
APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTRICOS DEL RÍO SANTA CRUZ

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

CAPÍTULO 5 – IMPACTOS AMBIENTALES

5.5 – GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGÍA

INDICE

5.5.1	Introducción	1
5.5.2	Acciones consideradas	2
5.5.3	Componentes Geológicos Evaluados	3
5.5.4	Etapa de construcción	4
5.5.4.1	Impactos en el Valle del Río Santa Cruz	4
5.5.4.1.1	Llenado de embalses y generación de lagos artificiales	5
5.5.4.1.2	Morfometría y dinámica del río Santa Cruz	5
5.5.4.1.3	Morfometría y dinámica de los tributarios del río Santa Cruz	31
5.5.4.1.4	Estabilidad de las pendientes (Remoción en masa)	34
5.5.4.1.5	Sistema hidrogeológico	37
5.5.4.1.6	Registro estratigráfico en las acumulaciones pertenecientes a las glaciaciones Arroyo Verde y El Tranquilo	40
5.5.4.2	Secciones del valle del río Santa Cruz correspondientes a los cierres de Néstor Kirchner y Jorge Cepernic	43
5.5.4.3	Construcción de obras principales NK y JC (hormigonado, transporte de materiales, obras civiles, sistema de transferencia de peces)	43
5.5.4.3.1	Morfometría y dinámica del río Santa Cruz y Tasa de erosión y sedimentación de los sistemas fluviales	45
5.5.4.3.2	Estabilidad de las pendientes	46
5.5.4.4	Construcción de caminos de acceso temporario y permanente	47
5.5.4.4.1	Estabilidad de las pendientes	47
5.5.4.5	Desbroce, movimiento y nivelación de suelos, construcción y funcionamiento de obradores, plantas de tratamiento, villas y campamentos temporarios Néstor Kirchner y Jorge Cepernic	49
5.5.4.5.1	Morfometría y dinámica de los tributarios del río Santa Cruz y Unidades y subunidades geomórficas locales	49

5.5.4.6	Extracción y movimiento de áridos (canteras) para obras	50
5.5.4.6.1	Tasa de erosión, transporte y sedimentación del río Santa Cruz y sus sistemas fluviales tributarios	52
5.5.4.6.2	Unidades y subunidades geomórficas	53
5.5.4.6.3	Estabilidad de las pendientes	54
5.5.4.7	Desvío del río en Néstor Kirchner y Jorge Cepernic y construcción de obras de desvío del río (excavación, desvío y drenado del cauce del curso natural, construcción de túneles, ataguías, transferencia de peces)	54
5.5.4.7.1	Morfometría y dinámica del río Santa Cruz, Tasa de erosión y sedimentación de los sistemas fluviales, Unidades y subunidades geomórficas	54
5.5.4.7.2	Estabilidad de las pendientes	55
5.5.4.8	Montaje de puentes provisorios Néstor Kirchner y Jorge Cepernic	55
5.5.4.9	Construcción de estación transformadora	56
5.5.4.10	Eventual uso de explosivos en polígonos de trabajo Néstor Kirchner y Jorge Cepernic	56
5.4.5	Etapa de Operación	57
5.4.5.1	Presencia de presa y embalses, Operación de presas y Oscilaciones del nivel del agua en las presas Néstor Kirchner y Jorge Cepernic	57

Anexo Mapas

Anexo Mapa Geomorfológico del tramo superior del río Santa Cruz y margen oriental del Lago Argentino

Anexo Mapa Geomorfológico del estuario del río Santa Cruz.

5.5.1 Introducción

Los aprovechamientos hidroeléctricos sobre el río Santa Cruz, denominados Presidente Néstor Kirchner (NK) y Gobernador Jorge Cepernic (JC) implican la construcción de dos presas con la consiguiente generación de dos espejos de agua (Figura 1), además de una serie de actividades mineras relacionadas con la explotación de yacimientos y la modificación local de superficies del paisaje en los sitios reservados al polígono de obradores, villas temporarias y caminos, que en su conjunto darán lugar a alteraciones destacables en el medio geológico involucrado. Los cambios inducidos serán de diversa tipología y magnitud y afectarán con diferente intensidad las cualidades geológicas preexistentes.



Figura 1. Embalses vinculados con las presas Néstor Kirchner (NK) y Jorge Cepernic (JC), las que están señaladas con trazas anaranjadas.

Entre las transformaciones de mayor importancia que se espera vayan a ocurrir se destacan las vinculadas con la dinámica y evolución de los procesos geomórficos de naturaleza exógena, entre los que se mencionan al fluvial a lo largo del río Santa Cruz y sus tributarios, la alteración del sistema hidrogeológico, la variación que tendrá la evolución de las pendientes en el valle del río Santa Cruz y la pérdida del registro estratigráfico correspondientes a las glaciaciones de edad pleistocena tardía.

En relación con los cambios que tendrán lugar en la dinámica del proceso fluvial actual se enfatiza que la generación de los dos lagos artificiales implicara la pérdida de la morfometría fluvial y la dinámica actual del río Santa Cruz en las secciones inundadas, de tal forma que de los 380 km de longitud que presenta su cauce, aproximadamente 192 km (50% de su recorrido total) se transformarán en un cuerpo lacustre. Esta situación significa la cancelación de la morfometría de éste curso fluvial y la de los procesos de erosión, transporte y acumulación que prevalecen en la actualidad en la sección que será inundada.

Esta alteración en el tramo de curso intervenido también podrá repercutir en alguna forma en los trayectos fluviales del río Santa Cruz que quedarán fuera del alcance de los lagos proyectados y también en sus tributarios debido a que la generación de estos espejos de agua dará lugar a un cambio en sus niveles de base.

Por otra parte, dada la directa vinculación que tienen los sistemas hidrogeológicos de mayor desarrollo con el río Santa Cruz, la generación de los embalses dará lugar en el plazo inmediato a la modificación de los procesos vinculados con la dinámica de los acuíferos locales ya que variarán sus áreas de recarga y descarga, localizaciones, caudales y permanencia temporal, situaciones que para algunas secciones de las pendientes del valle fluvial podrían generar alteraciones en los factores internos que se vinculan con la estabilidad actual que tienen las mismas.

Asimismo, las tareas ingenieriles relacionadas con el implante de las estructuras de mayor importancia, como ser las relacionadas con las presas Néstor Kirchner y Jorge Cepernic, y las vinculadas con la construcción de campamentos, caminos y puentes a las que se sumaran las actividades extractivas mineras, modificarán localmente las características geológicas de las unidades litológicas y acumulaciones intervenidas y la de los procesos dinámicos que presentaban hasta antes de su alteración.

5.5.2 Acciones consideradas

Las acciones antropogénicas identificadas como las de mayor importancia que actuarán sobre los diferentes y diversos factores geológicos que se localizan en el área de intervención serán:

- Llenado de embalses y generación de lagos artificiales
- Construcción de obras principales NK y JC (hormigonado, transporte de materiales, obras civiles, sistema de transferencia de peces)
- Construcción de caminos de acceso temporario y permanente
- Montaje de puentes provisorios Néstor Kirchner y Jorge Cepernic
- Desbroce, movimiento y nivelación de suelos, construcción y funcionamiento de obradores, plantas de tratamiento, villas y campamentos temporarios Néstor Kirchner y Jorge Cepernic.
- Extracción y movimiento de áridos (canteras) para obras
- Desvío del río en Néstor Kirchner y Jorge Cepernic y construcción de obras de desvío del río (excavación, desvío y drenado del cauce del curso natural, construcción de túneles, ataguías, transferencia de peces)

Estas operaciones vinculadas con la materialización del proyecto están separadas en las siguientes tres etapas: Etapa de Tareas Previas, Etapa de Construcción y Etapa de Operación. Formando parte de cada una de ellas se reconocen actividades de diverso tipo que son las siguientes:

Etapa de Tareas Previas: Incluye la Construcción de Villas temporarias, Excavación de trincheras, Perforaciones, Construcción de puentes, Instalación de obradores, Construcción de caminos de acceso temporarios y eventuales Contingencias.

Etapa de Construcción: Incluye la Operación de obradores, Operación de Villas temporarias, Movimiento de vehículos y maquinas por acceso temporales, Explotación de canteras, Construcción de presas, Uso de explosivos, Desvío de río, Llenado de embalse, Construcción de accesos definitivos, Abandono de obrador, Abandono de Villas temporarias y eventuales Contingencias.

Etapa de Operación: Presencia de presas y embalses, Movimiento de vehículos y maquinas por accesos definitivos y eventuales Contingencias.

Teniendo en cuenta las acciones referidas, sus magnitudes y localizaciones (Figura 2) se identifican a continuación los cambios que se espera puedan ocurrir en el medio geológico, con el fin de establecer el impacto potencial esperable y así poder definir las medidas de mitigación a aplicar.

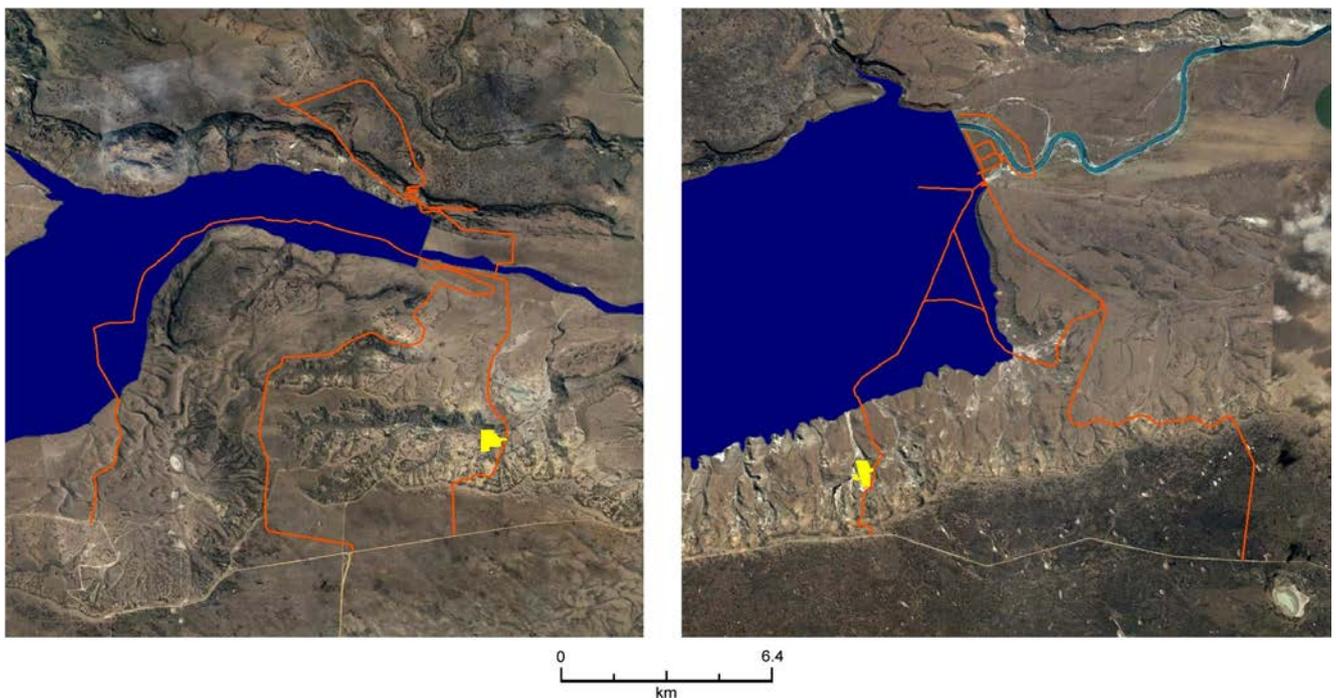


Figura 2. Área de los cierres de las presas Néstor Kirchner (izquierda) y Jorge Cepernic (derecha) donde se indica la localización de caminos (trazas anaranjadas) y villas (polígono amarillos)

5.5.3 Componentes Geológicos Evaluados

Los componentes geológicos de mayor preeminencia que fueron analizados para determinar en qué forma el proyecto hidroeléctrico afectara al medio geológico se detallan a continuación:

- Morfometría y dinámica del río Santa Cruz
- Morfometría y dinámica de los tributarios del río Santa Cruz

- Dinámica de transporte, erosión y sedimentación de los tramos no intervenidos del río Santa Cruz
- Dinámica de transporte, erosión y sedimentación de los tributarios del río Santa Cruz
- Estabilidad de las pendientes (Proceso de Remoción en Masa)
- Sistema hidrogeológico local
- Proceso de erosión eólica
- Registro estratigráfico de las glaciaciones Arroyo Verde y El Tranquilo

Los estudios realizados para ajustar la cota del embalse de NK, mostraron que el mismo presentará un funcionamiento desacoplado del Lago Argentino sin influenciar su régimen natural de variación de niveles. Esta situación significa que no se esperan variaciones en el comportamiento natural del sistema lago Viedma, río la Leona, lago Argentino y el Campo de Hielo Patagónico Sur a causa de la implantación de los aprovechamientos.

5.5.4 Etapa de construcción

Caracterización de los Impactos esperables en el medio geológico

La identificación de impactos potenciales en el medio físico se efectuó a partir de evaluar cuál sería la evolución a futuro que tendrán los componentes geológicos seleccionados precedentemente, antes las acciones referidas para cada una de las Etapas vinculadas con la materialización de los proyectos hidroeléctricos y cuál sería la evolución que tendrían sin las modificaciones indicadas. De la diferencia entre ambos escenarios surge el tipo, magnitud e importancia del impacto esperado.

Los impactos que se espera generen las acciones que se evaluaron para las etapas de Construcción y Operación han sido separados en dos grupos principales teniendo en cuenta la magnitud que alcanzaran en la comarca afectada.

En el primer grupo quedan incluidas las áreas de afectación vinculadas con la que es definida en el ítem 1.2 como *Llenado de embalses y generación de lagos artificiales* de ambos aprovechamientos hidroeléctricos. En este caso el análisis se realizó sobre la totalidad del valle del río Santa Cruz y sus tributarios.

En el segundo grupo figuran los impactos generados por las acciones de menor alcance areal que se indican en ítem 1.2 y que son las que se vinculan con obras en los polígonos de trabajo de cada presa, caminos, villas temporarias y explotación de canteras, entre las actividades de mayor relevancia. A continuación se los desarrolla en detalle.

5.5.4.1 Impactos en el Valle del Río Santa Cruz

En este análisis se considera la totalidad del valle del río Santa Cruz desde su origen en el lago Argentino hasta su desembocadura en el Océano Atlántico. Queda incluida además la cuenca fluvial tributaria. Asimismo se incluye en este análisis la costa oriental del Lago Argentino que se extiende desde la desembocadura del río La Leona y el nacimiento del río Santa Cruz, aunque no exista ninguna vinculación hidráulica entre el Lago Argentino y el

lago artificial de la presa Néstor Kirchner. La inclusión referida se debe a la comprobación de que una parte de los componentes clásticos que aporta el río La Leona al Lago Argentino son transferidos por la dinámica lacustre al río Santa Cruz.

5.5.4.1.1 Llenado de embalses y generación de lagos artificiales

Durante el llenado de los embalses Néstor Kirchner y Jorge Cepernic serán modificados en forma progresiva los siguientes factores geológicos situados en el valle del río Santa Cruz:

- Morfometría y dinámica del río Santa Cruz
- Morfometría y dinámica de los tributarios del río Santa Cruz
- Unidades y subunidades geomórficas
- Estabilidad de las pendientes (Proceso de Remoción en Masa)
- Sistema hidrogeológico
- Registro estratigráfico de las glaciaciones Arroyo Verde y El Tranquilo

En todos estos factores tendrán lugar una serie de cambios que alcanzarán su desarrollo máximo en la etapa de presencia de las presas y embalses, momento a partir del cual mantendrán esa magnitud final. Teniendo en cuenta que el llenado de ambos lagos artificiales tendrá lugar en un corto tiempo, se ha considerado analizar las acciones referidas y sus efectos a partir de la presencia de los embalses estabilizados en su llenado final, haciendo la salvedad que algunos de los factores geológicos a examinar tendrán una dinámica variable en la etapa de llenado debido a que los límites del perilago en formación irán modificando su diseño en función de las características topográficas que van siendo sumergidas. En estos casos se realizarán las evaluaciones correspondientes. A continuación se reseñan los cambios que se prevén tendrán lugar en cada uno de los referidos factores para las acciones indicadas.

5.5.4.1.2 Morfometría y dinámica del río Santa Cruz

Ámbito de los lagos artificiales Néstor Kirchner y Jorge Cepernic

Teniendo en cuenta que el vaso correspondiente a la presa Jorge Cepernic llegara al pie de la presa Néstor Kirchner, no habrá entre ambos emprendimientos sección fluvial alguna sin modificar. Bajo este escenario se considera que desde el cierre de la presa Jorge Cepernic hasta la cola del embalse Néstor Kirchner, el valle fluvial quedará inundado a lo largo de aproximadamente 192 kilómetros.

En forma progresiva durante el llenado de las cuencas y a partir de la estabilización de los lagos artificiales tendrán lugar las siguientes variaciones en la sección referida.

- Desaparición de la morfometría fluvial y su transformación en un sistema lacustre.
- Interrupción de los procesos de transporte de la carga actualmente trasladada por arrastre en las secciones inundadas, erosión y sedimentación fluvial.

- Generación de ambientes lacustres en las secciones inundadas que promoverán modificaciones marginales a partir de procesos de erosión y acumulación, que podrían estar acompañados de inestabilidad local de pendientes.
- Variación de la tasa de transporte en suspensión.

En algunos casos las variaciones referidas serán inmediatas y para otros factores analizados ocurrirán en el plazo mediano a largo.

Como se indicó precedentemente, la formación de los lagos artificiales dará lugar a la culminación de la dinámica fluvial y comenzarán a tener lugar procesos lacustres litorales, tanto de erosión (formación de micro acantilados) como de acumulación (cordones lacustres, espigas, planicies inundadas), dependiendo su tipología de la configuración que adopte la inundación en su estado final en relación a la topografía, la naturaleza geológica del contacto con el lago y los vientos dominantes de mayor magnitud, que son los que provienen desde el Oeste.

Estos procesos de modelado lacustre serán de baja incidencia en gran parte del perilago debido a que las áreas inundadas abarcan en general superficies de niveles de terrazas de pequeña inclinación al este, lo que implica que para mínimas variaciones del nivel del lago se desarrollaran en ellas extendidas faja interlacustre. En cambio en otros ambientes geomórficos con pendiente más empinada (pedimentos de flanco labrados sobre sedimentitas terciarias, morenas, resaltos entre niveles de terrazas y acumulaciones de remoción en masa), la acción erosiva lacustre, al estar concentrada en una faja de ancho reducido, podrá dar lugar a microacantilados que podría promover movimientos de remoción en masa locales cuando actúen sobre geoformas que derivan de anteriores movimientos de ese tipo.

Un escenario similar al que se dará en el futuro en relación con la generación de un ambiente lacustre ya ha tenido lugar en esta comarca cuando se formó el Paleolago Argentino (Strelin y Malagnino, 1996), en el cual se estructuraron terrazas lacustres, acantilados, playas lacustres, espigas y otras paleo formas que se preservan actualmente en el tramo superior del valle del río Santa Cruz (Figura 3).



Figura 3. Margen austral del Paleolago Argentino situada a 6 km al este del primer laberinto del río Santa Cruz. Se señalan con flechas celestes la localización de paleoterrazas y paleoplayas y en amarillo paleoespigas

Su identificación y análisis permite pronosticar cómo será la evolución del ambiente lacustre a partir de la generación del lago artificial, aunque en esta comparación debe tenerse en cuenta que la intensidad del viento debió ser en ese tiempo de mayor magnitud que la actual ya que una parte del actual Lago Argentino se encontraba englazada.

A partir de la generación de los lagos se interrumpirán los procesos de transporte de la carga que actualmente es trasladada por arrastre en el fondo del lecho, mientras que disminuirá desde el oeste al este la que se desplaza en suspensión. Si bien no se cuenta con datos cuantificables sobre las tasas de erosión, transporte y sedimentación que están presentes actualmente en este medio fluvial, se puede estimar sobre la base de indicadores morfológicos (del tipo lacustre, fluvial y eólico) y sedimentarios, que actualmente existen a lo largo del río Santa Cruz secciones donde tiene lugar el transporte clástico de fracciones desde tamaño limo a arena e incluso gravas finas y medianas.

No obstante es pertinente destacar que la mayor parte de las acumulaciones de la llanura de inundación del río Santa Cruz y la que están presentes en el cuerpo de las terrazas adyacentes que contienen al cauce, se componen de fracciones granulométricas de tamaño grande e incluso bloques (Figuras 5 y 6), que los caudales actuales no podrían transportar, aunque si erosionar marginalmente por planación lateral a partir de la inestabilidad de borde de canal que presentan muchas secciones fluviales, especialmente en las pendientes de corte de la cara externa de los meandros excavados situados en la sección superior del río Santa Cruz.



Figura 5. Bloques, gravas gruesa y medianas presentes en la llanura de inundación del río Santa Cruz en la localidad del cierre Néstor Kirchner, durante un periodo de aguas bajas.



Figura 6. Detalle de la granulometría que se observa en el depósito del sitio de la figura 5. Participan mayoritariamente bloques de 30 cm de diámetro y gravas gruesas y medianas con una media más común de un diámetro de 10 cm, con muy baja presencia de granulometrías arenosas.

La mayor parte de las fracciones clásticas introducidas al cauce por el referido mecanismo de erosión marginal, especialmente las que ingresan a partir de la progresiva de los 85 km (medidos desde el nacimiento del río Santa Cruz) y hasta la desembocadura en el océano, corresponden a acumulaciones que fueron depositadas bajo condiciones muy diferentes a las actuales, por corrientes tractivas superlativas relacionadas con el drenaje súbito de un paleolago que se situaba 45 km al oeste del cierre Néstor Kirchner. Se trata en general de gravas de diversa granulometría, bloques, gravas y arenas, estas últimas con una participación subordinada. Estos depósitos solo pueden ser distribuidos muy localmente a partir de las corrientes actuales del río Santa Cruz.

Caracterización y tipología de los impactos esperados

Como se indicó precedentemente, con la generación de los dos lagos artificiales tendrá lugar la desaparición total de la morfometría fluvial del río Santa Cruz (cauce y llanura de inundación) en las secciones que serán inundadas. Además afectará en forma parcial niveles de terrazas glacifluviales inferiores e intermedios y secciones distales y marginales de pendientes labradas sobre sedimentitas de edad terciaria y acumulaciones vinculadas con movimientos de remoción en masa de diversa tipología.

Los efectos de mayor severidad tendrán su epicentro en los tramos fluviales inundados del río Santa Cruz debido a la cancelación de los procesos de erosión, transporte y acumulación preexistentes. En este caso particular se califica como un Impacto Negativo con una Intensidad Alta o Total ya que implica la pérdida de la integridad de los factores geológicos indicados. Además, debido a la Extensión que manifiesta el impacto es Regional ya que se exhibe en la integridad de la comarca inundada. Teniendo en cuenta el Momento en que se manifiesta, sin considerar el tiempo transcurrido entre el inicio y culminación del llenado de los vasos, se trata de un Impacto Inmediato o de Corto Plazo. En cuanto a su Duración debe considerarse que es un Impacto Permanente ya que como mínimo perdurará durante el lapso de vida útil de las presas e incluso, analizando la capacidad de recuperación del sistema que podría existir a continuación de la vida útil de las presas, se considera que no es posible retornar por medios naturales o artificiales a la situación previa razón por la cual se trata además de un Impacto Irrecuperable ya que no es factible reparar sus efectos. Según un análisis Causa-Efecto el Impacto es Directo ya que tiene una incidencia inmediata en todos los factores ambientales involucrados. De acuerdo a la interrelación de Efectos, a partir del análisis de los procesos geológicos que tienen lugar en este ambiente, se califica como un Impacto Sinérgico ya que la inundación dará lugar a la generación de otros eventos dinámicos en otros parámetros geológico-ambientales tales como la modificación de sistemas hidrogeológicos, la estabilidad de pendientes y la variación de tasas de erosión y transporte en otras secciones fluviales del río Santa Cruz y sus tributarios. Finalmente analizando la necesidad de la aplicación de medidas correctoras el Impacto Ambiental es Crítico ya que el efecto da lugar a la pérdida permanente de los factores ambientales considerados, sobre los que no es posible su recuperación ni tampoco la aplicación de medidas correctoras. Finalmente su Probabilidad es Alta.

Tramos del río Santa Cruz no afectados directamente por la generación de los lagos artificiales

En los tramos fluviales no alcanzados por la formación de los espejos de aguas también se prevé que ocurran cambios en las tasas de transporte, erosión y acumulación actuales, aunque en estos casos las variaciones serán en plazo mediano a largo y sus magnitudes de baja importancia. A continuación de la generación de los lagos artificiales quedarán dos secciones fluviales sin inundar, la primera de ellas de aproximadamente 9 km de longitud estará situada entre la que será la cola del embalse Néstor Kirchner y la embocadura o nacimiento del río Santa Cruz en el lago Argentino, y otra, más extensa y de aproximadamente 179 km, que se localizará entre la presa Jorge Cepernic y la desembocadura del río en el Océano Atlántico. A ambas se las describe a continuación.

a) Sección Superior – Tramo de desvinculación entre el embalse NK y el Lago Argentino

En el trayecto referido el cauce presenta una clara tendencia hacia la profundización fluvial, tal como se comprueba a partir de una serie de indicadores geomórficos entre los que se destaca la existencia de un hábito meandriforme encajado en el relieve, del tipo esculpido, labrado en previas acumulaciones glaciogénicas de las Morenas El Tranquilo II que fueron depositadas en el Cuaternario superior (Figuras 7 y Anexo Mapa Geomorfológico del tramo superior del río Santa Cruz y margen oriental del Lago Argentino).



Figura 7. Meandro encajado del tipo esculpido, situado en la localidad de Charles Fuhr, cruce de la ruta Nacional 40 con el río Santa Cruz. Queda definido por dos terrazas principales escalonadas a lo largo de un desnivel de 8 m, situadas en la cara interna del meandro o pendiente de acumulación. Se puede observar además la ausencia de llanura de inundación a lo largo del tramo fluvial registrado en la imagen satelital.

Que se trate de un meandro esculpido (perfil transversal asimétrico en la curva del meandro) y no atrincherado (perfil transversal simétrico en la curva del meandro) se debe a que el proceso de profundización fue progresivo y relativamente lento de tal forma que el cauce pudo migrar lateralmente en la dirección de la pendiente de corte (cara externa de la curva del meandro) a medida que se encajaba en las acumulaciones glaciogénica de edad cuaternaria tardía. Cada terraza define, en cambio, periodos en los cuales cesó la profundización y el cauce pudo desplazarse sin profundizarse.

Otras evidencias de tendencias a la profundización por efecto de un rejuvenecimiento postglaciario es la carencia de una llanura de inundación, la que se reduce a escasos depósitos de barras marginales y muy eventualmente centrales compuestas de gravas

gruesas y bloques y a la presencia de un resalto evidente en el nacimiento de este curso fluvial en el lago Argentino (Figuras 8 y 9).

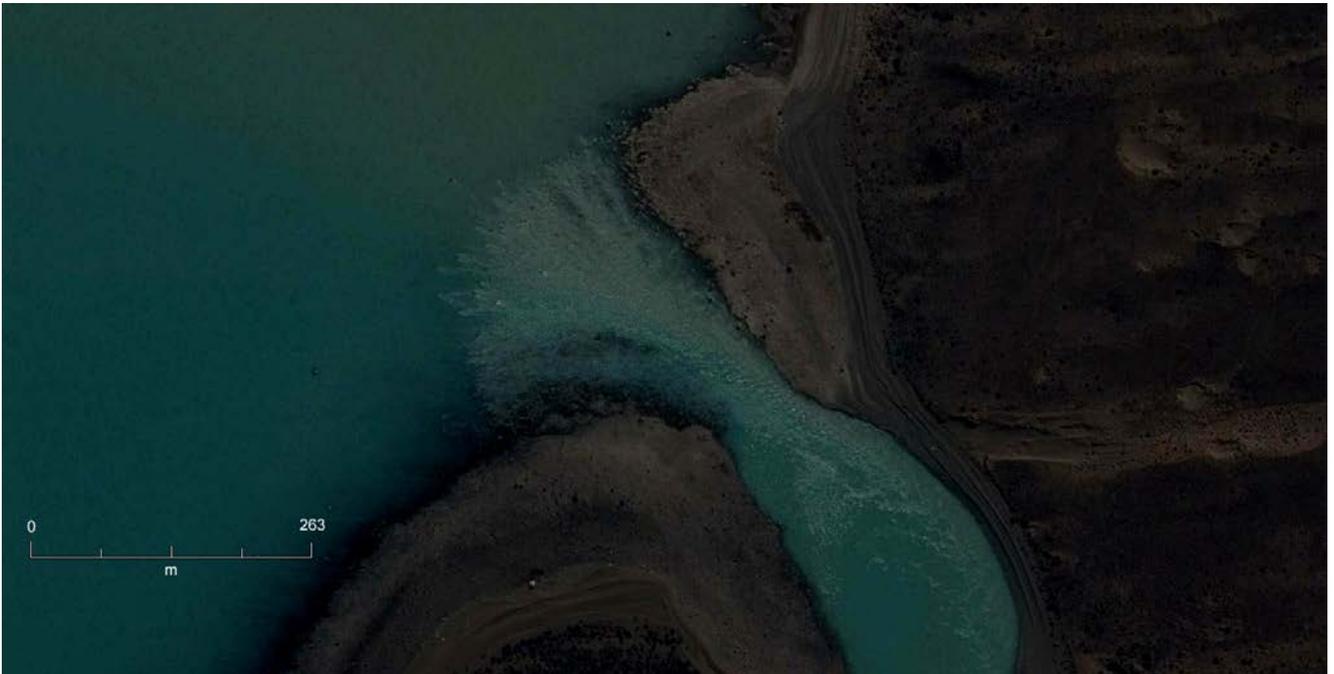


Figura 8. Desagüe del Lago Argentino en la embocadura del río Santa Cruz, definido por la existencia de un resalto semicircular pronunciado que se insinúa claramente durante una bajante del nivel del lago.

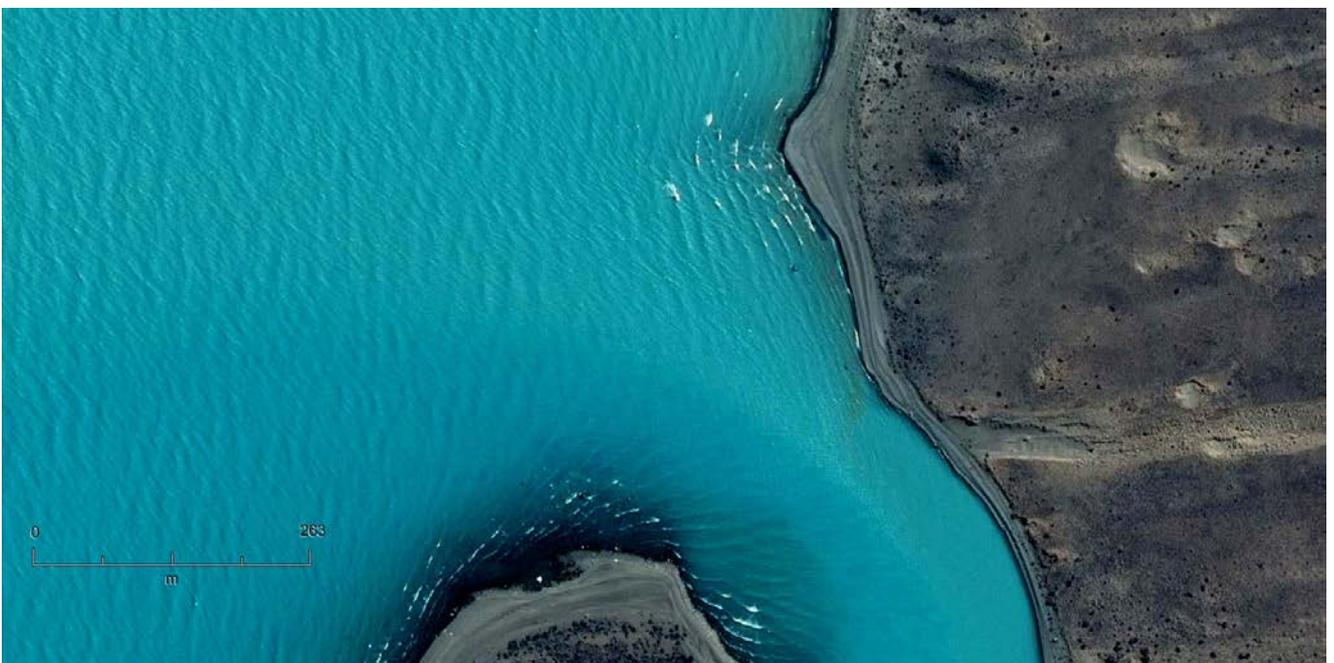


Figura 9. Repetición de la escena anterior durante un nivel medio del Lago Argentino en la cual no se observan las evidencias del desnivel.

Este último rasgo define visiblemente el límite entre el inicio del cauce y la culminación de la cuenca lacustre, donde la pendiente subacua hacia el occidente representa la espalda del arco morénico frontal que dio lugar a cierre del valle y la consiguiente formación del Lago. El umbral, de forma subcircular tal como se aprecia en la figura 8, se vincula con el control que ejercen en este sitio la acumulación de bloques de dimensiones métricas que formaban parte del till perteneciente a la morena frontal que en este sitio fue lavada de sus componentes clásticos más finos por efecto de las corrientes tractivas que concentran e incrementan su energía en este espacio. Concretamente se trata de una acumulación residual de bloques.

La tendencia a la profundización que tiene el cauce se mantiene desde tiempos postglaciales y de acuerdo a los indicadores geológicos analizados no se vinculan con una onda de rejuvenecimiento que prospero desde la cuenca baja sino que está vinculada con la progresiva erosión del referido umbral.

Confirmando este escenario evolutivo se destaca la existencia de dos prominentes paleoacantilados lacustres situados en el perímetro oriental del lago que fueron labrados sobre las Morenas El Tranquilo II (Ver Anexo Mapa Geomorfológico del tramo superior del río Santa Cruz y margen oriental del Lago Argentino). Cada uno de ellos es indicador de un lapso prolongado en la posición del nivel del lago. El más elevado denominado Acantilado Inactivo I presenta al pie de la escarpa una terraza de erosión lacustre situada a la cota de los 202 m, que enlaza directamente con el nivel fluvial de la Terraza III que se inicia en la embocadura del río Santa Cruz y continúa varios km hacia la cuenca baja. El segundo paleoacantilado denominado Acantilado Inactivo II tiene una terraza de erosión lacustre más limitada que se sitúa en la cota de los 187 m y se continúa en el río Santa Cruz con el nivel fluvial de la Terraza IV, que también se reconoce a lo largo del río hasta su sección media. Se trata de terrazas convergentes hacia la cuenca baja, es decir que se aproximan verticalmente en esa dirección, lo que demuestra que su origen está vinculado al rebajamiento del umbral y no con ondas de rejuveneciendo progresando desde el este, ya que si esta hubiese sido la causa, las terrazas serian del tipo divergentes.

Por debajo del pie del Acantilado Inactivo II se extiende un registro de más de 80 crestas de playa escalonadas desde la cota de los 187 m hasta la superficie actual del lago que indican un progresivo y sostenido descenso de su nivel.

El meandro encajado que se observa en la localidad de Charles Fuhr (Figura 7) refleja claramente las etapas del descenso que tuvo el nivel del lago Argentino. Era del tipo libre cuando el nivel del lago labro la terraza lacustre situada al pie del Acantilado Inactivo I, pero comenzó a encajarse cuando el lago descendió hasta el pie del Acantilado Inactivo II. Para esta segunda cota de estabilización del lago, el río volvió a tener meandros libres que dieron lugar al segundo nivel de terraza. Finalmente cuando el lago descendió nuevamente hasta su posición actual el cauce volvió a profundizarse y dar lugar al actual meandro encajado del tipo esculpido.

En este contexto, donde en el tramo fluvial considerado se observa un definido proceso de profundización progresivo, en la cola del embalse Néstor Kirchner se prevé la llegada de los sedimentos finos que son actualmente erosionados y transportados fluvialmente por

suspensión y por arrastre como carga de fondo, de tal forma que es posible que se forme en el extremo occidental del lago artificial un delta progradante.

Teniendo en cuenta que la sección fluvial que se extiende entre la embocadura del río y la futura cola del embalse en la etapa final de llenado del vaso sería de una longitud de aproximadamente 9 km, el volumen clástico finalmente depositado en el delta progradante debería ser exiguo si dependiera únicamente de la erosión de las márgenes y lecho fluvial del tramo indicado. Al respecto se señala que en el trayecto fluvial referido, especialmente en los primeros centenares de metros de su recorrido, las acumulaciones existentes se componen en general de till alojado (bloques y gravas inmersos en arenas y limos) y depósitos glacialacustres rítmicos del tipo varves (arcillas, limos y arenas), tal como se puede ver en la Figura 10.



Figura 10. Pendiente de erosión fluvial sobre acumulaciones de till complejo con secuencia de varves basales deformados por glacitectonismo (ángulo izquierdo inferior) situados en la margen derecha del tramo superior del río Santa Cruz, a 3 km de su nacimiento en el lago Argentino. Al pie de la escarpa se observa una carpeta de talud que es erosionada y sus componentes clásticos transportados por el río durante los periodos de aguas altas.

También se puede comprobar que en la sección fluvial analizada además de la carga clástica erosionada localmente, especialmente en las caras externas o pendientes de corte de los meandros encajados en la secuencia de acumulaciones glacialacustres, también se traslada carga clástica que proviene desde el río La Leona. En este caso en el mecanismo de transferencia clástica intervienen procesos de transporte fluvial, combinados con procesos lacustres, los que se describen a continuación.

En la Figura 11 y Anexo Mapa Geomorfológico del tramo superior del río Santa Cruz y margen oriental del Lago Argentino, puede visualizarse que en la desembocadura del río La Leona existen morfologías fluviales, lacustres y eólicas que permiten verificar un importante

ingreso al lago de fracciones clásticas de granulometría fina a mediana aportadas por el indicado curso fluvial. Para esta localidad se confirma que una parte de los sedimentos aportados al lago lo hacen transportados en suspensión y otra muy importante se traslada por arrastre como carga de fondo. Esta última da lugar a la formación de un delta progradante cuyo sector distal, al interactuar con la energía de las olas, se redeposita en parte como islas de barrera y espigas recurvadas compuestas, mientras que otra parte es trasladada contra el margen oriental del lago donde da lugar a una acumulación de playa integrada por una serie de crestas que permiten establecer la oscilación anual del nivel del lago (Figura 12).



Figura 11. Espigas recurvadas compuestas, isla de barrera y crestas de playa en la desembocadura del río la Leona (Flechas verde, azul y violeta respectivamente), generadas a partir del aporte clástico del río y su distribución bajo la influencia de la dinámica lacustre.

Sobre la indicada playa, integrada en su mayor parte de gravas finas y arenas, con gravas medianas subordinadas, tiene lugar la deriva de playa, proceso mediante el cual los aportes clásticos del río La Leona son trasladados hacia el sur y terminan arribando al río Santa Cruz



Figura 12. Crestas de playa lacustre actuales en las cercanías del nacimiento del río Santa Cruz. Forman una sucesión que refleja las oscilaciones anuales cíclicas y plurianuales vinculada esta última con el bloqueo y posterior ruptura del endicamiento del brazo Rico por el glaciar Moreno.

Internamente las crestas de playa se componen de una acumulación estratificada según bancos de poco espesor en el cual se interestratifican niveles de gravas finas con otros de arenas gruesas y medianas, según una estructura diagonal que inclina suavemente hacia el este (Figura 13).



Figura 13. Detalle de la estructura de estratificación de las crestas de playa de la figura 12. La acumulación se compone de gravas finas y arenas, con gravas medianas subordinadas. Los niveles arenosos se destacan por su mayor laminación y color más claro.

La evidencia geomorfológica y sedimentaria que indica la vigencia de la transferencia de arenas y gravas desde el río La Leona al río Santa Cruz puede comprobarse por la existencia de un importante campo eólico que tiene su nacimiento y por lo tanto la zona de aporte, en la angosta faja de la actual playa del lago. En esta línea litoral alcanza un ancho máximo de 7.68 km mientras que se extiende hacia el este a lo largo de 35 km.

El campo eólico se compone en general por dunas de diversa tipología y espesor destacándose las parabólicas, activas e inactivas que pasan a dunas barchan, crestas barchanoides estas últimas con espesores del orden de los 10 m y hoyos de soplido (Figuras

14 y 15). El desplazamiento de las dunas hacia el este, del orden de los 50 m por año, llega a bloquear arroyos de régimen estacional generando lagunas temporarias.



Figura 14. Nacimiento del campo eólico en la faja de playa situada en la margen oriental del lago Argentino. Se observan dos campos eólicos, uno parcialmente vegetado y otro activo a expensas de su removilización.



Figura 15. Campo eólico (dunas parabólicas inactivas vegetadas y crestas barchanoides activas) con nacimiento en la faja de crestas de playa de la margen oriental del Lago Argentino.

Como puede observarse tanto en la imagen satelital de la Figura 16 como en el Mapa Geomorfológico del tramo superior del río Santa Cruz y margen oriental del Lago Argentino (Anexo), el campo eólico se interrumpe abruptamente al sur de la embocadura del río Santa Cruz porque a partir de la margen izquierda del nacimiento del río, las arenas que se desplazan por deriva de playa y en su recorrido no fueron deflacionadas y exportadas eólicamente hacia el este, son incorporadas al río Santa Cruz y trasladadas fluvialmente hacia la cuenca baja.

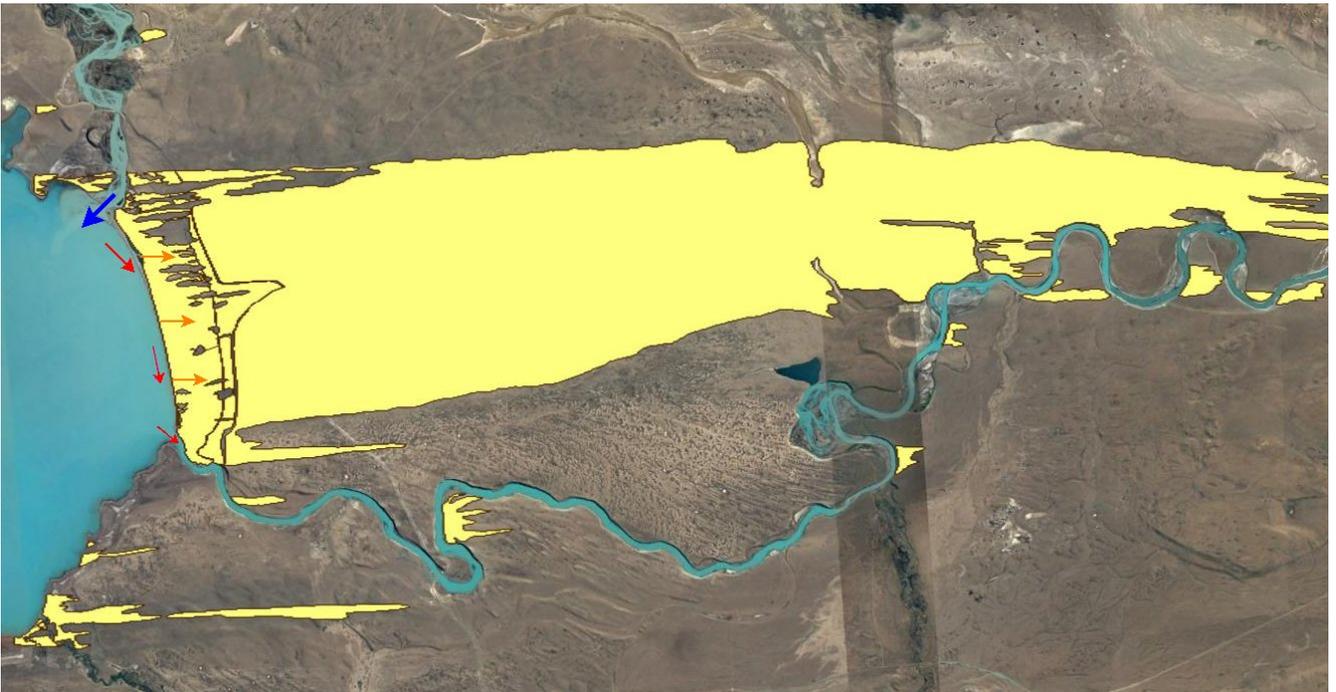


Figura 16. Desarrollo areal del campo eólico. Se observa su nacimiento en la orilla oriental del lago situado entre los ríos La Leona y Santa Cruz. La flecha azul indica el aporte clástico desde el río La Leona, las rojas la deriva general de playa hacia el sur y las anaranjadas el desplazamiento hacia el este de la arena tomada por el viento.

El proceso de deflación progresivo que tienen las arenas que se desplazan por deriva de playa desde su origen en la desembocadura del río La Leona hasta su desaparición en el nacimiento del río Santa Cruz, se ve reflejado en la disminución que tiene el ancho de la faja de playa activa, la que en el norte es de 35 m y en sur es de 18 metros. Finalmente, las gravas finas y arenas que llegan al nacimiento del río Santa Cruz penetran sin interrupciones en el primer tramo de éste curso fluvial a lo largo de 1970 metros (Figura 17), desplazadas en esta sección inicial por la dinámica lacustre. Este mecanismo de transporte es especialmente enérgico cuando se combinan la elevación anual periódica del lago con la presencia de fuertes vientos desde el Oeste. El efecto es todavía mayor cuando tiene lugar la elevación del nivel del lago por la ruptura del endicamiento del brazo Rico.



Figura 17. Gravas y arenas trasladadas por la dinámica lacustre en el primer tramo del nacimiento del río Santa Cruz integrando una serie de crestas de playa (flechas)

La transferencia clástica desde el río La Leona al río Santa Cruz también tiene lugar a partir del transporte en suspensión, tal como se puede apreciar en el registro satelital de la Figura 18.



Figura 18. La mayor reflectividad del sedimento en suspensión permite verificar su transporte desde el río La Leona (extremo derecho), al río Santa Cruz a lo largo del sector oriental del lago Argentino.

Por todo lo expuesto se comprueba que en el tramo inicial del río Santa Cruz, con influencia de dinámica lacustre, tienen lugar procesos de erosión, transporte y sedimentación fluvio-lacustres que permiten el ingreso al mismo de una parte de los volúmenes clásticos aportados por el río La Leona al lago Argentino.

Paralelamente, en la sección fluvial situada a continuación de este tramo híbrido (fluvial-lacustre) se atenuara la erosión vertical y se incrementara la inestabilidad de borde de canal

al aumentar la divagación lateral del cauce disparada por el proceso de sedimentación vertical. Este último escenario implica un incremento en el volumen del aporte clástico por eventos locales de planación lateral, que se podría traducir en un aumento en la velocidad de formación del delta en la cola del embalse Néstor Kirchner.

Caracterización y tipología de los impactos esperados

En el tramo fluvial considerado tendrá lugar un Impacto de Intensidad Mínimo o Bajo de Probabilidad Alta como consecuencia de la modificación parcial de los factores geológicos vinculados con los procesos fluviales y lacustres considerados. En cuanto a la Extensión se tratará de un Impacto entre Puntual a Parcial o Zonal ya que el cambio estará circunscripto a una comarca muy limitada arealmente. Analizando el Momento en que se manifiesta el impacto, se considera que se será del tipo Latente ya que el efecto se presentará progresivamente a lo largo del lapso transcurrido entre la generación del vaso y la sinergia de los procesos fluvio – lacustres involucrados. Para el análisis de su Duración debe considerarse que se trata de un Impacto Permanente ya que como mínimo permanecerá durante el lapso de existencia del espejo de aguas artificial, que es equivalente a la duración de la vida útil de la presa. Analizando la Capacidad de recuperación del sistema que podría existir a continuación de la vida útil de las presas, se considera que no es posible retornar por medios naturales a la situación previa razón por la cual se trataría de un Impacto Irrecuperable, sin embargo se considera que si bien no es posible retornar por medios naturales a estado ambiental inicial, el Impacto es Mitigable ya que el efecto puede atenuarse mediante la aplicación de sencillas medidas correctoras. Del análisis de la Relación Causa-Efecto el Impacto es Indirecto o Secundario ya que el efecto es el resultado de la interacción a lo largo del tiempo de varios factores ambientales involucrados tales como fluvial, lacustre y eólico. Analizando la interrelación Acciones y Efectos, a partir del análisis de los procesos geológicos que tienen lugar en este ambiente, se califica como un Impacto Acumulativo ya que la acción del agente inductor incrementa progresivamente en el tiempo su magnitud debido a que los procesos geológicos y geomórficos implicados no tienen mecanismos que le permitan eliminar o atenuar la acción causante del impacto sino todo lo contrario, el impacto presenta un sistema de retroalimentación positiva. Considerando su Periodicidad se clasifica como un Impacto Continuo y analizando la necesidad de la aplicación de medidas correctoras se trata de un Impacto Ambiental Recuperable e incluso Evitable ya que la alteración puede eludirse a partir de la aplicación de medidas de rápida y local ejecución en una etapa previa a la formación del lago artificial.

b) Sección Media e Inferior del río Santa Cruz entre el pie de la Presa Jorge Cepernic y su desembocadura en el océano Atlántico

Actualmente los sedimentos finos son los componentes clásticos que mayoritariamente podrían ser transportados en la sección fluvial referida, ya sea por arrastre como carga de fondo o en suspensión. Estos sedimentos tiene tres fuentes de origen principales: los que proviene de los aportes que llegan desde la sección superior del río vinculados con la dinámica fluvio-lacustre descrita precedentemente, los que proporciona la red tributaria y los incorporados por los procesos de divagación locales del río Santa Cruz, especialmente a partir de la erosión de las pendientes de corte de los meandros excavados del tipo esculpidos en el cuerpo de la acumulaciones glaciogénica. No se considera para esta sección, por estar aguas abajo de la obra, la que proporciona el río Chico en su confluencia

con la sección distal del río Santa Cruz y la que en gran medida es incorporada por los procesos marinos litorales en el tramo fluvial distal en el cual existe una condición mareal. La construcción de las presas solamente modificara las transferencias de las tres primeras fuentes mencionadas pero no actuara sobre los aportes de las otras dos.

El tramo considerado configura un largo corredor fluvial de 179 km donde a partir de la formación de los lagos artificiales las tendencias de erosión, transporte y sedimentación diferirán parcialmente a las descritas precedentemente para la sección superior (tramo de desvinculación), fundamentalmente debido a que ambas presas se comportaran como trampas clásticas al recepcionar y retener los sedimentos que actualmente son transportados por el río Santa Cruz por arrastre como carga de fondo y como carga en suspensión a lo largo del tramo que será inundado.

Teniendo en cuenta la falta de información que existe para este sector en los temas relacionados con carga clástica transportada y sedimentada, se puede considerar un esquema teórico según el cual se incrementará la capacidad de la erosión fluvial en el tramo analizado ya que el agua a la salida de la presa Jorge Cepernic estará desprovista de carga, incluso en suspensión, situación que daría lugar a una profundización del cauce de poca magnitud, en un entorno geográfico situado aguas abajo y cercano a la presa, el que además estaría acompañado de una estabilización del cauce al atenuarse la divagación lateral. Asimismo, acompañando este proceso podrían tener lugar en el tramo referido desarrollos leves de carcavamiento local sobre las terrazas adyacentes al cauce.

La baja incidencia que se le adjudica a estos proceso de profundización local y carcavamiento marginal se discuten a continuación.

El volumen de la carga que ingresa en el nacimiento del río por deriva de playa y por suspensión no se ha podido cuantificar hasta el presente pero de acuerdo a las descripciones contenidas en el ítem *a) Sección Superior – Tramo de desvinculación entre el embalse NK y el Lago Argentino*, se estima que las trasladadas por las corrientes tractivas como carga de fondo serian de magnitud limitada. Estos componentes clásticos actualmente contribuyen a la formación de las barras laterales y centrales que están presentes en la sección superior del río, sin ingresar a los tramos medios e inferiores. Incluso se destaca que en varias localidades del curso superior las arenas fluviales son exportadas fuera del cauce por la acción eólica cuando el río está en estiaje y las arenas que componen las barras laterales están secas.

En relación a las fracciones clásticas que provienen de las restantes dos fuentes, desde los tributarios y de los procesos de erosión lateral del río Santa Cruz, se destacan las siguientes consideraciones.

La mayor parte del curso del río Santa Cruz se localiza encajado en el cuerpo de una terraza de acumulación que acompaña al cauce activo como una faja de ancho regular y en la cual es mayoritaria la presencia de gravas gruesas e incluso bloques de gran tamaño, con muy baja participación de granulometrías arenosas. Solo una porción menor de estos depósitos pueden ser trasladados por los caudales actuales del río Santa Cruz, mientras que las mayoritarias fracciones clásticas gruesas solamente pueden ser removidas localmente a partir de su erosión marginal.

Esta acumulación puede reconocerse sin demasiadas variaciones en diferentes secciones fluviales localizadas aguas arriba del cierre Néstor Kirchner, a partir de la progresiva de 85 km medida esta magnitud desde el nacimiento del río en el Lago Argentino, en el ámbito de ese cierre (Figuras 19 y 20), entre ambas presas e incluso aguas abajo de la presa Jorge Cepernic hasta la sección del estuario. De hecho, la ciudad de Comandante Luis Piedrabuena está fundada sobre esta acumulación que se caracteriza por su uniformidad granulométrica y la estructura de sedimentación torrencial que tiene a lo largo de más de 295 kilómetros.

La ausencia en este depósito de una clara zonación granulométrica y deposicional, que debería estar presente a lo largo de un recorrido desde la cuenca superior a la inferior con granulometrías progresivamente más finas en esa dirección y niveles de arenas e incluso limos interstratificados con lentes de gravas gruesas, como en cambio se observa en las restantes acumulaciones glacifluviales que se localizan en las terrazas superiores que en su mayor parte acompañan al río aunque fuera de su alcance (Figura 21), tiene una explicación cuando se revela cual fue el origen del referido nivel de terraza en el cual se encuentra indentado el río Santa Cruz.



Figura 19. Corte artificial vertical de 2 m de potencia que permite observar la acumulación de bloques, gravas gruesas, medianas y finas con estructura interna de acumulación del tipo diagonal torrencial, en la cual está encajado el cauce del río Santa Cruz en la mayor parte de su recorrido.



Figura 20. La línea blanca señala la esquina sudoeste de la excavación, mientras que las flechas celeste y blanca indican las paredes de rumbo Norte 80° Oeste y Norte 10° Este respectivamente, lo permite obtener la inclinación real de la estructura diagonal y el vector de la corriente tractiva torrencial que acumulo al conglomerado.



Figura 21. Depósito típico de ambiente de acumulación de planicies glacifluviales vinculadas con las glaciaciones ocurridas en la cuenca del Lago Argentino. Se interestratifican gravas con bancos de arenas gruesas, medianas y finas e incluso limos con laminación.

Los estudios realizados en la cuenca superior, especialmente los vinculados con las últimas glaciaciones pleistocenas, permitieron determinar que se trata de una acumulación que fue estructurada a partir de un evento de creciente catastrófica que tuvo lugar en el valle del río Santa Cruz. El mismo estuvo relacionado con el drenaje súbito de un antiguo lago glaciaro denominado Paleolago Argentino (Strelin y Malagnino, 1996) que se situaba entre las estancias La Victoria y La Martina.

En estas localidades se puede observar la presencia de numerosas paleoformas lacustres generadas por la dinámica de un antiguo lago proglaciaro cuyo origen y límite oriental corresponden al tercer arco morénico del estadal de la Glaciación Arroyo Verde II depositado durante la Penúltima Glaciación Patagónica (Figura 22 y Anexo Mapa Geomorfológico del tramo superior del río Santa Cruz y margen oriental del Lago Argentino).

En cambio se ignora cual pudo ser su límite occidental ya que con posterioridad a su existencia la cuenca lacustre fue cubierta por los depósitos morénicos frontales del estadal El Tranquilo I que tuvo lugar durante la Última Glaciación Patagónica. En la actualidad gran parte de lo que fue su cuenca, especialmente su piso, está cubierta por las acumulaciones glacifluviales de las glaciaciones El Tranquilo I y El Tranquilo II.

En la Figura 22 se ilustra la localización del Paleo Lago Argentino y su relación con los sistemas morénicos correspondientes a las glaciaciones Arroyo Verde que constituyeron su endicamiento frontal y las vinculadas con El Tranquilo I y II.

Luego del retroceso de las glaciaciones correspondientes a las morenas del Arroyo Verde I y Arroyo Verde II, en la cuenca abandonada se formó el Paleolago Argentino que desagaba

por el ancestral Río Santa Cruz. Lo hacía cortando a las referidas morenas frontales y sus correspondientes depósitos glacifluviales, dando lugar inicialmente a un drenaje progresivo del cuerpo de agua. Las 22 paleocostas lacustres que se extienden entre las cotas de 280 m y 195 m son indicadoras de esta situación.

Sin embargo, durante la última etapa el vaciado del paleolago fue súbito al descender rápidamente como mínimo 50 metros. La masa de agua en movimiento al recorrer el valle configuro una superficie de transporte fluvial muy extensa y dejo una notable acumulación a partir de las proximidades del antiguo punto de efluencia que se extendió hasta el océano Atlántico.

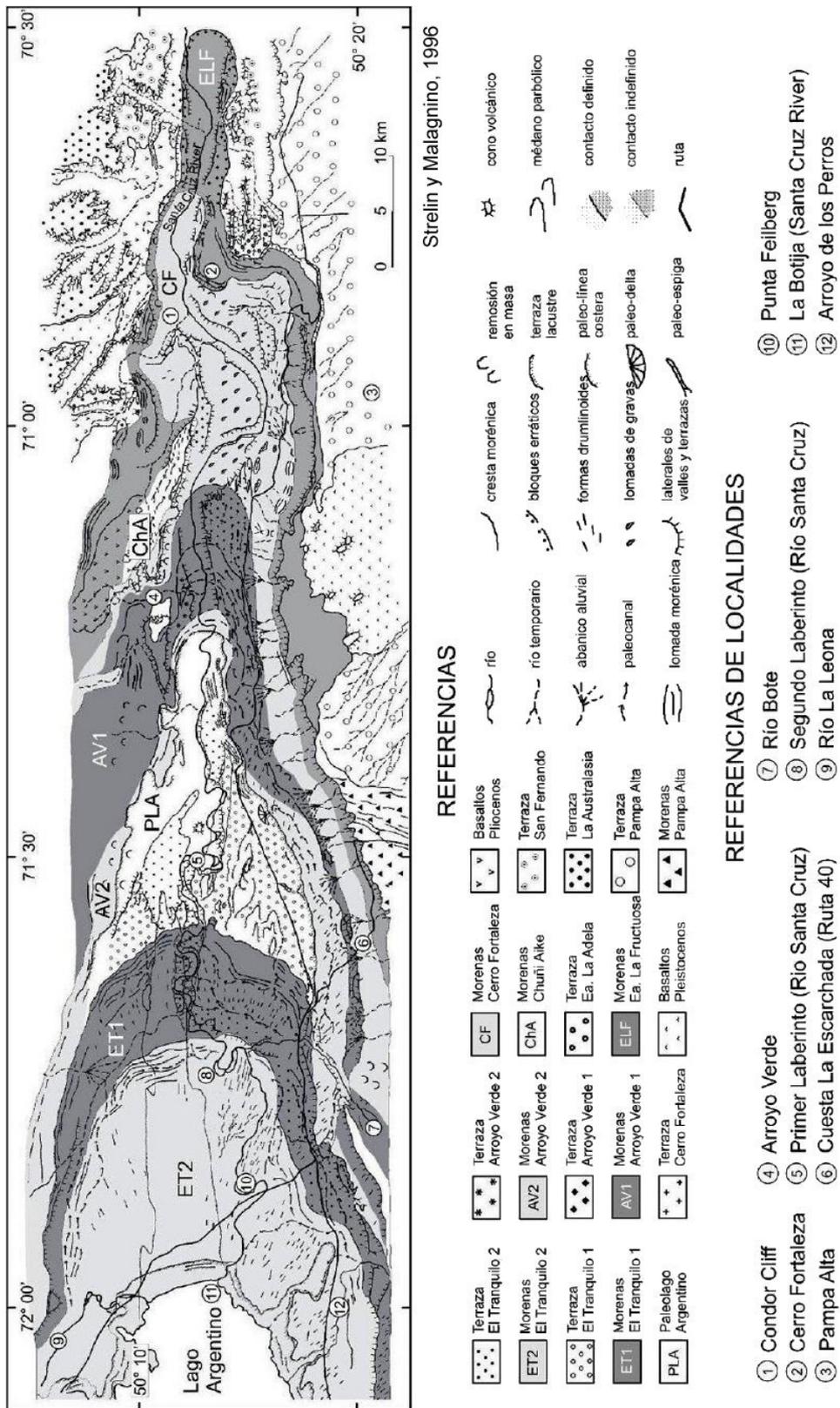


Figura 22. Mapa morfoestratigráfico de las glaciaciones ocurridas en el valle del río Santa Cruz en el cual se representa la cuenca del Paleolago Argentino parcialmente cubierto de gravas glaciales.

El depósito se caracteriza por presentar en su superficie una serie de crestas y lomadas de rodados cuya disposición espacial permite reconstruir un hábito divergente en su zona proximal al desagüe. Desde esta localidad, esta acumulación se puede seguir claramente a lo largo del piso del valle del Río Santa Cruz en toda su longitud. Las lomadas superficiales se componen por rodados de hasta 0,30 m de diámetro, se elevan hasta 3 m sobre el nivel medio de la terraza y alcanzan longitudes de algunas decenas de metros. Se trata de megaóndulas asociadas al vaciado repentino del paleolago durante la etapa póstuma de su evolución. La morfología superficial es muy monótona y difiere radicalmente con la que tienen las planicies glaciafluviales inactivas, en las cuales se puede ver un paleoregistro de cauces de hábito mega anastomosado compuesto de paleocauces y paleobarras de gran escala (Figura 23)

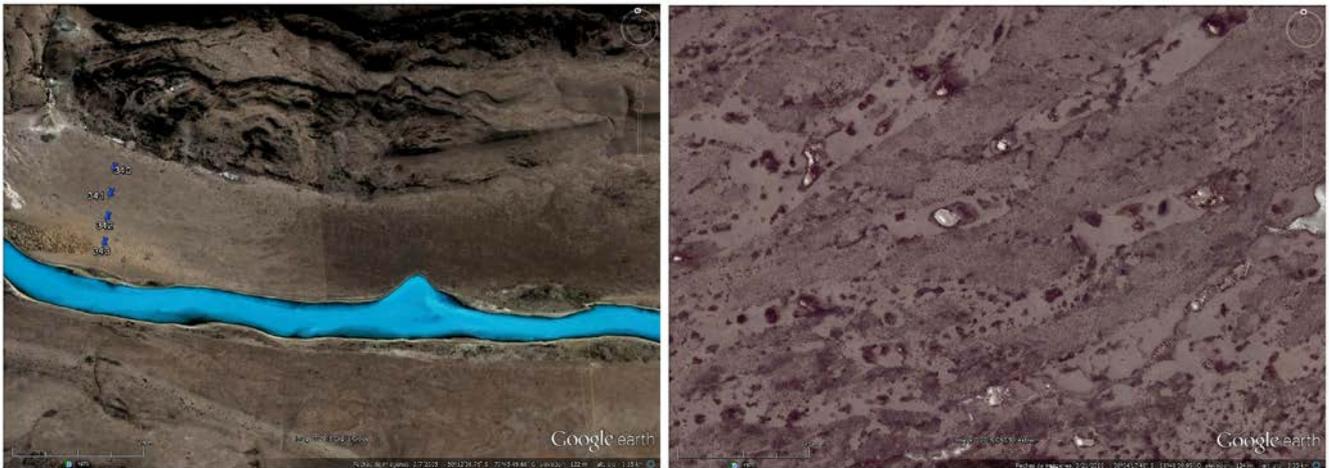


Figura 23. En la imagen de la izquierda se observa la morfología superficial de la terraza adyacente al Río Santa Cruz, la que se exhibe con un aspecto general homogéneo de textura uniforme. En la imagen de la derecha se ilustra una terraza glaciafluvial alta situada en margen derecha del Río Santa Cruz, con un sistema de paleocauces (canales de hábito megaentrelazado de tonos claros y textura moteada) y paleobarras de textura regular. Ambas imágenes tienen la misma escala

Desde el extremo oriental del paleolago la masa de agua se movió hacia la cuenca inferior recorriendo una distancia de 230 kilómetros, lo que probablemente ocurrió en sincronía con el avance temprano de la Glaciación El Tranquilo I. Durante su desplazamiento dio lugar a procesos de erosión y acumulación fluvial generalizados en terrazas glaciafluviales previas, sobrepasándolas hasta valores de una magnitud de 20 m de altura. A lo largo de su recorrido gatillo numerosos procesos de remoción en masa en gran parte de los laterales del valle, especialmente en las secciones donde por efecto de las variaciones de rumbo que se presentaban, el flujo choco contra ellos dando lugar a vibraciones y efectos erosivos concentrados sobre el pie de pendientes potencialmente inestables.

Al arribar a la localidad de Cerro Fortaleza, situada a 12 km al oeste de la sección del valle donde se proyecta el cierre de la presa Néstor Kirchner, los paleo indicadores morfológicos observados del tipo megaóndulas y geofomas residuales aerodinámicas existentes sobre las terrazas, indican que la masa de agua impacto casi frontalmente sobre la sección austral de la meseta, situación que desestabilizó sus pendientes y dio lugar en forma simultánea a los numerosos movimientos de remoción en masa que se observan en esta comarca.

En la Figura 24, en la imagen intermedia se ilustra un sector del valle en el cual se presentan los riscos del cerro Fortaleza, tres niveles de terrazas glacifluviales sobre las que se desplazó la creciente y los rasgos geomórficos que dejó a su paso.

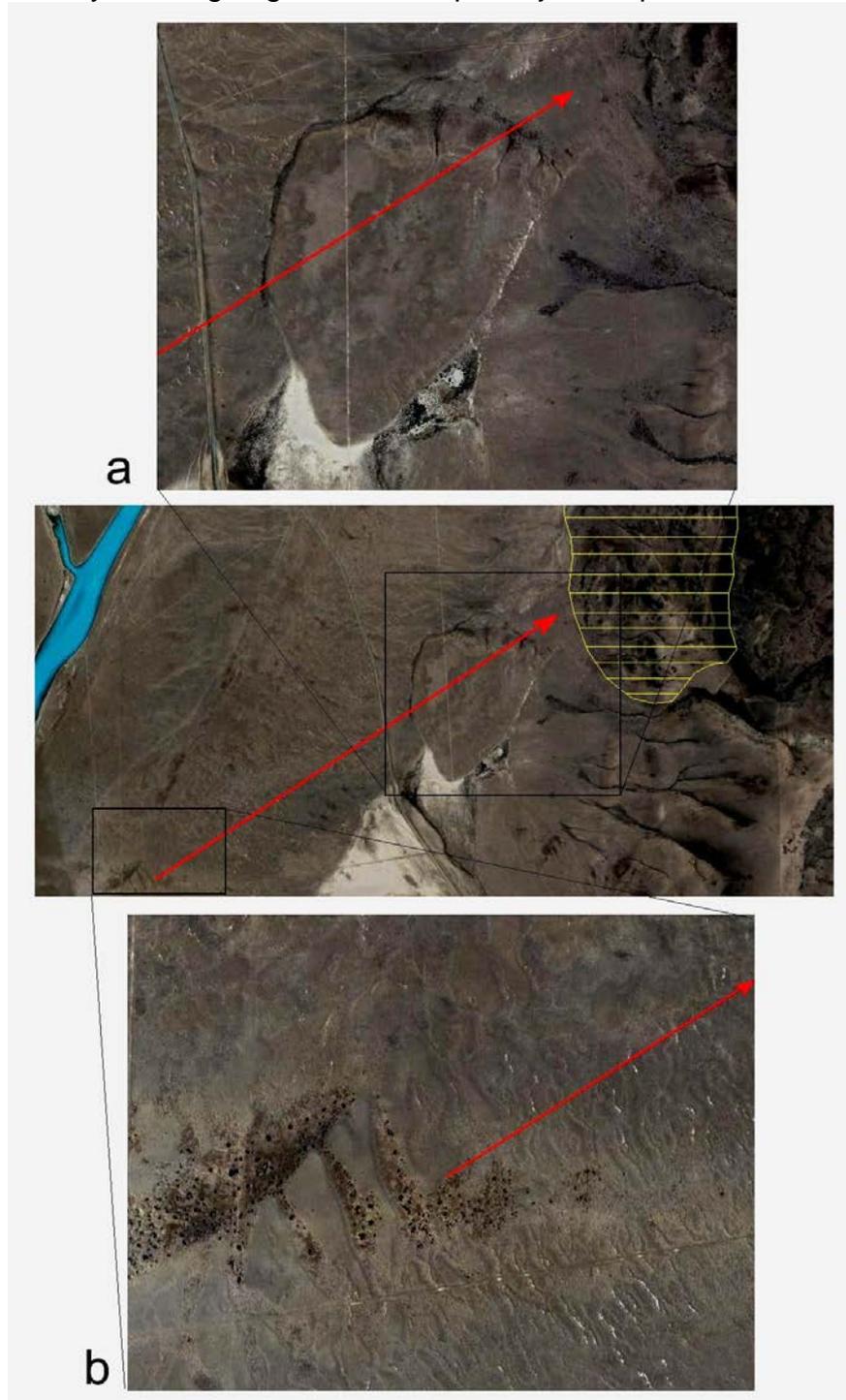


Figura 24. Acumulaciones y geoformas vinculadas con el desagüe catastrófico del Paleolago Argentino.

A partir del registro morfológico de indicadores cinemáticos y las características internas del depósito, se puede definir cuál fue el vector de dirección de corriente que tenía el flujo en movimiento en la localidad de la figura 24 (flecha roja), el que luego de superar un nivel de terrazas previo de la Glaciación Arroyo Verde, choco contra la esquina austral del Cerro Fortaleza dando lugar al corte de su pie pendiente, lo que desencadenó movimientos de remoción en masa generalizados (rastra amarilla). En la escena a) se puede ver una ampliación de una geoforma residual de un nivel de terraza glacifluvial sobre la cual paso el flujo remontando desniveles de más de 15 m y en b) se reconoce claramente el sistema de megaóndulas de distinta escala transversales al flujo hídrico, algunas de las cuales tienen una longitud de onda de 70 m y que internamente se componen de bloques y gravas gruesas.

En la localidad del cierre Néstor Kirchner (Figura 25) la llegada del flujo fue el factor externo que desencadenó la mayor parte de los movimientos de remoción en masa que afectan su lateral izquierdo. En cambio, sobre la margen derecha de esta sección del valle, si bien las características estratigráficas y estructurales son similares a las que se presentan en la vertiente austral del cerro Fortaleza, los movimientos gravitacionales son menos importantes debido a que esta comarca estuvo al reparo del movimiento del agua.

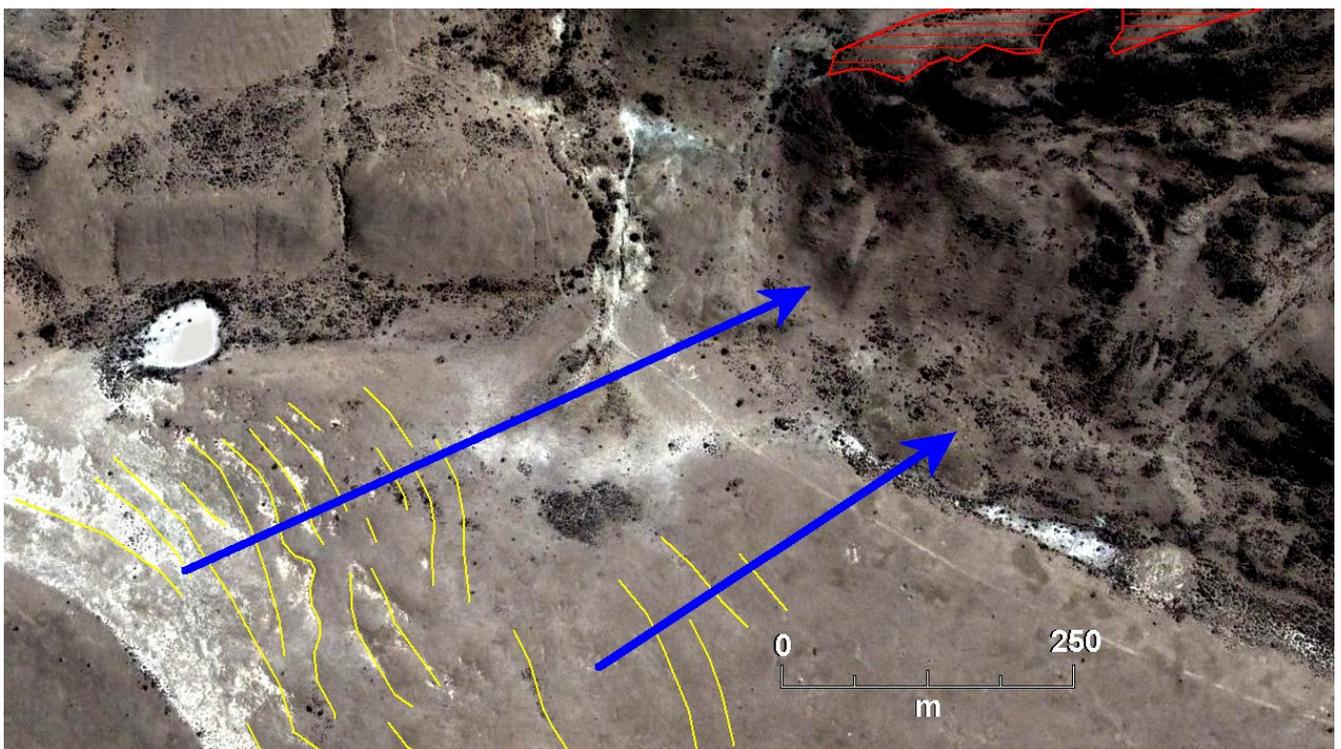


Figura 25. Comarca del cierre Néstor Kirchner en el cual se presentan una serie de crestas (localizadas entre las trazas amarillas) vinculadas con megaóndulas que fueron formadas por el ingreso de una creciente catastrófica. Estas geoformas permiten confirmar que los vectores de dirección de la corriente (flechas azules) impactaron casi normalmente el pie de la pendiente socavándola rápidamente y en conjunción con otros factores acompañantes (vibraciones) promovieron su caída extendida. La rastra roja señala el borde sur de una expansión lateral probablemente desencadenada por este evento.

El drenaje súbito del Paleolago Argentino y la creyente que se desplazó y sedimentó sus componentes clásticos en el valle del río Santa Cruz tuvieron un efecto superlativo sobre la evolución posterior que adquirió este curso fluvial, especialmente en lo relativo al hábito de su plataforma fluvial y la dinámica de la recepción clástica, erosión, transporte y sedimentación. Por ejemplo, el piso del valle fue severamente aluviado (cauce y niveles de terrazas glacifluviales) por una acumulación de registro morfológico irregular, de tal forma que gran parte de los cursos fluviales tributarios quedaron desconectados del río Santa Cruz, situación que todavía se mantienen para muchos de ellos, inhibiéndose así el ingreso de los sedimentos que aportaban antes del evento. Estos cursos fluviales al perder su conexión directa muestran actualmente cauces derivados hacia el este que se desplazan paralelamente al río Santa Cruz, depositando sus componentes clásticos sobre la acumulación torrencial sin transferirlos al río. (Figura 26).

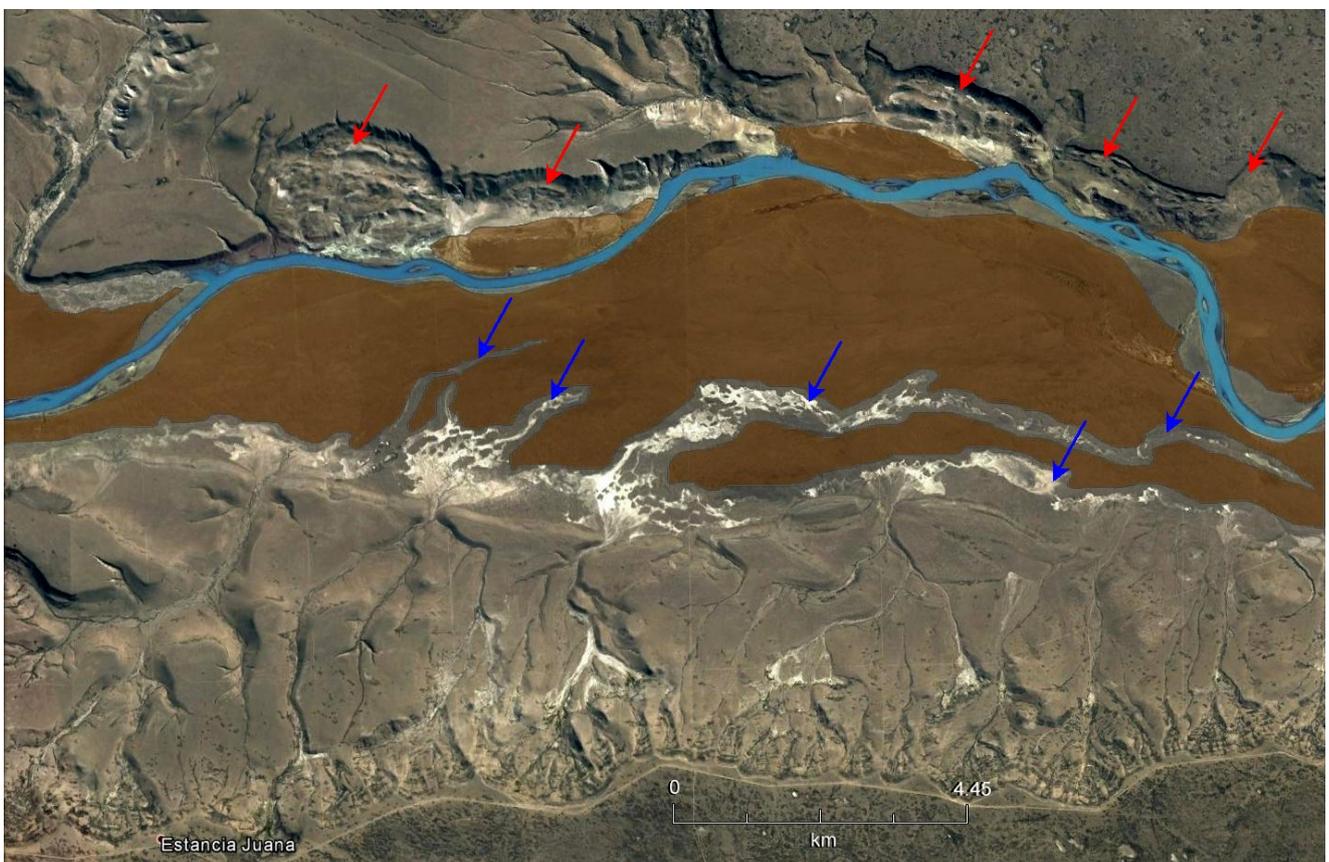


Figura 26. Se ilustra mediante flechas azules los cursos tributarios que descienden de la margen derecha del río Santa Cruz, bloqueados y derivados hacia el este por las acumulaciones propias del evento catastrófico (pantalla marrón). Al quedar desconectados, sedimentan sobre estas su carga clástica fina, proporcionada por la erosión de las sedimentitas terciarias, mediante la generación de conos y cauces entrelazados (patrones reflectivos de color blanco). Las flechas rojas señalan los movimientos de remoción en masa desencadenados por el choque de la creyente súbita sobre la margen izquierda del valle.

En los casos que han logrado establecer nuevamente una vinculación fluvial exorreica lo hacen a través de recorridos fluviales que llegan a tener una longitud extendida (hasta 10 km), a lo largo de la cual depositan la mayor parte de la carga que transportan restando así

su ingreso al río Santa Cruz. De esta forma, la acumulación torrencial se comporta como una trampa clásica que retiene la mayor parte de los sedimentos proporcionados por el sistema fluvial tributario.

Por todo lo expuesto precedentemente se considera que el volumen de sedimentos finos que son transportados por arrastre como carga de fondo en la sección fluvial intermedia e inferior que se extiende entre 30 km aguas arriba del proyectado cierre Néstor Kirchner y el pie de la presa Jorge Cepernic, son de importancia menor. De esta forma, su retención futura no debería implicar procesos de erosión intensa aguas abajo de esta última, los que solamente se vería limitados a un tramo de corto recorrido inicial.

Por otra parte, en el análisis de la sección fluvial extendida entre el pie de la presa Jorge Cepernic y el océano Atlántico se destaca la variabilidad de ambientes de erosión, transporte y sedimentación que existen en él, donde se observan entornos en los cuales los procesos marinos se imponen netamente sobre los fluviales, tramos donde estos interactúan cíclicamente con los fluviales y finalmente fajas donde los procesos fluviales incrementan progresivamente su importancia (Figuras 27 y 28 y Anexo Mapa Geomorfológico del estuario del río Santa Cruz).

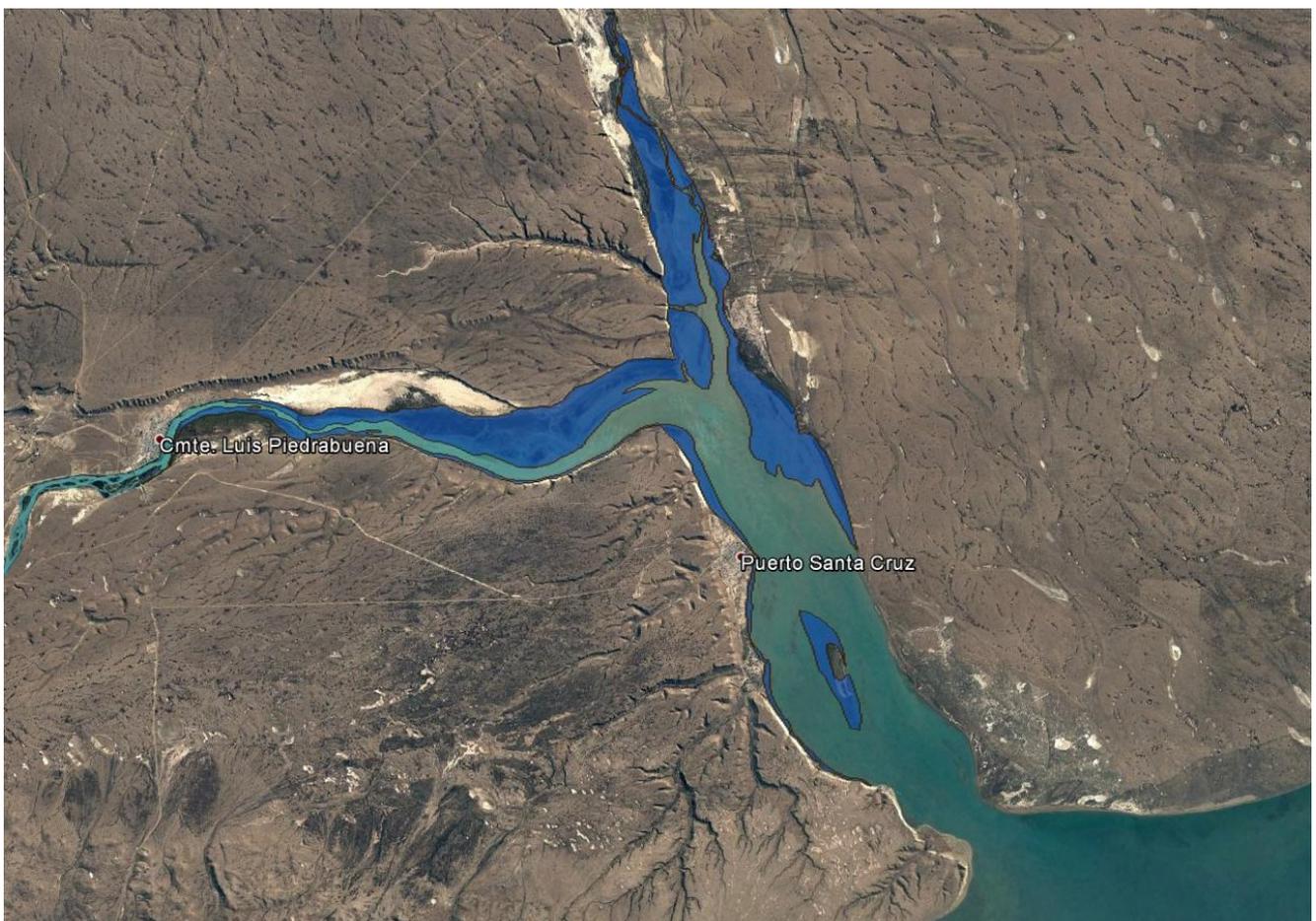


Figura 27. Estuario del río Santa Cruz en el cual se indica con mascara azul la superficie correspondiente a la llanura intermareal, indicadora del pronunciado ingreso que la dinámica marina tiene en los tramos fluviales distales de los ríos Santa Cruz y Chico.

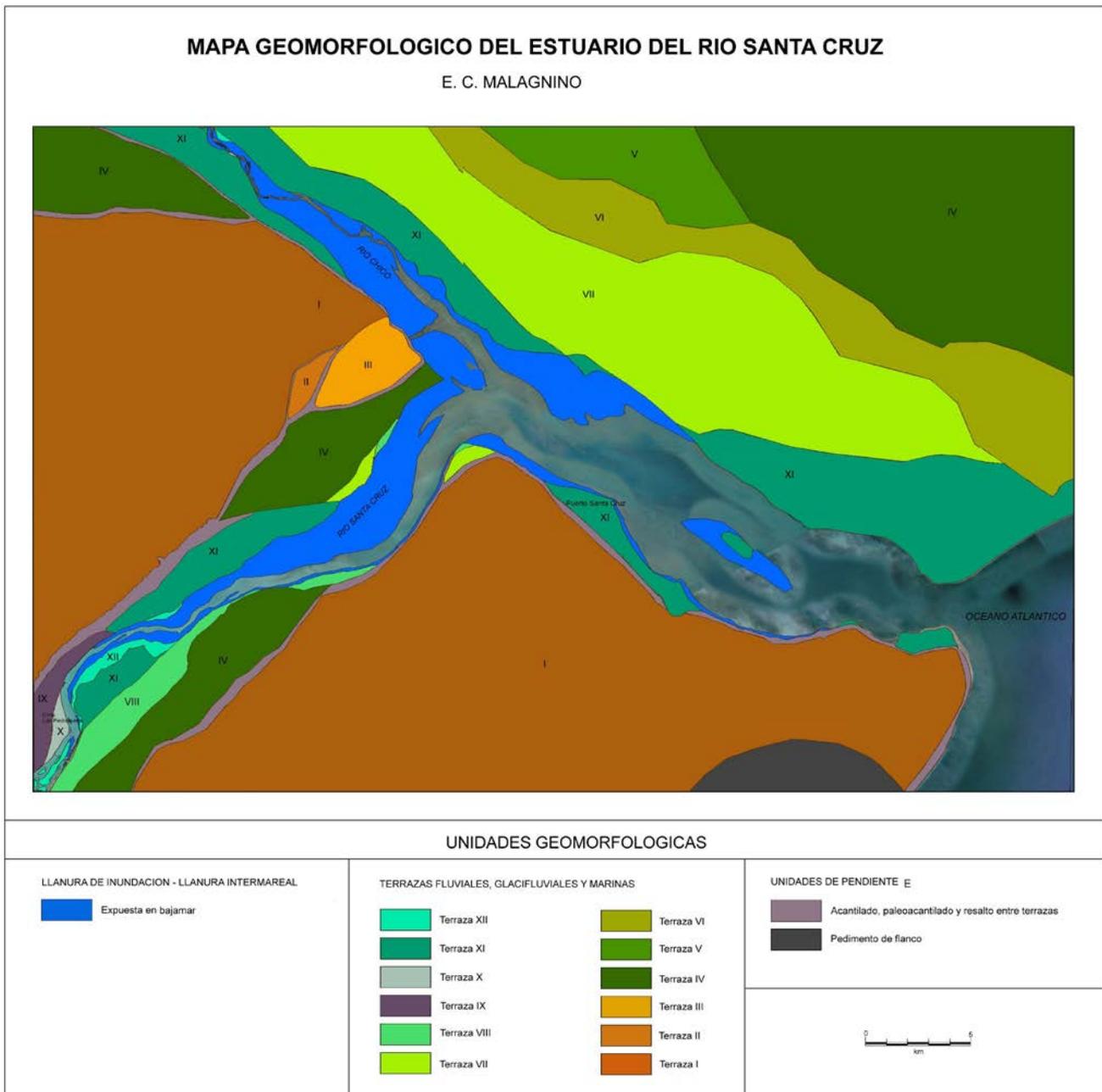


Figura 28. Mapa de unidades geomorfológicas en el ámbito del estuario del río Santa Cruz.

Con respecto a la importancia que tiene la dinámica marina en los procesos de erosión, transporte y sedimentación de componentes clásticos se destaca para la costa atlántica la existencia de deriva de playa y corrientes costeras hacia el sur, que trasladan los sedimentos que provienen del repliegue del acantilado activo situado al norte de la de la desembocadura del río Santa Cruz. Durante las pleamares son introducidos profundamente en el estuario donde además redistribuyen los aportes clásticos del río Chico, imponiendo su dinámica sobre la correspondiente al sistema fluvial.

Caracterización y tipología de los impactos esperados

En el tramo fluvial considerado tendrá lugar un Impacto de Intensidad Mínimo a Bajo como consecuencia de la modificación parcial uno de los factores geológicos considerados, como ser el vinculado con los aportes de carga transportada por arrastre como carga de fondo (Mínimo) y por suspensión (Bajo), aunque debe destacarse que al presente no se cuenta con datos certeros sobre estos factores. La Probabilidad es Alta. En cuanto a la Extensión se tratará de un Impacto entre Puntual a Zonal ya que el cambio estará circunscripto a una comarca muy limitada arealmente y vinculada con las cercanías del pie de la presa Jorge Cepernic ya que el efecto se atenuará hacia la cuenca baja especialmente en el ámbito del estuario debido a que en este ambiente la dinámica marino litoral de transporte de sedimentos se impone sobre los procesos fluviales. El análisis del Momento en que se manifiesta, permite establecer que será un Impacto Latente ya que el efecto se desplegará progresivamente a lo largo del lapso transcurrido entre la generación del vaso y la sinergia de los procesos fluviales de transporte, erosión y sedimentación involucrados. Por su parte, el análisis de la Duración permite considerar que se trata de un Impacto Permanente ya que la zona afectada alcanzará una nueva condición que como mínimo permanecerá durante el lapso de existencia del espejo de aguas artificial, que es equivalente a la duración de la vida útil de la presa. También en este caso, analizando la Capacidad de recuperación del sistema que podría existir a continuación de la vida útil de las presas, se considera que si bien no es posible retornar por medios naturales a la situación previa el Impacto es Mitigable ya que el efecto, para el caso del incremento de erosión inmediatamente aguas abajo del cierre, puede atenuarse mediante medidas correctoras. Del análisis de la relación Causa-Efecto el Impacto es Directo ya que el efecto es el resultado de la captura de sedimentos en la cuenca media-alta. Analizando la Interrelación de Acciones y Efectos, a partir del análisis de los procesos geológicos que tienen lugar en este ambiente, se califica como un Impacto Acumulativo ya que la acción del agente inductor incrementa progresivamente en el tiempo su magnitud debido a que los procesos geológicos y geomórficos involucrados no tienen mecanismo que le permitan eliminar o atenuar la acción causante del impacto e incluso por la existencia de la posibilidad que la profundización del cauce de lugar a la generación de procesos de carcavamiento acelerado en niveles de terrazas inmediatos al cauce activo. Considerando su periodicidad se clasifica como un Impacto Continuo y analizando la necesidad de corregir el efecto se trata de un Impacto Ambiental Recuperable a partir de la aplicación de medidas de mitigación de control a la erosión lineal o carcavamiento.

5.5.4.1.3 Morfometría y dinámica de los tributarios del río Santa Cruz

La generación de los lagos artificiales implica la inundación distal de algunos de los cauces tributarios del río Santa Cruz. Esta situación dará lugar a una inmediata elevación del nivel de base para los mismos, que tendrá como consecuencia directa la formación a mediano plazo de deltas muy locales en cursos permanentes y en el largo plazo el atenuamiento de la erosión vertical para cada curso en particular y para la cuenca general en su conjunto.

Teniendo en cuenta las diferencias que presentan los tributarios del río Santa Cruz, en cuanto a su régimen (desde estacional o permanente) y caudal, los referidos efectos tendrán una distribución e importancia variable, aunque en todos los casos de baja magnitud. Por ejemplo, será ponderable en el largo plazo para el río Bote, ya que se trata de un curso

fluvial de régimen permanente y provisto de una cuenca de captación importante, pero serán poco evidentes para los tributarios de régimen estacional, incluso para lapsos temporales muy extendidos. Para estos últimos no se esperan variaciones evidentes a mediano – largo plazo debido a la baja tasa de evolución que presentan por ser sistemas de régimen transitorio, los que en la mayoría de los casos son alimentados por manantiales de productividad fluctuante debido a su directa dependencia de las precipitaciones locales y niveles freáticos someros.

Actualmente el río Bote presenta un meandro excavado del tipo esculpido, rasgo que implica que está pasando por un periodo de profundización fluvial con suave tendencia al desplazamiento lateral. Este hábito se encuentra encajado en un anterior cauce de mayor desarrollo, el que aparece a ambos lados del cauce activo como niveles de terrazas escalonados, que fueron estructurados cuando la cabecera de este curso fluvial presentaba glaciares locales y por lo tanto mayores caudales que los actuales. Incluso todo este sistema se sitúa en un anterior cono aluvial con una salida del río Bote hacia el este de la actual (Figura 29, Mapa Geomorfológico del tramo superior del río Santa Cruz y margen oriental del Lago Argentino).

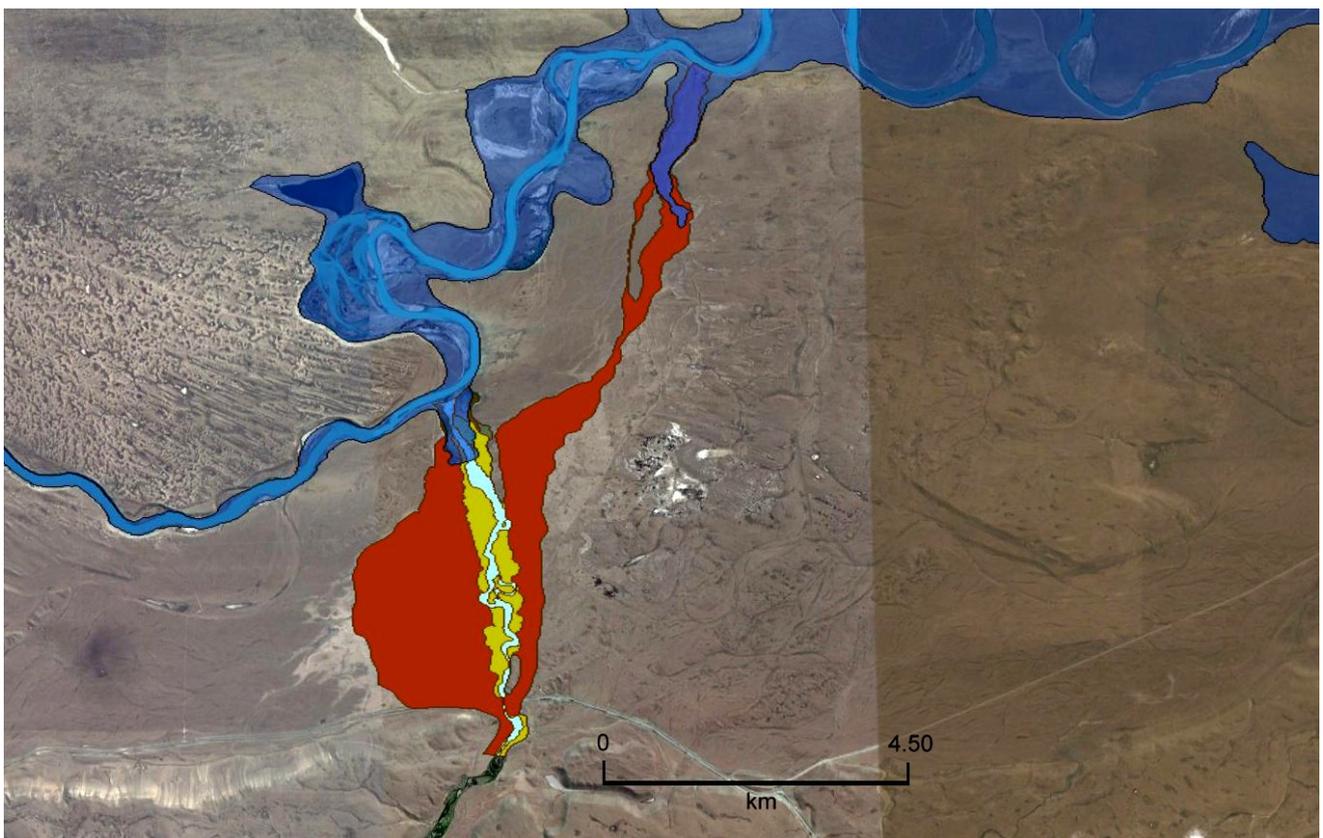


Figura 29. Sistema fluvial del río Bote. La pantalla marrón define el antiguo cono aluvial en el cual se encuentra excavado el cauce actual y su anterior confluencia con el río Santa Cruz, al este de la actual. En celeste se señala el embalse Néstor Kirchner y la sección distal del río que quedara inundada.

Teniendo en cuenta que el río Santa Cruz siempre fue el nivel de base de este curso fluvial a partir de la penúltima glaciación, los niveles de terrazas que lo marginan reflejan una localización más alta del primero. Posteriormente, el descenso del río Santa Cruz a un nivel más bajo dio lugar a la profundización que actualmente presenta el cauce del río Bote y a su deriva hacia el oeste.

A partir de la evolución referida, una elevación de su nivel de base actual por efecto de la formación del lago artificial de la presa Néstor Kirchner, promoverá a mediano-largo plazo la formación de un delta local de bajo desarrollo en su sección distal, al tiempo que se moderará progresivamente la actual tendencia a la profundización de su cauce. Teniendo en cuenta que actualmente el río Bote presenta una preferencia atenuada al desplazamiento lateral de los meandros esculpidos, la disminución en la velocidad de la profundización gradará a una mayor inestabilidad de borde de canal que se traducirá en una mayor erosión en las pendientes de corte, con el consiguiente incremento del transporte clástico hacia el futuro lago y su sedimentación en el delta en formación.

La generación del delta referido no tiene lugar en la actualidad debido a que el río Santa Cruz tiene la capacidad de transporte suficiente como para incorporar y trasladar la carga clástica que el río Bote le aporta. Al respecto se destaca el hecho de que inmediatamente aguas abajo de su desembocadura, la plataforma fluvial de la llanura de inundación del río Santa Cruz cambia drásticamente ya que se observan extendidas barras laterales y a solamente 2 km aguas abajo se localiza la singularidad fluvial conocida localmente como el laberinto 1, segmento en el cual el hábito pasa rápida y localmente de sinuoso-meandriforme a anastomosado. El súbito cambio es muy probable que se deba al aporte clástico proveniente del río Bote.

Caracterización y tipología de los impactos esperados

En el río Bote tendrá lugar un Impacto de Intensidad Bajo como consecuencia de la modificación (elevación) de su nivel de base. En cuanto a la Extensión se tratará de un Impacto entre Puntual a Zonal ya que el cambio estará circunscripto a una comarca muy limitada arealmente y vinculada con la sección distal de éste curso fluvial (zona inundada) y porque los efectos esperados ante una nueva regulación del perfil de equilibrio se atenuarán hacia la sección media y superior de su cuenca fluvial. Evaluando el Momento en que se manifiesta, se establece que será un Impacto Latente ya que el efecto se desplegará a lo largo del lapso transcurrido entre la elevación del nivel de base por efecto de la generación del vaso y la sinergia de los procesos fluviales disparados para la generación de un nuevo perfil de equilibrio. Por su parte, el análisis de la Duración permite considerar que se trata de un Impacto Permanente ya que la zona afectada alcanzará una nueva condición que como mínimo permanecerá durante el lapso de existencia del espejo de aguas artificial, que es equivalente a la duración de la vida útil de la presa. Su Probabilidad de ocurrencia es Alta. También en este caso, analizando la Capacidad de recuperación del sistema que podría existir a continuación de la vida útil de la presa, se considera que si bien no es posible retornar por medios naturales a la situación previa el Impacto es Mitigable ya que el efecto de mayor movilidad lateral de los meandros que se espera vaya a ocurrir en la sección distal por encima del futuro delta, puede atenuarse mediante medidas correctoras. Del análisis de la relación Causa-Efecto el Impacto es Directo ya que el efecto es el resultado de la elevación del nivel de base por efecto de la existencia del embalse. Analizando la

Interrelación de Acciones y Efectos, es un Impacto Simple. Considerando su periodicidad se trata de un Impacto Continuo y analizando la necesidad de la aplicación de medidas correctoras se califica como un Impacto Ambiental Recuperable a partir de la implementación de medidas de mitigación vinculadas con el control de la erosión fluvial lateral.

5.5.4.1.4 Estabilidad de las pendientes (Remoción en masa)

Los lagos artificiales de las presas Néstor Kirchner y Jorge Cepernic inundarán pendientes con variable grado de estabilidad. Se consideran como pendientes inestables a las que actualmente presentan formas de remoción en masa mientras que las caracterizadas como potencialmente inestables son aquellas que si bien no exhiben estas morfologías tienen condiciones geológicas y factores internos y externos similares a ellas, de tal forma que ante la aparición de un factor desencadenante se desplazarían (Ver LBA Geología y Anexo Mapa Geológico del cierre Néstor Kirchner, Anexo Mapa Geomorfológico del cierre Néstor Kirchner, Anexo Mapa Geológico del cierre Jorge Cepernic y Anexo Mapa Geomorfológico del cierre Jorge Cepernic).

Las que en la actualidad están dentro de la categoría de inestables y potencialmente inestables serán las que tendrán el mayor grado de impacto debido a que su sumersión parcial inducirá la aparición o el incremento de la intensidad de factores que tienden al corte y posterior caída de la misma. Entre ellos se destaca el aumento de peso sobre los laterales inundados y sobre el piso del valle por la altura del agua y la elevación del nivel freático en las laderas del embalse, el que además extenderá los valores de la presión poral preexistente. Bajo estas nuevas condiciones, si los factores que resisten la caída son superados por la magnitud creciente de estos nuevos factores externos e internos que la promueven, tendrán lugar reactivaciones de los movimientos de remoción en masa reconocidos u ocurrirán otros nuevos de mayor complejidad y movilidad.

Para el caso de la presa Néstor Kirchner los escenarios de mayor gravedad se localizan sobre la margen izquierda, donde las pendientes que tienen una variedad de formas relacionadas con diversos tipos de movimientos de remoción en masa, y en las cuales se han identificado un elevado número de factores internos y externos que permiten incluirlas dentro de la categoría de pendientes inestables y potencialmente inestables (Ver LBA Geología y Anexo Mapa Geológico del cierre Néstor Kirchner y Mapa Geomorfológico del cierre Néstor Kirchner).

La inundación parcial de estas superficies (Figura 30) implica la aparición de nuevas condiciones relacionadas con incrementos de la inestabilidad de las pendientes, las que se indican a continuación. Con la formación del lago artificial tendrá lugar a un aumento de la carga sobre las pendientes y el piso del valle que estará dado por la altura del agua en cada punto del embalse.

Paralelamente, a medida que se eleve el nivel del espejo de aguas, se producirá una elevación del nivel freático en el cuerpo de las laderas inundadas, proceso que inducirá un cambio de las cualidades originales de las litologías y acumulaciones y en las condiciones hidrogeológicas preexistentes al embalse.

Este cambio favorecerá el incremento de la presión poral, factor interno que promueve y facilita la generación de fallas o la separación de superficie de deslizamiento en el cuerpo de la pendiente, de tal forma que ante un desencadenante adecuado tendrá lugar la generación de un movimiento de remoción en masa a favor de las referidas superficies de despegue. Incluso, si otros factores condicionantes al corte y posterior caída de la pendiente ya están presentes, un incremento de la presión poral puede constituirse en el factor desencadenante del movimiento

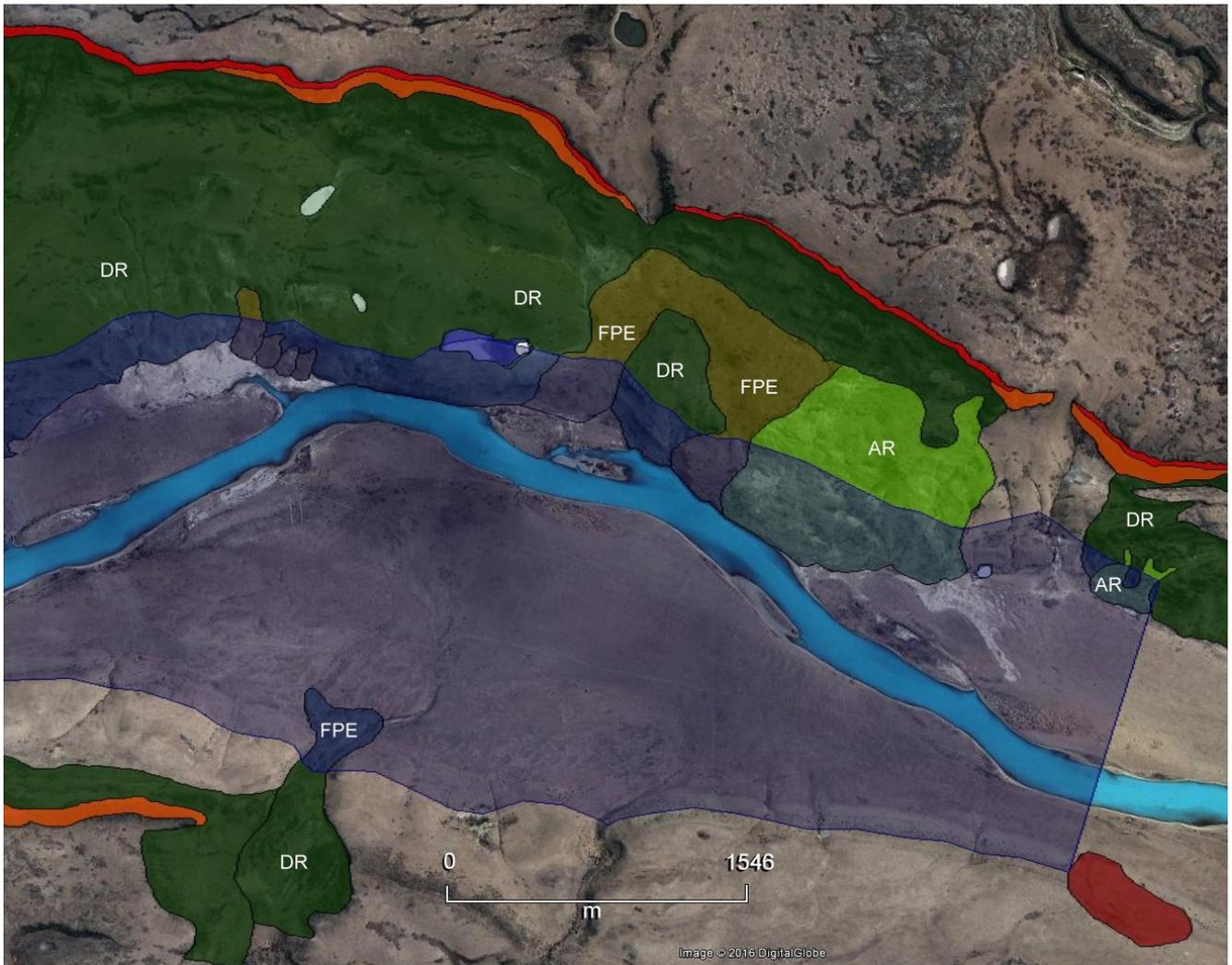


Figura 30. La pantalla azul señala las zonas que serán inundadas por el embalse Néstor Kirchner en el área del cierre. Se observa que serán alcanzadas por el embalse sectores marginales de pendientes en las cuales se observan geformas vinculadas con movimientos de remoción en masa del tipo Deslizamiento rotacional (zona DR), Avalancha de rocas (zona AR) y Flujo parcialmente encauzado (FPE).

Si bien no está contemplado que dentro de las operaciones normales del aprovechamiento hidroeléctrico de ambas presas tengan lugar variaciones importantes del nivel de los lagos artificiales, ante un desembalsado pronunciado se presentaría un escenario negativo para la

estabilidad de las pendientes ya que existiría un elevado desequilibrio entre laderas con elevado nivel de presión poral que quedarían por encima del embalse sin llegar a disipar estos valores a la misma velocidad que se da la caída del nivel del lago. De esta forma, la fuerza estabilizadora que generaba el peso del agua (carga hidrostática sobre la ladera sumergida) dejaría de actuar y la pendiente con valores de presión intersticial elevados generaría la aparición de fallas que darían lugar a movimientos de remoción en masa. Estas condiciones podrían tener mayor tasa de frecuencia en pendientes que actualmente tienen movimientos de este tipo porque en ellas ya están presentes factores condicionantes desfavorables.

Para el caso de la presa Jorge Cepernic el escenario es más alentador ya que en esta las condiciones litoestructurales no favorecen a los movimientos gravitacionales, los que se localizan con mínimo desarrollo, por encima y por debajo de los niveles de embalsado, e incluso están ausentes en su margen derecha (Figura 31).

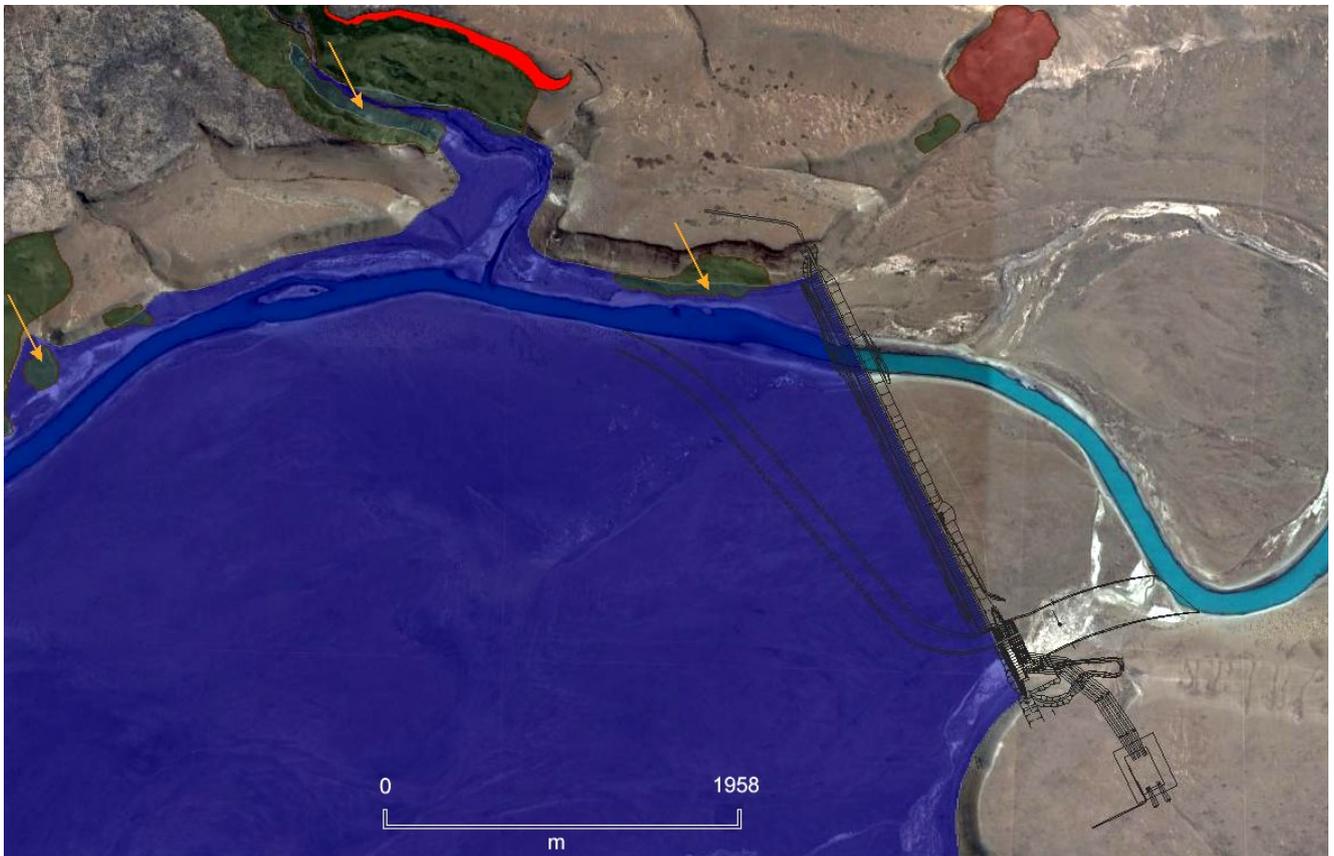


Figura 31. Las flechas anaranjadas señalan las secciones de pendientes inestables con evidencia de movimientos de remoción en masa del tipo general asentamiento rotacional, que en la comarca del cierre Jorge Cepernic serán parcialmente inundadas por el embalse

Si bien la mayor parte de las geoformas identificadas corresponden a Deslizamientos Rotacionales típicos, se han podido identificar otras morfologías tales como Expansiones Laterales. Además se reconocieron formas híbridas en las cuales el movimiento de masas tuvo lugar mediante una combinación de deslizamientos y flujos de diversa tipología. Estas

morfologías fueron definidas según tres grupos: Avalancha de rocas y Flujo indiferenciados, Deslizamientos Indiferenciados y Flujos, y Deslizamientos Rotacionales y Flujos.

Caracterización y tipología de los impactos esperados

El impacto esperado será de Intensidad Alta como consecuencia de la inundación de áreas en las cuales están presentes pendientes inestables. En cuanto a la Extensión se tratara de un Impacto entre Puntual (para la localidad de la presa Jorge Cepernic) a Zonal (para la localidad de la presa Néstor Kirchner y otras comarcas del valle del río Santa Cruz que se extienden al oeste de ésta última). Teniendo en cuenta el Momento en que se manifiesta, sin considerar el tiempo transcurrido entre el inicio y culminación del llenado de los embalses, se trata de un Impacto de Corto Plazo. El análisis de la Duración permite calificarlo como un Impacto Permanente al estar vinculado con la existencia de los espejos de agua, que es equivalente a la duración de la vida útil de las presas. También en este caso, analizando la Capacidad de recuperación del sistema que podría existir a continuación de la vida útil de las presas, se considera que si bien no es posible retornar por medios naturales a la situación previa el Impacto es Mitigable ya que la inestabilidad de la pendiente puede atenuarse mediante la aplicación de medidas correctoras que actúen y modifiquen positivamente los restantes factores internos y externos que promueven su corte y posterior caída. La Probabilidad es Alta. Analizando la relación Causa-Efecto el Impacto es Indirecto o Secundario ya que si bien el factor principal es la existencia de los embalses, el efecto de los mismos (caída de la pendiente) dependerá de la interacción a lo largo del tiempo de varios factores ambientales involucrados entre los que se destaca el incremento de la presión poral. De acuerdo a la interrelación de Efectos, teniendo en cuenta los procesos geológicos que tienen lugar en este ambiente geológico, se califica como un Impacto Sinérgico ya que la inundación dará lugar a la generación nuevos procesos en otros parámetros geológico-ambientales, como por ejemplo la modificación de sistemas hidrogeológicos. Se califica como un Impacto Ambiental Recuperable a partir de la implementación de medidas de mitigación vinculadas con el control de pendientes inestables.

5.5.4.1.5 Sistema hidrogeológico

El sistema hidrogeológico presente en la región del valle del río Santa Cruz guarda directa dependencia con las características climáticas, la naturaleza de las rocas y depósitos que componen la secuencia estratigráfica, sus permeabilidades, ambientes de sedimentación, estado estructural, particularidades de su conformación geomórfica y la hidrología de la misma. Sobre la base de los factores referidos se puede establecer la existencia de dos sistemas hidrogeológicos principales: Acuífero de Subálveo y Acuífero de Meseta. Asimismo, como resultado de los estudios encarados con mayor detalle en las áreas correspondientes a los cierres proyectados Néstor Kirchner y Jorge Cepernic se pudo identificar la presencia de un sistema hidrogeológico particular vinculado con pendientes en las cuales se observan morfologías vinculadas con movimientos de remoción en masa del tipo deslizamiento rotacional. A este tipo de acuíferos secundarios se los ha definido con el nombre de acuíferos de segunda generación.

Los de mayor desarrollo son los acuíferos de Subálveo que se localizan en el piso del valle del río Santa Cruz, donde debido a su caudal se favorece un comportamiento influente donde el río aporta al acuífero. El basamento hidrogeológico lo constituye los bancos de mayor impermeabilidad de la Formación Santa Cruz mientras que el acuífero se localiza en el cuerpo de los depósitos que rellenan el valle, que son del tipo granulométrico correspondiente a gravas gruesas hasta bloques con arenas gruesas y limos subordinados.

Por otra parte, los acuíferos de meseta se desarrollan en el cuerpo de las terrazas que se acompañan y coronan el valle del río Santa Cruz a diferentes alturas, las que tiene dos tipos principales de cubierta litológica: niveles de rodados con arenas subordinadas y coladas basálticas. En ambos casos el agua que proveniente de las precipitaciones locales percola a través de gravas permeables o basaltos fracturados y al llegar al techo de las sedimentitas terciarias, que en general actúa como un basamento hidrogeológico local, se localiza el acuífero que suele aflorar como manantiales sobre las pendientes del valle.

Esta dinámica hidrogeológica referida precedentemente muestra modificaciones substanciales cuando sobre la pendiente del valle están presentes deslizamientos rotacionales. En estos casos se presentan acuíferos definidos como de segunda generación ya que sus mayores aportes provienen en muchos casos de manantiales vinculados con el acuífero de meseta. El agua proporcionada por estos arroyos, al desplazarse sobre el área afectada por remoción en masa se concentra en las depresiones existentes entre bloques y percola a lo largo de las fallas curvas y materiales desagregados para aflorar en niveles inferiores.

La generación de los lagos artificiales dará lugar a una serie de impactos al inducir cambios en la localización, área de carga, área de descarga, caudales y estabilidad de los acuíferos preexistentes, especialmente los localizados inmediatamente aguas abajo de los embalses de las presas Néstor Kirchner y Jorge Cepernic.

Considerando los acuíferos del tipo Meseta estas modificaciones se manifestarán en la zona cercana a los embalse, pero únicamente en los que se sitúan por debajo de la cota máxima de inundación. Los que se localizan por encima del espejo de agua no variaran su comportamiento y por lo tanto mantendrán sin variaciones sus caudales y estabilidad previa. En este caso se trata de la mayoría de los acuíferos que se localizan en la base de los Basaltos Cóndor Cliff. Para los que se sitúen en cotas inferiores, en los casos que se trate de descargas de acuíferos semi-confinados/confinados, seguirán aportando el mismo caudal aunque en forma subterránea. Las descargas de acuíferos libres preexistentes alcanzarán una nueva condición de equilibrio, en coincidencia con el nivel del embalse, por lo que podrían incrementar sus caudales y estabilidad. Incluso se prevé que en función de las características locales que presentan las litologías vinculadas con estos sistemas hidrogeológicos, tenga lugar a aparición de nuevos acuíferos. Al respecto se destaca que las sedimentitas de la Formación Santa Cruz, sobre la que estarán apoyadas las estructuras de las presas, presentan variaciones faciales laterales y verticales en las cuales están presentes cuerpos de elevada permeabilidad, de estilo cordoniformes que se corresponden con antiguos ambientes de sedimentación fluvial en los cuales existieron cauces confinados, parcialmente encajados en el relieve, con rumbo general al este, de baja sinuosidad y tendencia lateral a la lenticularidad. En contraste e interestratificadas con estas secciones cordoniformes, se presentan los cuerpos tabulares o mantiformes, de menor permeabilidad a

impermeables, constituidos por tobas, areniscas finas tobaceas, limolitas tobaceas y arcillitas tobaceas. Estas características dan lugar a un fuerte condicionante litológico que induciría en el cuerpo de las sedimentitas la aparición de nuevos acuíferos a diferentes profundidades a partir de filtraciones locales desde el embalse.

Asimismo, la elevación de la presión poral que acompañará en general el incremento de la magnitud de los acuíferos de meseta, darán lugar a incrementos del grado de inestabilidad de las pendiente potencialmente inestables favoreciendo en ellas su corte y posterior caída a favor de movimientos de remoción en masa, especialmente aquellas que al presente tienen un historial previo de haber sido desplazadas por movimientos del tipo expansiones laterales y flujos. Para el caso particular de expansiones laterales se debe tener en cuenta que el movimiento tiene como condicionantes, además de los incrementos de las presiones internas que tienden a separar potenciales superficies de deslizamiento, la potencial fluidificación de los sedimentos a partir de un mayor contenido en agua.

Para el caso de los acuíferos del tipo subálveo situados en el piso de valles tributarios adyacentes a los cierres y localizados a una cota inferior a los niveles de los lagos, es probable que pierdan su condición dual de efluente a influente de tal forma que el acuífero aportará aguas al río en forma permanente, incrementando su importancia. Incluso podrán formarse nuevos acuíferos de este tipo en sitios en los cuales no están presentes en la actualidad. Estos sistemas hidrogeológicos locales podrían modificar la categoría de los arroyos involucrados transformándolos en cursos de régimen permanente.

Por otra parte, para el acuífero de subálveo vinculado con las acumulaciones fluviales del lecho activo del río Santa Cruz situado aguas abajo de la presa Jorge Cepernic, en la zona cercana a la presa (efecto localizado) el mismo pasará a tener un comportamiento netamente influente (el río aporta al acuífero) si se implanta una cortina impermeable situada debajo del eje de la presa, que dé lugar a una desconexión física en la continuidad de las gravas y arenas que forman parte del lecho del río y sus niveles de terrazas adyacentes.

En relación a la merma de los caudales erogados (mínimos caudales del río Santa Cruz) durante el llenado de los embalses, se señala que la retención de agua por tiempos prolongados podría generar una disminución de los niveles freáticos de los acuíferos de subálveo, de los cuales se abastecen algunas estancias aguas abajo de la presa Jorge Cepernic.

Caracterización y Tipología de los impactos esperados

En este apartado se analiza solamente la afectación del sistema hidrogeológico, el efecto sobre la estabilidad de las pendientes se considera en los apartados 1.4.1.1.3 y 1.4.2 (Secciones del valle del río Santa Cruz en general y las correspondientes a los cierres de Néstor Kirchner y Jorge Cepernic). En el sistema hidrogeológico tendrá lugar un Impacto Negativo de Importancia Crítica como consecuencia de la formación de los embalses, aunque debe señalarse que la formación de nuevos sistemas hidrogeológicos derivados de la generación del embalse podrían traducirse en beneficios ambientales locales ya que favorecerían la aparición de mallines y manantiales. La intensidad es Alta para el acuífero del tipo subálveo ya que se modificarán radicalmente los factores que lo componen. Por su

parte la Extensión es Regional al afectar una gran parte del medio modificado. El análisis del Momento en que se manifiesta el impacto es variable, Inmediato para los acuíferos de subálveo y Latente a corto plazo para los acuíferos de meseta. El análisis de la Duración indica que se trata de un Impacto Permanente ya que la zona afectada alcanzara una nueva condición que como mínimo permanecerá durante el lapso de existencia del espejo de aguas artificial, que es equivalente a la duración de la vida útil de la presa. Analizando la Capacidad de recuperación del medio afectado se considera que no es posible regresar a las condiciones previas que tenía el sistema hidrogeológico afectado por lo que el Impacto es Irreversible. Del análisis de la relación Causa-Efecto el Impacto es Directo porque el efecto tiene lugar ante la generación del embalse y el implante en el valle de una cortina impermeable. Analizando la Interrelación de Acciones y Efectos, es un Impacto Simple. En cuanto a su Probabilidad es Alta. Considerando su periodicidad se trata de un Impacto Continuo y analizando la necesidad de la aplicación de medidas correctoras se califica como un Impacto Ambiental Crítico.

5.5.4.1.6 Registro estratigráfico en las acumulaciones pertenecientes a las glaciaciones Arroyo Verde y El Tranquilo

El lago artificial relacionado con la presa Néstor Kirchner inundará una sección de río Santa Cruz en la cual este curso fluvial corto las acumulaciones Glacigénicas de las unidades pertenecientes a Arroyo Verde y El Tranquilo. Estos afloramientos constituyen las mejores exposiciones que se tienen de estas unidades (Figuras 32, 33 y 34).

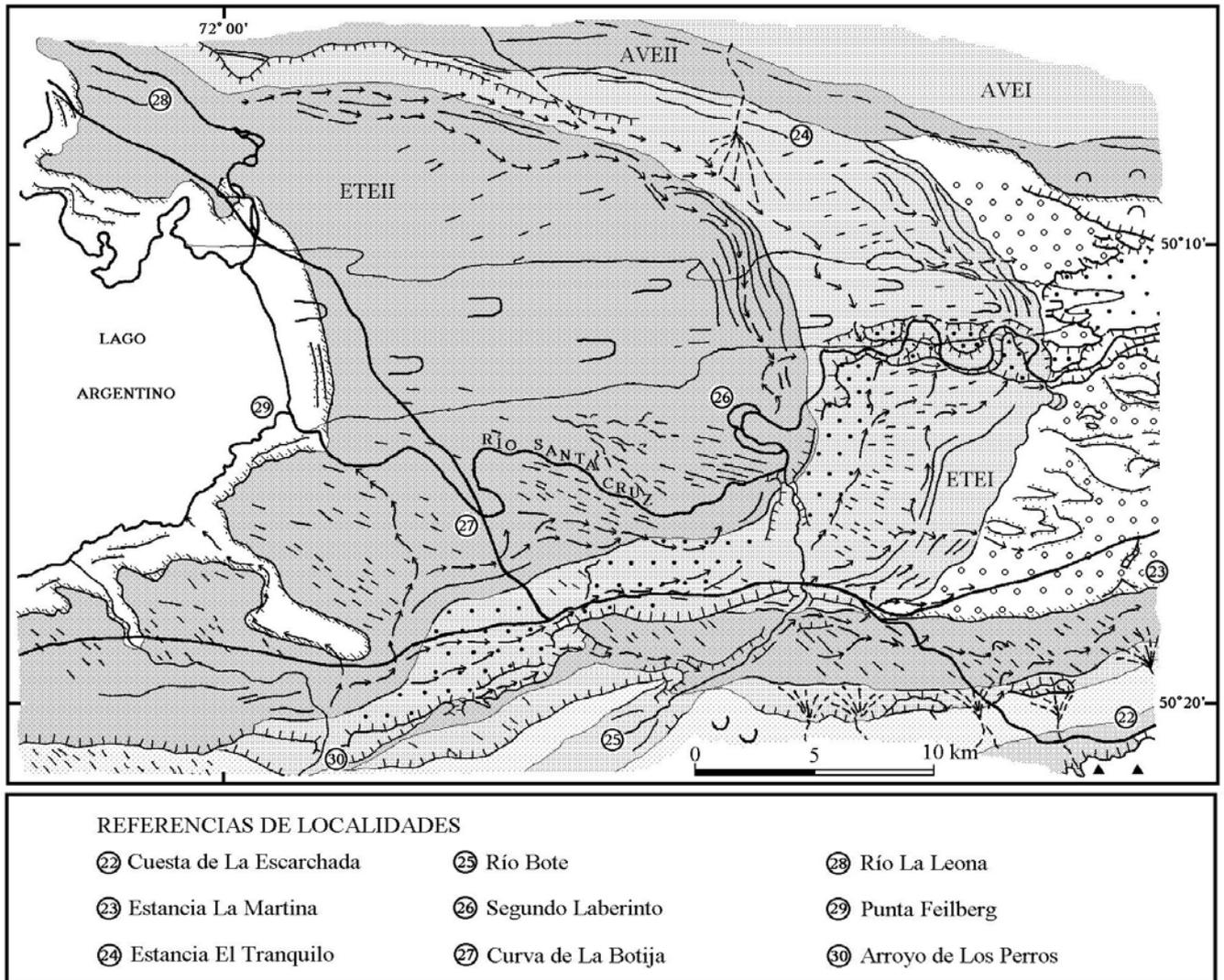


Figura 32. Morenas El Tranquilo, Estadial El Tranquilo I (ETI), Estadial El Tranquilo II (ETII). Ver referencias en la figura 15 (adaptado de Strelin y Malagnino 1996)



Figura 33. Acumulaciones glaciogénicas complejas glaciolacustres y glacioluviales situadas en las pendientes del 1er laberinto que serán afectada por la generación del embalse



Figura 34. Afloramientos de las secuencias glaciogénica expuestos sobre la margen izquierda del río Santa Cruz en sectores afectados por el embalse de la presa Néstor Kirchner.

Caracterización y tipología de los impactos esperados

Como consecuencia de la generación del embalse Néstor Kirchner tendrá lugar la inundación parcial de los registros estratigráficos de las últimas glaciaciones que afloran en las márgenes del curso fluvial del río Santa Cruz.

El impacto resultante se califica como Negativo con una Intensidad Alta ya que implica la eliminación parcial de la integridad del factor geológico vinculado con el registro estratigráfico glaciario. En relación a la Extensión que manifiesta el impacto es Zonal al afectar una parte del factor considerado. Al evaluar el Momento en que se manifiesta, sin considerar el tiempo transcurrido entre el inicio y culminación del llenado de los vasos, se trata de un Impacto Inmediato o de Corto Plazo. En el análisis de su Duración debe considerarse que es un Impacto Permanente ya que como mínimo perdurará durante el lapso de vida útil de las presas e incluso, analizando la capacidad de recuperación del sistema que podría existir a continuación de la vida útil de las presas, se considera que no es posible retornar por medios naturales o artificiales a la situación previa razón por la cual se trata además de un Impacto Irrecuperable ya que no es factible reparar sus efectos. Según un análisis Causa-Efecto el Impacto es Directo ya que tiene una incidencia inmediata en el factor ambiental considerado. Su Probabilidad es Alta. De acuerdo a la interrelación de Efectos, a partir del análisis de los procesos geológicos que tienen y tendrán lugar en este ambiente fluvial, se califica como un Impacto Sinérgico ya que la inundación dará lugar a la generación de otros eventos dinámicos en otros parámetros geológico-ambientales tales como la generación de sistemas deltaicos que sepultaran progresivamente al factor analizado. Analizando la necesidad de la aplicación de medidas correctoras el Impacto Ambiental es Crítico ya que el efecto da lugar a la pérdida permanente de los factores ambientales considerados, sobre los que no es posible su recuperación ni tampoco la aplicación de medidas correctoras. No obstante, es posible acotar la pérdida de la información contenida en las unidades estratigráficas glaciogénicas que serán afectadas por el embalse a partir su investigación y la toma de muestras en etapas previas a su inundación.

5.5.4.2 Secciones del valle del río Santa Cruz correspondientes a los cierres de Néstor Kirchner y Jorge Cepernic

En este análisis se consideran las zonas correspondientes a los indicados cierres y las obras periféricas vinculadas con los mismos. Además se incluyen las áreas en las cuales se realizarán actividades mineras extractivas. Las acciones que se evaluaron en todos los casos están vinculadas con modificaciones de alcance local a areal limitado. Son acciones que forman parte de las diferentes etapas del aprovechamiento hidroeléctrico por lo que algunas de ellas se reiteran sin demasiadas variaciones, razón por la cual se tratarán en forma general, aclarándose esta situación en cada caso.

5.5.4.3 Construcción de obras principales NK y JC (hormigonado, transporte de materiales, obras civiles, sistema de transferencia de peces)

La construcción de ambas presas involucra en la etapa inicial cortes profundos que afectan la estabilidad de las pendientes, la excavación del piso del valle, y en su etapa final, sobrepeso que induce compresiones y esfuerzos cortantes. Para el caso de la presa Néstor Kirchner (Figuras 35 y 36), los cortes de laderas se localizarán sobre diversas litologías y acumulaciones entre las que se destacan las sedimentitas de la Formación Santa Cruz, acumulaciones glaciogénicas compuestas por till complejo, conglomerados glaci-fluviales y

cuerpos de diversa granulometría y permeabilidad derivados de procesos de remoción en masa. Para la localización de la presa Jorge Cepernic (Figura 35) las condiciones geotécnicas son más favorables ya que la estratigrafía se simplifica por la ausencia acumulaciones morénicas y una menor frecuencia de procesos que involucran inestabilidad de las pendientes.

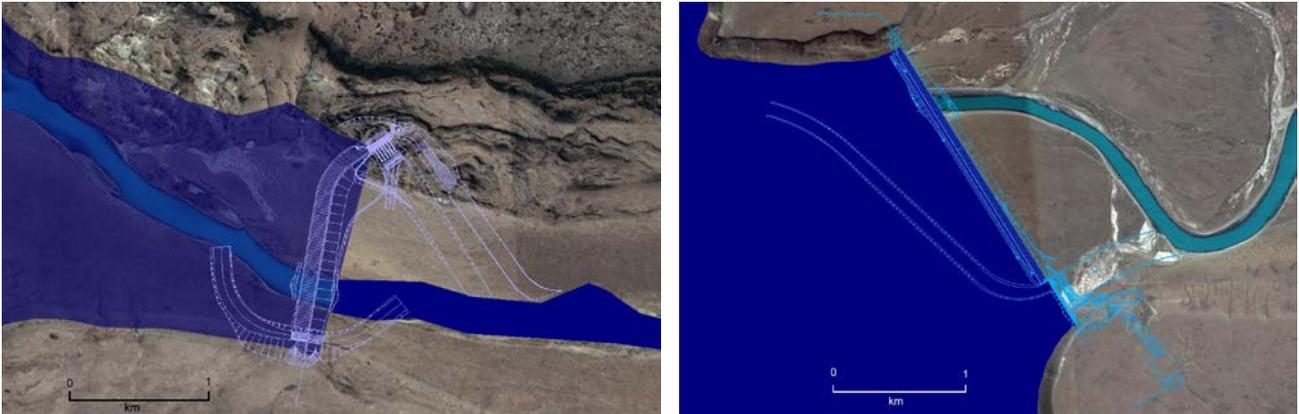


Figura 35. Cierres de las presas Néstor Kirchner (izquierda) Jorge Cepernic (derecha).

Durante estas tareas indicadas serán afectados los siguientes componentes geológicos:

- Morfometría y dinámica del río Santa Cruz,
- Tasa de erosión y sedimentación de los sistemas fluviales
- Estabilidad de las pendientes

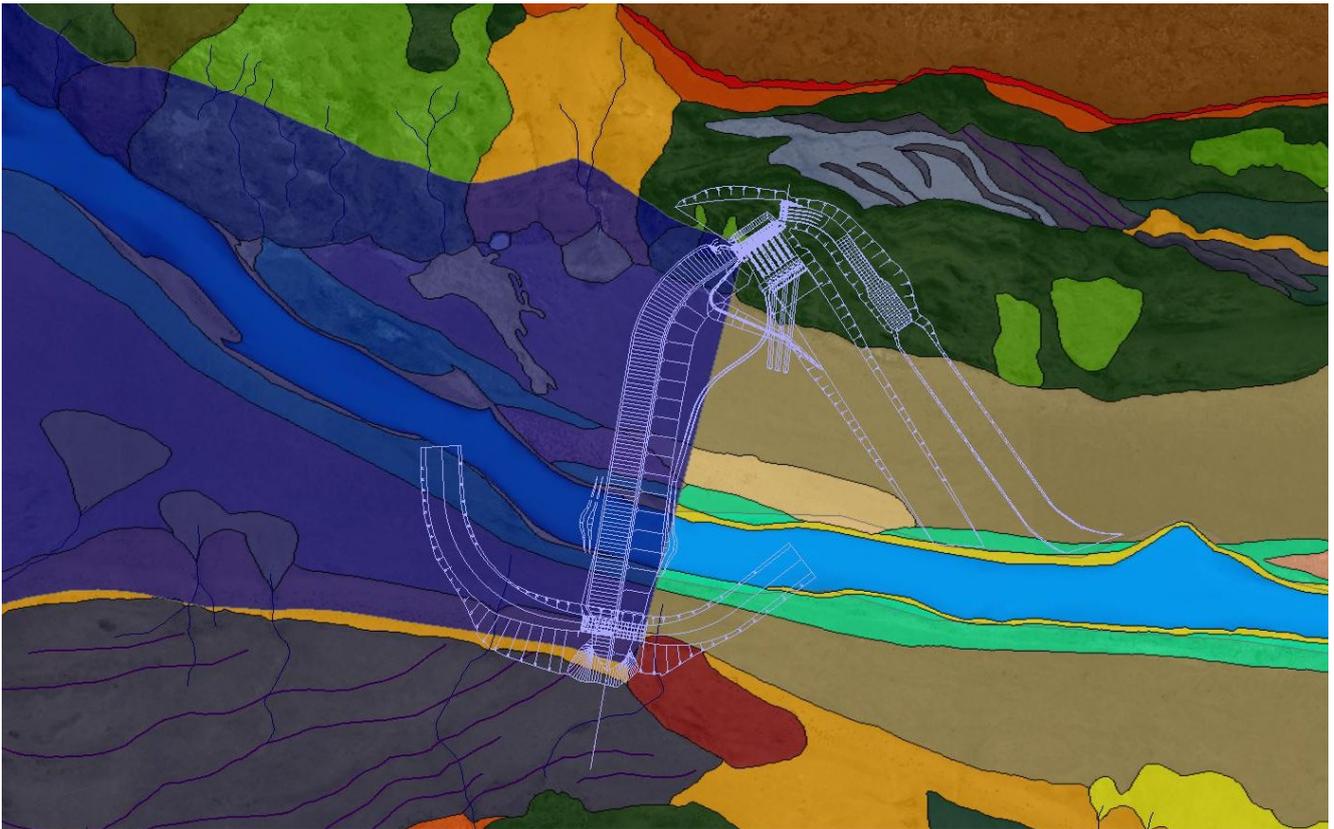


Figura 36. Los sectores del valle afectados por las obras de la presa Néstor Kirchner corresponden a pendientes en las cuales se localizan deslizamientos rotacionales (verde oscuro), avalancha de rocas (verde claro) sedimentitas terciarias (anaranjado), acumulaciones de till morénico (gris) y depósitos vinculados con el desagote súbito del Paleolago Argentino (pardo claro).

A continuación se reseñan los cambios que se prevén tendrán lugar en los referidos factores geológicos para las acciones consideradas.

5.5.4.3.1 Morfometría y dinámica del río Santa Cruz y Tasa de erosión y sedimentación de los sistemas fluviales

Los movimientos de suelo y las excavaciones profundas sobre la pendiente y el piso del valle del río Santa Cruz darán lugar a una modificación parcial de los cauces tributarios locales, la morfometría del río y las tasas de transporte y sedimentación preexistentes. Para el caso de los obradores, en ambas locaciones está presente el escurrimiento difuso el que localmente puede encauzarse en el referido patrón relíctico de paleocauces. Sin embargo, se trata de un sistema inactivo situado sobre una superficie de muy baja inclinación y por lo tanto la circulación del agua es poco efectiva. Las tareas de nivelación y construcción afectarán localmente a estas subunidades geomórficas y al movimiento de las aguas de precipitación que circulan sobre ellas, situación que podría derivar en la generación de encharcamientos locales que serán transferidos al río Santa Cruz mediante la implementación de sistemas de drenaje. Este último escenario podría incrementar la turbidez del río localmente, especialmente durante la etapa de nivelación del terreno y corte de pendientes.

Caracterización y tipología de los impactos esperados

Ante la removilización de agregados sedimentados, como los que componen las acumulaciones fluviales y glaciales y en menor proporción las relacionadas con flujos extraordinarios, se prevé un incremento de la carga clástica fina que es transportada por arrastre pero especialmente la que es transportada en suspensión. Por esta acción tendrá lugar un aumento de turbidez (contaminación clástica) acompañado de una distribución de los sistemas de sedimentación.

Analizando especialmente la contaminación clástica esperada, tendrá lugar un Impacto Negativo de Intensidad Baja a Media. En cuanto a la Extensión se trata de un impacto variable entre Puntual a Zonal ya que la contaminación clástica será función directa de la magnitud del área removida, su cercanía al río Santa Cruz y los caudales presentes en el momento de las acciones consideradas, entre otras variables. La evaluación del Momento en que se manifiesta, permite determinar que será un Impacto Inmediato ya que el efecto se desplegará a continuación de las acciones ingenieriles. Por su parte, el análisis de la Duración permite considerar que se trata de un Impacto Temporal, salvo que las modificaciones dispensen procesos de erosión posteriores, caso en el cual pasaría a la categoría de Pertinaz. En cuanto a la Capacidad de recuperación del sistema se considera que si bien no es posible retornar por medios naturales a la situación previa el Impacto es Mitigable mediante la aplicación de medidas correctoras. Del análisis de la relación Causa-Efecto el Impacto es Directo. La Probabilidad es Alta. Analizando la Interrelación de Acciones y Efectos, es un Impacto Simple. Analizando la necesidad de la aplicación de medidas correctoras se califica como un Impacto Ambiental Recuperable a partir de la implementación de medidas de mitigación vinculadas con el control de la contaminación clástica.

5.5.4.3.2 Estabilidad de las pendientes

Para la localidad del cierre de Néstor Kirchner durante las tareas de excavación serán afectadas varias unidades y subunidades geomórficas tales como pedimentos de flanco, morenas, planicies aluviales, terrazas y áreas con remoción en masa. Estas últimas se consideran de mayor importancia por el riesgo que presentan ya que las acciones programadas inciden negativamente en los niveles de estabilidad preexistentes. Especialmente se destacan las que están presentes sobre la margen izquierda de la presa ya que las excavaciones profundas se localizarán en gran parte sobre una faja de la pendiente en la cual se observan formas derivadas de movimientos de remoción en masa de diversa tipología (Figura 36).

Esta situación no se observa en cambio para el caso de la presa Jorge Cepernic ya que sus pendientes tienen mayor grado de estabilidad y las geofomas de remoción son de desarrollo limitado.

Caracterización y tipología de los impactos esperados

El impacto resultante es Negativo con una Intensidad Alta. La Extensión que manifiesta el impacto es Zonal o Parcial al afectar una parte del factor considerado. La Duración es Permanente y la Probabilidad Alta

5.5.4.4 Construcción de caminos de acceso temporario y permanente

Para el caso de los caminos permanentes situados en el área de la presa Néstor Kirchner, la traza de los mismos se extenderá en la margen derecha sobre un paisaje irregular en general, labrado sobre las sedimentitas de la Formación Santa Cruz. La sección extendida sobre la margen izquierda lo hará en su mayor parte sobre la superficie de la planicie volcánica perteneciente a los basaltos Cóndor Cliff, aunque una sección menor se desarrollará sobre una pendiente inestable con presencia de movimientos de remoción en masa. Asimismo, los caminos permanentes localizados en el área de la presa Jorge Cepernic se desplegarán en la margen derecha sobre pendientes relativamente abruptas labradas sobre la Formación Santa Cruz, en áreas donde localmente están presentes pendientes inestables que tienen asentamientos rotacionales y flujos antiguos, en general pedimentados y por lo tanto estabilizados. Por su parte, los caminos temporarios situados en el ámbito de la presa Néstor Kirchner tienen recorridos similares a los permanentes de tal forma que son válidos para ellos las descripciones realizadas precedentemente sobre el grado de peligrosidad que tienen las superficies en las cuales serán instalados. Para la comarca de la presa Jorge Cepernic los caminos temporarios han sido trazados sobre superficies de pendientes con un mayor grado de estabilidad, salvo un tramo de 1300 m situado entre el inicio de su recorrido en la planicie de Pampa Alta y la bajada hacia el piso del valle.

La construcción de los referidos caminos involucra, para las secciones de relieve irregular, cortes pronunciados de pendiente y construcción de terraplenes locales. Estas acciones modificarán especialmente la estabilidad de las pendientes

A continuación se reseñan los cambios que se prevén tendrán lugar en el referido factor geológico para la acción indicada.

5.5.4.4.1 Estabilidad de las pendientes

El corte de pendientes constituye un factor externo que bajo ciertas condiciones puede actuar como un condicionante de futuros desplazamientos de la pendiente o incluso como un desencadenante de movimientos de remoción en masas locales, especialmente en las secciones donde actualmente están presentes pendientes inestables y potencialmente inestables. El mayor grado de peligrosidad se establece para aquellas pendientes en las cuales se observan formas relacionadas con desplazamientos gravitacionales. Esta situación se verifica, por ejemplo, para el camino situado sobre la margen izquierda de la presa Néstor Kirchner.

A lo largo de su recorrido se observan asentamientos rotacionales, flujos y caída de rocas por lo que es altamente probable que las tareas de corte de pendiente mediante explosivos y/o corte mecánico promuevan movimientos de remoción en masa locales (Figura 37).

La traza del mencionado camino presenta cortes de pendiente muy importantes (escalonados) que pueden incrementar aún más la inestabilidad original que ya ostenta este sector. Situaciones similares son observadas para algunas secciones de los caminos situados en el ámbito de las sedimentitas terciarias, aunque en estos casos los movimientos de remoción en masa identificados son de mayor antigüedad.

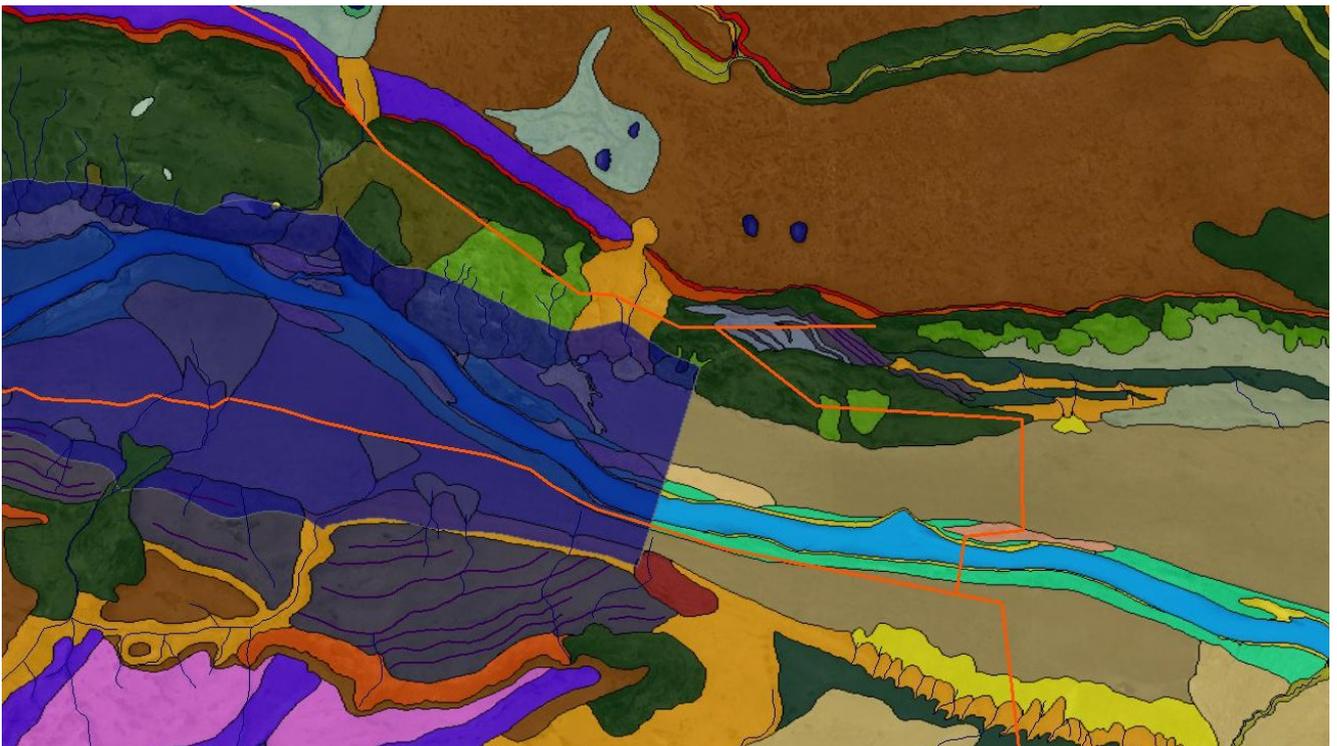


Figura 37. En anaranjado se señalan las trazas de los caminos vinculados con las actividades que se realizan en el cierre Néstor Kirchner. Los situados en la margen izquierda involucran cortes en ambientes inestables sobre formas de remoción en masa del tipo deslizamiento rotacional (Pantalla verde oscuro), avalancha de rocas (pantalla verde claro), Flujos (pantalla parda) y un sector menor con caída de rocas (faja roja).

Caracterización y tipología de los impactos esperados

El impacto resultante se califica como Negativo con una Intensidad Baja a Mínima ya que implica la eliminación pequeña de la integridad del factor geológico vinculado con la estabilidad de la pendiente. En relación a la Extensión que manifiesta el impacto es Puntual al afectar una zona muy localizada del factor ambiental considerado. Por su parte al evaluar el Momento en que se manifiesta, el impacto puede ser Inmediato o de Corto Plazo. En el análisis de su Duración debe considerarse que es un Impacto Permanente. El análisis de la capacidad de recuperación del sistema que podría existir para retornar por medios naturales o artificiales a la situación previa de estabilidad permite calificarlo como un Impacto Reversible ya que es factible reparar sus efectos mediante técnicas de manejo de

pendientes inestables. Según un análisis Causa-Efecto el Impacto es Directo ya que tiene una incidencia inmediata en el factor ambiental considerado. En cuanto a las interacciones Causa-Efectos se califica como un Impacto Simple ya que el efecto es sobre un factor que no da lugar a otros efectos, ni es acumulativo como tampoco sinérgico. La Probabilidad es Alta. Considerando la necesidad de la aplicación de medidas correctoras el Impacto Ambiental es Moderado ya que sus efectos pueden recuperarse mediante la aplicación de medidas sencillas.

5.5.4.5 Desbroce, movimiento y nivelación de suelos, construcción y funcionamiento de obradores, plantas de tratamiento, villas y campamentos temporarios Néstor Kirchner y Jorge Cepernic

Las actividades referidas correspondientes a la Villa Néstor Kirchner se situarán parcialmente sobre un pedimento de flanco local labrado sobre las sedimentitas terciarias de la Formación Santa Cruz y sobre una serie de cauces menores de poco desarrollo (Figura 2). Por su parte, las correspondientes a la Villa Jorge Cepernic se localizarán sobre superficies de naturaleza similar (Figura 2), aunque en este caso se observa un cauce de mayor importancia. En ambos sitios se trata de superficie con variable grado de inclinación.

La construcción de las villas temporarias requerirá de la nivelación del terreno y la extracción parcial del suelo. La modificación más significativa de esta acción será sobre los siguientes factores geológicos

- Morfometría y dinámica de los tributarios del río Santa Cruz
- Unidades y subunidades geomórficas locales

A continuación se reseñan los cambios que se prevén tendrán lugar en cada uno de los referidos factores geológicos para las acciones indicadas.

5.5.4.5.1 Morfometría y dinámica de los tributarios del río Santa Cruz y Unidades y subunidades geomórficas locales

En ambas locaciones existen dos tipos de escurrimiento: difuso sobre la superficie regular de los pedimentos de flanco y encauzado en los cursos de régimen estacional que atraviesan ambos predios. Las tareas de nivelación afectarán localmente a ambas subunidades geomórficas y al movimiento de las aguas de precipitación que circulan sobre ellos, situación que podría derivar en la intensificación de los procesos de cárcavamiento local que ya se observan en ambos sitios. Asimismo, las tareas de nivelación incluirán la eliminación parcial de la capa edáfica y una etapa inicial en la cual se acelerarán los procesos de erosión hídrica y eólica.

Caracterización y tipología de los impactos esperados.

El impacto resultante se califica como Negativo con una Intensidad Mínima. La Extensión es Puntual. El Momento en que se manifiesta el impacto es Inmediato o de Corto Plazo. Su

Duración es Temporal. Analizando la capacidad de recuperación del sistema se define como Impacto Reversible. Según un análisis Causa-Efecto el Impacto es Directo. En relación a la recuperación el Impacto Ambiental es Moderado ya que sus efectos pueden atenuarse. La Probabilidad es Alta

5.5.4.6 Extracción y movimiento de áridos (canteras) para obras

La construcción de las presas y sus obras complementarias requerirán de la extracción de rocas y acumulaciones clásticas de diversas características litológicas y granulométricas. La localización que tendrán las tres áreas de extracción de áridos propuestas involucra en su mayor parte a anteriores depósitos glacifluviales de diferente origen y en menor volumen acumulaciones de remoción en masa.

El área localizada en Néstor Kirchner (Figura 38) involucra varias unidades estratigráficas tales como son las gravas y arenas glacifluviales del Nivel Inferior, gravas y arenas de la terraza aluvial del río Santa Cruz, gravas derivadas del flujo de elevada energía que se desplazó por el valle, bloques de basaltos y cenoglomerados derivados de movimientos de remoción en masa, acumulaciones aluviales actuales del río Santa Cruz y acumulaciones de arenas eólicas.

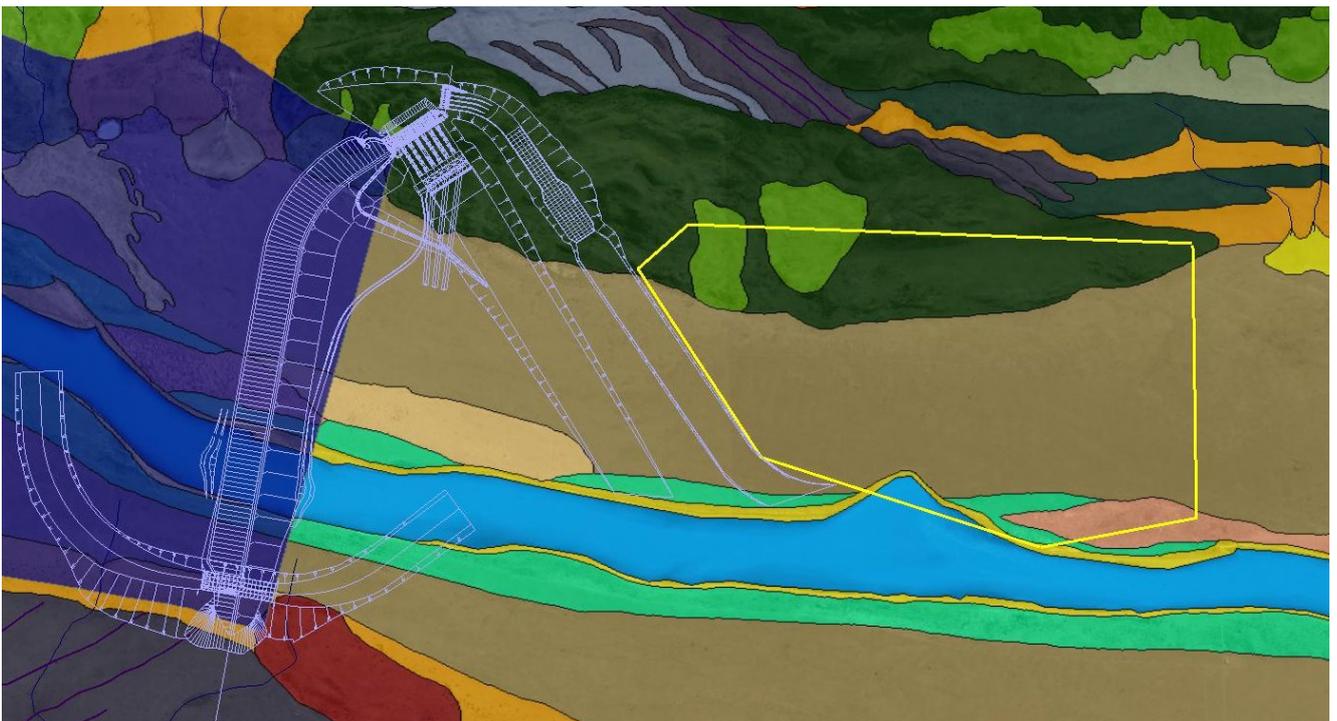


Figura 38. La traza amarilla señala el área afectada a la extracción minera areal. Involucra en su mayor parte a las acumulaciones del flujo catastrófico (pantalla marrón) y geformas de remoción en masa (pantallas verdes)

Por su parte, las restantes dos áreas de extracción de áridos se localizan en las adyacencias de la presa Jorge Cepernic. Una de ellas se sitúa sobre el glacifluvial La Fructuosa y Cerro Fortaleza (indiferenciados) integrado de arenas y gravas, ubicado en el tope de la margen

derecha del valle y la restante se dispone sobre los depósitos de flujo catastrófico que se desplazaron sobre las terrazas glacifluviales Arroyo Verde I y II (Figura 39).

En ambas presas se trata de superficies subhorizontales, salvo un área limitada que se localiza en la faja norte de la zona de extracción situada al pie de la presa Néstor Kirchner.

Las actividades mineras involucradas modificarán los siguientes factores geológicos:

- Tasa de erosión, transporte y sedimentación de los sistemas fluviales
- Unidades y subunidades geomórficas
- Estabilidad de las pendientes

Si bien las áreas de extracción abarcan en su mayor parte a tres superficies de terrazas del valle del río Santa Cruz, en una de ellas las modificaciones serán de carácter temporal ya que posteriormente a la extracción será inundada, mientras que para la restantes las modificaciones serán permanentes. A continuación se reseñan los cambios que se prevén tendrán lugar en cada uno de los referidos factores geológicos para la acción indicada.

De acuerdo a lo observado en las figuras 38 y 39 dos de las extracciones están sobre el piso del valle y de ellas solamente una involucra directamente al río Santa Cruz (área localizada en Néstor Kirchner).

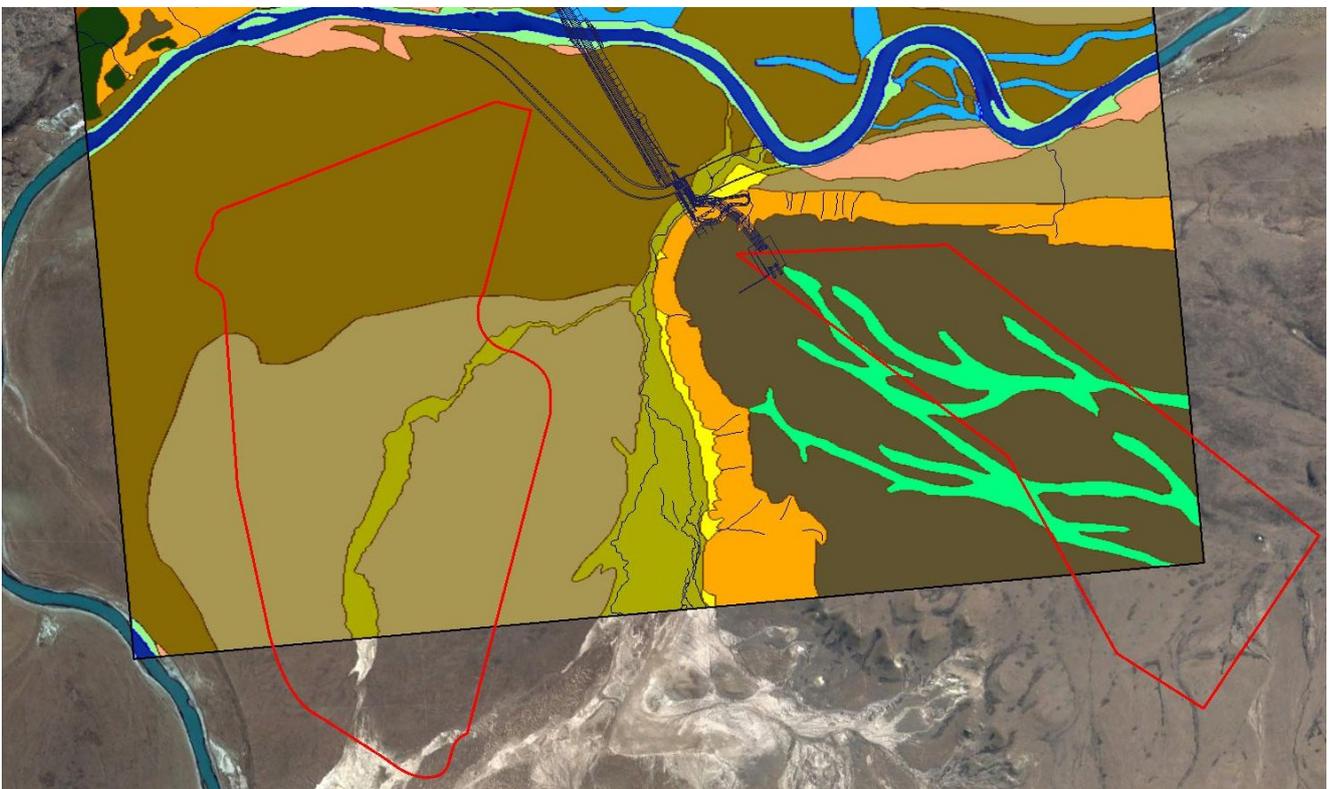


Figura 39. Los polígonos de traza roja señalan las áreas de extracción de áridos. El de la izquierda se localiza sobre el flujo catastrófico que sepultó parcialmente a las terrazas glacifluviales Arroyo

Verde I y II. El de la derecha se ubica sobre una terraza glacifluvial con registro de paleocanales entrelazados (cauces celestes) y paleobarras (marrón).

La situada en la zona de Jorge Cepernic luego de la operación minera quedara totalmente inundada por el lago artificial, razón por la cual, cualquier impacto relacionado con la extracción será de carácter temporal. Por su parte, la zona de extracción restante sobre el río Santa Cruz se sitúa inmediatamente aguas abajo de la presa Néstor Kirchner por lo que el área quedara posteriormente expuesta. En este caso las operaciones mineras avanzaran sobre el cauce actual del río Santa Cruz. A diferencia de las anteriores, aquí las operaciones mineras afectarán la morfometría fluvial en la sección intervenida, lo que provocará ajustes progresivos del hábito fluvial en un tramo particular donde el río Santa Cruz presenta una variación de este parámetro al desarrollar una barra central que queda sumergida durante los periodos de aguas altas. De todas formas, se tratará de una variación de carácter temporal ya que la cola del lago de la presa Jorge Cepernic inundará parcialmente este sector del piso del valle.

5.5.4.6.1 Tasa de erosión, transporte y sedimentación del río Santa Cruz y sus sistemas fluviales tributarios

Para el caso del río Santa Cruz, tal como se indicó precedentemente, solo una sección fluvial limitada será directamente afectada por las actividades mineras y es la situada en el área de la presa Néstor Kirchner. En este sitio la extracción de parte de las gravas, arenas y limos de la terraza baja, llanura de inundación y cauce marginal del río causara en forma inmediata un incremento del transporte de las granulometrías finas, independientemente de los caudales existentes en el momento de la acción, situación que dará lugar a la contaminación clástica del río. El transporte será por suspensión e incrementará el grado de turbidez hacia las secciones fluviales inferiores. Las variaciones en la tasa de erosión, transporte y sedimentación posteriores a la extracción dependerán de la morfometría final de la zona afectada, aunque se supone que la existencia de una depresión en un lateral del cauce favorecerá la sedimentación local. De todas formas, como se indicó precedentemente, se tratará de un proceso temporario ya que toda la zona alterada será posteriormente inundada y por lo tanto cesará en ella la dinámica fluvial.

Caracterización y tipología de los impactos esperados

Impacto Negativo de Intensidad Baja a Media, Extensión Zonal, Momento Inmediato, Duración Temporal y Probabilidad Alta.

Por otra parte, la zona de extracción situada inmediatamente aguas arriba de la presa Jorge Cepernic solamente podría afectar los procesos de transporte del río Santa Cruz en forma indirecta ya que el área de extracción no involucra al cauce activo. Eventualmente, las actividades mineras podrían inducir el ingreso de fracciones clásticas finas aumentando la turbidez original del agua. Se destaca que, como en la zona de extracción referida precedentemente para el área de Néstor Kirchner, se trataría de un proceso temporario ya que todo el sitio de extracción será posteriormente inundado.

Caracterización y tipología de los impactos esperados

Impacto Negativo de Intensidad Baja, Extensión Puntual, Momento Latente, Duración Fugaz y Probabilidad es Alta.

Solo en un caso la zona de extracción no será posteriormente anegada, y es la localizada sobre un nivel de terraza glacifluvial en la localidad de la presa Jorge Cepernic. Sobre esta superficie se reconoce un sistema fluvial relíctico de hábito megaentrelazado y actualmente inactivo. En él no se verifican procesos de escorrentía superficial ponderables, más allá de encharcamientos locales durante los periodos de mayor precipitación. De hecho, parte de los paleocauces han sido profundizados por la acción eólica y dan lugar a cubetas pandas elongadas. Como resultado de la extracción minera éste registro fluvial será eliminado totalmente. Sin embargo esta acción no tendrá consecuencias sobre procesos de erosión, transporte y depositación fluvial ya que se trata de una superficie con drenaje impedido. No obstante, como se verá a continuación, otros procesos tendrán lugar en este ambiente luego de la extracción, por lo que debería contemplarse seleccionar otra área que se sitúe en una zona que en el futuro quede inundada.

5.5.4.6.2 Unidades y subunidades geomórficas

Las áreas de extracción de áridos afectarán en su mayor parte a las acumulaciones de gravas y arenas glacifluviales de los niveles de terrazas que se sitúan en el piso del valle y en su tope. Debido a que se trata de superficies sub horizontales, la extracción areal eliminará los niveles superiores de bancos glacifluviales.

Para el caso del área situada en la comarca de Jorge Cepernic correspondiente a la terraza glacifluvial del Nivel V y VI de los depósitos glacifluviales de La Fructuosa y Cerro Fortaleza, la extracción eliminará la carpeta residual de gravas (armadura rocosa) y el banco superior que tiene una cementación carbonática secundaria que inhibe la erosión eólica, por lo que durante las operaciones mineras aumentará la deflación eólica al eliminarse este nivel protector, con la consiguiente generación de material particulado que se trasladará por saltación, para el caso de las arenas, y por suspensión, para el caso de las fracciones clásticas de menor granulometría. Este proceso en cambio será pasajero para las restantes áreas de extracción ya que culminará a partir de la inundación de las áreas de extracción con el llenado de los embalses. Sin embargo persistirá para el caso del nivel superior referido ya que este permanecerá fuera del alcance del lago JC.

Caracterización y tipología de los impactos esperados

El impacto resultante se califica como Negativo con una Intensidad Mínima. La Extensión es Zonal. El Momento en que se manifiesta el impacto es Inmediato o de Corto Plazo. Su Duración es Permanente. Analizando la capacidad de recuperación del sistema le define mitigable si se aplican técnicas de remediación apropiadas. Según un análisis Causa-Efecto el Impacto es Directo. Probabilidad Alta.

5.5.4.6.3 Estabilidad de las pendientes

En el área localizada en Néstor Kirchner (Figura 38) la extracción involucra áreas con bloques de basaltos y cenoglomerados derivados de movimientos de remoción en masa. En estos casos la extracción puede reactivar estos desplazamientos gravitacionales.

Caracterización y tipología de los impactos esperados

El impacto es Negativo con una Intensidad Media. La Extensión es Puntual. El Momento es Inmediato o de Corto Plazo. Su Duración es Permanente. Impacto Mitigable si se aplican técnicas de remediación apropiadas. Según un análisis Causa-Efecto el Impacto es Directo. La Probabilidad es Alta.

5.5.4.7 Desvío del río en Néstor Kirchner y Jorge Cepernic y construcción de obras de desvío del río (excavación, desvío y drenado del cauce del curso natural, construcción de túneles, ataguías, transferencia de peces)

Para ambas presas se contempla desviar el río Santa Cruz mediante sendos canales excavados fundamentalmente en las sedimentitas de la Formación Santa Cruz, aunque para el caso de la presa Néstor Kirchner también deberán ser excavadas las acumulaciones glaciarias pertenecientes a las morenas de la glaciación Cerro Fortaleza. La construcción de los desvíos referidos involucra cortes abruptos en el cuerpo de las sedimentitas terciarias y cuaternarias. De esta forma serán afectados los siguientes componentes geológicos:

- Morfometría y dinámica del río Santa Cruz,
- Tasa de erosión y sedimentación de los sistemas fluviales,
- Unidades y subunidades geomórficas
- Estabilidad de las pendientes

A continuación se reseñan los cambios que se prevén tendrán lugar en los referidos factores geológicos para la acción considerada.

5.5.4.7.1 Morfometría y dinámica del río Santa Cruz, Tasa de erosión y sedimentación de los sistemas fluviales, Unidades y subunidades geomórficas

El desvío fluvial implica un cambio severo en las características morfométricas originales de los tramos fluviales intervenidos, situación que derivará en un ajuste posterior de las tasas de erosión, transporte y acumulación preexistente. Especialmente aguas abajo de las secciones modificadas se prevé un incremento de la carga clástica trasladada por el río. De todas formas se aclara que luego de la construcción de las presas, la comarca correspondiente a la Presa Néstor Kirchner no presentará curso fluvial alguno por lo que el cambio será de carácter temporario. Sin embargo, durante las tareas de excavación y movilización de acumulaciones aluviales y a partir de la activación de los desvíos tendrá lugar un incremento de la contaminación clástica en el río Santa Cruz.

Caracterización y tipología de los impactos esperados

El impacto es Negativo con una Intensidad Media a Alta. La Extensión es Puntual para la zona directamente intervenida pero Zonal para los efectos derivados de la contaminación clástica. El Momento es Inmediato. Su Duración es Permanente para el caso de la modificación del cauce y Temporal para los efectos vinculados con la contaminación clástica. Analizando la vinculación Causa-Efecto el Impacto es Directo. La Probabilidad es Alta.

5.5.4.7.2 Estabilidad de las pendientes

Se prevé que durante las tareas de excavación se incremente el riesgo de remoción en masa teniendo en cuenta que, para el caso de la presa Néstor Kirchner parte de la misma avanzará sobre una sección de pendiente del valle que muestra evidencias de movimientos gravitacionales de masas del tipo expansión lateral. Para el caso de la presa Jorge Cepernic no se observa una situación similar.

Caracterización y tipología de los impactos esperados

El impacto es Negativo con una Intensidad Alta. La Extensión es Puntual. El Momento es Inmediato o de Corto Plazo. Impacto Reversible si se aplican técnicas de control apropiadas. Según un análisis Causa-Efecto el Impacto es Directo. Según su Duración es Permanente y en relación a la recuperación el Impacto Ambiental es Moderado ya que sus efectos pueden atenuarse. La Probabilidad es Alta.

5.5.4.8 Montaje de puentes provisorios Néstor Kirchner y Jorge Cepernic

Durante la etapa constructiva podrían involucrar removilizaciones y extracciones de acumulaciones de llanura aluvial y terrazas bajas, además de modificaciones de la morfometría fluvial que podrían repercutir en la dinámica fluvial alterando localmente los procesos de erosión, transporte y sedimentación fluvial. El impacto más probable de ocurrir sería la contaminación clástica del río Santa Cruz.

Caracterización y tipología de los impactos esperados

En relación a la contaminación clástica el impacto es Negativo con una Intensidad Media. La Extensión es de Puntual a Zonal. El Momento es Inmediato. Su Duración es Temporal. Impacto Reversible si se aplican técnicas de control apropiadas. Según un análisis Causa-Efecto el Impacto es Directo. La Probabilidad es Alta.

5.5.4.9 Construcción de estación transformadora

La etapa constructiva implica la nivelación superficies inicialmente subhorizontales, en general correspondientes a terrazas glacifluviales. El impacto se vincula con la modificación parcial de estas unidades geomórficas.

Caracterización y tipología de los impactos esperados

Impacto Negativo con una Intensidad baja. La Extensión es Puntual. El Momento es Inmediato. Su Duración es Permanente. La Probabilidad es Alta.

5.5.4.10 Eventual uso de explosivos en polígonos de trabajo Néstor Kirchner y Jorge Cepernic

El uso de explosivos da lugar en el medio geológico a la generación de vibraciones y superficies de ruptura. Por lo tanto esta acción actuara sobre el factor geológico de Estabilidad de las pendientes. La vibración puede ser considerada un factor externo que actúa como desencadenante de movimientos de remoción en masa en pendientes inestables mientras que las superficies de ruptura actuarán en la misma dirección, aunque como un factor que posibilita la caída inmediata de la pendiente o la prepara para futuras removilizaciones.

El ambiente geológico en el cual se utilizará este tipo de actividad de corte de pendientes. Se vincula con los afloramientos de rocas volcánicas. En este caso se destaca que si esta metodología se aplica en pendientes inestables o potencialmente inestables es probable que la explosión desencadene movimientos de remoción en masa locales. La tipología del movimiento puede ser variada dependiendo de cuáles son los factores condicionantes que prevalezcan durante la aplicación de esta actividad. Si bien los movimientos de mayor posibilidad de ocurrencia serán las caídas de roca, no debería descartarse la materialización de movimientos de remoción en masa del tipo expansiones laterales ya que las mismas se vinculan con mezclas clásticas que bajo condiciones húmedas puede fluidificarse ante la aparición de una vibración.

Caracterización y tipología de los impactos esperados

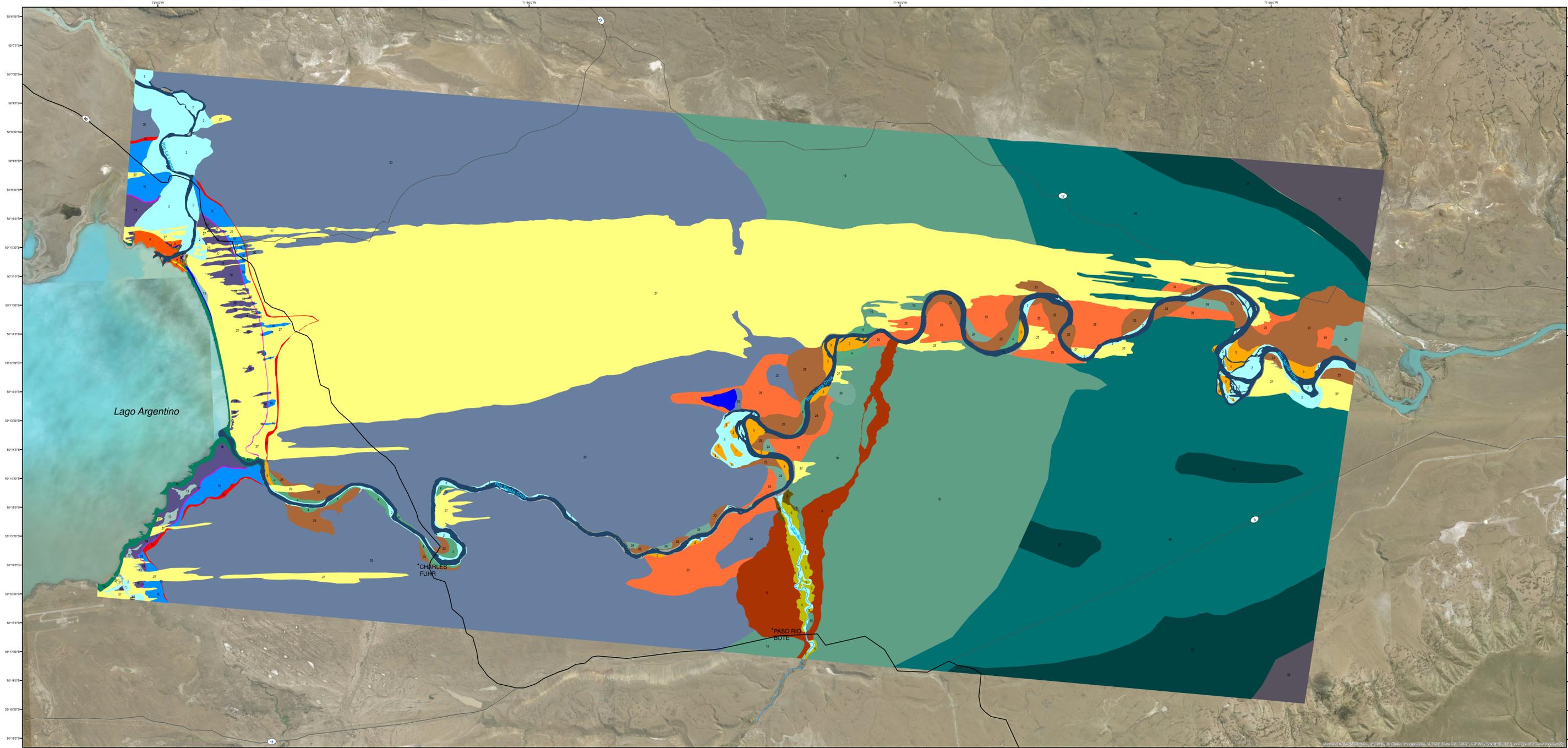
Impacto Negativo con una Intensidad Alta. La Extensión es Puntual. El Momento es Inmediato. Su Duración es Fugaz. La Probabilidad es Alta.

5.4.5 Etapa de Operación

5.4.5.1 **Presencia de presa y embalses, Operación de presas y Oscilaciones del nivel del agua en las presas Néstor Kirchner y Jorge Cepernic**

Los procesos de impacto en el medio geológico vinculados con la existencia de los embalse proyectados y sus estados operacionales fueron descritos detalladamente en el apartado 5.5.4.1.1 (Llenado de embalses y generación de lagos artificiales) ya que en su tratamiento se tuvo en cuenta que el llenado de ambos lagos artificiales tendría lugar en un corto tiempo, razón por la cual se consideró analizar las acciones referidas y sus efectos a partir de la presencia de los embalses estabilizados en su llenado final.

MAPA GEOMORFOLOGICO DEL TRAMO SUPERIOR DEL RIO SANTA CRUZ Y MARGEN ORIENTAL DEL LAGO ARGENTINO



Referencias

Unidades Geomorfológicas

Morfología Fluvial		Morfología Fluvio Lacustre		Morfología Glaciaria		Morfología Eólica
General		Activas		Morenas		27 Dunas parabólicas, mantos de arena, barchan, crestas barchanoides, hoyos de soplado
1 Cauce en aguas bajas	2 Llanura de Inundación	9 Delta	10 Isla de barrera	11 Espiga	12 Barra sobrelavado	
Rio Bote		Inactivas		Glacifluviales y Glacilacustres		
3 Terraza V	4 Terraza IV	5 Terraza Inferior	6 Terraza intermedia	7 Terraza superior	8 Cono Aluvial Inactivo	13 Albufera
		9 Delta	10 Isla de barrera	11 Espiga	12 Barra sobrelavado	14 Crestas de playa
		15 Acantilado inactivo I	16 Crestas de playa Estadio I	17 Acantilado Inactivo II	18 Crestas de playa Estadio II	
		19 Morenas El tranquilo I	20 Morenas El tranquilo II	21 Morenas Arroyo Verde II	22 Morenas Arroyo Verde I	
		23 Terraza III	24 Terraza II	25 Terraza I	26 Paleolago Argentino	

Referencias Generales

- Centros poblados
 - Ciudad
 - Localidad
 - Paraje
 - Pueblo
- Corso de agua
 - Río
- Red vial
 - Nacional
 - Provincial

Fuente:
DR. Eduardo Malagnino

Sistema de Coordenadas:
Posgar 2007 Argentina Faja 2

Fecha de elaboración:
Mayo de 2017

Escala 1:40.000

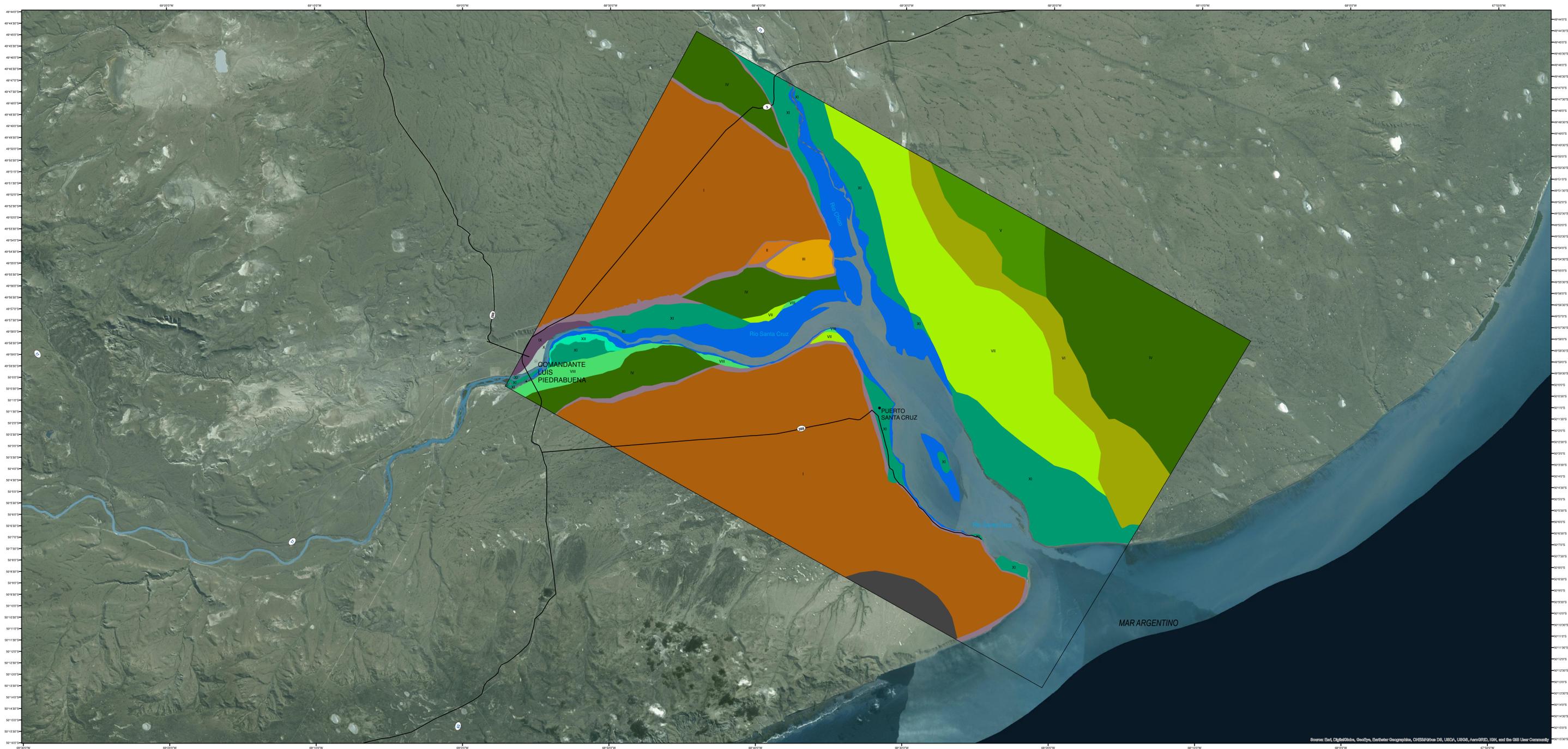


MAPA GEOMORFOLOGICO DEL TRAMO SUPERIOR DEL RIO SANTA CRUZ Y MARGEN ORIENTAL DEL LAGO ARGENTINO

APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTICOS DEL RIO SANTA CRUZ (PDTE DR. NESTOR KIRCHNER Y GDOR. JORGE CEPERNIC)



MAPA GEOMORFOLOGICO DEL ESTUARIO DEL RIO SANTA CRUZ



Referencias

Unidades Geomorfológicas

Llanura de inundación - Llanura intermareal	Terrazas fluviales, glaci-fluviales y marinas	Unidades de pendiente E
Expuesta en bajamar	Terraza XII Terraza XI Terraza X Terraza IX Terraza VIII Terraza VII Terraza VI Terraza V Terraza IV Terraza III Terraza II Terraza I	Acantilado, Paleocantilado y Resalto entre terrazas Pedimento de Flanco

Referencias generales

Centros poblados

- Ciudad
- Localidad
- Paraje

Red vial

- Nacional
- Provincial

MAPA GEOMORFOLOGICO DEL ESTUARIO DEL RIO SANTA CRUZ

APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTICOS DEL RIO SANTA CRUZ (PDTE DR. NESTOR KIRCHNER Y GDOR. JORGE CEPERNIC)

Fuente:
DR. Eduardo Malagnino

Sistema de Coordenadas:
Posgar 2007 Argentina Faja 2

Fecha de elaboración:
Abril de 2017

Escala 1:110.000





República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional
2017 - Año de las Energías Renovables

Hoja Adicional de Firmas
Informe gráfico

Número:

Referencia: 5.05_IA_Geologia y geomorfologia y Anexo

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 61 pagina/s.