

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTRICOS DEL RÍO SANTA CRUZ (PRESIDENTE DR. NÉSTOR C. KIRCHNER Y GOBERNADOR JORGE CEPERNIC), PROVINCIA DE SANTA CRUZ

ACTUALIZACIÓN

CAPÍTULO 5 – IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

PUNTO 6 – IMPACTOS POTENCIALES SOBRE MEDIO ACUÁTICO

INDICE

6	IMPACTOS POTENCIALES SOBRE MEDIO ACUÁTICO	2
6.1	FACTOR ANALIZADO	2
6.2	EVALUACIÓN	8
6.2.1	Introducción	8
6.2.2	Análisis de Riesgos Ambientales asociados al Proyecto	9
6.3	BIBLIOGRAFÍA	15

6 IMPACTOS POTENCIALES SOBRE MEDIO ACUÁTICO

6.1 FACTOR ANALIZADO

Como parte de este punto se consideraron los principales disturbios que producirían las obras hidráulicas sobre el sistema fluvial, confrontando las interferencias que surgen de las obras, con las características ecológicas de la cuenca, focalizando en aspectos referidos a la calidad del agua, a las comunidades bentónicas, comunidades planctónicas y a las macrófitas.

Los principales riesgos considerados fueron agrupados en tres grandes conjuntos, según su severidad, probabilidad de ocurrencia, duración y magnitud de los cambios negativos que producirían en el medio natural. De este modo, se identificaron los riesgos mayores, los riesgos menores y los riesgos que requieren estudios especiales.

Como se explicara en la LBA del EIA original del proyecto (ver Punto 2 del Capítulo 4 en: Serman & asociados s.a. (2015) para Represas Patagonia), el río Santa Cruz tiene singularidades que permiten acotar los riesgos de posibles impactos ambientales en el medio acuático.

El régimen hidrológico es muy predecible, debido a varias características concurrentes:

- Está situado en una franja latitudinal estrecha.
- Se alimenta de aportes glaciares provenientes de la misma zona andina.
- La distribución y la magnitud de los aportes, están fuertemente relacionados con el régimen térmico estacional, que depende esencialmente de condiciones astronómicas.
- En su cuenca alta se encuentra el lago Argentino, que funciona como un enorme homeóstato, que lamina los aportes que ingresan por ambos brazos occidentales del lago.

De tal manera, el comienzo y la finalización de las crecientes no tiene desplazamientos significativos cuando se considera la serie de datos hidrométricos de 1955 a 2014 en Charles Fhur.

Otro aspecto relevante es el relacionado con la geomorfología del cauce. El curso es monocanalizado, modelado por procesos fluvio-glaciares que han labrado un cauce con suficiente capacidad de conducción para los aportes de $1.500 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ y aún mayores, que se producen en años de caudales altos. Esto determina que el flujo siempre se conduzca encauzado, con planicie de inundación estrecha y sólo algunos mallines alimentados por aporte de manantiales de piedemonte y por los desbordes laterales del río durante las crecientes de mayor intensidad. Por lo tanto, los efectos de las fluctuaciones de nivel del río se manifiestan en forma semejante en toda la zona litoral a lo largo del curso.

Otro aspecto que sustenta a un sistema ecológico predecible es que las pendientes longitudinal y transversales, el ancho y la profundidad del río, son poco variables en la mayor parte del curso. Es así que las curvas de altura y volumen en los distintos embalses tienen una ecuación semejante, como se muestra en las Figura 6-1 y Figura 6-2.

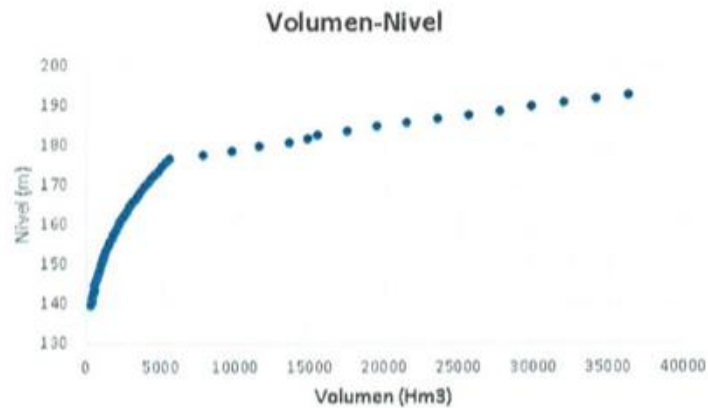


Figura 6-1. Relación altura-volumen en el embalse NK. Fuente: Modelo de Simulación de los embalses NK y JC (UTE, 2015).

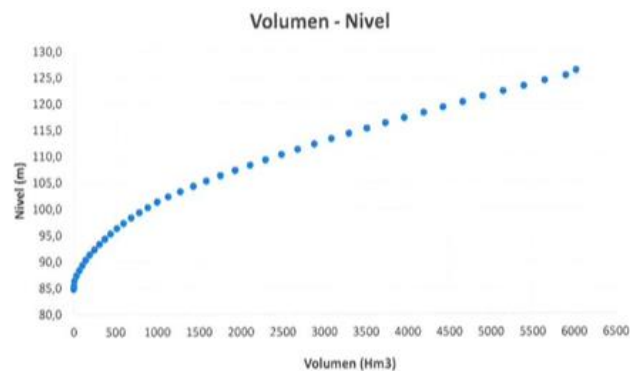


Figura 6-2. Relación altura-volumen en el embalse JC. Fuente: Modelo de Simulación de los embalses NK y JC (UTE, 2015)

Concurrente con lo expresado, la relación entre las cotas de nivel y la superficie ocupada por el espejo de agua, resulta similar en todo el curso, como lo demuestra la información producida en el Modelo de Simulación presentado por la UTE (UTE, 2015).

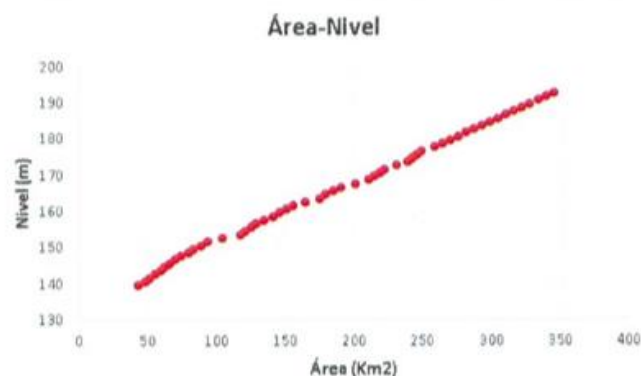


Figura 6-3. Relación h/S en el embalse NK. Fuente: Modelo de Simulación. (UTE, 2015).

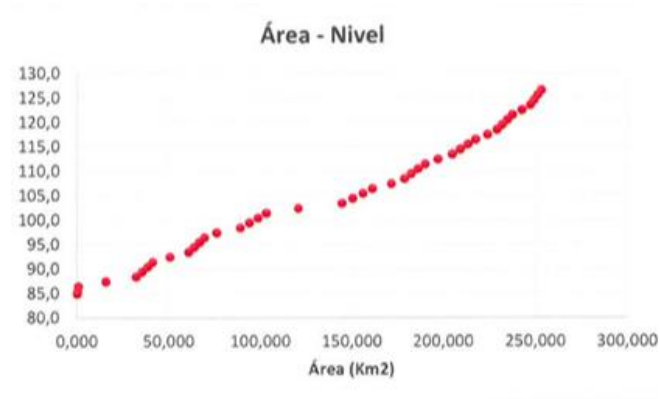


Figura 4: Relación Área-Nivel Embalse Cepernic

Figura 6-4. Relación h/S en el embalse JC. Fuente: Modelo de Simulación. (UTE, 2015).

En el mismo sentido, el modelo de elevación de terreno, producido por la UTE para ambos embalses, señalan que el curso del río en todo el tramo relevado tiene pendiente de 0,47-0,51 m/Km en tanto que la zona litoral, ambos embalses, tendrán pendiente de hasta 30-40% (Figura 6-5).

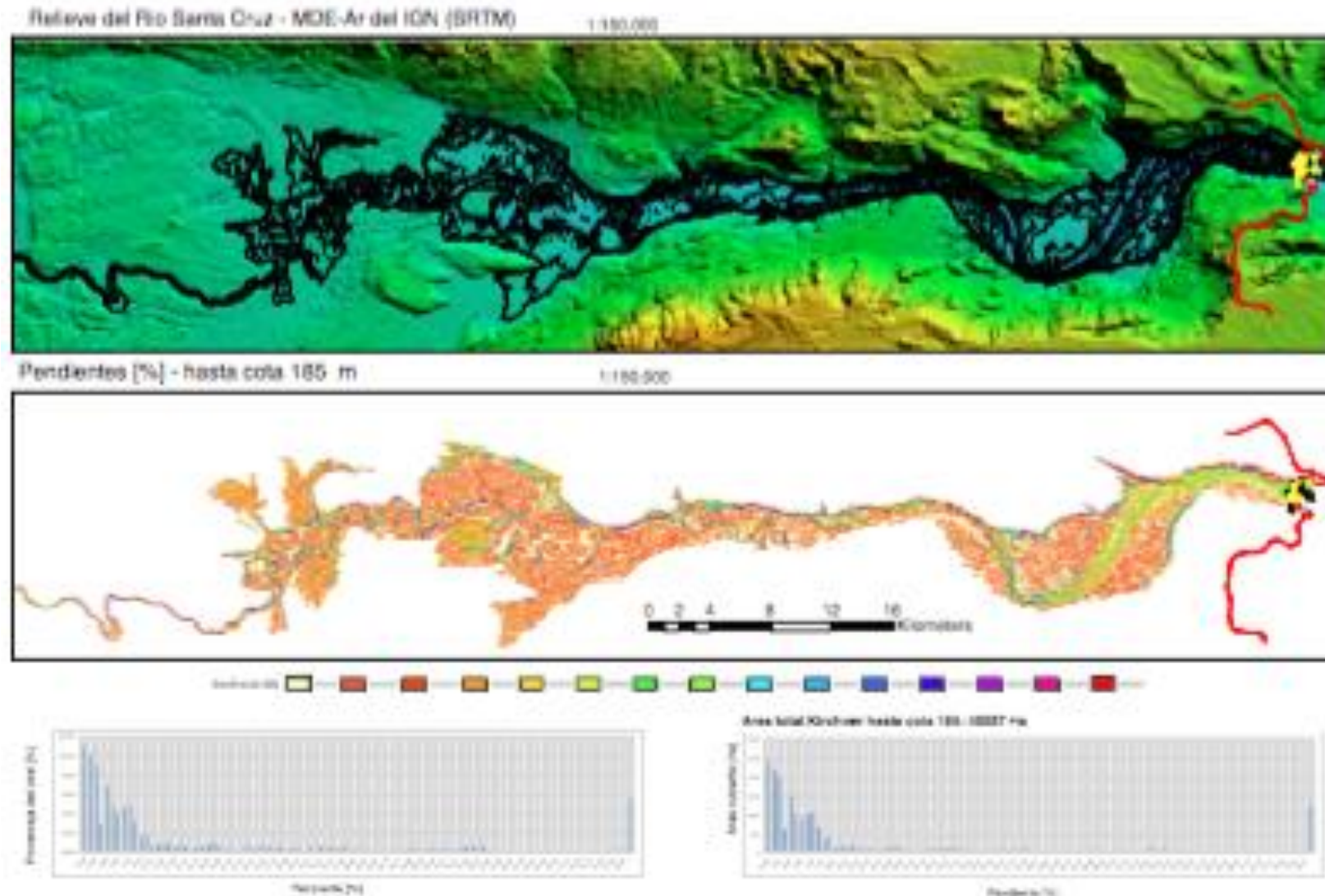


Figura 6-5. Modelo de terreno del embalse NK.

Esta configuración indica que los cambios en el caudal del río, producen modificaciones proporcionales en el hábitat acuático, en la extensión de la zona litoral.

Zonas de vida en el curso del río Santa Cruz, en el área de los embalses NK y JC

La zona litoral, se caracteriza por el nivel fluctuante del agua y del escurrimiento. Es un área de gran importancia, por ser donde se encuentra la mayor riqueza de especies y biomasa de invertebrados, constituyendo la zona de alimentación de las colectividades de peces, especialmente en su etapa de juveniles. También es el área de nidación y de desove de muchos peces.

El comportamiento pulsátil del río, determina cambios graduales de caudal a lo largo del ciclo hidrológico, pero con valores extremos de $200-1.650 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ como ocurriera en 1973-1974 (Figura 6-6). Semejante diferencia en sólo un año, determina que los movimientos verticales de la lámina de agua, produzcan corrimientos en el área habitable de la zona litoral. Dicho en otras palabras, la franja de fluctuación de la lámina de agua, deja periódicamente en seco una zona del área litoral.

El ancho de esa zona estará determinado por la intensidad de las bajantes y, el tiempo de suelo descubierto condicionará la diversidad y la persistencia de los organismos que crecen adheridos al lecho de gravas.

Lamentablemente, no se dispone de información que permita relacionar los ensambles de organismos en distintos niveles de fluctuación en la franja litoral, lo que debe ser objeto de estudios especiales.

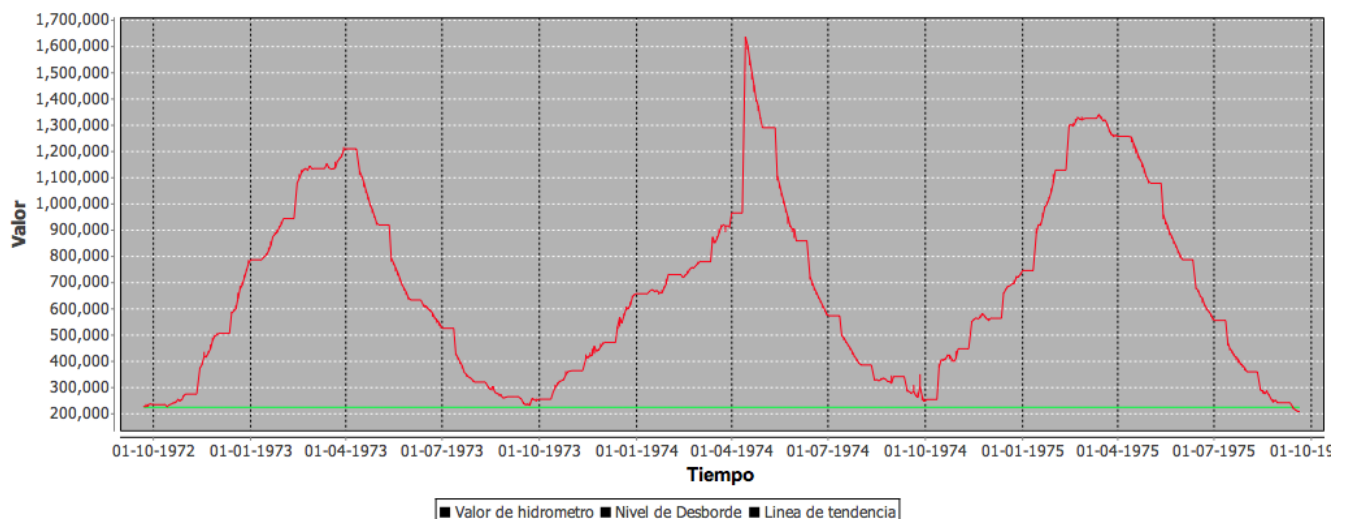


Figura 6-6. Comportamiento pulsátil del río Santa Cruz.

Los organismos que viven en la zona de fluctuación tienen distintas respuestas que les permiten adecuarse a las condiciones críticas:

- Movilidad para desplazarse en áreas ocupadas por agua y/o sectores con la velocidad de flujo que le son más propicios.
- Ciclos cortos de vida, que les permiten la selección de formas que viven en sustrato seco o variablemente inundado.
- Producción de formas de resistencia (propágulos, huevos)
- Alta producción de unidades dispersantes (semillas, huevos).

Por lo expresado, es esperable encontrar un ensamble característico de organismos en cada nivel de la zona litoral. Esto debe considerarse para acotar los riesgos para la biodiversidad.

Dentro de la zona de nivel fluctuante, en la franja litoral, se diferencian zonas de vida, cuya fauna fue descripta en la LBA del EIA original del proyecto (ver Punto 6 del Capítulo 4 en: Serman & asociados s.a. (2015) para Represas Patagonia). Son las bahías, los cañadones y los veriles. Estos ambientes comparten la mayoría de las características ya mencionadas y difieren principalmente por su orientación respecto del eje longitudinal del curso de agua y por tener diferente exposición al flujo y granometría en los sedimentos. Las bahías son escotaduras de la línea de costa, en las que el agua permanece semiléntica, por lo que los sedimentos del fondo pueden ser arenas medias a gruesas, dado que son ambientes de acumulación de sedimentos.

Los cañadones pueden formarse por el escurrimiento transversal al curso, que proviene del área pedemontana. Se mantienen con agua sólo unos meses en el año durante las potamofases medias a altas. El perfil transversal se ajusta generalmente en forma de "U" y el fondo está recubierto por sedimentos pobremente seleccionados, incluyendo arenas en su confluencia con el curso.

Los veriles de banco, se encuentran en el río, como barras de poca potencia, recubiertas por gravas de hasta 10 cm, apiladas en un perfil de suave pendiente. En el sector más alejado del eje del escurrimiento del río, pueden acumularse arenas gruesas, aunque no llegan a formar un manto continuo.

Otra zona, estructural y funcionalmente distinta es la que se encuentra en el sector más profundo de la sección transversal del cauce y que denominaremos *zona de transporte*. El lecho está formado por la roca madre, puede ser ligeramente irregular por la presencia de rocas de distinto tamaño, suficiente para no ser arrastradas por escurrimiento del orden de 2 m s^{-1} o mayor. Hay escasa deposición de arenas y aun de gravas de mediano tamaño. El agua cubre el fondo en forma permanente y esta condición es la que marca el límite superior con la zona litoral, como se esquematiza en la Figura 6-7.

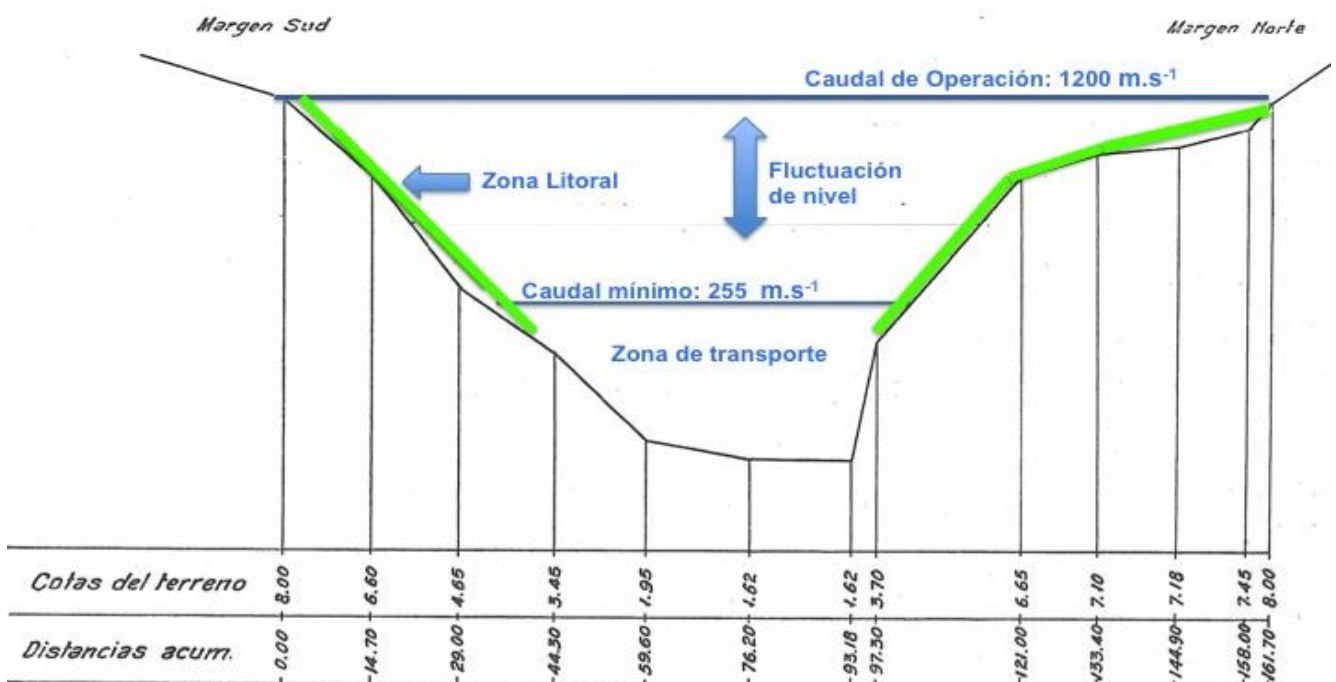


Figura 6-7. Corte transversal del río Santa Cruz, aguas abajo del lago Argentino. (modificado de Soldano, 1947).

En cuenta de las características mencionadas, los límites de ambas zonas son más bien difusos, debido a la gradualidad con que se producen las fluctuaciones de nivel, actualmente. Durante el período de aguas bajas, puede registrarse niveles con variación menor que cinco centímetros en un mes, en tanto que durante las crecientes, el nivel del río puede crecer 10-15 cm en el mismo día.

De tal manera, dependiendo de la posición de algún punto en la zona litoral (nivel de referencia, o nivel de desborde) será la importancia de las potamofases y limnofases, actualmente.

Si el punto que consideramos, se encuentra en la línea correspondiente al caudal mínimo, la mayor parte del ciclo hidrológico se encontrará en potamofase. Si, por el contrario, está situado próximo a la línea de las crecientes máximas, solo estará en potamofase durante pocas semanas, quedando con suelo descubierto la mayor parte del tiempo.

6.2 EVALUACIÓN

6.2.1 Introducción

De todos los cambios ambientales producidos por las presas y su operación, la alteración de los regímenes de flujo de agua del río ha tenido los efectos más perjudiciales en los ecosistemas acuáticos, sobre todo en la biodiversidad de los ríos (Poff et al. 1997, Postel y Richter 2003, Arthington et al. 2006).

Además del efecto propio de transformación de un curso lóxico en un cuerpo léxico, las presas pueden modificar en gran medida el caudal que fluye aguas abajo, cambiar la estacionalidad de las fases de aguas bajas y de crecientes, la frecuencia y la duración de los flujos altos y bajos, y alterar las tasas de renovación durante distintas fases del hidrograma anual.

Mucho se ha escrito sobre las consecuencias ecológicas de alteración hidrológica. Bunn y Arthington (2002) resumen su revisión de esa literatura, destacando cuatro impactos ecológicos primarios asociados con la alteración del flujo:

1. La alteración de flujo puede modificar en forma drástica los hábitat inundables, porque el caudal del río modela hábitat físicos tales como rápidos, lagunas y bañados en los ríos y llanuras de inundación, y por lo tanto determina la composición biótica.
2. Se puede alterar el sincronismo propio de los ecosistemas a través de la alteración de flujo, dado que las especies acuáticas han desarrollado estrategias a lo largo de su evolución, tales como la época de reproducción, en respuesta directa a las fluctuaciones pulsátiles del flujo natural.
3. Se puede romper la conectividad hidrológica lateral a través de la alteración de flujo y muchas especies son altamente dependientes de la conectividad hidráulica lateral y longitudinal.
4. La alteración del régimen de pulsos puede favorecer a las especies invasoras y alterar las mallas tróficas.

Según Petts (1984) en el análisis de los problemas ambientales generados por las presas hay que considerar impactos de distinto orden que se dan en una línea de tiempo, aunque no siempre de manera secuencial (Figura 6-8).

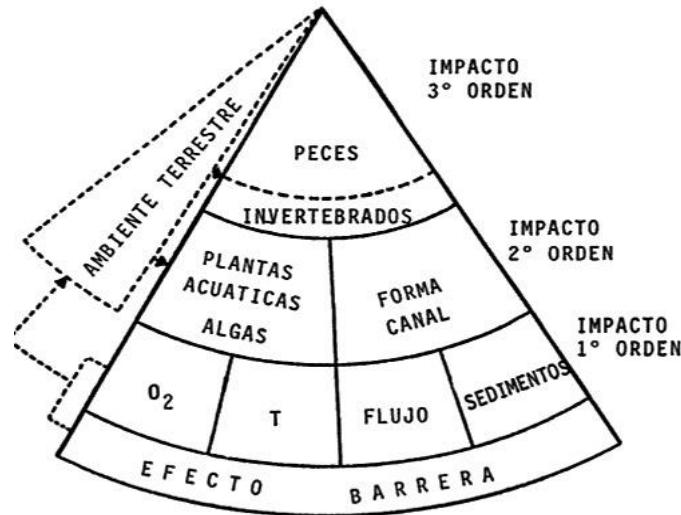


Figura 6-8. Esquema piramidal para el análisis de ríos represados tomado de Petts (1984).

Habitualmente, en las evaluaciones de riesgos ambientales, los ríos son tratados como ecosistemas (sistemas de flujo predominantemente vertical) y se desconoce la vectorialidad de los procesos y los efectos que se generan aguas abajo.

El análisis de riesgo de los efectos que el proyecto puede tener, se mueve entre dos situaciones extremas:

- Río libre de presas, equivalente a la situación natural, no hay impactos, la diversidad, la distribución y la dinámica de las comunidades está regida por las perturbaciones naturales que impone el clima y otras variables de largo término (geología, clima regional, por ejemplo).
- Río con presas, bloqueando totalmente el flujo del agua, significaría la desaparición del río como tal y de todas las comunidades del limnobia.

Entre ambos extremos existe una amplia gama de posibilidades, en las que, obviamente, los costos ambientales deben ser incluidos en la ecuación que determina los beneficios del proyecto. La cantidad y la distribución temporal y espacial de agua que circula en el sistema es la determinante de su estabilidad, de la distribución y la abundancia de los organismos y también del modelado geomorfológico del río. Cuanto mayor sea el disturbio que produzcamos en el régimen del río, mayores serán las consecuencias esperables.

6.2.2 Análisis de Riesgos Ambientales asociados al Proyecto

A manera de síntesis, podemos agruparlos en tres grandes conjuntos, según su severidad, probabilidad de ocurrencia, duración y magnitud de los cambios negativos que producirán en el medio natural.

6.2.2.1 Riesgos Mayores

- **Efecto Barrera.** Como fuera expuesto en el EIA original (Serman & asociados s.a. (2015) para Represas Patagonia), los embalses actuarán como un retardador de flujo, lo que tendrá influencia en la retención de sedimentos y la amortiguación de los extremos térmicos. Es importante mencionar que ambos embalses, por su morfología, no tendrán estratificación térmica y, por el aporte del río Santa Cruz, no sufrirá procesos de atarquinamiento que pongan en peligro su vida útil. **Los cambios en el proyecto no implican modificaciones sobre estas consideraciones.**

- **Alteración del régimen de pulsos del río Santa Cruz.** Como parte del EIA original (Serman & asociados s.a. (2015) para Represas Patagonia) se concluyó que uno de los principales disturbios asociados con el proyecto original sería la modificación del hidrograma natural del río Santa Cruz. **Por esta razón se han incorporado una serie de cambios sobre el proyecto originalmente analizado, eliminando este efecto durante la operación de las presas, ya que la presa JC en operación erogará caudales de base igualando el caudal que proporciona el río en su nacimiento, siguiendo el ciclo natural de variación horaria y anual. Bajo este nuevo escenario de operación de JC la alteración del régimen de pulsos se limitará únicamente a la fase de llenado.**

Dado que las condiciones de llenado consideradas en el EIA siguen vigentes, los impactos definidos para esta etapa se mantienen. Así debido a la necesidad de acumular agua en los embalses, aguas abajo de JC el río tendrá un caudal mínimo solo por un período muy acotado de tiempo (6 meses). Esto producirá un fuerte impacto en la zona litoral, al dejar en seco extensas áreas, de mayor productividad del sistema, al reducir la zona inundada. También producirá una disrupción en el sincronismo de las especies que requieren de flujos altos para su período reproductivo y que encontrarán un río en aguas más bajas.

- **Cambio en la distribución de materiales de fondo.** Al momento de realizar el EIA original del proyecto (Serman & asociados s.a. (2015) para Represas Patagonia) este impacto se definió considerando la existencia de empuntamientos diarios en el caudal del río Santa Cruz, lo que representaría una mayor energía de arrastre aguas abajo de la presa JC. Bajo este escenario se consideró que la capa de gravas de tamaño menor a 10 cm sería trasladada por el río a la zona de menor competencia del flujo, es decir, hacia el borde superior del cauce, que sería la zona que diariamente quedaría expuesta al aire durante la mayor parte del día. Con ello, el hábitat más productivo del bentos, el área de alimentación de los peces, sufriría fuertes bajas en su biodiversidad y su potencialidad como hábitat para los peces. **Sin embargo, bajo las nuevas condiciones de operación, este impacto se descarta, por no constituir una situación de riesgo en el nuevo escenario. El funcionamiento en base de la presa JC asegura la salida equivalente al caudal que ingresa al sistema de embalses en forma horaria y diaria con lo cual aguas abajo de la presa el río mantiene su hidrograma característico a lo largo del año. Y tampoco se prevén erogaciones puntuales de caudales iguales o mayores a las crecidas menos recurrentes (25 años de recurrencia) como se estimaba bajo el empuntamiento de JC, por cuanto no se generarán corrientes de alta energía que movilicen el material de fondo en áreas aledañas al pie de presa aguas abajo de JC.**
- **Modificación potencial del régimen térmico del río.** Tal como fuera considerado en el EIA original del proyecto (Serman & asociados s.a. (2015) para Represas Patagonia), como consecuencia de la inercia térmica de la masa de los embalses que serán construidos, se espera que se genere una disminución próxima a dos grados en la temperatura máxima del agua durante el verano y un aumento próximo a un grado en la mínima absoluta de invierno. Por la configuración geomorfológica de los embalses, su profundidad y tasa de renovación del agua, no se esperan condiciones de estratificación térmica estable estacional en ambos cuerpos de agua ni limitaciones, en la concentración de oxígeno en la columna de agua.

En la sección fluvial ubicada aguas abajo de JC, como parte del EIA original se consideró que la retención de caudal durante la operación podría producir un descenso de la temperatura mínima invernal del agua del río.

Al respecto, como parte de las campañas de línea de base ambiental se registraron en el curso del río temperaturas de 12 grados en verano y de 3 grados en invierno (Cdte. Luis Piedra Buena), para caudales altos y bajos respectivamente, advirtiéndose una relación directa entre temperatura del agua y caudal. Durante la fase de aguas bajas, coincidente con el invierno, el río tiene 300-400 m^{3s-1} (200 m^{3s-1} en bajantes extraordinarias) y 1.200-1.700 m^{3s-1} durante las crecientes anuales. Cuanto menor sea el caudal, menor será la velocidad del escurrimiento (mayor tiempo de residencia del agua que ingresa al sistema), y mayor contacto con la temperatura del ambiente (aire y lecho del curso), influyendo también la mayor densidad del agua, que se da aproximadamente a 4 grados. Con un caudal menor a lo que se ha determinado como caudal ecológico Q7-10 es muy probable que el agua se congele durante el invierno, en cuenta que, durante la LBA se pudo registrar, el 13 de julio de 2015, temperatura de sólo 3 grados en el río Santa Cruz, en su intersección con la Ruta 3 (Cdte. Luís Piedrabuena), con caudal 80% superior al denominado caudal ecológico.

Por esta razón, como parte del EIA original, se estimaba podrían generarse impactos derivados del congelamiento del curso que representarían un riesgo para la supervivencia de muchas especies. Sin embargo, este impacto se definió considerando que se prevenían caudales bajos a la salida de la presa JC durante la mayor parte del día. Gracias a los cambios realizados sobre el proyecto, este efecto puede ser descartado para el período de operación de las presas. De este modo, esta incidencia queda acotada únicamente al período de llenado, con mayor probabilidad de ocurrencia si el mismo se produce durante el invierno.

- **Disturbios en la comunidad planctónica.** Como fuera mencionado en el EIA original del proyecto (Serman & asociados s.a. (2015) para Represas Patagonia), el paso de un sistema de flujo turbulento (río) a otro de agua léntica (embalses NK, JC), permite esperar un incremento moderado en la concentración del plancton, sin cambios drásticos en las taxocenosis, por lo que no producirán consecuencias desfavorables en los flujos biogeoquímicos.

En el río, aguas abajo de JC, pueden esperarse cambios en la estructura de las comunidades por efecto de la reducción de caudal, pero únicamente durante la fase de llenado de los embalses, ya que los cambios introducidos al proyecto implican la anulación de los impactos asociados a la regulación del caudal de agua abajo de la presa JC durante la operación.

Esta alteración del caudal será por un período muy acotado de tiempo (6 meses). La misma determinará que la masa de agua sea menor durante un mayor número de horas del día. Con esto, la temperatura mínima será más baja en invierno fundamentalmente en el tramo final del río, y la cantidad de radiación UV, será mayor. Esto podría generar una selección, aunque temporaria, de aquellas especies tolerantes a estos cambios y probablemente una reducción en el número de especies planctónicas.

Dado que el plancton es el alimento de los organismos filtradores podría ser afectada la bioproductividad del curso de agua. Sin embargo, por tratarse de ambientes ultra-oligotróficos, como se explicara en la LBA original, este cambio no se traducirá en un efecto *bottom-up* significativo en la malla trófica.

Un esquema *bottom up* es aquel en que el tamaño de las poblaciones se determina desde el nivel inferior hasta el superior de la trama trófica. En el mismo, la abundancia de productores está determinada por variables abióticas como la disponibilidad de nutrientes, la cual en ambientes ultraoligotróficos es sumamente limitada. La abundancia resultante de productores es la que determina el tamaño de las poblaciones de los niveles superiores y así sucesivamente, reduciéndose en cada nivel superior de la pirámide trófica.

- **Riesgos para la comunidad bentónica.** Sobre el área inundada por los embalses se producirá una mayor extensión del área litoral producto del ascenso del agua, comprometiendo áreas de suelo que se encontraban emergentes. Esta zona de los embalses estará desprovista de bentos por un período prolongado, posiblemente mayor de cinco años.

Nuevamente, aguas abajo de JC el impacto estará concentrado únicamente a la etapa de llenado por reducción de caudales. Durante este período (muy acotado en el tiempo) en el río se verán afectadas las principales zonas de vida de la comunidad bentónica: bahías, veriles de bancos y el área litoral del curso, que son hábitats de alimentación, reproducción y anidación de los peces. Aguas abajo de JC el río pasará por un "ciclo seco artificial" determinando por el período de llenado, cuya duración no será diferente a la del año más seco de la serie histórica.

6.2.2.2 Riesgos Menores

Entre los riesgos menores, como parte del EIA del proyecto original (Serman & asociados s.a. (2015) para Represas Patagonia) se identificaron aquellos efectos que normalmente ocurren cuando se generan proyectos de represamientos de ríos pero que dadas las condiciones del ambiente y el diseño del proyecto analizado presentaban una baja relevancia. Frente a las nuevas condiciones de operación los mismos no se verán modificados, a saber:

- **Modificación de la transparencia del agua.** Generalmente un embalse funciona como una trampa de sedimentos, reteniendo los mismos, determinando una carga menor en el curso aguas abajo del embalse. Sin embargo, no se espera una sedimentación importante en los embalses, debido a la baja concentración de sólidos suspendidos y a que los escasos coloides no precipitarán en los mismos. La eficiencia de retención de sedimentos se relaciona con el tiempo de residencia del agua en el embalse. En ríos de montaña, con tiempo de residencia de 12 a 18 semanas, la tasa de retención de sedimentos puede ser de 20%, lo que es insignificante si se tiene presente la baja concentración de sólidos suspendidos registrada como parte del presente estudio (ver LBA del EIA original) y en la bibliografía disponible para este río.
- **Condiciones de anoxia o de hipoxia como consecuencia de la retención de agua.** Las aguas provenientes del lago Argentino y todo el curso del río Santa Cruz tienen alto contenido de oxígeno, próximo al nivel de saturación. La profundidad de los embalses, el bajo tiempo de residencia del agua, la baja concentración de materia orgánica disuelta y particulada y la elevada transparencia del agua, presuponen bajísimo riesgo de anoxia e hipoxia en los embalses y, menos aún en el curso del río Santa Cruz. En el área que ocuparán los embalses la vegetación característica es la estepa patagónica.

El proceso de descomposición no causará problemas por generación de metano debido a la lenta degradación de la materia orgánica y a la escasa biomasa contenida en la vegetación que quedará inundada.

Tampoco se espera que se genere toxicidad como consecuencia de condiciones reductoras, dado que no habrá una disminución sensible de la concentración de oxígeno en los embalses ni tampoco en el río aguas abajo de JC.

- **Efectos adversos sobre la calidad química de las aguas.** El llenado de los embalses se producirá sobre terrenos compuestos por rocas duras provenientes del arrastre fluvio-glaciar, que no producirán aporte importante de sustancias químicas que puedan comprometer la calidad del agua. Los suelos de la cuenca de aporte a los embalses tienen muy bajo contenido de electrolitos y, la composición iónica relativa de las aguas de la cuenca es equilibrada. No hay signos de salinización. Los ríos afluentes son transparentes, con escasa cantidad de partículas inorgánicas en suspensión, aun durante las crecientes y baja concentración de materia orgánica. Con la formación de los embalses, los ciclos biogeoquímicos no se modificarán significativamente. En la situación actual de la cuenca, ambos embalses mantendrán una concentración muy baja de nutrientes, en razón de la concentración de base y por estar enclavados en un área con escaso poblamiento, en que la agricultura se realiza en pequeñas extensiones y la ganadería es apenas una actividad pastoril con baja carga espacial.

En la LBA del EIA original no se detectó concentración de compuestos fitosanitarios en el agua y los metales pesados, cuando estuvieron presentes, se encontraron a nivel de trazas. Esto no compromete la calidad de las aguas. Los terrenos que quedarán cubiertos por las aguas no están bajo manejo minero o ganadero importante, con lo cual no se esperan cambios adversos en la calidad química de las aguas. Como se documentó en la LBA del EIA original, las aguas del sistema son de excelente calidad para todos los usos habituales.

- **Problemas de captación y tratamiento de agua para consumo.** Como fuera expuesto en el EIA del proyecto original (Serman & asociados s.a. (2015) para Represas Patagonia) tanto Piedrabuena como Puerto Santa Cruz toman agua del río Santa Cruz. Puerto Santa Cruz, cuenta también con una toma y una planta local sobre el río homónimo localizada a 15 km de la ciudad, en el límite entre el río y el estuario. De este modo, cualquier variación en el caudal o calidad del río podrían producir un impacto negativo específico sobre estas localidades.

Al respecto, como fuera mencionado, no se prevé cambios negativos en la calidad química del agua por efecto de las presas. Sin embargo, durante la fase de llenado, el río estará varios meses en aguas muy bajas y esto determinará mayor contacto del agua con los sedimentos del lecho. Esto podría aumentar la turbidez y generar problemas para el tratamiento del agua para consumo.

En este contexto, se realizaron consultas en la planta de tratamiento localizada en Piedrabuena donde, el Gerente de la planta informó que durante bajantes extraordinarias no ha habido problemas en calidad o cantidad del agua en la planta de tratamiento.

Si se tiene presente que ambas tomas se encuentran a más de 100 km de JC, se estima que la generación de plumas de turbidez, durante la construcción, no comprometerá la calidad del agua en aquella localidad.

Respecto a las modificaciones del proyecto para su etapa de operación, dado que los caudales del río aguas abajo de JC se mantendrán iguales a los ingresantes desde la embocadura, no se esperan modificaciones a los regímenes naturales del río para los distintos momentos del año como consecuencia de la presencia de las presas y por ende no se presumen afectaciones en calidad o cantidad de agua en el sector de tomas.

Respecto de la potencial afectación durante el período de llenado, a modo de estudios complementarios se está llevando a cabo la modelación hidrodinámica del estuario considerando diferentes caudales del río Santa Cruz para analizar detalladamente la incidencia de dichas variaciones sobre el proceso de intrusión salina en la sección de estuario y por ende la potencial afectación de las tomas en los períodos acotados vinculados al llenado. En el Punto 2 del Capítulo 3 del presente EIA se presentan los avances alcanzados al momento del cierre del EIA en el desarrollo del Modelo del Estuario del Río Santa Cruz.

- **Riesgo de eutrofización cultural.** Teniendo en cuenta la bajísima densidad poblacional en el área de aporte a los embalses, de las actividades que se realizan actualmente y del bajo nivel de base de nutrientes en el sistema, se estima muy bajo el riesgo de eutrofización cultural.
- **Colonización de los embalses por plantas acuáticas invasivas.** No se prevé desarrollo masivo de macrófitos en los embalses debido a que no se documentó la presencia de plantas acuáticas en el área litoral del río Santa Cruz y tampoco en los antecedentes bibliográficos revisados. Solamente en la segunda campaña de muestreo limnológico, en julio de 2015, fue encontrado un tallo de *Ranunculus* sp. que era llevado a la deriva en el área litoral de la localidad de Piedrabuena (LBA, ver Capítulo 4 del EIA original en; Serman & asociados s.a. (2015) para Represas Patagonia). La exigua abundancia de plantas acuáticas también se registró en el muestreo limnológico realizado en noviembre de 2016 (actualización de la LBA, ver Capítulo 3 del presente EIA). El régimen de fluctuación del río, el sustrato de gravas gruesas y las bajas temperaturas invernales hacen poco probable el desarrollo de macrófitos que puedan convertirse en "malezas" en los embalses.

6.2.2.3 Riesgos que requieren Estudios Especiales

Finalmente, como parte del EIA del proyecto original (Serman & asociados s.a. (2015) para Represas Patagonia) se identificaron los riesgos que requerían estudios especiales, ya que se consideraron entonces alteraciones que podrían ocurrir, con alta probabilidad, pero que sus efectos no podían ser valorados en ese momento debido a la falta de conocimiento suficiente, siendo necesaria la utilización de modelos y la realización de comprobaciones de campo.

- **Modificación del área estuarial del río Santa Cruz.** Producto de la regulación del caudal durante el llenado y la operación de las presas como parte del EIA se identificó una potencial afectación sobre la zona estuarial, la cual podría eventualmente extenderse hacia aguas arriba, aumentando la influencia salina (agua de mar) en el estuario. Dado que no se tenían datos suficientes para definir la magnitud del cambio, se definió la necesidad de llevar adelante una modelación hidrosedimentológica que permitiera comprender este riesgo de manera precisa.

Al respecto, bajo el nuevo escenario de operación no se producirá modificación alguna sobre la dinámica del estuario durante el período de operación de las presas, siendo que el agua que ingresa desde el curso fluvial al estuario será la misma que en régimen natural. Más allá de esta mejora sustancial introducida por el cambio del proyecto, a la fecha se está realizando la modelación hidrosedimentológica con el objetivo de comprender este riesgo durante el llenado, el cual estará limitado a un período de tiempo acotado. En el Punto 2 del Capítulo 3 del presente EIA se presentan los avances alcanzados al momento del cierre del EIA en el desarrollo del Modelo del Estuario del Río Santa Cruz, que permitirá conocer la calidad de las aguas en el área de contacto estuarial y prever posibles cambios debido a la diferente distribución de caudales.

En resumen, en la nueva variante de proyecto y de operación, funcionando JC en flujo de base, los impactos sobre el tramo bajo del río Santa Cruz estarán por debajo del nivel de sensibilidad del sistema y, por tanto, serán poco significativos. Como fuera mencionado, en su planteo actual, el proyecto prevé que diariamente los flujos de salida de JC sean equivalentes a los flujos de entrada en NK (estación Charles Fuhr). En este escenario, no se producirá distorsión del régimen de pulsos, que es el macrofactor más importante en la organización de las comunidades fluviales. Así, la ausencia de empuntamientos a la salida de JC representa menores impactos sobre la actividad erosiva del río y con ello condiciones más favorables para el desarrollo de la comunidad bentónica en el área litoral del curso en ese tramo.

Por otro lado, el análisis de las alteraciones que producirán las presas NK y JC en el sistema del río Santa Cruz y sus consecuencias sobre los ecosistemas de la cuenca y sobre el sistema social, es coincidente con la evaluación ya realizada para los efectos localizados aguas arriba de JC y aguas abajo de esta presa durante el llenado.

Son válidas las previsiones realizadas en el EIA del proyecto original (Serman & asociados s.a. (2015) para Represas Patagonia) respecto de la influencia de las presas sobre la calidad física y química de las aguas, especialmente en lo relativo al régimen térmico y a la concentración de oxígeno y de solutos, aunque los extremos térmicos previstos para la situación de aguas bajas, ya no resultarán críticos para la operación.

A la par de estas condiciones más favorables, queda por resolver la obtención de mayor y mejor conocimiento de la respuesta de los organismos a los cambios en el sistema y, en el caso de las poblaciones de peces, resolver el efecto barrera que impediría las migraciones de los peces anádromos.

6.3 BIBLIOGRAFÍA

ARTHINGTON, A. L.; BUNN, S.E.; , POFF, N.L Y , AND J. NAIMAN. 2006. The challenge of providing environmental flow rules to sustain river ecosystems. *Ecological Applications*, 16(4), 1311–1318.

BARROW, C. J., 1987, The environmental impacts of the Tucuruí reservoir on the middle and lower Tocantins River Basin Brazil. *Regulated River*, 1: 49-60.

BOND, W. S. Y ROBERTS, M. G., 1978, The colonization of Cabora-Bassa Mozambique, a new man-made lake by floating aquatic macrophytes. *Hydrobiologia*, 60: 243- 259.

BUNN, S. E.,Y A. H. ARTHINGTON. 2002. Basic principlesy ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. *Environmental Management* 30:492-507.

NEIFF, J. J. 1990. Ideas para la interpretación ecológica del Paraná. *Interciencia*, 15(6): 424-441.

NEIFF, J. J. 1996. Large rivers of South America: toward the new approach. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, Alemania, 26:167-180.

NEIFF, J.J.; A. POI DE NEIFF; C.A. PATIÑO E I. BASTERRA DE CHIOZZI, 2000. Prediction of colonization by macrophytes in the Yaciretá reservoir of the Paraná River. *Rev. Brasileira de Biol.* 60 (4): 615-626. Brasil.

PETTS, G. E. 1984. *Impounded rivers*. Wiley (Edit). Chichester. 1-302.

POFF, N. L., J. D. ALLAN, M. B. BAIN, J. R. KARR, K. L. PRESTEGAARD, B. D. RICHTER, R. E. SPARKS, Y J. C. STROMBERG. 1997. The natural flow regime: a paradigm for river conservatory restoration. *BioScience* 47:769-784.

POSTEL, S.,Y B. RICHTER. 2003. *Rivers for life: managing water for peopley nature*. Island Press, Washington, D.C., USA.

QUIROGA, A.P.; LANCELOTTI, J.L., RIVA-ROSSI, C.M.; TAGLIAFERRO, M.; GARCÍA ASOREY , M. Y M. A. PASCUAL. 2015. Dams versus habitat: predicting the effects of dams on habitat supply and juvenile rainbow trout along the Santa Cruz River, Patagonia. *Hydrobiologia* DOI 10.1007/s10750-015-2217-1

RITCHER, B., BAUMGARTENER, J., POWELL, J. & D. BRAUN. 1996. A Method for assessing Hydrologic Alteration within Ecosystem. Conservation Biology. Vol.10, N°14, p. 1163-1174.

SOLDANO, F. 1947. Aprovechamiento de la red fluvial argentina. T. II. Ed. Citera, Bs. As.

TAGLIAFERRO, M.; MISERENDINO, M. L.; LIBEROFF, A.; QUIROGA, A. Y M. PASCUAL. 2013. Dams in the last large free-flowing rivers of Patagonia, the Santa Cruz River, environmental features, and macroinvertebrate community .

TUNDISI, J. G. 1993. Man made lakes. Theoretical basis for reservoir management. Verh. Internat. Verein. Limnol. 25: 1153-1156.

VAN DER LINGEN, M. I., 1973, Lake Kariba: Early history and South shore. pp. 132-142. In: Ackermann *et al.* (eds.), *Man-made lakes: their problems and environmental effects*. American Geophysical Union, Washington.