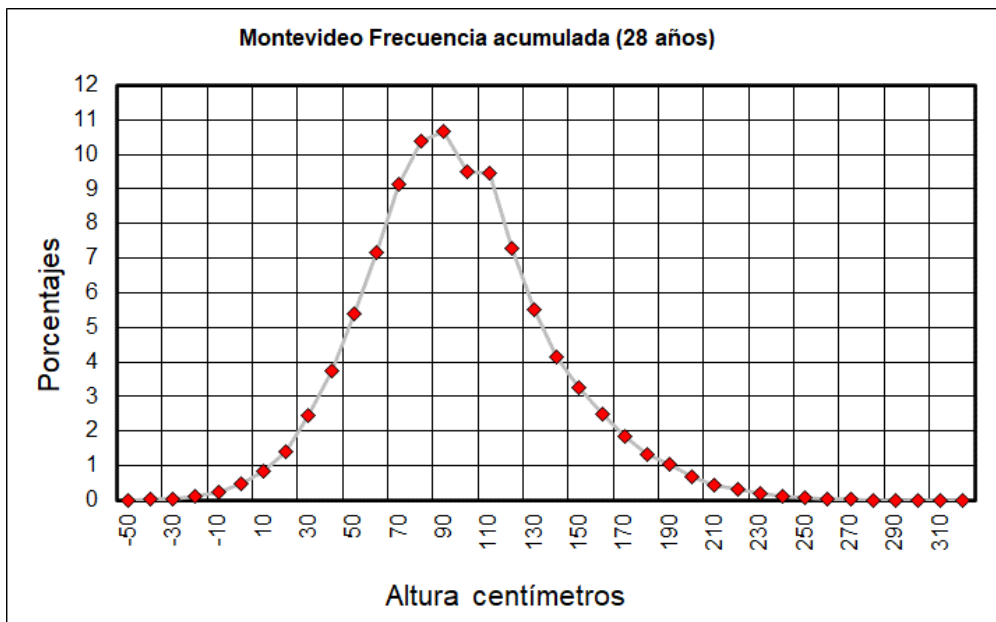


Figura 12. Curva de Frecuencias para los años 1995 - 2022 acumuladas para Punta Lobos.

Para el año 2022 la cota de nivel más frecuente fue la de +80 cm, seguida por la cota +90 y +110 cm (con porcentajes de 11,1%; 10,6% y 10,3% respectivamente). Sin embargo, cuando se toman la totalidad de los años analizados en 28 años, se observó que las mayores frecuencias en porcentaje, se ubicaron en las cotas, +90 cm; +80 cm y +100 cm (con 10,6%; 10,3% y 9,5% respectivamente).

CAPÍTULO IV.-

Conclusiones

De los promedios mensuales de niveles registrados en la estación Punta Lobos en el año 2022 (Fig. 2), 9 meses superaron los 100 centímetros, mientras que los meses que no superaron esa cota fueron agosto, setiembre y noviembre, comportamiento que coincide en parte con el promedio mensual acumulado de 28 años, en los cuales se observó que los meses de enero, setiembre, octubre y noviembre, tampoco superan los 100 cm. Considerando que el nivel medio promedio de las aguas en Montevideo por decreto Presidencial vigente es de 91 centímetros, estos resultados muestran que los promedios mensuales de los últimos 28 años superan por varios centímetros ese valor. Este resultado podría estar evidenciando un aumento de los niveles de descarga de los tributarios al Río de la Plata (Barros, 2005) conjuntamente con un aumento del nivel del mar en la costa Uruguaya (IPPC, 2007; Nagy, et al., 2007).

Con respecto a la distribución mensual de los promedios de niveles para el año 2022, los resultados mostraron que los meses de agosto, setiembre y noviembre, presentaron niveles por debajo de los 100 cm coincidiendo los meses de agosto, setiembre y noviembre, con el acumulado de 28 años y con las menores descargas del Río de la Plata tomadas durante 56 años.

Comparando el promedio anual para el año 2022 de 105,6 cm con el nivel medio del mar en Montevideo de 91,0 cm, se observa una diferencia de 14,6 cm. Si se compara con el promedio general de los 28 años analizados de 101,6 cm la diferencia es de 3,8 cm. Esta diferencia es menor que la observada en el 2022 realizada cuando se compara con el decreto presidencial del año 1949. Una explicación a esta gran diferencia podría ser que los años utilizados para calcular esos promedios fueron diferentes (en el primer caso el período analizado fue anterior al año 1949 y en el segundo caso fue desde el año 1995 al 2022). De manera indirecta estos resultados podrían estar evidenciando un aumento general de los niveles para el segundo período analizado (1995 – 2022 en este trabajo)

A nivel mundial, la fase fría de los eventos ENSO (números en azul figura 13) se caracteriza por una serie de fenómenos climáticos que son puntuales y diferentes para cada región.

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
2022	-1.0	-0.9	-1.0	-1.1	-1.0	-0.9	-0.8	-0.9	-1.0	-1.0	-0.9	-0.8
2023	-0.7	-0.4	-0.2									

Figura 13. Oceanic Niño Index (ONI). Los números en rojo indican trimestres del 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

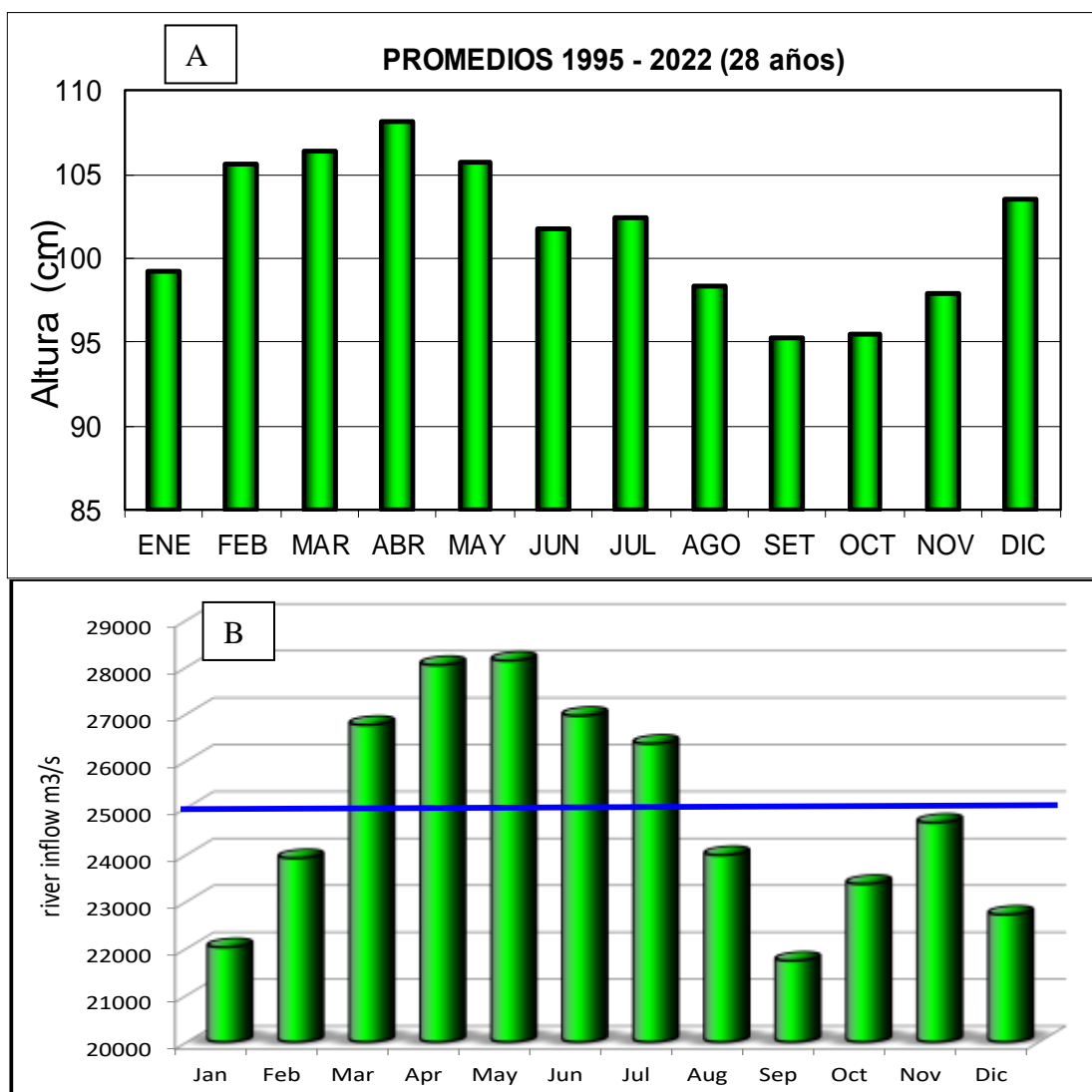
Particularmente todo el año 2022 a nivel mundial, evidenciaron un índice Oceánico del Niño con valores negativos, lo que se traduciría en fenómenos de sequía en nuestra región (Fig. 13), esto se traduce en una disminución de las precipitaciones en esos meses (Fig. 14).



Figura 14. Consecuencias regionales del fenómeno del niño a nivel mundial, tomado de: https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/impacts/warm_impacts.shtml

Específicamente para el Uruguay en el año 2022 comenzó a desarrollarse una sequía que termino siendo récord en 80 años y que afecto no solamente la producción agrícola-ganadera del país, sino que comprometió el abastecimiento de agua potable de la ciudad de Montevideo. Esto coincide con los trimestres en color azul (fase fría del evento ENSO) (ver figura 13). El promedio de niveles para los años 2020, 2021 y 2022 fueron muy similares, evidenciando que las precipitaciones en la cuenca de los Ríos Paraná y Uruguay fueron similares para estos 3 años.

Los promedios de los niveles mensuales de los 28 años analizados en este trabajo presentaron similar tendencia mensual que los caudales de descarga del Río de la Plata registrados durante 56 años (Figs. 16 A y B). Se observan dos picos asimétricos a lo largo de los 12 meses del año, con valores del pico máximo en el mes de abril y el segundo pico menos elevado, en diciembre. Estos meses (febrero, marzo, abril y mayo) fueron los que presentaron mayores promedios acumulados más elevados en 28 años, coincidiendo en parte con los meses que presentaron los mayores caudales promedio de descarga del Río de la Plata. Este resultado refuerza la relación positiva que existiría entre los caudales de descarga y los niveles en Montevideo.



Figuras 16. (A). Promedios mensuales (28 años) de los niveles del agua tomados en la estación Punta Lobos (Montevideo), 16 (B). Promedios mensuales (56 años) de los caudales de descarga calculados para el Río de la Plata aportados por el Instituto Nacional del Agua (Argentina).

Otros investigadores (Barros et al., 2005; Bidegain et al., 2005) han reportado que los meses de otoño (marzo a mayo) son los que el Río de la Plata presenta niveles más elevados debido al alto caudal de descarga que proviene de las lluvias en la cuenca del Río Paraná. Siendo este Río el que contribuye en un 75% al caudal total del Río de la Plata (Fig.16A). Los promedios mensuales del año 2022 mostraron en parte un comportamiento similar al acumulado de 28 años, con excepción del mes de abril el cual tuvo un promedio de 104,3 cm, un poco por debajo del promedio acumulado de 28 años de datos (108 cm).

Analizando los valores máximos absolutos del año 2022, se observó que los meses de mayo y octubre fueron los que registraron los valores máximos anuales (con más de 250 cm. sobre el cero de la escala). Estos máximos registrados en el año 2022 coincidieron con la presencia de eventos extremos de viento soplando con componente sur sobre la costa uruguaya registrado por la estación de Punta Brava perteneciente al Departamento de Meteorología del SOHMA. En relación

a los caudales de descarga del Río de la Plata, la estadística mostró que en mayo el promedio de caudales fue el más elevado en 56 años de datos.

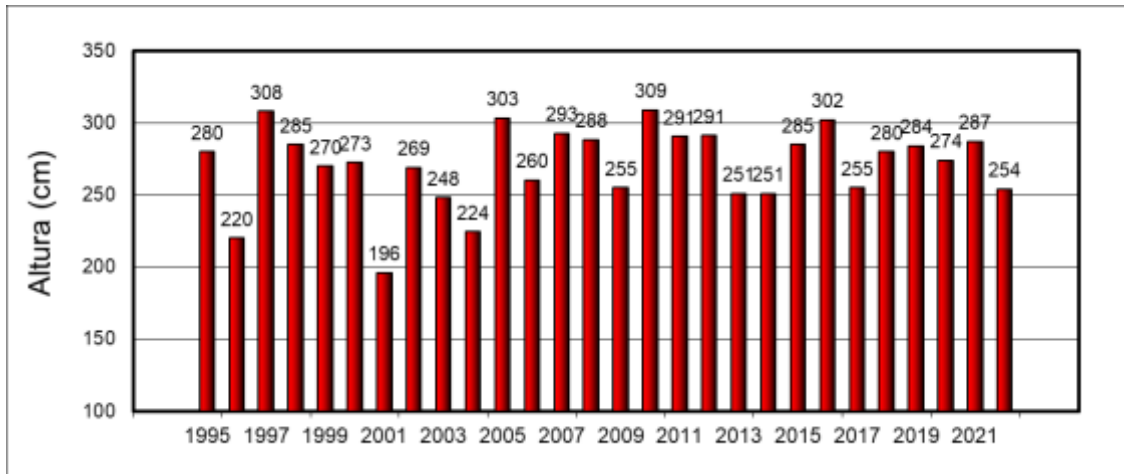


Figura 17. Valores máximos anuales tomados de los 28 años analizados.

Cuando se analizaron los niveles máximos absolutos de los 28 años acumulados, se observó que (Fig. 17) a excepción de los años 2001 y 2004, todos los demás años presentaron valores que superaron cota de los 245 centímetros. Es de destacar que de los 28 años analizados solamente un 0.15% del tiempo, se superó la cota de los 250 cm. Esto podría estar explicando que la manifestación de esos máximos se produciría puntualmente y por poco tiempo, pudiendo estar muy vinculados a los eventos extremos que ocurren en nuestra costa.

Analizando los mínimos anuales del año 2022, el mes en el que se registró el mínimo valor absoluto fue marzo (con -12 centímetros). Ese año, los mínimos mensuales fueron muy dispares (desde un mínimo de 42 centímetros en febrero hasta el mínimo de marzo). Según la estadística de caudales del río de la Plata (56 años) marzo, es uno de los meses que se encontraron dentro de los promedios más altos de descarga de tomados por mes. Este mínimo registrado en marzo, no coincidiría en parte con lo esperado para esa época del año. Por el contrario, el mes del año 2022 que presentó el mínimo más elevado fue febrero, mes este que coincidiría en parte con los promedios más bajos de los caudales de descarga del Río de la Plata.

Para el período de 28 años acumulados, los meses que presentaron los valores más bajos de mínimos fueron: setiembre y julio. Estos resultados coinciden en parte con la distribución mensual promedio de los caudales del Río de la Plata en los cuales el caudal acumulado del mes de setiembre se encuentra muy por debajo del promedio de caudales (Fig. 8).

Con respecto a las frecuencias acumuladas para los 28 años de datos, se observó que disminuyen lentamente hacia las dos colas del gráfico que presentó una distribución normal. Tanto las cotas positivas de los +200 cm como las negativas (+10 cm y menores) presentaron una frecuencia de 0% con décimas. Es de destacar que la cota de los 290-300 centímetros (considerada de peligro para muchas empresas, instituciones y planes de emergencia) el agua la alcanzó 16 horas, reforzando estos datos, la teoría de que estas cotas se alcanzan solamente durante eventos extremos muy fuertes que afectan la costa de Montevideo.

Los valores de frecuencias, permanencias y cotas alcanzadas en la estación Punta Lobos (Montevideo) han ido cambiando y se han ido ajustando presentando a veces niveles extremos.

Uno de los objetivos de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) implementado a través de uno de sus programas (Sistema de Observación Global de los Océanos) (GOOS) es realizar un monitoreo permanente de los niveles, para tener una larga serie a través del tiempo. Esto se ve reforzado con la suma de años a la estadística, los resultados van adquiriendo mayor porcentaje de seguridad y menor porcentaje de error. Las tendencias obtenidas en base a esas observaciones serán más confiables que las realizadas con series de datos de pocos años. 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.

Conociendo la estacionalidad de la descarga de caudales del Río de la Plata se podría prever los niveles alcanzados por las aguas en eventos extremos (sudestadas). La ocurrencia de eventos ENSO (el Niño – La Niña) es otra variable a tener en cuenta en el momento de prevenir los eventos de inundaciones en la costa de Montevideo, dado que, con niveles del Río de la Plata más elevados, los eventos extremos que normalmente no causarían daño, en esas condiciones se vuelven más peligrosos.

AGRADECIMIENTOS

Al Jefe del Departamento de Oceanografía Capitán de Fragata (CG) Niki Silvera por alentar la realización de este trabajo.

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