



ANEXO A

COMISION ADMINISTRADORA DEL RIO URUGUAY



Comisión Administradora
del Río Uruguay

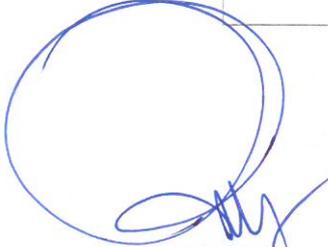
**“PROYECTO DE DRAGADO Y BALIZAMIENTO DEL RÍO URUGUAY DESDE EL KM
0 AL KM 187,1, INCLUYENDO EL CANAL DE ACCESO AL PUERTO DE
CONCEPCIÓN DEL URUGUAY Y LOS CANALES ENTRE EL KM 187,1
Y EL KM 206,8 PUERTO DE PAYSANDÚ”
(LICITACIÓN PÚBLICA BINACIONAL Nº 01/11)**

INFORME DE ETAPA 2

II. PROYECTO

Anexo II-1: Análisis de Niveles Hidrométricos

MAYO 2013


EIH estudio de ingeniería hidráulica s.a.

 **INCOCIV**
CONSULTORA

CONSORCIO EIH-INCOCIV
Av. Belgrano 1378 – CABA – República Argentina
TEL: +54 11 5272-5101 a 04 - eih@eihsa.com

“PROYECTO DE DRAGADO Y BALIZAMIENTO DEL RÍO URUGUAY DESDE EL KM 0 AL
KM 187,1, INCLUYENDO EL CANAL DE ACCESO AL PUERTO DE CONCEPCIÓN
DEL URUGUAY Y LOS CANALES ENTRE EL KM 187,1
Y EL KM 206,8 PUERTO DE PAYSANDÚ”.

INFORME DE ETAPA 2

II. PROYECTO

Anexo II-1: Análisis de Niveles Hidrométricos

Mayo 2013

1. PROCESAMIENTO DE DATOS HIDROMETRICOS	1
1.1 FUENTE Y DISPONIBILIDAD DE DATOS	1
1.2 COTAS DE CEROS DE ESCALA	5
1.3 SISTEMATIZACION Y PROCESAMIENTO	6
1.3.1 CURVAS DE DURACIÓN DE NIVELES	7
1.3.2 NIVELES DE REFERENCIA	16
1.3.3 CORRELACIONES ENTRE PUESTOS HIDROMÉTRICOS	17

**“PROYECTO DE DRAGADO Y BALIZAMIENTO DEL RÍO URUGUAY DESDE EL KM 0 AL
KM 187,1, INCLUYENDO EL CANAL DE ACCESO AL PUERTO DE CONCEPCIÓN
DEL URUGUAY Y LOS CANALES ENTRE EL KM 187,1
Y EL KM 206,8 PUERTO DE PAYSANDÚ”**

INFORME DE ETAPA 2

II. PROYECTO

Anexo II-1: Análisis de Niveles Hidrométricos

1. PROCESAMIENTO DE DATOS HIDROMETRICOS

1.1 FUENTE Y DISPONIBILIDAD DE DATOS

Los organismos que tienen a su cargo el registro de los niveles hidrométricos del río son la DNVN (Dirección Nacional de Vías Navegables) en Argentina y DINAGUA (Dirección Nacional de Aguas) en Uruguay.

En tal sentido se solicitó a dichos organismos los datos hidrométricos del tramo bajo estudio, considerando el período en que se encuentra en operación la presa de Salto Grande, desde 1980 a la fecha, ya que la misma influye sobre la magnitud de los caudales aguas abajo.

Para los puestos hidrométricos argentinos se cuenta con los registros de niveles de los siguientes sitios:

Puesto Hidrométrico	Inicio	Fin
Boca Gualaguaychú	01/01/1982	31/12/2011
Campichuelo	01/01/1982	31/12/2011
Concepción del Uruguay	01/01/1982	31/12/2011
Colón	01/01/1982	31/12/2011

Respecto a los puestos hidrométricos de la margen uruguaya, se obtuvieron de DINAGUA los datos de niveles correspondientes a Fray Bentos, Nueva Palmira, Paysandú y Salto, cubriendo los siguientes períodos:

Puesto Hidrométrico	Inicio	Fin
Nueva Palmira	01/01/1980	31/12/2010
Fray Bentos	01/01/1980	31/12/2010
Paysandú	01/01/1980	31/12/2010
Salto	01/01/1980	31/12/2010

Respecto a los datos de los puestos de Nuevo Berlín y Puerto Aldao, las mediciones en los mismos han sido discontinuadas. No obstante se han solicitado los registros históricos a los efectos de integrarlos a la base de datos del proyecto.

En los puestos hidrométricos argentinos se registra un dato diario, mientras que en los puestos uruguayos la frecuencia de registro ha sido variable, un dato diario, varios registros en el día o cada hora. También hay diferencias en los horarios en que dichos datos se han registrado. Estas variaciones en la frecuencia y horario de medición se observan en distintos períodos dentro de un mismo puesto hidrométrico. En particular los datos de Nueva Palmira y Fray Bentos presentan registros horarios, debido al efecto mareológico provocado por el movimiento de las aguas del Río de la Plata.

En las siguientes tablas se muestra la cantidad de días con datos faltantes para cada una de las estaciones de medición:

Año	Cantidad de días con datos faltantes (Hidrómetros margen argentina)			
	Boca Gualeguaychú	Campichuelo	Concepción del Uruguay	Colón
1982	0	35	0	0
1983	9	2	0	0
1984	1	4	0	0
1985	365	1	0	0
1986	73	0	0	0
1987	0	0	0	0
1988	0	0	0	0
1989	0	2	0	0
1990	0	13	0	0
1991	0	0	0	0
1992	1	0	1	0
1993	3	1	0	0
1994	0	1	0	0
1995	0	0	0	0
1996	0	0	1	0
1997	0	43	0	2
1998	2	0	0	0
1999	0	0	0	0
2000	0	69	0	5
2001	0	8	0	0
2002	0	6	0	0
2003	0	7	0	0
2004	0	2	0	0
2005	0	0	0	1
2006	0	0	0	0
2007	0	2	0	5
2008	0	2	0	0
2009	0	2	0	1
2010	0	1	0	0
2011	0	1	0	0
Total faltante	454	201	2	14
Total días (*)	10.950	10.950	10.950	10.950
% faltante	4,1%	1,8%	0,0%	0,1%

(*) estimado sobre 365 días / año

Tabla 1: Cantidad de días sin datos en hidrómetros margen argentina

Año	Cantidad de días con datos faltantes (Hidrómetros margen uruguay)			
	Nueva Palmira	Paysandú	Fray Bentos	Salto
1980	0	0	366	0
1981	0	0	244	0
1982	0	0	243	0
1983	0	0	0	0
1984	90	0	0	0
1985	151	0	0	0
1986	13	0	0	0
1987	4	0	0	0
1988	4	0	12	0
1989	27	0	133	0
1990	21	0	4	0
1991	23	0	6	0
1992	0	16	0	0
1993	13	8	0	0
1994	0	0	0	0
1995	92	0	14	0
1996	98	0	31	0
1997	0	0	0	0
1998	11	0	0	0
1999	1	29	0	0
2000	100	212	0	0
2001	365	23	0	0
2002	136	0	0	1
2003	0	0	27	124
2004	0	183	0	0
2005	0	244	0	66
2006	5	7	0	0
2007	0	0	0	66
2008	0	0	0	106
2009	0	0	0	365
2010	1	0	96	365

Total faltante	1.155	722	1.176	1.093
Total días (*)	11.315	11.315	11.315	11.315
% faltante	10,2%	6,4%	10,4%	9,7%

(*) estimado sobre 365 días / año

Tabla 2: Cantidad de días sin datos en hidrómetros margen uruguay

En los gráficos siguientes se muestran el faltante de datos expresado en porcentaje sobre el período total de registro utilizado.

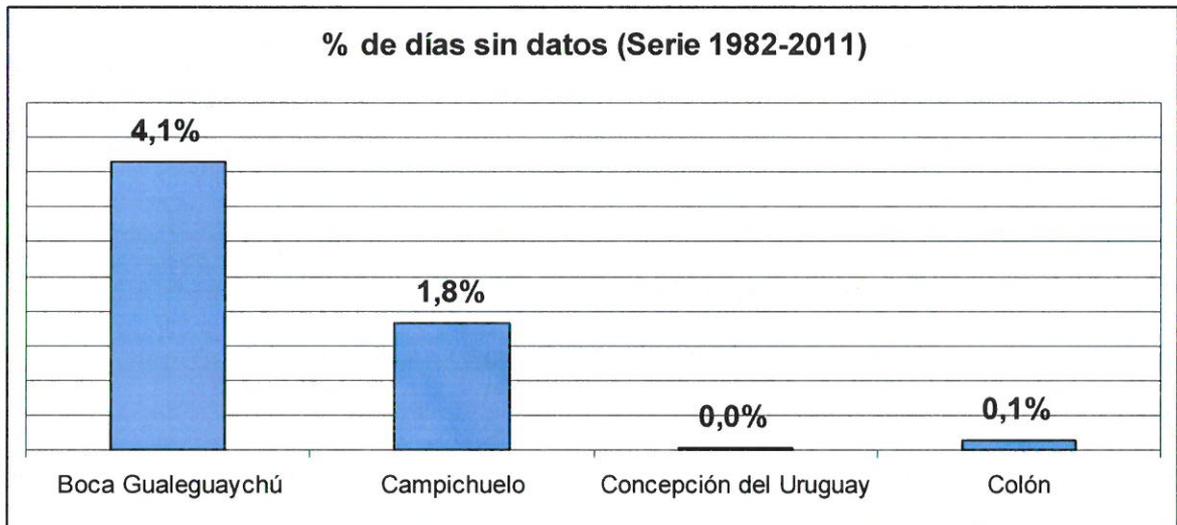


Figura 1: Porcentaje de días sin datos en hidrómetros margen argentina

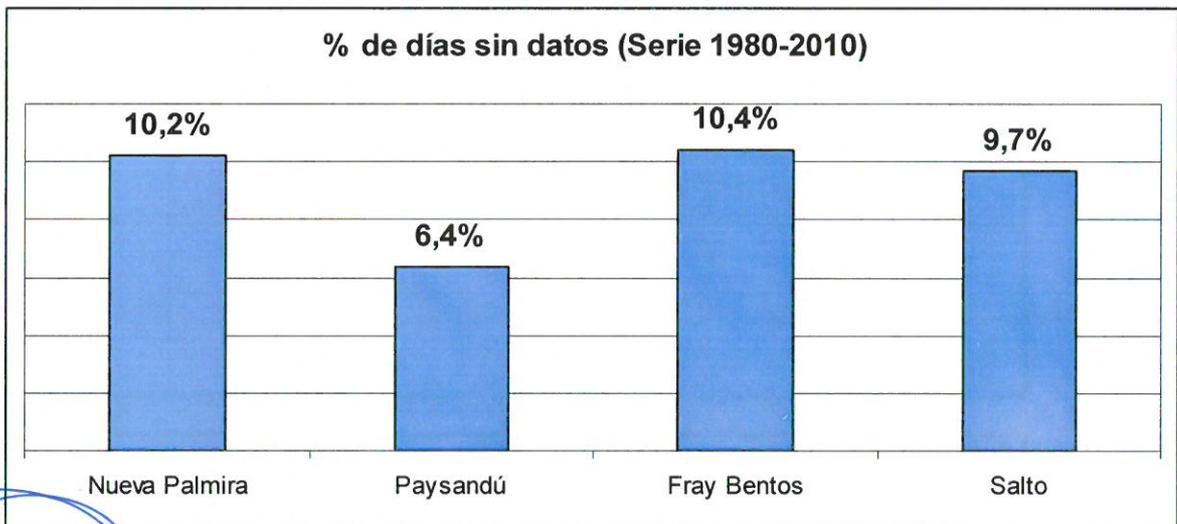


Figura 2: Porcentaje de días sin datos en hidrómetros margen uruguay

Como puede apreciarse existe un bajo porcentaje de datos faltantes, por lo cual las series disponibles constituyen una muy buena base para los fines del presente estudio.

1.2 COTAS DE CEROS DE ESCALA

Las cotas correspondientes a los ceros de cada escala, referidas al cero del Riachuelo (cota MOP) se indican en el cuadro siguiente:

Hidrómetro	Progresiva (Km)	Cota del cero de escala (m MOP)
Boca Gualeguaychú	93,8	0,371
Campichuelo	160,6	0,448
Concepción del Uruguay	186,6	0,478
Colón	219,6	0,453

Tabla 3: Cotas MOP de estaciones hidrométricas argentinas

Hidrómetro	Progresiva (Km)	Cota Wharton del cero de escala (m)	Diferencia Cero Wharton – Cero Riachuelo (MOP)	Cota del cero de escala (m MOP)
Nueva Palmira	4,1	0,72	0,1367 (*)	0,58
Fray Bentos	98,7	0,55		0,41
Paysandú	206,8	1,02		0,88
Salto	333,0	1,98		1,84

Tabla 4: Cotas MOP de estaciones hidrométricas uruguayas

Fuentes de Información:

- CARU - Estudio UE, Proyecto Ar/B7-3100/IB/98/0143, Informes TEC NAV 7 y TEC NAV 8, con base de datos proporcionados por la Delegación Uruguay de la DNVN (RA).
- Cartas Náuticas del Servicio de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología de la Armada – SOHMA (ROU).
- (*) Acta N° 1 / 86 – Reunión de Trabajo N° 2 – Ratificación de ceros y establecimiento de planos de reducción en el Río de la Plata – Servicio de Hidrografía Naval (RA) [trabajo conjunto con el Servicio de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología de la Armada (ROU)]
- Información proporcionada por el Departamento de Hidrología de DINAGUA, MVOTMA (ROU).

Las cotas de ceros de escala son utilizadas a los efectos de la conversión de las lecturas de escala para expresar los niveles del río en cotas referidas al cero MOP, para su utilización en los modelos matemáticos hidrodinámicos y sedimentológicos que forman parte del presente estudio.

1.3 SISTEMATIZACION Y PROCESAMIENTO

La información obtenida fue ordenada, compatibilizada y procesada a los distintos fines del proyecto.

Los niveles hidrométricos sirven a dos objetivos principales:

- a) Modelación: se requieren series de niveles en determinados períodos de tiempo a los fines de alimentar los modelos en sus condiciones de borde y para calibración y validación de resultados de tales modelaciones. Estas series de tiempo se eligen de manera que se tenga una buena disponibilidad de datos en forma conjunta.
- b) Niveles de referencia: a los efectos de determinar los requerimientos de dragado deben establecerse las profundidades necesarias para que la navegación pueda realizarse en las condiciones de proyecto establecidas, y tales profundidades deben ser medidas a partir de cierto nivel, que en el presente estudio ha sido fijado en aquel valor que tiene una permanencia del 90% en base a la serie histórica registrada en el período 1980 a la fecha. La siguiente figura ilustra al respecto:

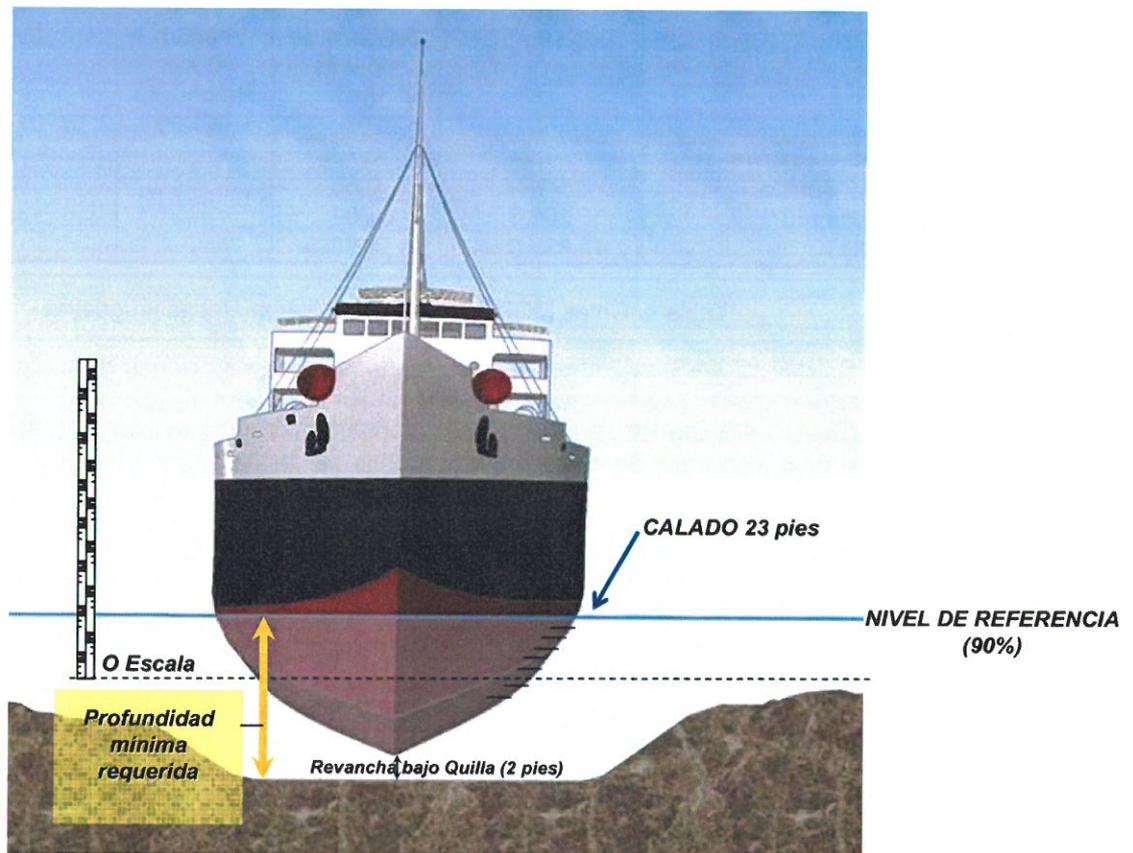


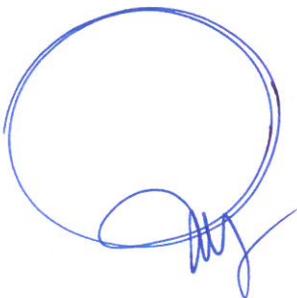
Figura 3: Nivel de referencia

Se presenta a continuación el resultado del procesamiento de las series de datos hidrométricos en cuanto a la determinación de los niveles de referencia del proyecto. A tal fin, se elaboraron las curvas de permanencia de niveles y se analizó la bondad de la información utilizada mediante correlaciones entre las estaciones de medición.

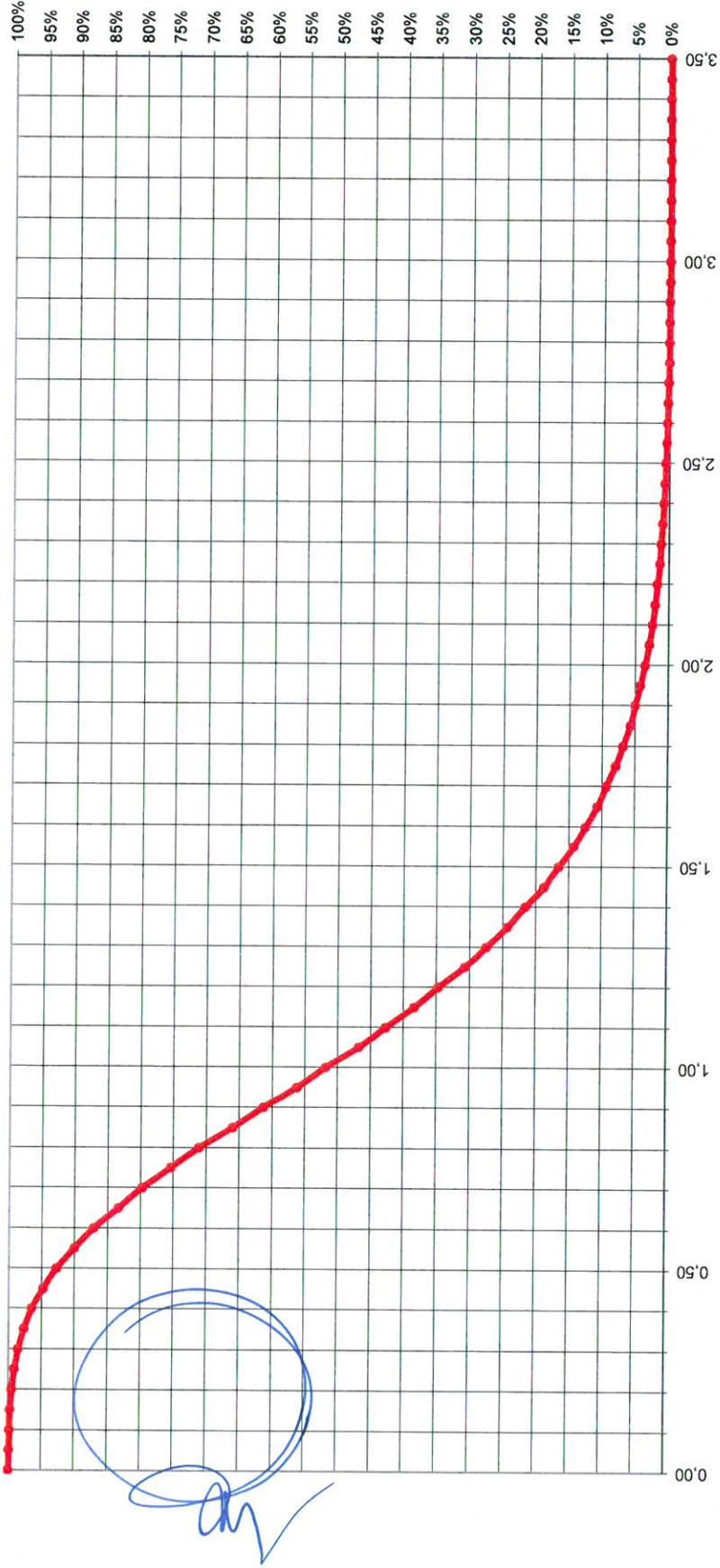
1.3.1 Curvas de Duración de Niveles

La elaboración de las curvas de duración implica un tratamiento estadístico de los datos con el fin de poder determinar tiempos de permanencia de los niveles hidrométricos, es decir el tiempo, expresado en porcentaje, en que los niveles del río han estado históricamente por encima de cierto nivel, y así definir en cada puesto hidrométrico el nivel de referencia a partir del cual se fijan todas las profundidades de proyecto.

Se adjuntan las curvas de duración elaboradas para cada uno de los puestos hidrométricos ubicados en ambas márgenes, esto es: Boca Gualeguaychú, Campichelo, Concepción del Uruguay y Colón de la margen argentina y los puestos de Nueva Palmira, Fray Bentos, Paysandú y Salto de la margen uruguaya.



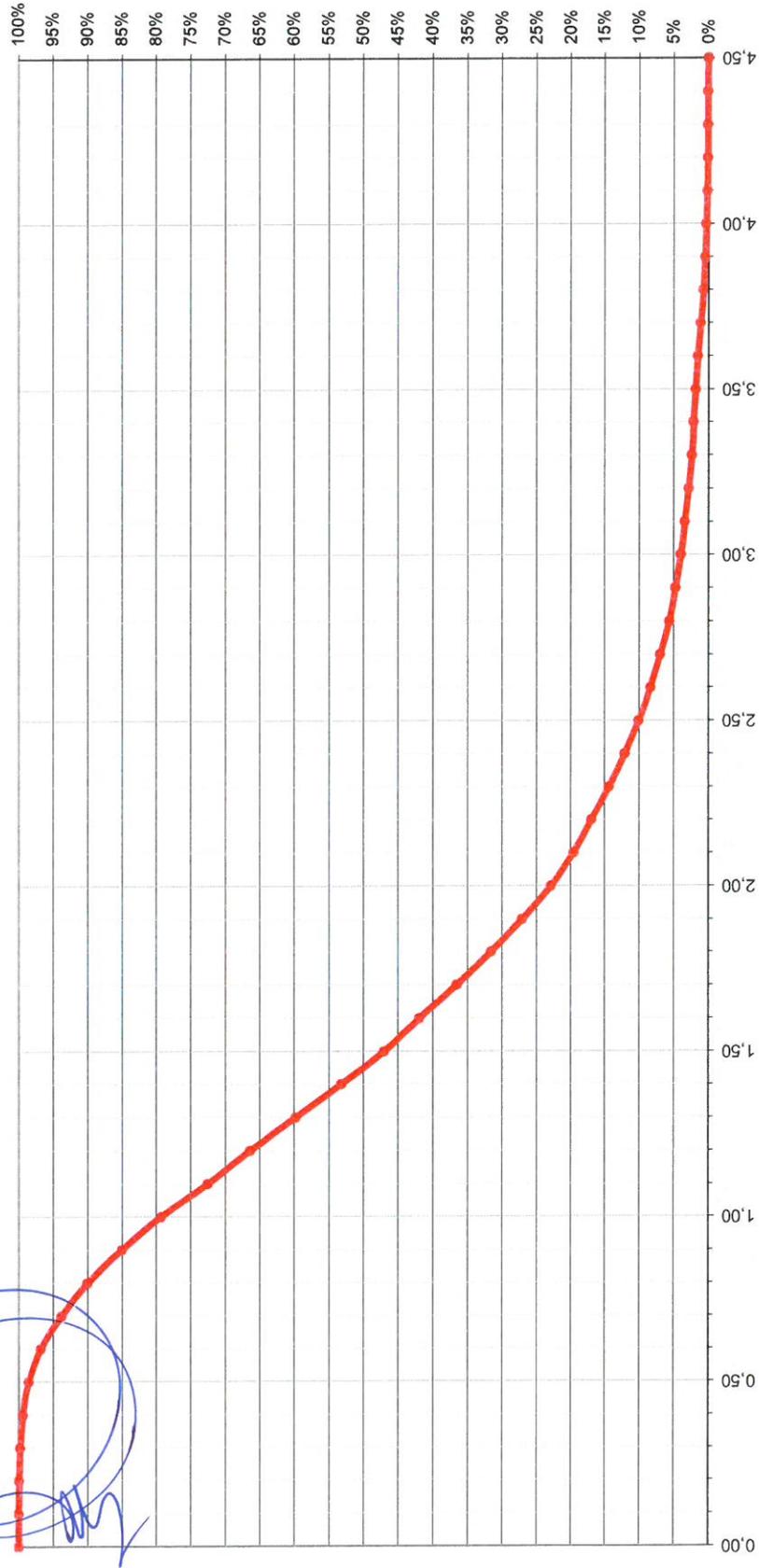
Curva de Permanencia de niveles hidrométricos - Nueva Palmira - Serie 1980-2010
(% del tiempo en que los valores son superados)



Nivel hidrométrico (m)

Figura 4: Curva de permanencia de niveles – Nueva Palmira

Curva de Permanencia de niveles hidrométricos - Fray Bentos - Serie 1980-2010
(% del tiempo en que los valores son superados)



Nivel hidrométrico (m)

Figura 5: Curva de permanencia de niveles – Fray Bentos

Curva de Permanencia de niveles hidrométricos - Paysandú - Serie 1980-2010
(% del tiempo en que los valores son superados)

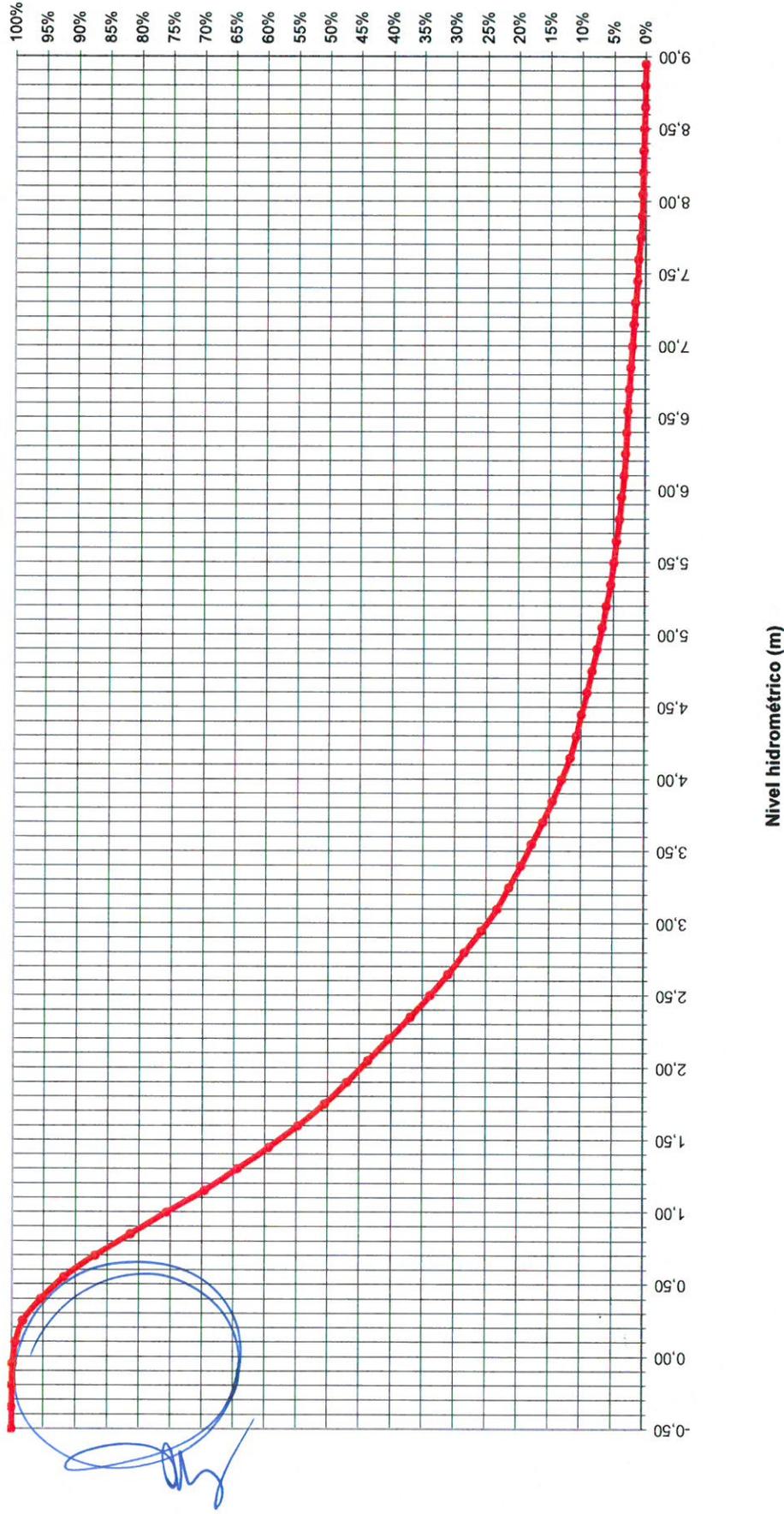
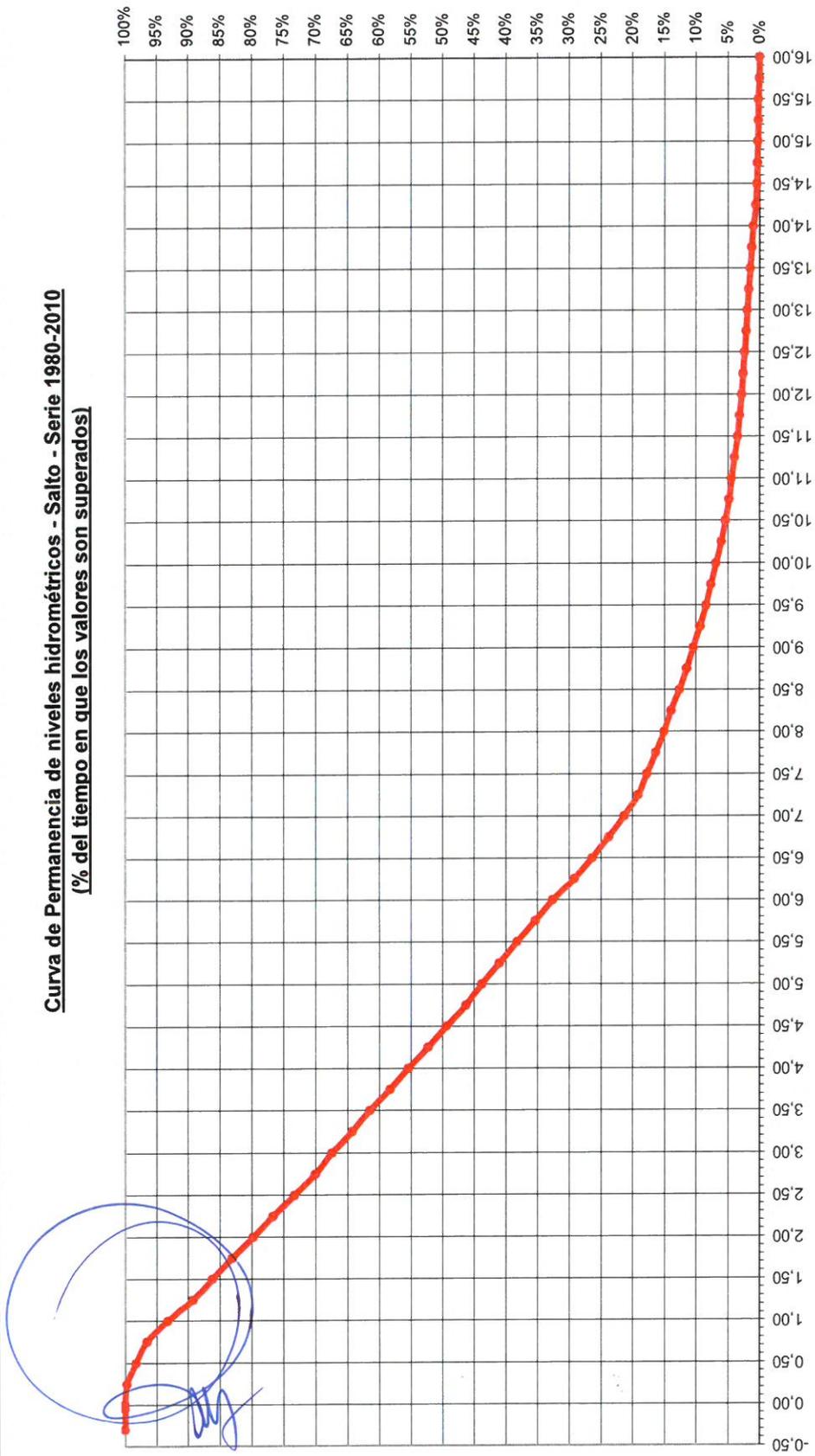


Figura 6: Curva de permanencia de niveles – Paysandú

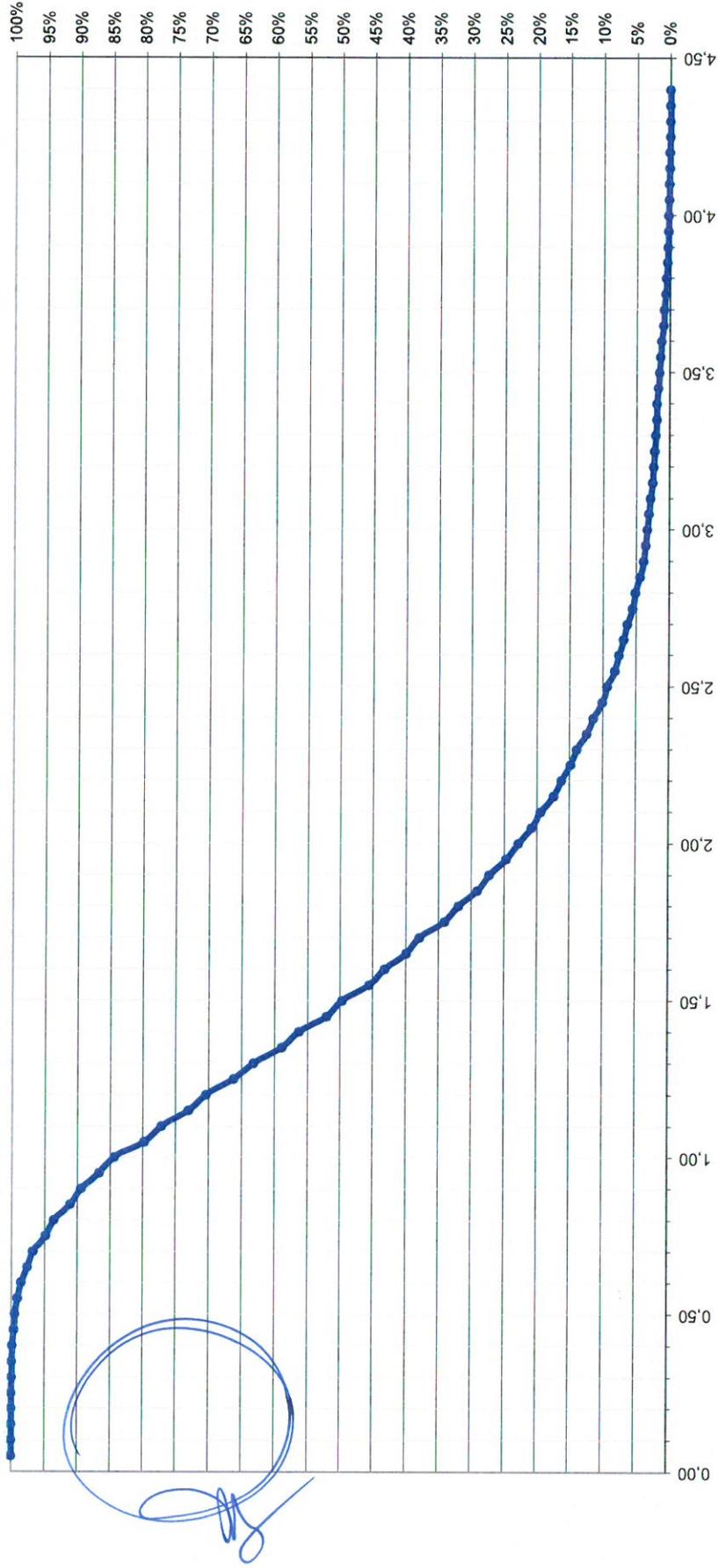
Curva de Permanencia de niveles hidrométricos - Salto - Serie 1980-2010
(% del tiempo en que los valores son superados)



Nivel hidrométrico (m)

Figura 7: Curva de permanencia de niveles – Salto

Curva de Permanencia de niveles hidrométricos - Boca Gualeguaychú - Serie 1982-2011
(% del tiempo en que los valores son superados)



Nivel hidrométrico (m)

Figura 8: Curva de permanencia de niveles – Boca Gualeguaychú

Curva de Permanencia de niveles hidrométricos - Campichuelo - Serie 1982-2011
(% del tiempo en que los valores son superados)

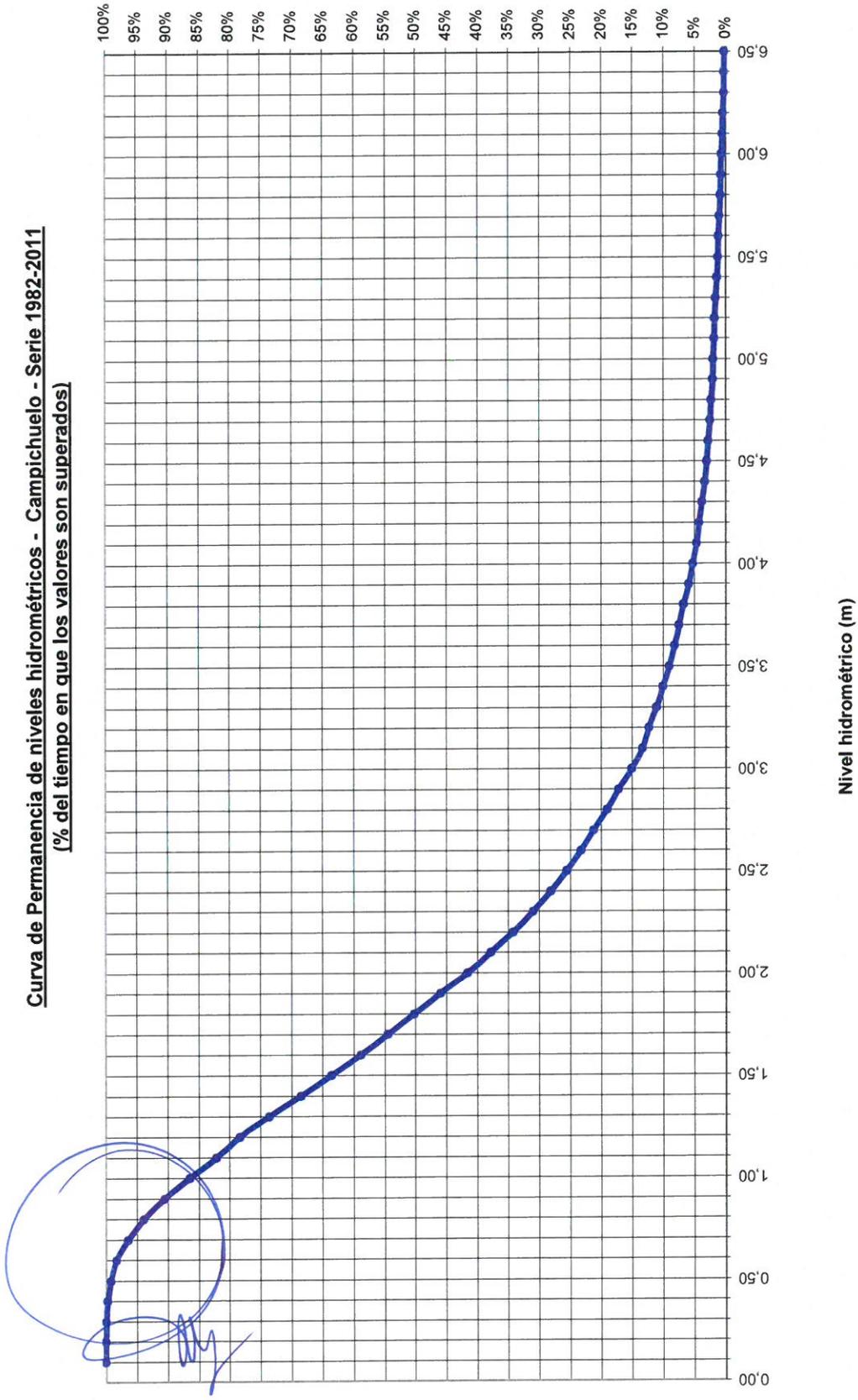


Figura 9: Curva de permanencia de niveles – Campichuelo

Curva de Permanencia de niveles hidrométricos - Concepción del Uruguay - Serie 1982-2011
(% del tiempo en que los valores son superados)

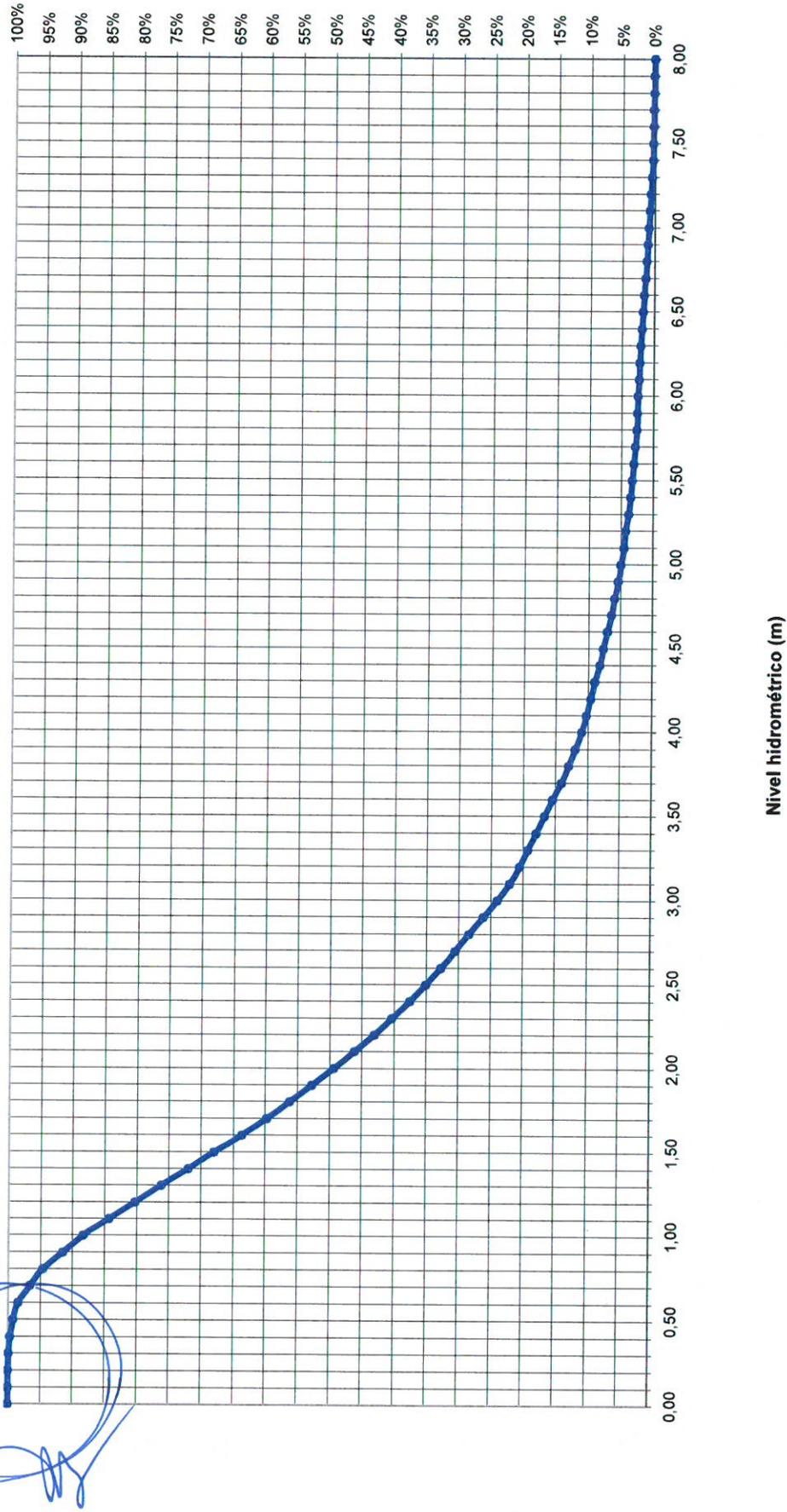


Figura 10: Curva de permanencia de niveles – Concepción del Uruguay

Curva de Permanencia de niveles hidrométricos - Colón - Serie 1982-2011
(% del tiempo en que los valores son superados)

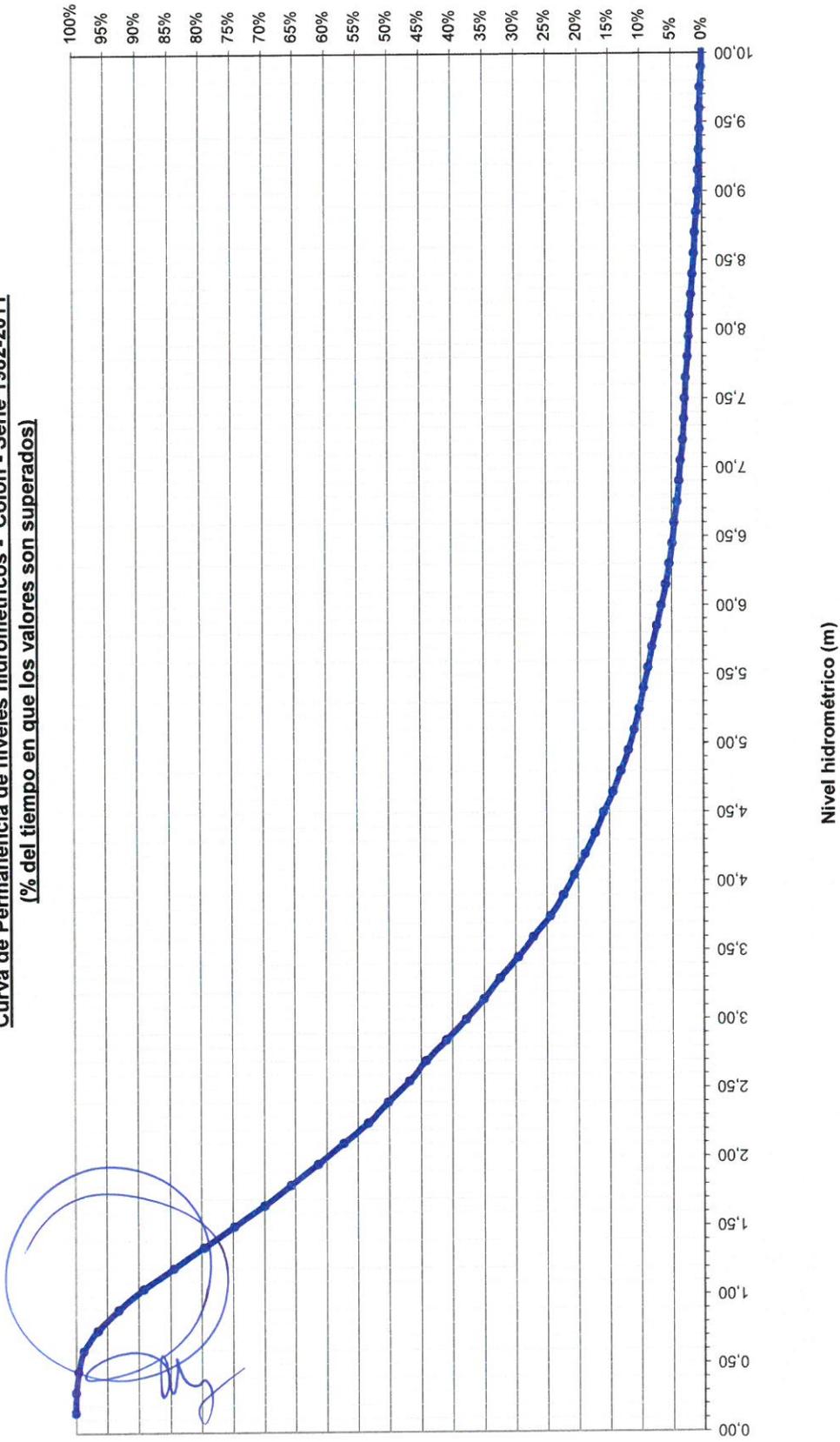


Figura 11: Curva de permanencia de niveles – Colón

1.3.2 Niveles de Referencia

Para el presente estudio, se ha establecido como NIVEL DE REFERENCIA, aquel que tiene una persistencia del 90% del tiempo, es decir, que representa un valor tal que solamente el 10% del tiempo los niveles se encontraron por debajo del mismo.

En la tabla se indica para cada puesto la progresiva, cota MOP del cero de escala, la lectura de escala correspondiente al 90% de permanencia (nivel de referencia) y la cota correspondiente a este valor.

Puesto Hidrométrico	Progresiva (Km)	Cota del cero de escala (m MOP)	Nivel de Referencia (90%)	
			Lectura de escala (m)	Cota MOP (m)
Nueva Palmira	4,1	0,580	0,55	1,13
Boca Gualaguaychú	93,8	0,371	0,88	1,25
Fray Bentos	98,7	0,41	0,8	1,21
Campichuelo	160,6	0,448	0,91	1,36
Concepción del Uruguay	186,6	0,478	0,95	1,43
Paysandú	206,8	0,88	0,6	1,48
Colón	219,6	0,453	1,01	1,46

Tabla 5: Niveles de Referencia

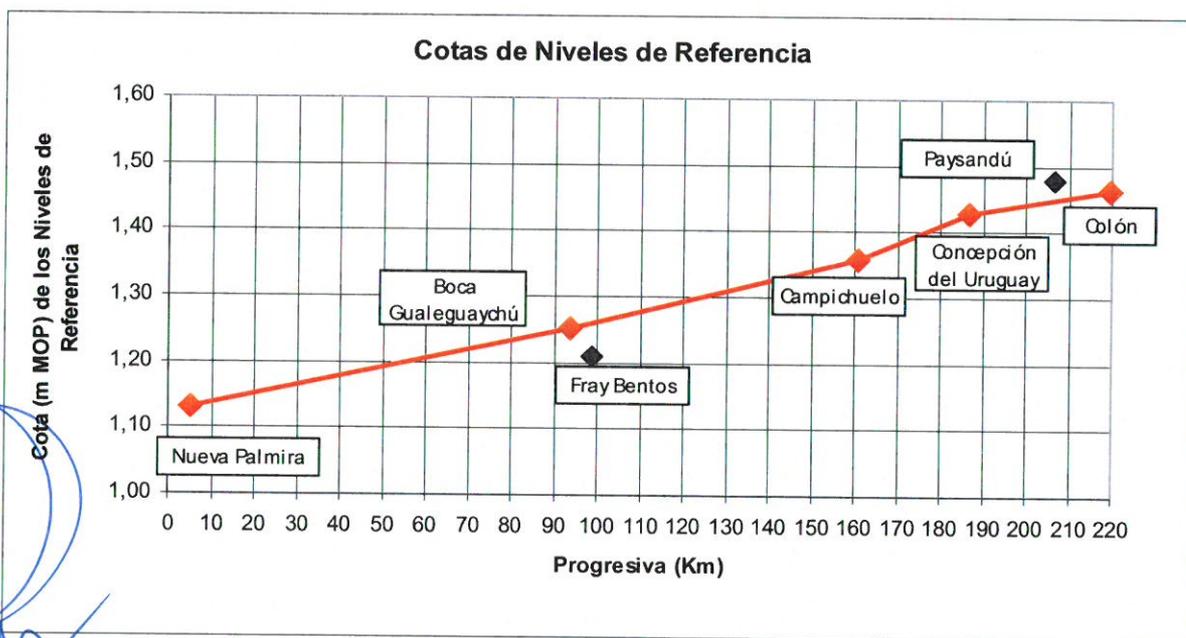


Figura 12: Cotas de Niveles de Referencia (90%)

Los puestos hidrométricos adoptados para definir los niveles de referencia, se han seleccionado teniendo en cuenta la localización geográfica de los mismos y considerando mantener las referencias que se han utilizado para los relevamientos batimétricos que conforman la gran mayoría de la base de información histórica utilizada en el proyecto. A partir de estos niveles de referencia se definen las reducciones de los sondajes y se establecen las profundidades de dragado en cada paso.

Para el presente proyecto se han utilizado Nueva Palmira, Boca Gualeguayhú, Campichuelo, Concepción del Uruguay y Colón. Los resultados pueden verse graficados en la Figura 12. Se han agregado también los niveles de referencia obtenidos en Fray Bentos y Paysandú. En ambos casos las diferencias con la línea adoptada son muy pequeñas (del orden de 3 a 4 cm).

1.3.3 Correlaciones entre puestos hidrométricos

Se realizaron correlaciones de los datos de nivel registrados entre pares de puestos hidrométricos cercanos, las cuales se representan en los gráficos siguientes.

Entre Boca Gualeguaychú – Campichuelo y Campichuelo – Concepción se observa una muy buena correlación, presentando una mayor dispersión la primera debido al efecto mareológico que incide sobre en mayor medida sobre Boca Gualeguaychú.

Entre Concepción del Uruguay y Colón, si bien se observa una buena correlación en la mayor parte de los datos, existe una dispersión importante en valores extremos, pudiendo observar mediciones del mismo día que arrojan valores muy altos en un puesto y muy bajos en el otro, aún con valores muy superiores aguas abajo, lo cual produciría una pendiente negativa del río, poniendo en evidencia la existencia de errores en estas mediciones. La Figura 16 permite ver las diferencias normales de los niveles registrados en el mismo día a lo largo de toda la serie y los apartamientos extremos, con valores entre -4 m y 9 m, que se corresponden con los años 1982 y 1991-1992, oportunidad en que ocurrieron importantes crecidas del río.

Eliminando los años 1982, 1991 y 1992 de las series se obtiene una excelente correlación. No obstante el aspecto mencionado, se verificó que la eliminación de estos años de registro dentro de la serie de 30 años analizada no modifica los resultados en cuanto a los niveles de reducción.

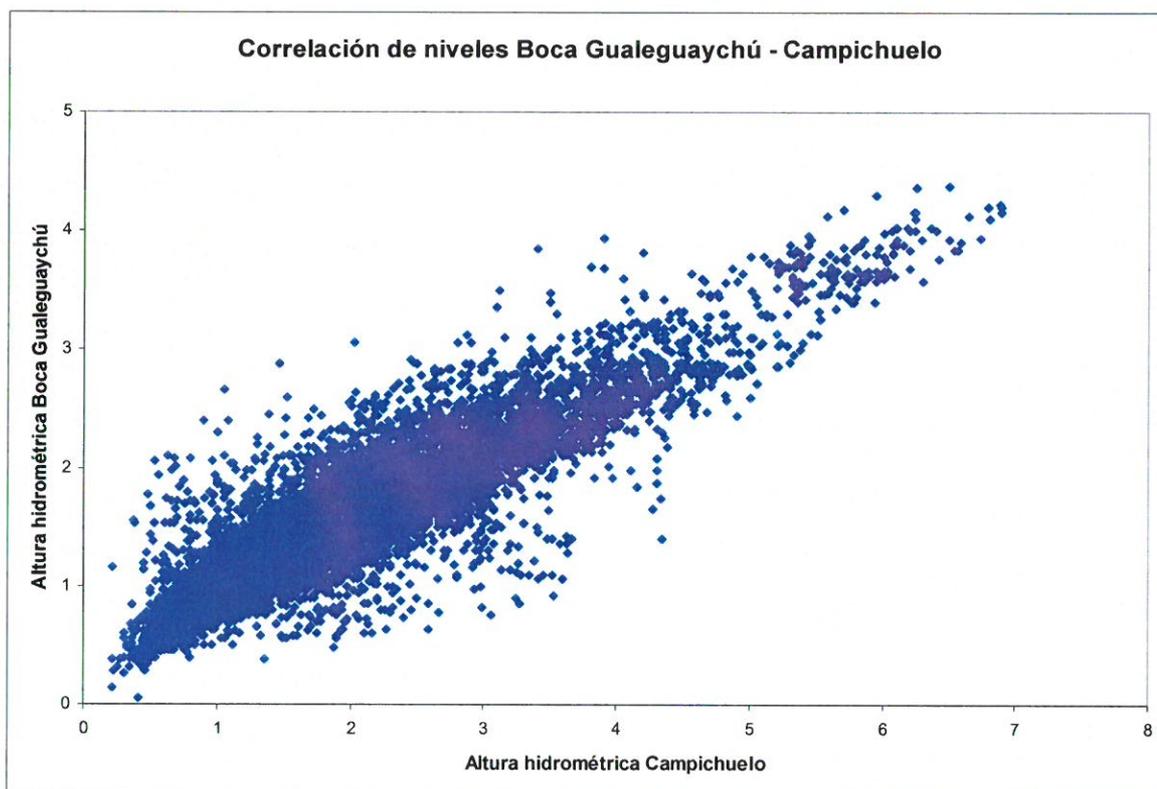


Figura 13. Correlación niveles Boca Gualeguaychú – Campichuelo

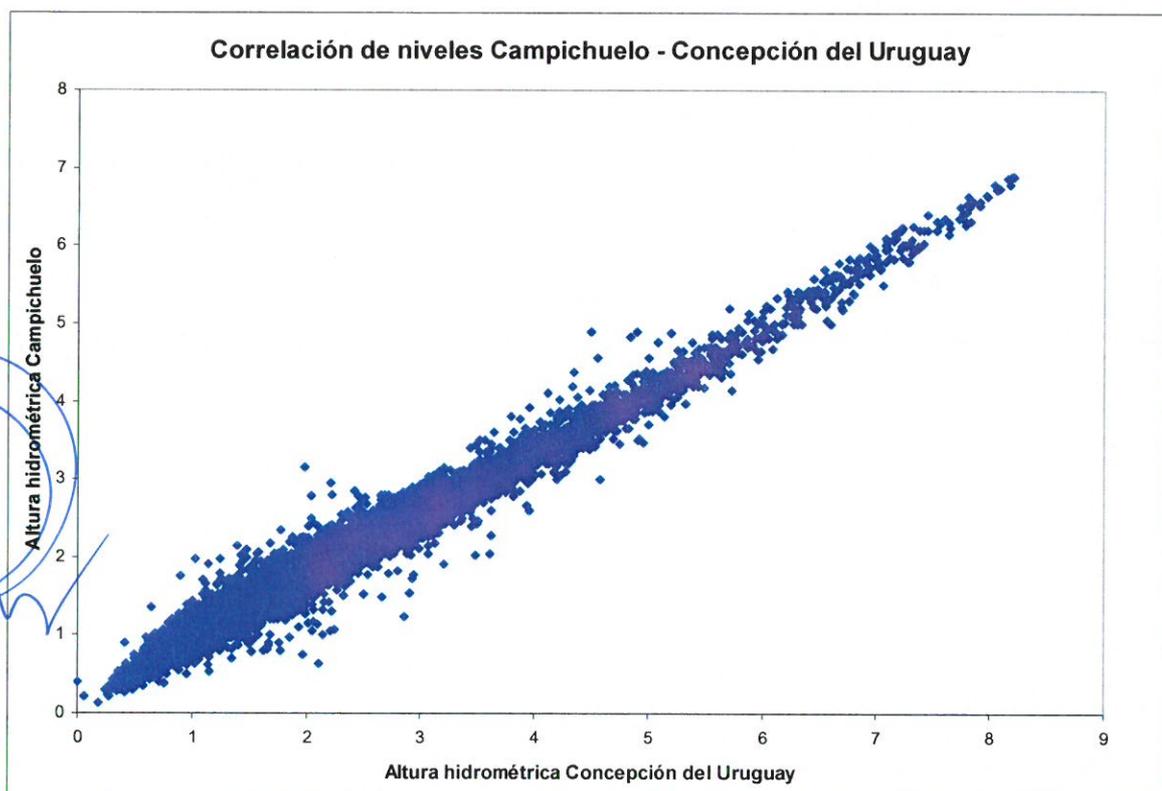


Figura 14. Correlación niveles Campichuelo – Concepción del Uruguay

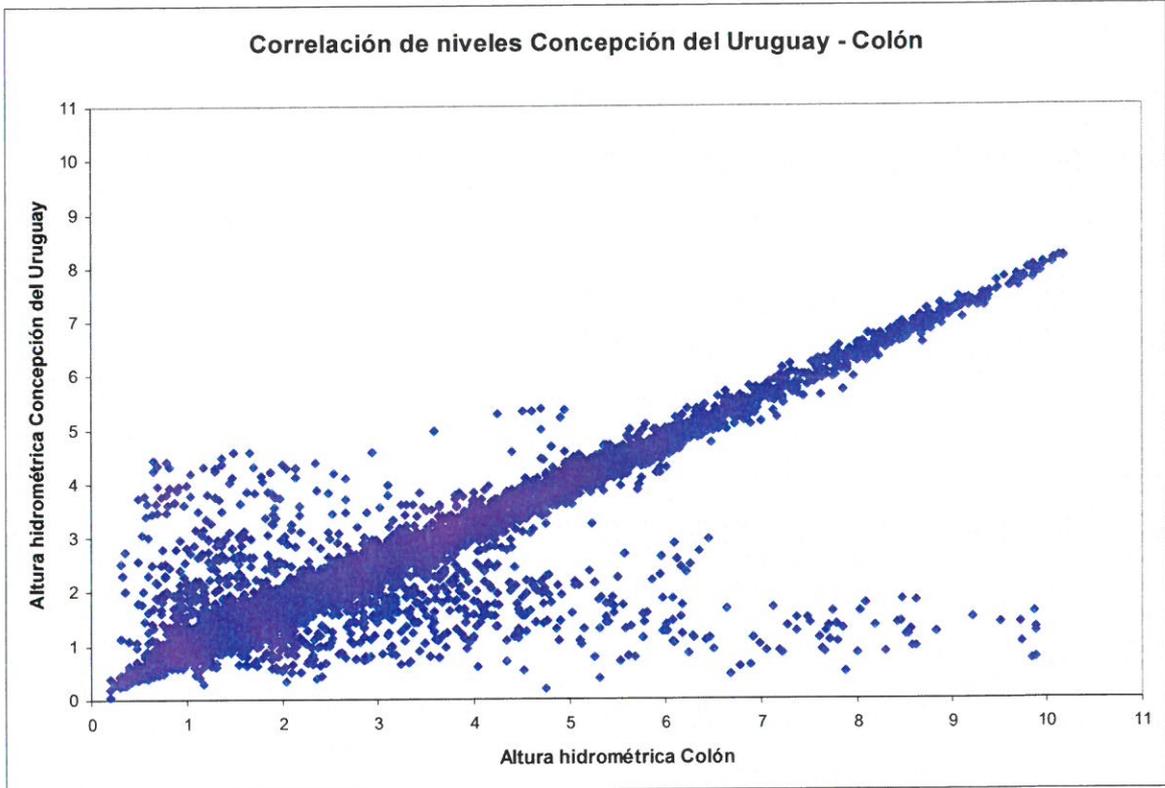


Figura 15. Correlación niveles Concepción del Uruguay - Colón

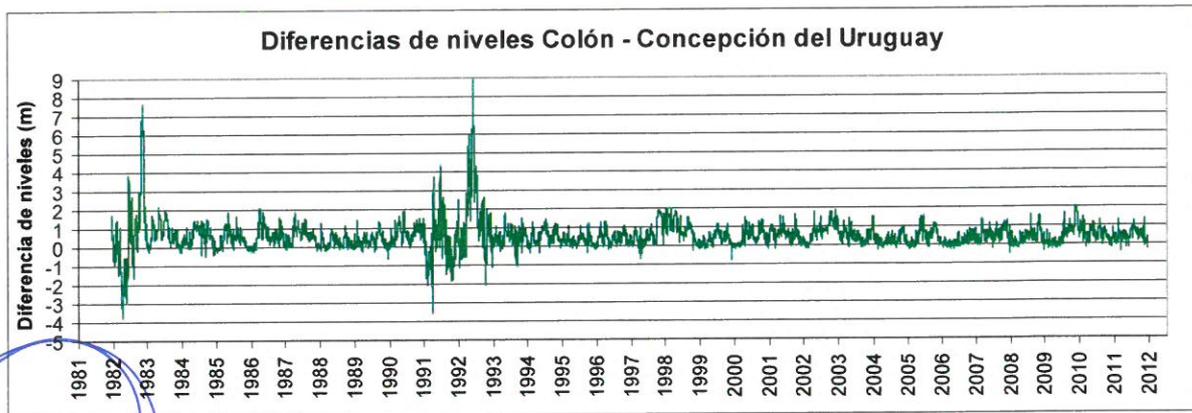


Figura 16. Diferencias de nivel entre Colón y Concepción del Uruguay

[Handwritten signature]

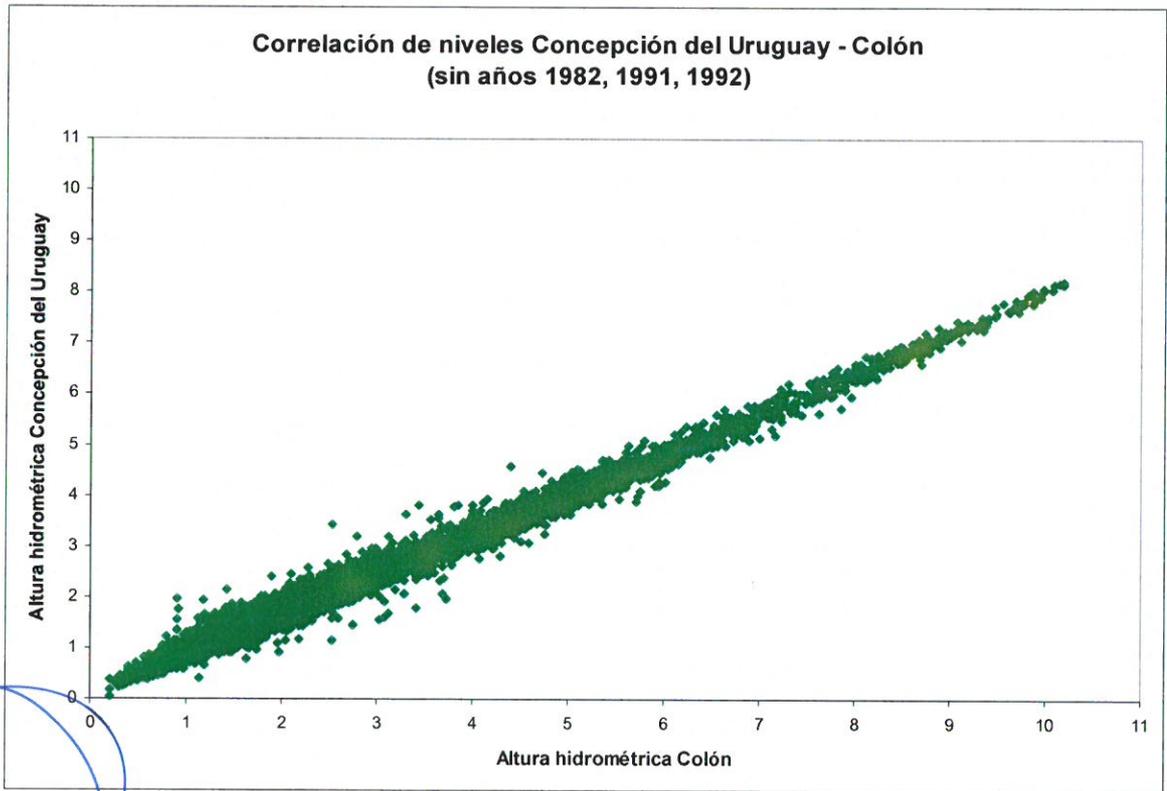


Figura 17. Correlación entre Colón y Concepción del Uruguay eliminando los años 1982,1991 y 1992