

APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTRICOS DEL RÍO SANTA CRUZ

PLAN DIRECTOR DE GESTIÓN AMBIENTAL

OA27

**PROGRAMA DE MODELACIÓN HIDRODINÁMICA,
SEDIMENTOLÓGICA Y NUTRIENTES DEL RÍO SANTA
CRUZ**

**Aportes de Sedimentos y Nutrientes al Estuario del Río
Santa Cruz**



Secretaría de Gobierno de Energía
Ministerio de Hacienda
Presidencia de la Nación



REPRESAS PATAGONIA
ELING·CGGC·HCSA·UTE

Aporte de Sedimentos y Nutrientes al Estuario del Río Santa Cruz



INFORME PRELIMINAR



INDICE

1	INTRODUCCIÓN	2
1.1	MODELO CONCEPTUAL	2
2	CALIDAD DEL AGUA	3
2.1	SITIOS DE MUESTREO.....	3
2.2	PARÁMETROS ANALIZADOS	4
2.3	RESULTADOS OBTENIDOS	4
3	CAUDALES APORTANTES	5
3.1	CAUDAL DEL RÍO SANTA CRUZ.....	5
3.2	CAUDAL DEL RÍO CHICO	5
3.3	CAUDAL DE MAREA	5
4	APORTES AL ESTUARIO	6
4.1	APORTES DIARIOS DE LA MAREA.....	6
4.2	APORTES DEL RÍO CHICO.....	6
4.3	APORTES DEL RÍO SANTA CRUZ	7
5	APORTES COMPARADOS	8
5.1	APORTES EN KG/DÍA	8
5.2	APORTES PORCENTUALES.....	8
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	9
7	ANEXO PROTOCOLOS DE LABORATORIO	10



1 INTRODUCCIÓN

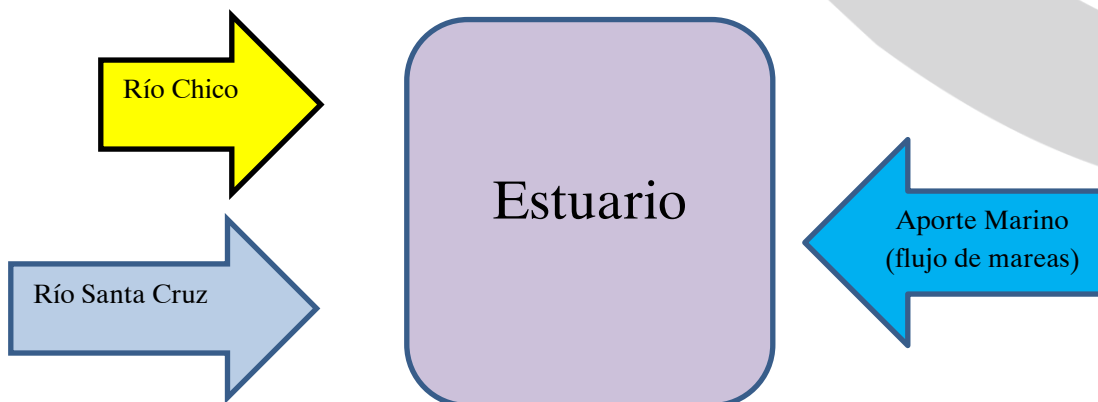
Con el propósito de comprender la dinámica hidráulica, de sedimentos y nutrientes en el estuario del río Santa Cruz, se realizaron varias modelaciones hidrodinámicas para distintos escenarios de caudales fluviales y mareas y se realizaron mediciones de calidad de agua en los tres (3) principales puntos de ingreso de caudales al estuario (desembocadura del Río Santa Cruz, desembocadura del Río Chico y boca del estuario al mar).

En este informe preliminar se presenta una primera evaluación de los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos efectuados en las muestras de agua, con el propósito de conocer la *contribución proporcional* de los diferentes aportes (caudales, sedimentos y nutrientes) al estuario del Río Santa Cruz.

1.1 MODELO CONCEPTUAL

Para evaluar los aportes al estuario se aplicó el modelo conceptual que se muestra en la figura, considerando los siguientes flujos:

- Río Chico
- Río Santa Cruz
- Aporte Marino (Flujo de mareas)





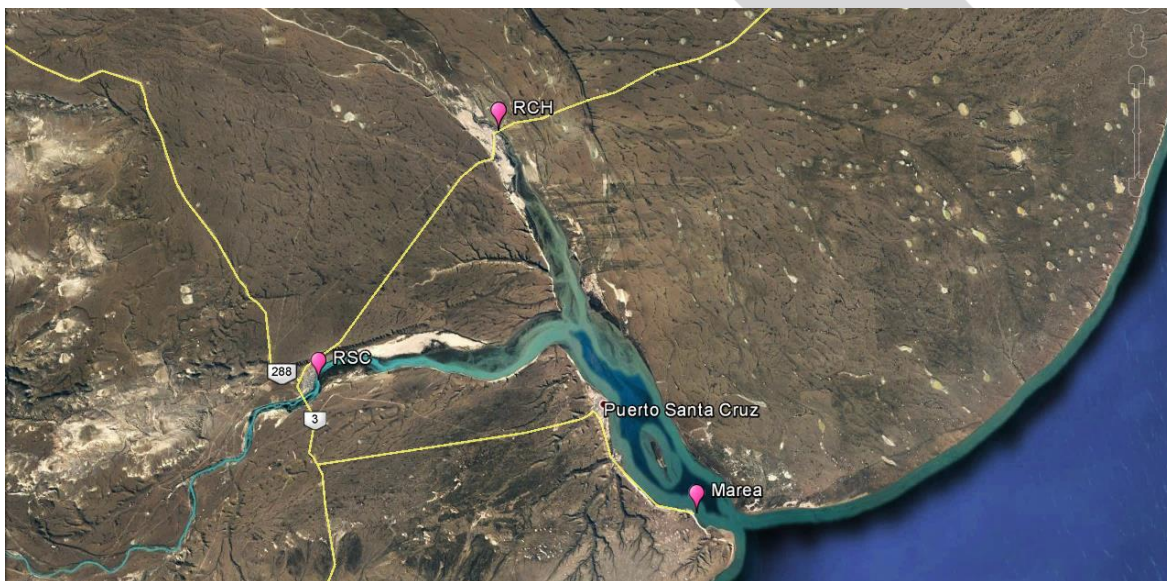
2 CALIDAD DEL AGUA

Para evaluar la calidad del agua se tomaron muestras con botella Niskin para procesamiento en laboratorio.

2.1 SITIOS DE MUESTREO

Los sitios de muestreo para calidad del agua fueron los siguientes:

Aportante	Sitio	Coordenadas
Río Santa Cruz	Frente a Piedrabuena	49° 58' 58.80" S 68° 54' 12.80" O
Río Chico	Puente de la Ruta Nº 3	49° 46' 38.06" S 68° 38' 25.60" O
Marea	Estuario Exterior Muelle de Punta Quilla en Pleamar	50° 07' 03.71" S 68° 24' 20.33" O



Ubicación de los sitios de muestreo.



2.2 PARÁMETROS ANALIZADOS

- Sólidos Suspendedos Totales (SST) (fracción sedimentable + fracción coloidal)
- Sólidos Disueltos Totales (SDT)
- Nitrógeno Total
- Fosforo Total
- Ortofosfatos

2.3 RESULTADOS OBTENIDOS

Los análisis de laboratorio¹ arrojaron los siguientes resultados para los parámetros evaluados:

Parámetro	Río Santa Cruz	Río Chico	Flujo de Marea
Sólidos Suspendedos Totales (SST) – mg/L	18,49	633,99	104,94
Sólidos Disueltos Totales (SDT) – mg/L	60,35	33,96	30.555,56
Nitrógeno Total – mg/L	0,10	0,30	0,50
Fósforo Total – mg/L	0,18	0,55	0,68
Ortofosfatos – mg/L	0,03	0,17	0,15

¹ Ver protocolos en Anexos



3 CAUDALES APORTANTES

A los efectos de calcular los aportes los aportes se consideraron los siguientes caudales:

3.1 CAUDAL DEL RÍO SANTA CRUZ

Se utilizó el caudal medio mensual correspondiente al mes de marzo según datos de la Estadística Hidrológica Argentina.²

- Caudal Medio Mensual de Marzo: **965,40 m³/s**

3.2 CAUDAL DEL RÍO CHICO

Se consideró el caudal medio mensual correspondiente al mes de marzo 2016, único registro disponible según datos de la Estadística Hidrológica Argentina.

- Caudal Medio Mensual de marzo 2016: **16,7 m³/s**

3.3 CAUDAL DE MAREA

Se consideró el dato provisto por el informe de ESSA,³ donde consigna que

“La renovación de agua del estuario puede analizarse considerando la cantidad de agua de mar que ingresa al estuario en cada ciclo de marea. Considerando que el volumen de agua del estuario (al NMM) es 1,12 km³ (1120 millones de metros cúbicos) y que el volumen de agua que ingresa al estuario entre la BM y la PM es 1,13 km³ para amplitudes medias de marea (1,69 y 0,85 km³ para amplitudes máximas asociadas a sicigias y mínimas asociadas a cuadraturas, respectivamente), es claro que en el término de un ciclo de marea (12,4 horas) se renueva (el agua entra y sale) un volumen de agua equivalente al del estuario. Este flujo de agua que entra y sale, permite que las aguas del estuario cambien constantemente sus propiedades, tales como la salinidad y la temperatura. El mecanismo de renovación de agua del estuario, por la acción de las mareas, es altamente eficiente”.

- Caudal Diario de la Marea: $2 \times 1,13 \text{ km}^3 = 2,26 \text{ km}^3/\text{día} = \mathbf{26.157 \text{ m}^3/\text{s}}$

² Estadística Hidrológica de la República Argentina

³ MODELACIÓN HIDRODINÁMICA, DISPERSIÓN Y TRANSPORTE DE SEDIMENTOS, marzo 2017



4 APORTES AL ESTUARIO

El cálculo se realizó aplicando la siguiente formula:

$$\text{Aporte} = \text{Caudal} * \text{Concentración}$$

4.1 APORTES DIARIOS DE LA MAREA

Aportes Diarios de la Marea al Estuario	Caudal (m³/s)	mg/L	Aporte (kg/día)
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	26.157	104,94	237.164.400
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	26.157	30.556	69.055.565.600
Nitrógeno Total	26.157	0,50	1.130.000
Fósforo Total	26.157	0,68	1.536.800
Ortofosfatos	26.157	0,15	339.000

4.2 APORTES DEL RÍO CHICO

Aportes Diarios del Río Chico al Estuario	Caudal (m³/s)	mg/L	Aporte (kg/día)
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	16,7	633,99	914.771
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	16,7	33,96	49.000
Nitrógeno Total	16,7	0,3	433
Fósforo Total	16,7	0,55	794
Ortofosfatos	16,7	0,17	245



4.3 APORTES DEL RÍO SANTA CRUZ

Aportes Diarios del Río Santa Cruz al Estuario	Caudal (m ³ /s)	mg/L	Aporte (kg/día)
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	965,4	18,49	1.542.261
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	965,4	60,35	5.033.827
Nitrógeno Total	965,4	0,1	8.341
Fósforo Total	965,4	0,18	15.014
Ortofosfatos	965,4	0,03	2.502



5 APORTES COMPARADOS

5.1 APORTES EN KG/DÍA

Aportes Diarios al Estuario (kg/día)	TOTAL	Mareas	Río Chico	Río Sta. Cruz
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	239.621.433	237.164.400	914.771	1.542.261
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	69.060.648.428	69.055.565.600	49.000	5.033.827
Nitrógeno Total	1.138.774	1.130.000	433	8.341
Fósforo Total	1.552.607	1.536.800	794	15.014
Ortofosfatos	341.748	339.000	245	2.502

5.2 APORTES PORCENTUALES

Aportes Diarios al Estuario (%)	Mareas	Río Chico	Río Sta. Cruz
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	99,0 %	0,4 %	0,6 %
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	100,0 %	0,0 %	0,0 %
Nitrógeno Total	99,2 %	0,1 %	0,7 %
Fósforo Total	99,0 %	0,1 %	0,9 %
Ortofosfatos	99,2 %	0,1 %	0,7 %



6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La dinámica de caudales y nutrientes del estuario del río Santa Cruz está fuertemente determinada por la influencia marina (flujos de marea), ya que los caudales de agua marina que ingresan diariamente al estuario son varios ordenes de magnitud superiores al aporte fluvial (ríos Chico y Santa Cruz).

En este contexto, el aporte de sedimentos y nutrientes al estuario del río Santa Cruz resulta mayoritariamente de origen marino.

- En *Sólidos Suspendidos Totales*, las mareas aportan el 99 % del ingreso diario al estuario, seguido por el Río Santa Cruz con 0,6 % y luego el Río Chico con 0,4 %.
- En *Nitrógeno Total*, las mareas aportan el 99,2 % del ingreso diario al estuario, seguido por el Río Santa Cruz con 0,7 % y luego el Río Chico con 0,1 %.
- En *Fósforo Total*, las mareas aportan el 99 % del ingreso diario al estuario, seguido por el Río Santa Cruz con 0,9 % y luego el Río Chico con 0,1 %.
- En *Ortofosfatos*, las mareas aportan el 99,2 % del ingreso diario al estuario, seguido por el Río Santa Cruz con 0,7 % y luego el Río Chico con 0,1 %.

Los resultados obtenidos permiten concluir que:

- El mayor aportante de sedimentos y nutrientes al estuario sería el flujo de mareas (99 %) y que la contribución de los ríos Chico y Río Santa Cruz tendrían una contribución mucho menor (menor al 1 %).
- La retención de sedimentos que podría producirse en el río Santa Cruz como consecuencia de la construcción de las presas Nestor Kirchner y Jorge Cepernic, no tendría capacidad para modificar el aporte de sedimentos y nutrientes que actualmente recibe el estuario.

No obstante, debido a que los resultados de este informe preliminar se apoyan solamente en el análisis de muestras provenientes de un único evento de muestreo, se recomienda tomarlos como *resultados preliminares y sujetos a revisión* por muestreos futuros.

De todos modos, los resultados obtenidos se consideran útiles para comprender la *magnitud relativa de los aportes* al estuario.

A los efectos de contar con información más consistente, se recomienda efectuar un monitoreo mensual de calidad del agua (sedimentos y nutrientes), durante al menos un año para ajustar estos valores.



REPRESAS PATAGONIA
ELING·CGGC·HCSA·UTE

7 ANEXO PROTOCOLOS DE LABORATORIO



**INFORME DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS
TOTALES EN MUESTRAS DEL RÍO SANTA CRUZ
PARA REPRESAS PATAGONIA**

China GezhoubaGroup Company Limited | Electroingeniería SA | Hidrocuyo SA | UTE

Att. Lics. Luis Cavanna, María Monserrat Bellande

Material recibido

En la sede del Centro de Investigaciones Geológicas el día 3 de abril de 2017 por la mañana el Lic. Luis Cavanna entregó cuatro (4) muestras de agua superficial en recipientes plásticos con capacidad aproximada de dos litros (Figura 1) para la determinación de sólidos suspendidos totales y sólidos disueltos totales. Cabe aclarar que junto con esas muestras se recibieron duplicados de las mismas en recipientes similares para la determinación de sólidos nutrientes. Las muestras se entregaron congeladas en heladera de telgopor y el Lic. Cavanna presentó al entregarlas la nota de cadena de custodia, llevándose una copia firmada de la misma. El mismo día de recibidas, las muestras fueron descongeladas y comenzaron a procesarse.



Figura 1: Fotografía de las muestras al momento de ser recibidas en el laboratorio del CIG.

Análisis de laboratorio solicitado

Según lo solicitado por nota entregada por el Lic. Cavanna las determinaciones efectuadas a las muestras fueron:

- Sólidos suspendidos totales
- Sólidos disueltos totales

Análisis de laboratorio

Las tareas determinaciones de laboratorio efectuadas fueron:

- 1) Secado de la muestra en estufa a 75º C hasta total eliminación del agua almacenada en cada botella. Para este procedimiento se trasvasaron las muestras a vasos de precipitación y secado hasta 100 cm³. El secado definitivo se efectuó colocando esta última suspensión en cápsulas de porcelana a los efectos de facilitar la total recuperación del residuo sólido y la determinación de su contenido.
- 2) Lavado del material (residuo sólido) con agua destilada y filtrado. Este procedimiento se aplicó para efectuar la separación de sólidos suspendidos (material detrítico) y de las sales solubles.
- 3) Secado del material retenido por filtrado (sólidos suspendidos o material detrítico en la muestra).
- 4) Pesada de los sólidos suspendidos (o material detrítico) en la muestra. La pesada se efectuó en balanza de alta precisión hasta la quinta cifra decimal.
- 5) Secado en estufa con empleo de cápsulas de porcelana de la solución (agua destilada y sales solubles) obtenida con el filtrado.
- 6) Pesada de las sales precipitadas por el proceso de evaporación efectuado en el punto 5. También en este caso la pesada se efectuó con balanza de precisión hasta la quinta cifra decimal.

Resultados obtenidos

Los resultados del presente estudio se muestran en la tabla 1.

Tabla 1: Sólidos suspendidos totales (mg/L) y Sólidos disueltos totales (mg/L).

DETERMINACIONES		MUESTRAS			
		RSC nacientes	RSC Piedrabuena	Rio Chico	Mar
Sólidos disueltos totales	mg/L	5,02	60,35	33,96	30.555,56
Sólidos suspendidos totales	mg/L	4,91	18,49	633,99	104,94

Las mediciones de volumen y pesajes efectuados para arribar a las concentraciones expresadas en la Tabla 1 se muestran en las Tabla 2 para el caso de sólidos disueltos totales y en la Tabla 3 para el caso de sólidos suspendidos totales.

Tabla 2: Volúmenes medidos y pesajes realizados para la determinación de sólidos disueltos totales.

Muestra	volumen de muestra (L)	Sólidos disueltos (mg)	Sólidos disueltos totales (mg/L)
Río Santa Cruz Naciente	1,859	9,34	5,02
Río Santa cruz Piedrabuena	1,806	108,99	60,35
Río Chico	1,86	63,16	33,96
Mar	1,8	55000	30555,56

Tabla 3: Volúmenes medidos y pesajes realizados para la determinación de sólidos suspendidos totales.

Muestra	volumen de muestra (L)	Sólidos Suspendidos (mg)	Sólidos suspendidos totales (mg/L)
Río Santa Cruz Naciente	1,859	9,12	4,91
Río Santa cruz Piedrabuena	1,806	33,34	18,46
Río Chico	1,86	1179,23	633,99
Mar	1,8	188,9	104,94

**INFORME DETERMINACIÓN DE NUTRIENTES EN MUESTRAS DEL RÍO SANTA CRUZ
PARA REPRESAS PATAGONIA**

China GezhoubaGroup Company Limited | Electroingeniería SA | Hidrocuyo SA | UTE

Att. Lics. Luis Cavanna, María Monserrat Bellande

Material recibido

En la sede del Centro de Investigaciones Geológicas el día 3 de abril de 2017 por la mañana el Lic. Luis Cavanna entregó cuatro (4) muestras de agua superficial en recipientes plásticos con capacidad aproximada de dos litros (Figura 1) para la determinación de nutrientes. Cabe aclarar que junto con esas muestras se recibieron duplicados de las mismas en recipientes similares para la determinación de sólidos totales suspendidos y sólidos totales disueltos. Las muestras se entregaron congeladas en heladera de telgopor y el Lic. Cavanna presentó al entregarlas la nota de cadena de custodia, llevándose una copia firmada de la misma.

El mismo día de recibidas, las muestras fueron descongeladas y conservadas en heladera hasta el momento en que se efectuaron las determinaciones solicitadas.



Figura 1: Fotografía de las muestras al momento de ser recibidas en el laboratorio del CIG.

Análisis de laboratorio solicitado

Según lo solicitado por nota entregada por el Lic. Cavanna las determinaciones efectuadas a las muestras fueron:

- Ortofosfatos en muestra filtrada.
- Fosforo total en muestra sin filtrar.
- Nitrógeno total en muestra sin filtrar.

En todos los casos los análisis se efectuaron por triplicado y el dato informado corresponde al valor medio obtenido.

La metodología utilizada en cada caso fue:

Ortofosfato: la determinación se efectuó por método estandarizado (APHA, 1998 SM 4500-P-F) en donde la muestra es tratada con molibdato de amonio y tartrato de antimonio y potasio que reaccionan en medio ácido con el ortofosfato para formar un heteropoliácido – fosfomolibdato- el cual, por la presencia de ácido ascórbico se reduce a molibdeno coloreado, que permite la lectura de ortofosfatos a 885 nm.

Fosforo total: la determinación se efectuó por método estandarizado (APHA 1998, SM-4500-P-B-5 y 4500-P-F) mediante la oxidación con persulfato y determinación con ácido ascórbico. El fósforo (P) en el agua puede encontrarse en forma soluble (PS) y particulado (PP). El análisis tiene dos pasos, en el primero se transforma el PP en PS, y en el segundo se determina el PS a través del análisis de P reactivo soluble (Ortofosfato). Asimismo, como el PP puede encontrarse combinado con materia orgánica, se hace una digestión (oxidación con persulfato) para oxidar la materia orgánica y liberar el P en forma de ortofostato. Luego de esto se determina el ortofosfato liberado por medio del método del ácido ascórbico y su determinación por espectrofotometría a 885 nm.

Nitrógeno total: la determinación se efectuó por método estandarizado (APHA, 1998, SM-4500-N y SM-4500-NO3-B) mediante la oxidación de todos los compuestos nitrogenados a nitratos con persulfato. Posteriormente se hace la determinación por medio de la lectura espectrofotométrica UV a 220 nm.

***Aclaración:** En todas las determinaciones efectuadas las soluciones buffer, oxidantes, patrones de curvas de calibrado, etc. utilizadas fueron preparadas el día anterior o el mismo día de efectuadas las determinaciones y preservadas en heladera.*

Adicionalmente se midió pH y conductividad eléctrica del agua, determinación que si bien no fue solicitada corresponde a un análisis de rutina efectuado por el laboratorio, datos que también se exponen en los resultados del informe.


Resultados obtenidos

Los resultados del presente estudio se muestran en la tabla 1.

Tabla 1: Valores de pH, conductividad eléctrica del agua, contenido de nitrógeno total (límite de detección 0,1 mg/L), y de fosforo total y ortofosfato (límite de detección 0,01 mg/L).

		MUESTRAS			
DETERMINACIONES		Mar	RSC nacientes	RSC Piedrabuena	Rio chico
pH		8,13	7,28	7,33	7,89
Conductividad elect.	(μ S/cm)	37500	46,9	46,1	165,5
Nitrógeno Total	(mg N/L)	0,5	<0,1	0,1	0,3
Ortofosfato	(mg P/L)	0,15	0,04	0,03	0,17
Fósforo Total	(mg P/L)	0,68	0,16	0,18	0,55

Cabe aclarar que si bien los limites de detección solicitados y presupuestados fueron de 0,1 mg/L para fosforo total y ortofosfato, y de 0,2 mg/L para nitrógeno total, los limites de detección obtenidos son inferiores. Esto se debe a que para realizar las determinaciones con espectrofotómetro se ajustó una curva de menor límite de detección (ajuste permitido en la metodología estandarizada). De esta manera los límites de detección con los cuales se expresan los resultados en la tabla 1 son de 0,01 mg/L para fosforo total y ortofosfato, y de 0,1 mg/L para nitrógeno total.


Dra. Carol Eleonora
 Inv. Adjunto CONICET