

- ✓ **Fruticultura** (manzana, pera, durazno, ciruela, cerezas) es la actividad productiva más relevante del área. La mayor cantidad de hectáreas de producción, destinadas principalmente a exportación, se ubican en la parte final del tramo relevado.
- ✓ **Forestación** (álamos): La forestación típica son plantaciones de álamo (género *Populus*) generalmente híbrido y en menor porcentaje de álamo criollo, destinados a madera para aserradero (cajones de fruta), pulpa o bobinado. Se plantan en rodales o macizos con una distancia entre árboles de 3 metros, y entre hileras de árboles de 5 metros; la densidad promedio es de 400 árboles por hectárea, con objetivos de corte cada 10 a 15 años aproximadamente.
- ✓ **Uso mixto o de Subsistencia:** en este ítem se incluyen los diversos usos del suelo que hacen las comunidades Mapuches en la margen derecha del río Neuquén: viviendas familiares, producción hortícola y ganadera para consumo propio, y las parcelas irregulares dispuestas dentro de la planicie aluvial con usos semejantes.

Estos usos del suelo descriptos intervienen, dadas sus características de densidad y patrón de cobertura en el área de estudio, en obstaculizar el escurrimiento de inundación en grados bien dispares. Es el uso y no los tipos de suelo los que fueron así considerados, ya que dentro de la planicie aluvial los suelos no solo son esqueléticos sino, más importante aún, homogéneos, y no afectan de manera diferenciada el flujo de inundación.

### 7.2.2.2. Elementos Antrópicos Lineales: Caminos, Canales y Corta Vientos

La variedad de intervenciones antrópicas lineales en los ambientes fluviales involucra modificaciones en la enfilación de la esorrentía de inundación, reconociéndose las como elementos disparadores de inestabilidad morfológica (Ramonell y Amsler, 2002).

Se pueden distinguir dos tipos de canales en la planicie según su capacidad: los principales y los secundarios, que derivan de los primeros y abundan en número, especialmente en las zonas ocupadas por fruticultura y forestación. La excavación y construcción de estos canales ha producido la remoción de sedimentos que ha quedado en los bordes de los mismos formando montículos con desniveles que varían desde pocos decímetros en el caso de canales secundarios, hasta algunos metros en los canales principales. Estos desniveles también fueron considerados al estimar la variabilidad topográfica local; por ello aquí se considera la orientación de los canales como atributo determinante en la modificación de la dirección del flujo de desborde, al igual que en las otras variables lineales: caminos y corta vientos.

Los principales canales de riego construidos dentro de la planicie aluvial son (AIC, 2002):

- Canal Vela: es un canal principal de 8300 m de longitud con una sección excavada en tierra sin revestir (caudal estimado: 500 l/s); está destinado al riego de aproximadamente 120 hectáreas. Inmediatamente aguas abajo de la aducción se ha construido un azud para sobre elevar el nivel de agua, generando un embanque y el desarrollo de vegetación.

- Canal Paynemil: de 1640 metros de longitud, antiguamente era un brazo del río recostado sobre la barda de margen derecha. Se ha excavado el canal siguiendo el recorrido de dicho brazo y alimenta las zonas cultivadas de la comunidad Mapuche que lleva el mismo nombre.
- Canal Tratayen: el canal principal tiene 11 km de extensión y alimenta 400 hectáreas. Cuenta con un canal aductor corto de aproximadamente 100 metros de longitud excavado en tierra que alimenta una estructura de control construida en hormigón con dos compuertas planas y un descargador lateral a pelo libre. Sobre el río hay un azud semidestruido que cruza transversalmente el brazo generando un remanso.

El área de estudio también posee una red de caminos, la mayoría de los cuales están asociados a canales de riego y a barreras vegetales en zonas agrícolas que reducen la velocidad del viento.

Existen caminos de distinto orden, todos consolidados y a nivel de la planicie aluvial. El tránsito y el mantenimiento de los mismos, genera depósitos de arena en sus bordes de escasa magnitud.

También es común en el área la presencia de hileras de álamos para la protección del viento en la periferia y dentro de las parcelas en las cuales se practica fruticultura y forestación (Fig. 7.20). Las mismas se encuentran asociadas a canales menores, aumentando la rugosidad del terreno al actuar en el mismo sentido del canal, y en consecuencia alterando la dirección de una eventual inundación.



Fig. 7.20. Corta vientos.

### **7.2.2.3. Puentes.**

En el área de estudio se registran 13 puentes (Tabla 7.3), fundamentalmente de tres tipos: metálico, peatonal y terraplén con entubamiento (Duke Energy Cerros Colorados S.A., 2009).

El último permite el paso del agua por medio de tubos de chapa galvanizada (Fig. 7.21).

El nivel del agua en condiciones normales se encuentra por debajo del coronamiento del terraplén.

Entre los puentes metálicos se observan los construidos con estribos de hormigón y calzada de tubos de acero, y en otros casos, la estructura es de gran porte apoyada sobre pilares metálicos (Fig. 7.22).

El tercer tipo de puente consiste en una pasarela peatonal precaria, para cruce de los lugareños, construida en madera a pocos decímetros de la superficie del agua, razón por la que es superada con facilidad en crecidas y generalmente destruida.



Fig. 7.21. Terraplén alcantarillado sobre el cauce principal regulado.



Fig. 7.22. Puente metálico sobre el cauce principal regulado.

Número de puente	Nombre	Tipo de Instalación	Longitud (m)	Altura de la instalación sobre pelo de agua (12 m <sup>2</sup> /s) en mts.
<b>Puente 01</b>	Terraplén acceso a toma agua Añelo y cantera	Terraplén y camino	30	2,00
<b>Puente 02</b>	Puente de hierro Paynemil (fuera de servicio desde 2006)	Puente metálico	120	3,00
<b>Puente 03</b>	Terraplén puente principal Paynemil MI	Terraplén con entubamiento	120	1,00
<b>Puente 04</b>	Puente tubing Paynemil MEDIO	Puente metálico	24	1,50
<b>Puente 05</b>	Puente tubing Paynemil MD	Puente metálico	16	1,80
<b>Puente 06</b>	Puente cruce isla Paynemil Juan Cárdenas	Alcantarilla de hormigón	3	1,70
<b>Puente 07</b>	Puente metálico Tratayén Secundario MD	Puente metálico	20	1,30
<b>Puente 08</b>	Puente metálico Tratayén Principal	Puente metálico	60	1,70
<b>Puente 09</b>	Puente tubing Tratayén (chico) MI	Puente metálico	25	0,80
<b>Puente 10</b>	Puente tubing a polvorines	Puente metálico	6	0,90
<b>Puente 11</b>	Terraplén sobre canal acceso Evans-Fernández	Terraplén y camino	3	0,80
<b>Puente 12</b>	Puente tubing acceso Mora	Puente metálico	3,5	1,00
<b>Puente 13</b>	Puente peatonal Picada 19	Puente precario de madera	50	1,20

Tabla 7.3. Puentes dentro de la planicie aluvial en el área de estudio (modificado de Duke Energy Cerros

Colorados S.A., 2009).

#### 7.2.2.4. Gasoductos y Pozos

Dispersas en el área de estudio se encuentran instalaciones de pozos extractores de gas y petróleo, ductos de conexión, gasoductos y oleoductos troncales (AIC, 2002).

Los principales son:

- REPSOL YPF: El yacimiento Loma de La Lata cuenta con la planta industrial de deshidratado de gas, recuperación de gasolinas y los gasoductos Neuba y Centro Oeste dentro de la planicie aluvial. Sobre la margen derecha del río Neuquén, se ubican las oficinas de UELLL Repsol YPF, con una instalación menor de bombeo y un transformador de energía.

- MEGA: Posee un poliducto de 12 pulgadas con destino a Bahía Blanca, soterrado a 4 metros de profundidad en el área del río Neuquén.

La mayoría de los pozos de extracción de hidrocarburos se encuentran en zona de terrazas, mientras que los poliductos están soterrados dentro de la planicie aluvial sin ser obstáculos para el escurrimiento de inundación, motivo por el cual no se los incluyó como variables. No obstante se realizó un mapa de densidad de los pozos ubicados dentro de la planicie, donde se visualiza su escasa influencia dentro de la misma (Carta Temática N° 21).

### **7.3. Reclasificación de las Variables Ambientales.**

Cada una de las características de una creciente puede ser explicada en términos de factores interrelacionados, los cuales pueden agruparse en 3 clases principales: 1) fenómenos transitorios (tormentas, evaporación y humedad del suelo); 2) características permanentes, que incluyen especialmente características básicas (forma, área, etc.), propiedades de la red de drenaje (densidad de cauces, etc.), y la naturaleza de los canales de drenaje (por ejemplo pendiente, rugosidad, ancho y profundidad), y 3) el uso de la tierra dentro de la planicie, que puede ser transitorio o permanente (Cooke y Doornkamp, 1974). Si se desea entender, predecir y manejar exitosamente este fenómeno, se debe hacer énfasis en la importancia del estudio de los atributos de un gran número de variables ambientales, resaltando el rol que juegan los mismos en el manejo ambiental.

Con este propósito se asignó a cada variable un atributo o condición específica, mediante el cual se pondera cualitativamente su incidencia en la obstrucción o facilitación del escurrimiento de inundación. Esta reclasificación toma los valores de 1 a 3, siendo 1 la condición óptima y 3 la condición menos favorable a la escorrentía de inundación.

Como se mencionó anteriormente, para la reclasificación de algunas variables naturales (como por ejemplo, drenaje y relieve), cada segmento fue subdividido en 2 ó 3 áreas de aproximadamente la misma superficie, con el objeto de facilitar su evaluación por medio del SIG.

### 7.3.1. Variables Ambientales Naturales Reclasificadas

#### 7.3.1.1. Vegetación Natural

La velocidad del agua que se desliza en una corriente o en un canal abierto está determinada por varios factores. Según Chezy (1768) la velocidad del flujo es proporcional a la raíz cuadrada del producto de la pendiente por el radio hidráulico. La velocidad real dependería de un coeficiente, conocido como coeficiente de Chezy, que incluía un valor para la rugosidad del canal. El estudio de las relaciones de la ecuación de Chezy condujo a la formulación de la ecuación de Manning:

$$V = R^{2/3} \cdot S^{1/2} / n$$

En esta ecuación  $n$  es un coeficiente que indica la rugosidad del canal. El término rugosidad en este contexto se refiere no solo al tamaño del material del cauce, sino también a la sinuosidad del canal y a la presencia de obstáculos tales como juncos y árboles (Rice, 1982).

En consecuencia, el atributo que se considerará para evaluar la resistencia a la escorrentía de la cubierta vegetal será su rugosidad; teniendo en cuenta los valores estipulados por Ven Te Chow en 1959 para este parámetro (Dackombe y Gardiner, 1983; Tabla 7.4).

La rugosidad del dominio de *Vegetación Ribereña* se ponderó a partir de los valores de la clase d.1 (Tabla 7.4) obteniendo así el valor de rugosidad más elevado para la obstrucción al escurrimiento; el valor de rugosidad para el *Arbustal* se homologó a las

clases c.4 y c.5, mientras que el valor de rugosidad más bajo se estableció para el *Pastizal* con las clases a.1 y a.2.

Planicies Aluviales	Mínimo	Normal	Máximo
<b>a. Pasturas, sin arbustos</b>			
1.hierbas cortas	0.025	0.030	0.035
2.hierbas altas	0.030	0.035	0.050
<b>b. Áreas cultivadas</b>			
1. ningún cultivo	0.020	0.030	0.040
2. cultivos maduros en hilera	0.025	0.035	0.045
3. cultivos maduros en campo	0.030	0.040	0.050
<b>c. Arbustos</b>			
1. arbustos aislados, gran cantidad de malezas	0.035	0.050	0.070
2. pocos arbustos y árboles, en invierno	0.035	0.050	0.060
3. como (2), en verano	0.040	0.060	0.080
4. arbustos medios a densos, en invierno	0.045	0.070	0.110
5. como (4), en verano	0.070	0.100	0.160
<b>d. Árboles</b>			
1. hilera densa de sauces, en verano	0.110	0.150	0.200
2. tierra limpia con troncos de árboles, sin brotes	0.030	0.040	0.050
3. como (2), pero con un fuerte crecimiento de brotes	0.050	0.060	0.080
4. gran cantidad de árboles, algunos caídos, poco sotobosque, las inundaciones llegan hasta debajo de las ramas	0.080	0.100	0.120
5. como (4). pero el nivel de inundación llega a las ramas	0.100	0.120	0.160

Tabla 7.4. Determinación del “*n*” de Manning para planicies aluviales (Ven Te Chow, 1959; en Dackombe y Gardiner, 1983).

La carta temática resultante de esta variable muestra que los dos últimos segmentos del tramo (es decir, 5 y 6) que constituyen la zona del delta en el embalse El Chañar, presentan la zona con mayor rugosidad por la vegetación, y en consecuencia mayor resistencia al flujo de inundación por esta variable. Coincidentemente, el segmento número 5 es el segmento con mayor porcentaje de actividad antrópica en su área (Tabla 7.1), ocurriendo algo similar en gran parte de la superficie del segmento 6, teniendo en

cuenta que el 50 % de este segmento está ocupado por el embalse El Chañar (Carta Temática N° 3).

#### **7.3.1.2. Drenaje: Cauce principal y cauces secundarios**

La obstaculización al escurrimiento de inundación puede vincularse con la reducción del área del cauce, de la cual el ancho es un atributo fácilmente medible en imágenes satelitales y fotos aéreas históricas como se presentó en la Tabla 7.2 y en las Cartas Temáticas N° 1, 4 y 5.

Para los años mostrados en esas cartas (1962, 1994 y 2006) se digitalizó y midió el cauce principal activo respetando la condición hidrológica al momento de la toma de la imagen. En el caso del año 1962, no se contó con fotos aéreas de los dos últimos segmentos, por lo tanto no se registraron datos de la variación del ancho del cauce.

Con las mediciones realizadas se establecieron rangos de igual amplitud de reducción de ancho cuyos valores oscilan entre el menor y el mayor de los registros, con una clase intermedia. Así, la reclasificación de esta variable asumió, para la condición 3, el rango que abarca los porcentajes entre 51 – 78 % de reducción de ancho, que afectará más desfavorablemente a la esorrentía de inundación. La condición 2 (intermedia) incluye los valores de 36 – 50 % y la condición más favorable los valores entre 29-35%.

Con estos resultados se pudo observar que entre los años 1962 y 2006 la reducción más alta de cauce (condición 3) se presenta principalmente en los dos primeros segmentos; entre los años 1994 y 2006 esta misma condición se repite en el segmento 1 y hacia el

final del segmento 2, lugar donde se encuentran ubicados puentes metálicos de gran porte, uno de los cuales fue derrumbado por la crecida del 2006. También es de destacar que la reducción de cauce entre estas dos últimas fechas presenta valores intermedios hacia el final del segmento 4 donde se encuentran puentes de servicio, y en el final del segmento 5 donde la fruticultura presenta un amplio desarrollo (Cartas Temáticas N° 6 y N° 7).

A través de la conectividad de la red fluvial, las repercusiones de los cambios inducidos por el hombre en cualquier ubicación del sistema se transmiten especialmente aguas abajo del disturbio provocado (Brookes, 1985). Por lo tanto, para reclasificar la variabilidad de los cauces secundarios, se consideró el cambio de densidad y conectividad de los mismos como atributos determinantes. En el caso de la densidad se registró el número de cauces por segmento (Carta Temática N° 8), y se determinaron tres rangos de valores, correspondiendo la condición desfavorable al escurrimiento el rango que incluye los segmentos con menor cantidad de cauces secundarios.

Para la conectividad se tuvo en cuenta tres situaciones: de cauces secundarios no conectados al cauce principal, los conectados en un solo punto, y los conectados aguas arriba y aguas abajo. Estos últimos representan la condición más favorable para el flujo de inundación. Para la ponderación se denominaron cauces secundarios a los cauces conectados directamente al cauce principal, y cauces terciarios a los conectados a los primeros, y que no se conectan en ningún sitio al cauce principal (Carta Temática N° 9).

De ese modo, la mayor densidad de cauces se registró hacia el final del segmento 1 donde comienza la derivación de caudales, en el segmento 2, y en el principio de los

segmentos 3 y 4 (Carta Temática N° 10); coincidentemente en estos segmentos la conectividad es menor dado que los cauces terciarios no conectados al cauce principal son los más numerosos. La mayor conectividad entre los cauces secundarios se registra hacia el final del segmento 1 y en los segmentos 2 y 3, área que en su conjunto brinda al sistema una gran conducción de caudales durante las crecidas.

### **7.3.1.3. Relieve**

#### **Pendiente**

En cada segmento del área de estudio se estimó la pendiente por medio del cociente entre el valor obtenido de la diferencia entre las cotas máximas y mínimas, y la longitud total de cada segmento. Estos valores fueron agrupados en los tres rangos de: pendientes altas, intermedias y bajas. La última es la condición más desfavorable al escurrimiento de desborde (Carta Temática N° 11).

Si bien todo el tramo tiene pendientes del metro/km (típicas de planicie de pie de monte), puede observarse que en los dos últimos segmentos las pendientes son más elevadas, mientras que la situación opuesta ocurre en tres sectores del tramo, en uno de los cuales se encuentra ubicada la localidad de Añelo, inicio del segmento 2.

#### **Geomorfología**

##### **Geoformas Fluviales**

Los valores de amplitud del relieve local obtenidos con los datos de los perfiles, permitieron estimar la amplitud media por áreas en cada segmento y establecer tres

rangos para su ponderación cualitativa. Los valores más elevados, de mayor relieve local, se tomaron como más favorables en el sentido de “canalizar” (o conducir) de manera más efectiva el flujo de desborde.

Así, se registraron tres zonas con una amplitud marcadamente favorable, en el inicio del tramo (sector coincidente con el registro de pozos erosivos provocados por la inundación de 2006), y hacia el final de los segmentos 2 y 3 (Carta Temática N° 12). En los últimos tres segmentos los valores de amplitud corresponden a la condición más desfavorable.

### **7.3.2. Variables Ambientales Antrópicas Reclasificadas**

#### **7.3.2.1. Agricultura y Usos**

Con el mismo fundamento que el utilizado para la variable “vegetación natural”, el atributo considerado para la esorrentía de desborde asociada a zonas de agricultura y usos fue su rugosidad, considerando los “*n*” de Manning de la Tabla 7.4.

Para la categoría *Fruticultura*, de rugosidad más elevada, se tomaron los valores de la clase d.5 (Tabla 7.4); para la *Forestación* se consideró la clase d.4; el nivel de aptitud óptimo correspondió a la categoría de *Uso Mixto* asociada a la clase b.

De esta manera, el principal obstáculo a la esorrentía derivado de esta variable se observa en el segmento 5, cuya superficie está casi totalmente dedicada a la fruticultura y forestación; en otros segmentos estas actividades se registran en un menor porcentaje

y ocupando preferentemente zona de terrazas, estableciéndose los parcelarios prácticamente fuera de la planicie aluvial. Así, la categoría de actividad dominante es el uso mixto con un bajo nivel de rugosidad y por consiguiente baja afectación al escurrimiento (Carta Temática N° 13).

### **7.3.2.2. Elementos Antrópicos Lineales: Caminos, Canales y Corta Vientos**

La influencia sobre la escorrentía de los elementos lineales fue diferenciada según su orientación como elementos paralelos, oblicuos o transversales a la planicie de inundación, representando estos últimos la peor condición.

Es de destacar que gran cantidad de los caminos transversales del tramo no están sobreelevados sino que se encuentran a nivel de la planicie, por lo cual no provocarán mayores afectaciones al escurrimiento de inundación; por este motivo estos elementos no fueron incluidos en el modelo de jerarquización de variables. La mayor densidad de estos caminos se observa en torno de los sectores en los cuales la actividad antrópica es mayor, como es evidente en el segmento 2 donde se ubica la localidad de Añelo, y en el segmento 5 que presenta mayor producción frutihortícola (Carta Temática N° 14 y N° 15).

Coincidentemente, también se registra para el segmento 5 la mayor densidad de canales de riego (Carta Temática N° 16 y N° 17) transversales con sus correspondientes terraplenes que obstaculizan el flujo, y corta vientos asociados, todos ellos relacionados a los parcelarios ocupados por esta actividad (Cartas Temáticas N° 18 y N° 19).

### 7.3.2.3. Puentes

Las diferentes características propias de la construcción de cada tipo de puente diferencian la influencia que los mismos tienen en la modificación de la dirección del escurrimiento, motivo por el cual se eligió el tipo de estructura como atributo de peso en la reclasificación de esta variable.

Los terraplenes con alcantarillado construidos en el cauce son los que presentan mayor grado de afectación al escurrimiento; los puentes metálicos tienen una incidencia intermedia, mientras que el único puente peatonal del tramo no posee ningún valor de obstrucción al escurrimiento dado que comúnmente es superado y destruido por las inundaciones como consecuencia de su construcción precaria.

La mayor densidad de puentes se registra en los segmentos 2, 3 y 4. Es de destacar que en el segmento 2 se ubicaba un puente metálico de gran porte que fue derribado por la crecida de 2006 y en su reemplazo se construyó un puente con terraplén alcantarillado de 120 metros de largo, siendo un gran obstáculo para el flujo de inundación (Carta Temática N° 20).

A continuación se presenta una tabla resumen de las variables ambientales reclasificadas, con sus atributos y ponderación.

**Tabla 7.5. Resumen de la Reclasificación de las Variables Ambientales.**

Variable		Atributo	Reclasificación
Vegetación Natural	Ribereña	Alta rugosidad	3 (condición más desfavorable)
	Arbustal	Media rugosidad	2 (condición intermedia)
	Pastizal	Baja rugosidad	1 (condición más favorable)
Drenaje	Reducción del cauce principal	Alta: 51-78 %	3
		Intermedia: 36-50 %	2
		Baja: 29-35 %	1
	Conectividad de cauces secundarios con el cauce principal	cauces no conectados	3
		cauces conectados en 1 sitio	2
		cauces conectados en 2 sitios	1
	Cantidad de Cauces Secundarios	Baja: 4-14	3
		Intermedia: 15-20	2
		Alta: 21-27	1
Relieve	Pendiente	Baja: 1.40 – 2.06 m/km	3
		Intermedia: 2.07 – 2.50 m/km	2
		Alta: 2.51 – 3.06 m/km	1
	Amplitud del relieve local	Baja: 1.77 – 2.40 m	3
		Intermedia: 2.41-3.10 m	2
		Alta: 3.11 – 3.82 m	1
Agricultura y Usos	Fruticultura	Alta Rugosidad	3
	Forestación	Media Rugosidad	2
	Uso mixto	Baja Rugosidad	1
Elementos antrópicos lineales y	Caminos	Transversal	3
		Oblicuo	2
		Paralelo	1

puntuales	Canales	Transversal	3
		Oblicuo	2
		Paralelo	1
	Corta Vientos	Transversal	3
		Oblicuo	2
		Paralelo	1
	Puentes	Terraplén con entubamiento	3
		Puente metálico	2
		Puente peatonal	1

#### **7.4. Jerarquización de Variables Ambientales.**

Con el objeto de construir un modelo de evaluación y enumeración de variables que facilite la toma de decisiones, se utilizó un procedimiento que implica la determinación de un peso o ponderación para cada una de las variables en cuestión, de acuerdo a la importancia relativa que cada una de ellas tiene en el conjunto de datos y en la búsqueda del resultado final.

Las comparaciones se refieren a la importancia relativa de las variables en la determinación de sus aptitudes para un objeto determinado; en este caso el criterio determinante fue el grado de obstaculización al escurrimiento de inundación de cada variable. Todas las ponderaciones no son valores taxativos, sino que fueron establecidas con criterios orientativos respondiendo al análisis de las variables realizado previamente, sin contar con gran volumen de antecedentes propios del área.

Ello, junto con la idea de extrapolar este tipo de análisis a ambientes bien diversos, involucró no adoptar la aplicación de métodos comunes de la práctica ingenieril, como es la estimación de funciones del coeficiente de rugosidad por la función de Cowan (Cowan, 1956, en Dackombe y Gardiner, 1983), convenientemente adaptadas a planicies de inundación (Arcement y Schneider, 1984); debido a que este trabajo está orientado a la gestión ambiental de estos espacios, sin necesidad de modelación matemática.

Así, se establecieron los pesos utilizando las observaciones directas realizadas durante el trabajo de campo, el análisis de fotos aéreas e imágenes satelitales, y los datos

facilitados por la Dirección Provincial de Recursos Hídricos de Neuquén. Con esta información se logró diferenciar la importancia de las distintas variables, la capacidad de amortiguación del sistema durante las crecidas, retardando y almacenando caudales, y la relevancia de la rugosidad como factor determinante en la obstrucción del escurrimiento.

La ponderación o jerarquización, se realizó con el módulo Weighy Overlay de ArcGIS 9.3, cuyo procedimiento utiliza una técnica de comparación por pares para desarrollar un conjunto de pesos (en porcentajes) de las variables en una evaluación.

En consecuencia, el modelo de análisis espacial incluyó tres submodelos. El *Submodelo Vegetación y Usos* que evalúa la obstrucción a la escorrentía determinada por la rugosidad en cada celda, incluyendo dos variables: los tipos de vegetación natural y los distintos usos del suelo. Dado que las plantaciones frutihortícolas y forestales poseen un índice de rugosidad sobre el terreno más elevado que la cubierta vegetal propia del área en cuestión (Tabla 7.4), sus influencias se estimaron en un 40 % y 60 % de importancia respectivamente.

Con este submodelo se puede observar que los segmentos más afectados en la escorrentía por causa de la rugosidad son el segmento 5 y 6, mientras que los demás segmentos registran componentes con elevada rugosidad pero fundamentalmente al nivel de los remanentes de terrazas, fuera de la planicie aluvial (Carta Temática N° 22).

El *Submodelo Drenaje* evalúa para cada celda la obstrucción a la escorrentía determinada por los valores de reducción del ancho del cauce principal entre el año

1994 y 2006, y por la densidad de cauces secundarios. Los porcentajes de ponderación fueron estimados teniendo en cuenta que la red de cauces secundarios, su conectividad con el cauce principal y su densidad areal, son más importantes en cuanto al flujo de las crecidas que el ancho del cauce principal, el cual es homogéneo a lo largo del tramo; así se establecieron un 30 % y un 70 % de importancia respectivamente para estas variables.

El resultado de este submodelo permite visualizar que algunos sectores de los segmentos números 2 y 4, y la totalidad de los segmentos 5 y 6 están comprometidos en la obstaculización del escurrimiento, registrándose una situación crítica en el comienzo del segmento número 1, sector que coincide con la menor densidad de cauces secundarios (Carta Temática N° 23).

El *Submodelo Relieve* analiza las variables de pendiente y amplitud del relieve local (Fig. 7.21). Los porcentajes estimados fueron 40 % y 60 % de importancia relativa respectivamente. Esa diferencia obedece a que la amplitud máxima de los desniveles internos del sistema, favorece la concentración y circulación del flujo de inundación, en mayor grado que la pendiente, dado que esta es homogénea mientras que la amplitud del relieve posee mayor variabilidad en el tramo.

En este submodelo se observa que el segmento número 4 es el que presenta valores más bajos tanto para pendiente como para amplitud, al igual que en algunos sectores de los segmentos números 1 y 2, de modo tal que en los mismos no se favorece la escorrentía de inundación (Carta Temática N° 24).

Para obtener el mapa final del modelo se ponderaron los distintos submodelos, respondiendo a la necesidad de evaluar las características territoriales, y su interacción con las actividades antrópicas y el sistema hidrológico.

En este modelo se ha privilegiado al *Submodelo Vegetación y Usos* con un 50 % de importancia, dado que es el atributo con mayor incidencia en la obstrucción del flujo de inundación dentro del tramo. En segundo lugar se consideró el *Submodelo Drenaje* (30 %) teniendo en cuenta la importancia en la amortiguación de las crecidas que posee la conectividad de los cauces secundarios con el cauce principal. Finalmente, se consideró el *Submodelo Relieve* con un 20 % debido a que por su característica de homogeneidad de pendiente no representa en mayor medida un obstáculo a la escorrentía, y la amplitud del relieve local propicia que el flujo de desborde tienda a concentrarse en una serie de canales ligeramente más profundos (Tabla 7.5).

En síntesis, en el mapa final obtenido a partir del modelo de análisis espacial (Carta Temática N° 25) puede observarse que el primer segmento posee en su mayor parte un grado medio de afectación basada en el escaso número de cauces secundarios; los pocos parcelarios destinados al uso forestal en este segmento se encuentran a nivel de terraza, fuera de la planicie aluvial y las pendientes favorecen el flujo de inundación.

Comparativamente, en los segmentos números 2 y 3, sin bien las intervenciones y ocupaciones antrópicas dentro de la planicie son aisladas y poco numerosas como en el segmento número 1, la conectividad y densidad de cauces secundarios es la más elevada dentro del tramo, motivo por el cual el grado de afectación a la escorrentía sería bajo.

<b>Submodelo</b>	<b>Descripción de cada Variable</b>	<b>Importancia dentro del Submodelo</b>	<b>Importancia de cada Submodelo</b>
<b>Vegetación y Usos</b>	Tipos de Vegetación Natural	40	50
	Usos de suelo	60	
<b>Drenaje</b>	Reducción de ancho del cauce Principal (1994-2006)	30	30
	Densidad de cauces secundarios	70	
<b>Relieve</b>	Pendiente	40	20
	Amplitud del relieve local	60	

Tabla 7.5. Importancia relativa de las variables (en porcentajes).

Del mismo modo, al inicio del segmento número 4 se registran graves obstrucciones puntuales a la escorrentía que corresponden a las instalaciones del gasoducto y a ocupaciones no planificadas dentro de la planicie aluvial. En el resto del segmento la situación es similar a la de los dos anteriores.

Finalmente, los segmentos número 5 y 6 son los que presentan mayor rugosidad debido a que son los segmentos con una mayor área destinada a la fruticultura y por lo tanto con la mayor densidad de canales de riego y caminos asociados, con predominio de orientación transversal respecto a la dirección general del escurrimiento, lo cual redundaría en una mayor resistencia a la escorrentía de inundación.

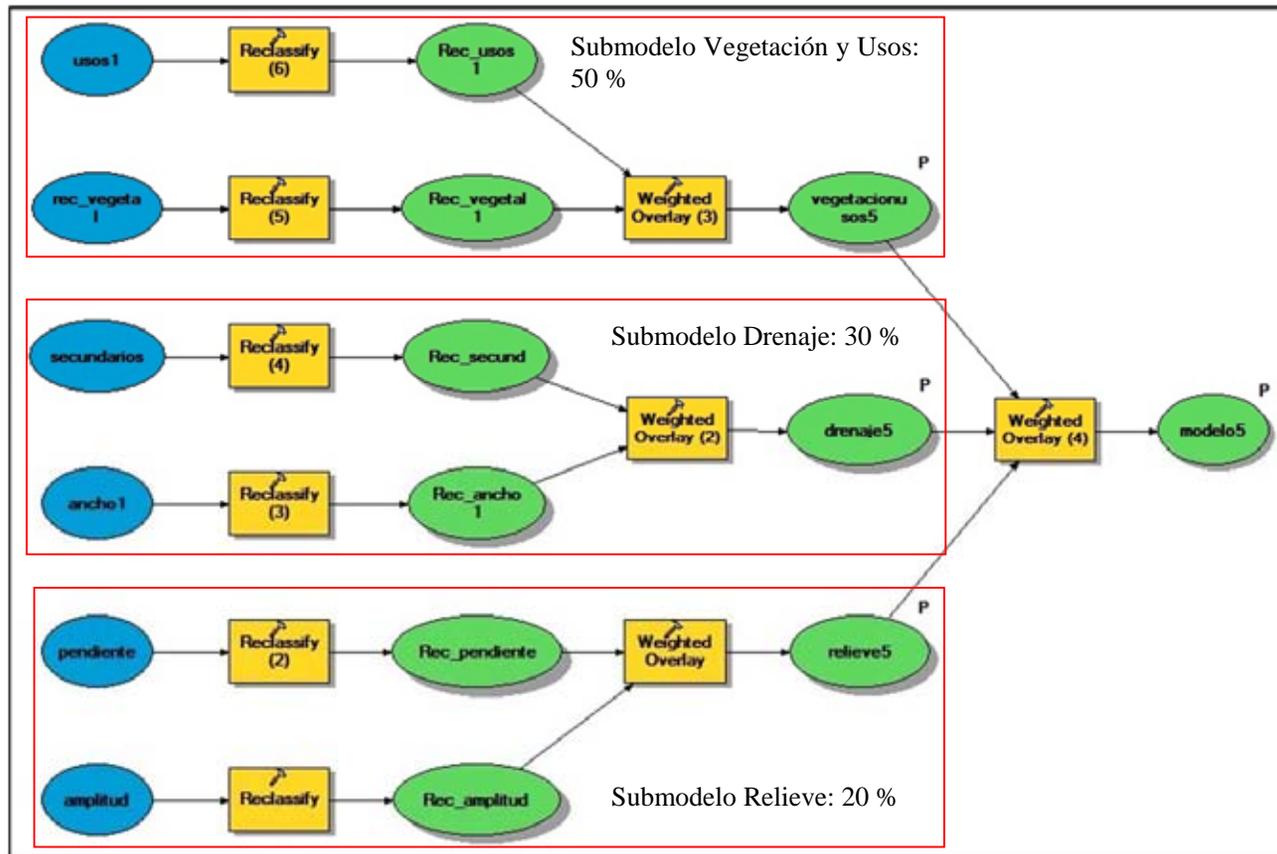


Fig. 7.21. Modelo de Análisis Espacial.

## **7.5. Integración de Resultados: Diferenciación de las Subunidades de Gestión**

Como se señalara anteriormente, la cualidad de “resiliencia” del cauce le permite responder frente a nuevas situaciones modificando su umbral de ajuste frente a un disturbio. Gregory y otros (1985), conceptualizan este proceso estableciendo que cualquier cambio en el flujo y / o la carga de sedimentos por debajo de una presa provocará la ruptura del actual cuasi-equilibrio (o «régimen») y causará un ajuste de la forma del cauce y de la planicie.

Respondiendo a esto el río Neuquén en el tramo de estudio presenta un promedio general de reducción de ancho, medido entre los años 1994 y 2006, que oscila aproximadamente en un 30 %. No obstante, se puede observar a través de los distintos mapas que la reducción no ha sido homogénea en todo el tramo, sino que estuvo centrada al comienzo del primer segmento (áreas 1 y 2) y en el final del segundo (área 6). Esta desigualdad obedece al carácter torrencial y poco duradero de la inundación, que no alcanzó a modelar un nuevo cauce lo cual, también explica la presencia de pozos erosivos y removilización de gravas en estas tres áreas.

Por otra parte, se advierte que no se produjo corrimiento de las márgenes del río entre las distintas fechas estudiadas. También se observó un efecto de constricción donde se encuentran emplazados puentes de gran porte o bien terraplenes dentro del cauce principal o de los cauces secundarios de mayor magnitud.

La vegetación de ribera, árboles y arbustos ribereños en particular, también desempeña un papel activo en el cambio de la morfología del cauce a través de procesos bióticos

que incluyen estrategias reproductivas adoptadas por las especies vegetales de ribera y sus implicaciones para la tasa potencial de establecimiento de la vegetación, y específicamente la naturaleza, magnitud y el momento de la dispersión de propágulos en relación con el proceso de regímenes fluviales. Entre los procesos abióticos más importantes se incluyen la resistencia al flujo de la cubierta vegetal que induce la deposición de sedimentos finos, mejora la retención de humedad y una mayor supervivencia de las plantas y su crecimiento (Petts y Gurnell, 2005). Estos procesos son perfectamente observables en el segmento 5 y 6, donde la oclusión de cauces por plantas palustres es muy evidente.

En síntesis, la disminución de caudal, en la carga de sedimentos y en la capacidad de transporte produjo cambios en el cauce principal y cauces secundarios de la planicie, que, según Petts y Gurnell (2005) pueden clasificarse en tres órdenes. Los cambios de primer orden se producen en la carga de sedimentos, en la descarga de agua y calidad del agua. En segundo lugar hay cambios en la forma, la composición del sustrato y la población de macrófitas. Estos cambios son físicos, mientras que las modificaciones de tercer orden obedecen a respuestas biológicas. No obstante, los cambios producidos en el sistema dentro del tramo de estudio están principalmente influenciados y condicionados por la **presencia y práctica antrópica**, la cual se constituye como un cuarto orden dada su importancia relevante y creciente magnitud.

Contando con el conocimiento de la situación y problemas actuales en el área de estudio, es preciso que el sistema sea monitoreado por los centros decisores en un contexto amplio y adecuado, y no solamente donde se produce puntualmente la

intromisión antrópica. En consecuencia, se debería transformar esta unidad geográfica en una unidad de gestión.

Una Unidad de Gestión es la unidad mínima territorial donde se aplican tanto lineamientos como estrategias ambientales -de política territorial-, orientados a un desarrollo que transite a la sustentabilidad (Rosete Verges, 2007). Este concepto tiene sus orígenes en la identificación de unidades homogéneas que compartan características naturales, sociales y productivas así como una problemática ambiental.

Aunque normalmente, una planicie aluvial es considerada en estudios de riesgo como una unidad homogénea, su interacción diferenciada con el antropismo plantea un dinamismo que trasciende lo netamente natural y posibilita su división en diferentes subunidades.

A partir de la segmentación geomorfológica y del análisis de las variables involucradas, se pudieron detectar diferentes unidades de paisaje homogéneas dentro del tramo, que fueron convenientemente redefinidas en tres tipos de subunidades orientadas a la gestión ambiental y caracterizadas por el grado de afectación potencial a la obstrucción del flujo de inundación evaluado para sus atributos (Carta Temática N° 26).

Se definió a una subunidad de gestión como un área en la cual las características de los atributos de sus variables ambientales (tanto naturales como antrópicas), se repiten regularmente en toda su extensión siendo distinguibles y delimitables de los de áreas adyacentes. Por su naturaleza, las subunidades de gestión son dinámicas, debido a que los atributos de las variables se pueden modificar en el tiempo y consecuentemente

alterar el carácter de la subunidad. En el tramo de estudio, se identificaron tres tipos de subunidades: la *Subunidad Testigo*, la *Subunidad Crítica* y la *Subunidad en Crecimiento*.

La *Subunidad Crítica* presenta una interacción de variables con la cual el escurrimiento de inundación se ve altamente perjudicado, estando esta área muy apartada de su condición natural. En contraposición, en la *Subunidad Testigo* las variables aún no están afectadas en mayor grado por el antropismo, siendo esta subunidad la que posee una condición más favorable al flujo de desborde. Mientras que la combinación e interacción de variables ambientales que definieron la *Subunidad en Crecimiento*, podría considerarse como una situación intermedia.

De este modo, se unificaron las áreas 3, 4 y 5 para conformar la *Subunidad Testigo*, denominada de esta manera dado que las variables ambientales analizadas en esta subunidad presentan valores favorables al flujo de desborde; la intervención antrópica se ha desarrollado en un grado menos intensivo (aproximadamente el 40 % de su superficie) sin provocar graves disturbios en el sistema, y consecuentemente también esta es la zona que posee mayor capacidad de conducción de las crecidas, dado que posee la mayor densidad de cauces secundarios no obliterados.

En contraposición, con las áreas numeradas 6, 12, 13, 14 y 15, se establece la *Subunidad Crítica* del tramo. Esta subunidad tiene un aumento significativo en la rugosidad, que obedece al uso frutihortícola y forestal de esta subunidad con el consecuente desarrollo de numerosos caminos transversales y sus canales de riego asociados. Asimismo, es la zona en la cual se registra una elevada oclusión de cauces secundarios por vegetación

palustre, lo que deriva en una baja conectividad del sistema. El panorama resultante es que el grado de intervención antrópica supera el 90 % de su superficie.

Esta subunidad de gestión representa la situación que no debería reproducirse en otra área del tramo, dado que la relación de las variables registradas demuestra el mayor grado de obstrucción a una eventual inundación. Sería aconsejable que dentro de las principales acciones de gestión a considerar en esta zona se planteen modificaciones progresivas que tiendan a retrotraer su situación actual, así como también establecer un monitoreo del establecimiento de nuevos parcelarios frutihortícolas dentro de la planicie aluvial, y de nuevas trazas de caminos.

Finalmente, se determinó la *Subunidad en Crecimiento*, compuesta por las áreas número 1, 2, 7, 8, 9, 10 y 11. En esta subunidad, la actividad frutihortícola actual no supera el 30 % del total de su superficie, siendo desarrollada prácticamente a nivel de terrazas, y estando completamente ausente en las áreas 1 y 2. Los valores de reducción del ancho del cauce principal, así como también los valores de densidad y conectividad de cauces secundarios, son similares a los de la *Subunidad Testigo*. En consecuencia la escorrentía no presenta mayores obstáculos.

El grado de desarrollo en esta subunidad debe ser regulado y monitoreado de modo tal que las actividades antrópicas no se asienten sin una planificación previa dentro de la planicie aluvial, y no se superen los parámetros registrados en la *Subunidad Testigo*. El aumento en la productividad del tramo está influenciado por la fruticultura y la forestación; en un futuro próximo, esto tendría incidencia sobre el aumento de la red de caminos y canales, sobre todo los de orientación transversal respecto del sentido de

escurrimiento. Actualmente, estos elementos no superan el 2 % de superficie pero el estatus de esta subunidad se modificaría si este porcentaje se incrementara.

Esta propuesta de zonificación en subunidades de gestión es de gran utilidad dada su simplicidad para realizar el monitoreo constante de los parámetros establecidos para las diferentes variables involucradas, e incluso estimar la vulnerabilidad del tramo frente a posibles mayores erogaciones de caudales.

Teniendo en cuenta lo dicho precedentemente, se pueden establecer recomendaciones concretas de normas a seguir en cuanto a la gestión del uso de la planicie en las *Subunidades Testigo y en Crecimiento*, que tiendan a **prevenir** la obstaculización del flujo de escorrentía. Las principales son:

- Sobre el cauce principal no deben establecerse puentes que posean notorios efectos de constricción en el mismo; menos aún, debería permitirse la construcción de terraplenes alcantarillados dentro del cauce (salvo obvias situaciones de emergencia o transitoriedad).
- Debe regularse la construcción de nuevos caminos y canales de riego con bordos o camellones adyacentes, sobre todo en aquellos que posean una orientación transversal respecto de la planicie. Los caminos deben plantearse a nivel de la superficie del terreno natural.
- El desarrollo de nuevos parcelarios frutihortícolas y/o forestales debería realizarse, en primer lugar, en las áreas de terrazas adyacentes a la planicie de inundación; en segundo lugar, en zonas altas de la misma, y bien distantes del cauce principal o de áreas con elevada densidad y conectividad de cauces secundarios.

- Al momento de deforestar para construir nuevos parcelarios debe impedirse la migración eólica de arenas que formen médanos en porciones de la planicie aluvial.
- Los asentamientos humanos y la ganadería dentro de la planicie deben controlarse y regularse de modo que no afecten el libre funcionamiento de los cauces secundarios, a veces obliterados por actividades de tipo familiar o de subsistencia.

Por otro lado, el caso de la *Subunidad Crítica* requiere de medidas de índole **correctiva** y no preventiva, ya que el objetivo de gestión dentro de esta subunidad sería retrotraer las variables a una condición más aceptable desde el punto de vista de afectación al escurrimiento. Entre otras:

- Prohibir el desarrollo de nuevos parcelarios y caminos de orientación transversal a la planicie aluvial en estas áreas.
- Los camellones de los canales de riego pertenecientes a los parcelarios frutihortícolas ya existentes en la planicie aluvial, deberían discontinuarse con secciones de paso cuyas dimensiones estén calculadas hidráulicamente a los efectos de facilitar el flujo de una eventual inundación. Esto también debería aplicarse en los bordos de caminos.
- Los parcelarios frutihortícolas deberían retrotraerse / mudarse paulatinamente hacia niveles de terraza, dejando a nivel de planicie otro tipo de cultivo como por ejemplo alfalfa (común en el área), u otro tipo de pasturas.
- Recomponer la conectividad de los cauces secundarios que no hayan sido totalmente obliterados por la acción antrópica y, eventualmente, construir canales artificiales que cumplan idéntica función.

Otras recomendaciones y acciones como las precedentes podrían ser establecidas sencillamente en sistemas fluviales diferentes al que se estudia aplicando esta evaluación, ya que se trata, para las áreas identificadas como subunidades críticas, de minimizar las condiciones desfavorables (clasificadas como “3” en las reclasificaciones) auspiciando, simultáneamente, aquellas más beneficiosas para el escurrimiento de inundación (i.e., las valoradas como “1”).

## 8. Conclusiones

A partir del llenado de los embalses Los Barreales y Mari Menuco, el escurrimiento de las aguas en el tramo del Río Neuquén entre las presas de Portezuelo Grande y San Patricio de El Chañar se alteró sustancialmente, escurriendo aguas abajo de la primera, en condiciones normales, un caudal regulado de 12 m<sup>3</sup>/s.

Con el transcurso de los años dicho tramo de río se fue modificando considerablemente, tanto en la morfología del cauce como fundamentalmente, en lo referente al uso de su planicie de inundación. Esto último, como consecuencia del desarrollo económico y social del área, centrando sus actividades principalmente en el desarrollo de cultivos bajo riego y en la explotación de hidrocarburos.

En ese contexto, se identificaron y jerarquizaron de las variables ambientales existentes dentro de la planicie aluvial, partiendo de una segmentación geomorfológica, que permitió evaluar los atributos de las variables en cuestión y, en base a esto, desarrollar una tipología de subunidades orientadas a la gestión ambiental de este espacio.

Las variables ambientales comprendidas en el análisis fueron: vegetación, relieve (incluyendo geoformas en la planicie), drenaje, usos del suelo, y elementos antrópicos lineales y puntuales. Su selección estuvo centrada en que estas variables, por sus atributos, poseen características decisivas para la obstrucción del flujo de inundación.

Asimismo, los atributos de las variables ambientales están fuertemente influenciados y condicionados en el área de estudio, por la presencia y prácticas antrópicas.

Como paso previo a la jerarquización, los atributos fueron reclasificados cualitativamente en tres niveles de importancia, de los cuales el tercer nivel denota la condición más desfavorable para el flujo de desborde. Esta información espacial fue integrada en un SIG con el objeto de elaborar mapas que sinteticen e identifiquen claramente estos tres niveles, y fundamentalmente para su mejor análisis y manejo mediante la base de datos.

Utilizando esa herramienta, que sintetizó información del medio ambiente natural y social, se realizó la evaluación jerárquica de las variables consideradas ponderándolas en función del grado de obstrucción al escurrimiento de inundación, propio de cada una de ellas.

El modelo de jerarquización derivado de este análisis, se adapta a cualquier variación en las condiciones del tramo en cuestión, permitiendo identificar de este modo áreas homogéneas que, por sus características particulares, constituyen tres tipos de subunidades de gestión que se proponen para la evaluación de este tipo de ambientes. Dichas subunidades fueron denominadas como: *Testigo*, *Crítica* y *en Crecimiento*.

La *Subunidad Crítica* presenta una interacción de variables con la cual el escurrimiento de inundación se ve altamente perjudicado, estando esta área muy apartada de su condición natural. En contraposición, en la *Subunidad Testigo* las variables aún no están afectadas en mayor grado por el antropismo, siendo esta subunidad la que posee una

condición más favorable al flujo de desborde. Mientras que la combinación e interacción de variables ambientales que definieron la *Subunidad en Crecimiento*, podría considerarse como una situación intermedia.

Esta subdivisión optimiza la gestión ambiental-territorial de estos espacios, que podrá establecer parámetros propios a cada subunidad de acuerdo a la dinámica y a la intervención antrópica inherente a cada una de ellas, pero compartiendo un objetivo común: el de no fomentar o restringir, el establecimiento de emprendimientos que obstruyan el flujo de desborde dentro de una planicie aluvial.

## **9. Agradecimientos.**

Agradezco especialmente a la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas – UNL, por apoyar este proyecto desde sus inicios.

A Mónica Barberis y Marcela Gonzalez de la Dirección Provincial de Recursos Hídricos, y a José Luis Campoy de la Dirección Provincial de Catastro e Información Territorial de la Provincia de Neuquén, por facilitarme generosamente la información solicitada. A Marcelo Neme y a Marcelo Zurbriggen, por su asistencia desinteresada. A Ana Vidal de AEROTERRA S. A., por sus correcciones y sugerencias. A Raquel Tardivo, Soledad Pereira, Edgardo Cafaro y Manuel Gallego por su paciente ayuda e invalorable amistad.

Finalmente, mi más profundo agradecimiento a mis directores, Carlos Ramonell y Silvio Graciani, por regalarme su tiempo y conocimientos, alentándome constantemente.

## 10. Bibliografía.

- Alberto, J. y Schneider, V. 2005. “Caracterización de problemáticas derivadas de la ocupación urbana de áreas con riesgo hídrico. Estudio de Caso: Área Metropolitana del Gran Resistencia (AMGR)”. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2005. Universidad Nacional del Nordeste. <http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/com2005/2-Humanidades/H-005.pdf>
- Amicarelli, H. y Cornejo, J. 2005. “Republica Argentina – Country Position Paper”. General Issues Third International Symposium on Flood Defence. Nijmegen, Netherlands.
- Aránguiz, I. 2002. “La programación multicriterio como herramienta de la ordenación territorial”. En: Gastó, J., Rodrigo, P. y Aránguiz, I. Ordenación Territorial, Desarrollo de Predios y Comunas Rurales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. LOM Ediciones. Santiago, Chile.
- Arcement, Jr. G. J. and Schneider, V. R. 1984. “Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains”. USGS Water-supply Paper 2339.
- Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC). 1994. “Río Neuquén: tramo Portezuelo Grande-El Chañar: Inundación de Riberas”. Secretaría de Planificación y Desarrollo. Inédito.
- Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC). 1994. “Impacto ambiental del yacimiento Loma de la Lata en el tramo Portezuelo Grande - El Chañar (Río Neuquén)”. Secretaría de Planificación y Desarrollo. Inédito.
- Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC). 2002. “Río Neuquén: tramo Portezuelo Grande-El Chañar: Análisis de vulnerabilidad”. Secretaría de Planificación y Desarrollo.
- Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC). 2007a. “Río Neuquén: tramo Portezuelo Grande – El Chañar: Estudio de inundación de riveras”. Secretaría de Planificación y Desarrollo.

- Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC). 2007b. “Análisis estadístico de recurrencias en el Río Neuquén”. Secretaría Operativa y de Fiscalización.
- Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC). 2007c. “Río Neuquén: tramo Portezuelo Grande – El Chañar: Impacto de las inundaciones en los usos del suelo”. Secretaría de Planificación y Desarrollo.
- Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC). 2008. “Río Neuquén: tramo Portezuelo Grande – El Chañar: Evaluación de daños por inundaciones”. Secretaría de Planificación y Desarrollo.
- Ávila, E. y Reese, M., Eds. 2005. “Elementos conceptuales para la prevención y reducción de daños originados por amenazas siconaturales. Cuatro experiencias en América Latina y el Caribe”. CEPAL/GTZ. Naciones Unidas. Lom Ediciones; Santiago de Chile.
- Barredo Cano, J. 1996. “Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio”. RAMA, Madrid.
- Berra Estrada de Pigretti, G. 2001. “Instrumentos normativos de gestión ambiental”. IV Seminario Internacional Ingeniería y Ambiente.
- Bértola, G., Cortizo, L. C. y Isla, F. I. 2009. “Dinámica litoral de la costa de Tres Arroyos y San Cayetano, Buenos Aires”. Revista de la Asociación Geológica Argentina 64 (4): 657-671.
- Boragni, M. J., Ed. 1986. “El deterioro del ambiente en la Argentina: Informe Preliminar”. FECIC, Buenos Aires.
- Brandt, S. A. 2000. “Classification of geomorphological effects downstream of dams”. Catena 40 : 375-401.
- Bravard, J. P., Amoros, C., Pautou, G., Bornette, G., Bournaud, M., Creuze des Chatelliers, M., Gibert, J., Peiry, J. L., Perrin, J. F., Tachet, H. 1997. “River incision in south-east France: morphological phenomena and ecological impacts”. Regul. Rivers 13: 75– 90.

- Brice, J. C. 1984. "Planform properties of meandering rivers". En: River Meandering, Proc. Conf. Rivers 1983, Am. Soc. Civil Engs.: 1-15. New York.
- Brookes, A. 1985. "Downstream morphological consequences of river channelization in England and Wales". The Geographical Journal, Vol. 151 (1): 57-62.
- Buzai, G. 1998. "Sistemas de Información Geográfica (SIG)". En: Sistemas Ambientales Complejos: Herramientas de Análisis Espacial. Eds.: Matteucci, S. y Buzai, G. Eudeba, Buenos Aires.
- Cabrera, A. L. y Willink, A. 1980. "Biogeografía de América Latina". Departamento de Asuntos Científicos y Tecnológicos de la Secretaría General de la Organización de Estados Americanos (OEA). Serie de Biología: Monografía 13: 1-122. Washington, EUA.
- CEDEX (Centro de Estudios y experimentación de obras públicas). 2002. "Memoria Resumen: Cartografía de riesgo de inundación en la Ribera del Júcar". Ministerio de Medio Ambiente, Secretaría de Estado de Aguas y Costas, Confederación Hidrográfica del JÚCAR. Valencia.
- Ciminari, M., Torrens, C. y Jurio, E. 2003. "Los sistemas de información geográfica: una herramienta eficaz para el análisis ambiental". Primer Congreso de la Ciencia Cartográfica y VIII Semana Nacional de Cartografía, Buenos Aires.
- Córdoba, Z. 2007. "Mapa de zonificación de amenazas por inundación del casco urbano del municipio de Quibdó (Chocó). Estudio basado en la interpretación de imágenes de radar, de satélite y fotografías aéreas". Revista Ingeniería e Investigación 27 (3): 24-34. Universidad Nacional de Colombia.
- Chuvieco, E. 1996. "Fundamentos de teledetección espacial". 3º Edición. Ediciones Rialp, S.A. Madrid.
- Cooke, R. V. and Doornkamp, J. C. 1974. "Geomorphology in environmental management: An introduction". Clarendon Press, Oxford.
- Dackombe, R. V. and Gardiner, V. 1983. "Geomorphological field manual". George Allen and Unwin, London.

- Duke Energy – Cerros Colorados S. A. 2009. “Estudio de impacto ambiental: Reparación del vertedero derivador de Portezuelo Grande”. Expte. N° 4807-000894/2009. Loma La Lata, Neuquén, Argentina.
- Duke Energy - Cerros Colorados S.A. 2001. “Evaluación del impacto socio-ambiental de la actividad hidrocarburífera en las comunidades mapuches y sus territorios”. Loma La Lata, Neuquén, Argentina.
- Duke Energy - Cerros Colorados S.A. 2004. “Actualización sobre posibles afectaciones en el valle del río Neuquén (Tramo Portezuelo Grande – El Chañar) asociadas a la erogación de hasta 600 m<sup>3</sup>/seg”. Loma La Lata, Neuquén, Argentina.
- Duke Energy - Cerros Colorados S.A. 2009. “Relevamiento de infraestructura existente en el valle del río Neuquén (Tramo Portezuelo Grande - Chañar) asociada a la erogación de hasta 230 m<sup>3</sup>/s”. Plan de acciones de mitigación. Loma La Lata, Neuquén, Argentina.
- ESRI. 2010. ArcGIS Resources Services on line: World User Imagery <http://resources.esri.com/arcgisonlineservices/index>.
- Ferrari Bono, B. V. 2004. “Las inundaciones en la República Argentina consideradas como desastres naturales”. En: Jornadas de Debate sobre Riesgo Hídrico, Inundaciones y Catástrofes. Centro Argentino de Ingenieros (CAI) e Instituto Argentino de Recursos Hídricos (IARH). Buenos Aires.
- FISRWG (Federal Interagency Stream Restoration Working Group). 1998, 2001. “Stream corridor restoration: principles, processes, and practices”. National Engineering Handbook, Part 653, USDA-Natural Resources Conservation Service.
- García, F. y Ibor, C. 2004. “Análisis del riesgo de inundación y medidas correctoras del PGOU de Alghemesí (Valencia)”. Universidad Politécnica de Valencia, E.T.S. de ingenieros de Caminos, Canales, y Puertos, Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente.
- Gaviño Novillo, J. M. 1997. “Indicadores ambientales y su aplicación”, Textos seleccionados. Cátedra UNESCO para el Desarrollo Sustentable, Flacam, La Plata.
- González Díaz, E. y Ferrer, J. A. 1986. “Mapa Geomorfológico de la Provincia de Neuquén”. 1: 500.000. CFI.

- Holmberg, E. 1978. "Rasgos Geomorfológicos". En: Geología y Recursos Naturales del Neuquén. 7º Congreso Geológico Argentino. Relatorio: 119-128. Neuquén.
- Latrubesse, E. and Brea, D. 2010. "Floods in Argentina". In: Developments in Earth Surface Processes, Volume 13: 333-349. Elsevier.
- Le Moigne, G.; Suremanian, A.; Xie, M.; Giltner, S. 1994. "Guide for the formulation of water resources strategy". Washington, D.C. World Bank technical paper N° 263.
- Martínez, J. 2007. "Gestión de riesgos: Inundaciones urbanas en El Salvador". Jornadas Iberoamericanas sobre Inundaciones y Desastres Naturales, San Carlos, Brasil. <http://hercules.cedex.es/hidraulica/PROHIMET/Br07/Comunicaciones/Martinez.pdf>
- Méndez, V., Zanettini, J. C. y Zappettini, E. O. 1995. "Geología y Metalogénesis del Orógeno Andino Central". Dirección Nacional del Servicio Geológico. Anales 23. Buenos Aires.
- Morello, J. 1958. "La provincia fitogeográfica del Monte". Opera Lilloana II. Universidad Nacional de Tucumán.
- Movia, C., Ower, G. y Perez, C. 1982. "Estudio de la vegetación natural de la Provincia del Neuquén". Tomo I, II y III. Ministerio de Economía y Hacienda, Subsecretaría de Recursos Naturales Neuquén.
- Pereyra, F. 2004. "Geología urbana del área metropolitana bonaerense y su influencia en la problemática ambiental". Revista de la Asociación Geológica Argentina 59 (3): 394-410.
- Pereyra, F. 2007. "Geomorfología urbana de San Carlos de Bariloche y su influencia en los peligros naturales, Río Negro". Revista de la Asociación Geológica Argentina 62 (2): 309-320.
- Petts, G. E. and Gurnell, A. M. 2005. "Dams and geomorphology: Research progress and future directions". Geomorphology Vol. 71 (1-2): 27-47.
- Pochat, V. 2004. "Some experiences of flood management in Argentina". International Workshop on Water Hazard and Risk Management. Public Works Research Institute. Tsukuba, Ibaraki.
- Ramonell, C. G. y Amsler, M. L. 2002. "Guía de procedimientos metodológicos para estudios morfológicos de cauces fluviales argentinos". XIX Congreso Nacional de Agua. Córdoba, Argentina.

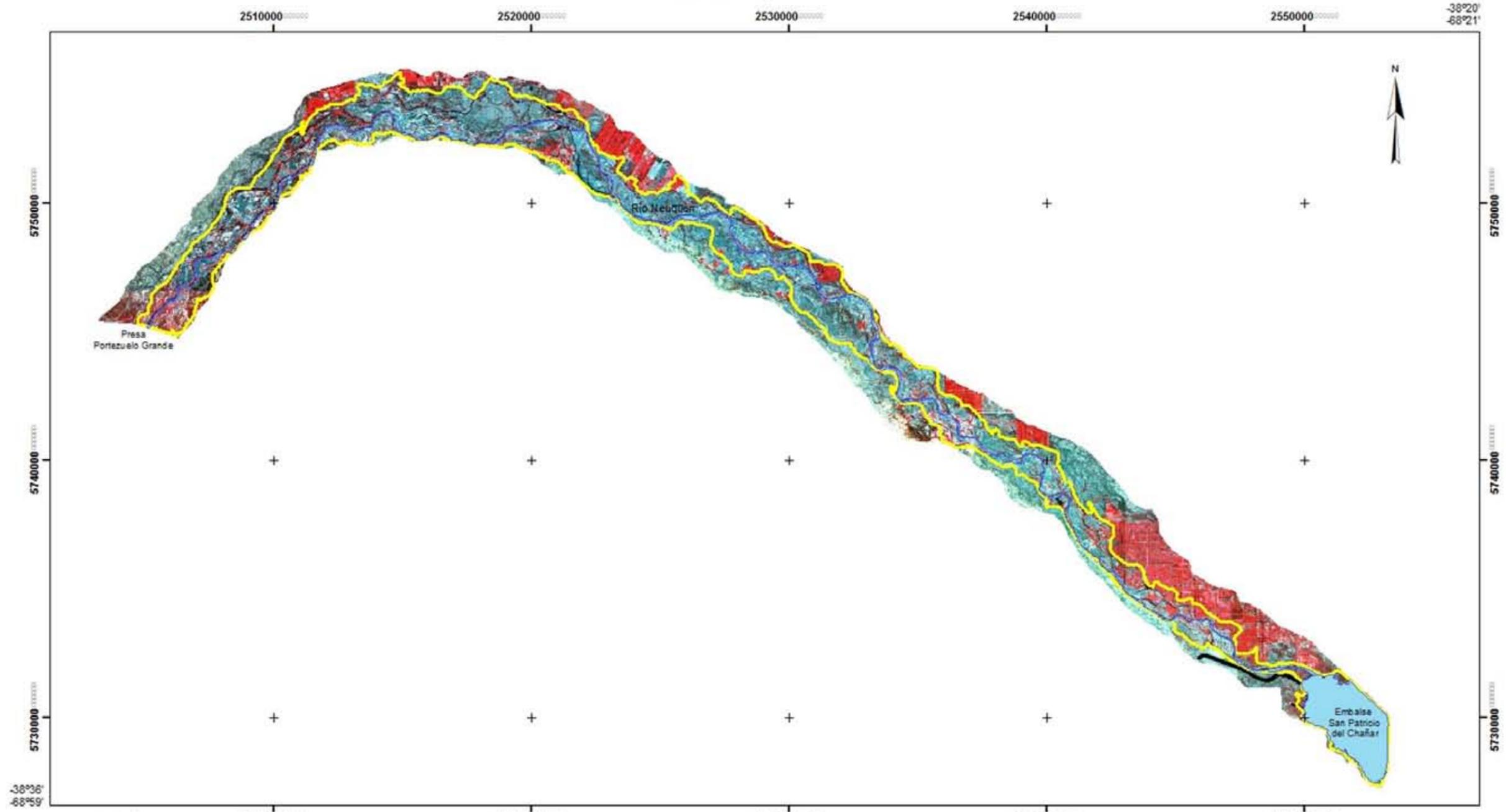
- Ramos, V. A. 1978. “Estructura”. En: Geología y Recursos Naturales del Neuquén. 7º Congreso Geológico Argentino. Relatorio: 99-118. Neuquén.
- Rice, R. J. 1982. “Fundamentos de geomorfología”. Ed. Paraninfo, Madrid.
- Rosete Verges, F. 2007. “Unidades de gestión ambiental e instrumentos económicos”. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. En: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/estudios/397/rosete.html>
- Schnack, J.; De Francesco, F.; Gallian, C.; Neiff, J.; Oldani, N.; Schnack, E. y Spinelli, G. 1995. “Estudios ambientales regionales para el proyecto de control de inundaciones”. Informe Final. Ministerio del Interior. Subunidad Central de Coordinación para la Emergencia.
- Schumm, S. A. 1977. “The fluvial system”. Wiley & Sons.
- Sear, D. A., Newson, M. D. and Thorne, C. R. 2003. “Guidebook of applied fluvial geomorphology”. R&D Technical Report FD1914. Defra, Flood Management Division. London.
- Thorne, C. R. 1998. “Stream reconnaissance handbook: Geomorphological investigation and analysis of river channels”. John Wiley & Sons.
- Valls, M. 1999. “Derecho Ambiental. Los grandes problemas ambientales que enfrenta la Argentina a fin de siglo: Legislación y propuestas de solución”. Ciudad Argentina, Buenos Aires.
- Von Bertalanffy, L. 1978. “Tendencias en la teoría general de sistemas”. Ed. Alianza.

**11.ANEXO:**  
**CARTOGRÁFIA TEMÁTICA**

# CARTA TEMÁTICA

## Área inundada durante la crecida de 2006

Departamento Añelo  
Provincia Neuquén



UBICACIÓN



LEYENDA

 Área de inundación  
Imagen Satelital Quick Bird, Dic. 2006



DATOS CARTOGRAFÍA

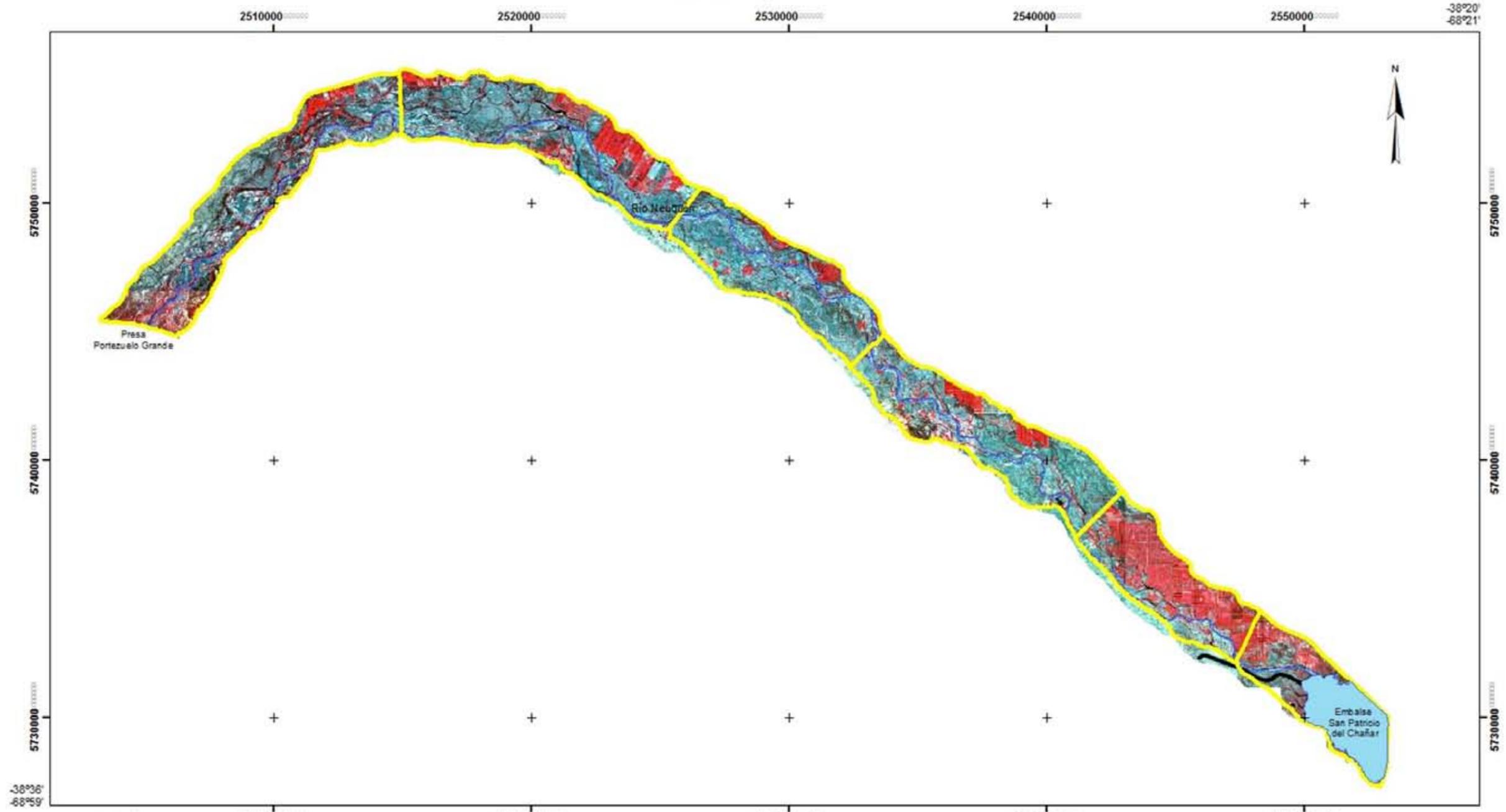
Sistema de Referencia: WGS 84  
Proyección: Gauss Krüger-Faja 2  
Meridiano Central: -69°  
Latitud de Origen: -90°

Edición: Lic. Andrea C. Bosisio  
Diciembre 2010

Carta Temática N° 1

# CARTA TEMÁTICA Segmentación Geomorfológica

Departamento Añelo  
Provincia Neuquén



UBICACIÓN



LEYENDA

 Límite de segmentos geomorfológicos  
Imagen Satelital Quick Bird, Dic. 2006



DATOS CARTOGRAFÍA

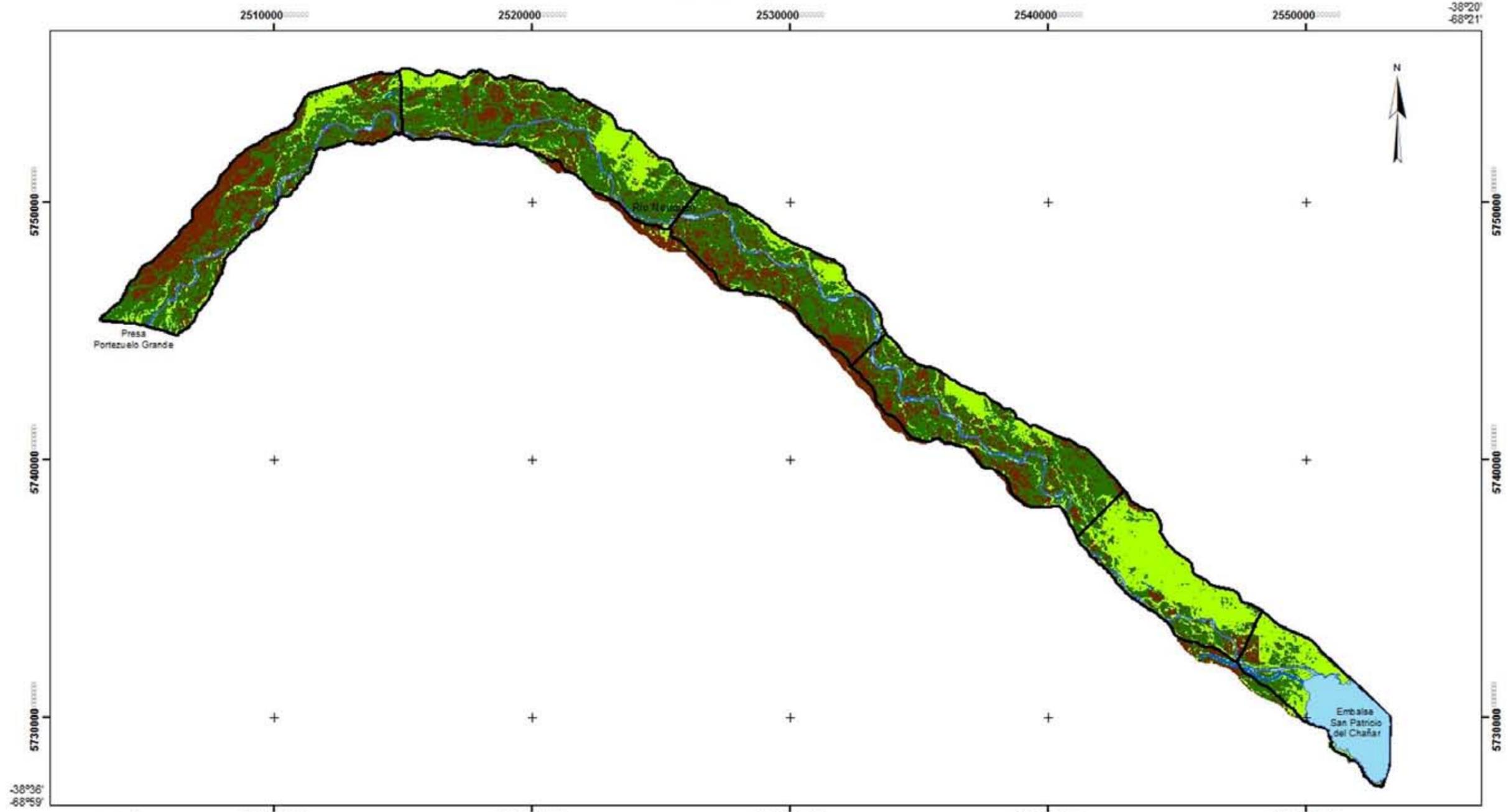
Sistema de Referencia: WGS 84  
Proyección: Gauss Krüger-Faja 2  
Meridiano Central: -69°  
Latitud de Origen: -90°

Edición: Lic. Andrea C. Bosisio  
Diciembre 2010

Carta Temática N° 2

# CARTA TEMÁTICA Cobertura Vegetal

Departamento Añelo  
Provincia Neuquén



## UBICACIÓN



## LEYENDA

-  Arbustal Xerófilo
-  Cuerpos de Agua
-  Pastizal
-  Vegetación Ribereña y Fruticultura



## DATOS CARTOGRAFÍA

Sistema de Referencia: WGS 84  
Proyección: Gauss Krüger-Faja 2  
Meridiano Central: -69°  
Latitud de Origen: -90°

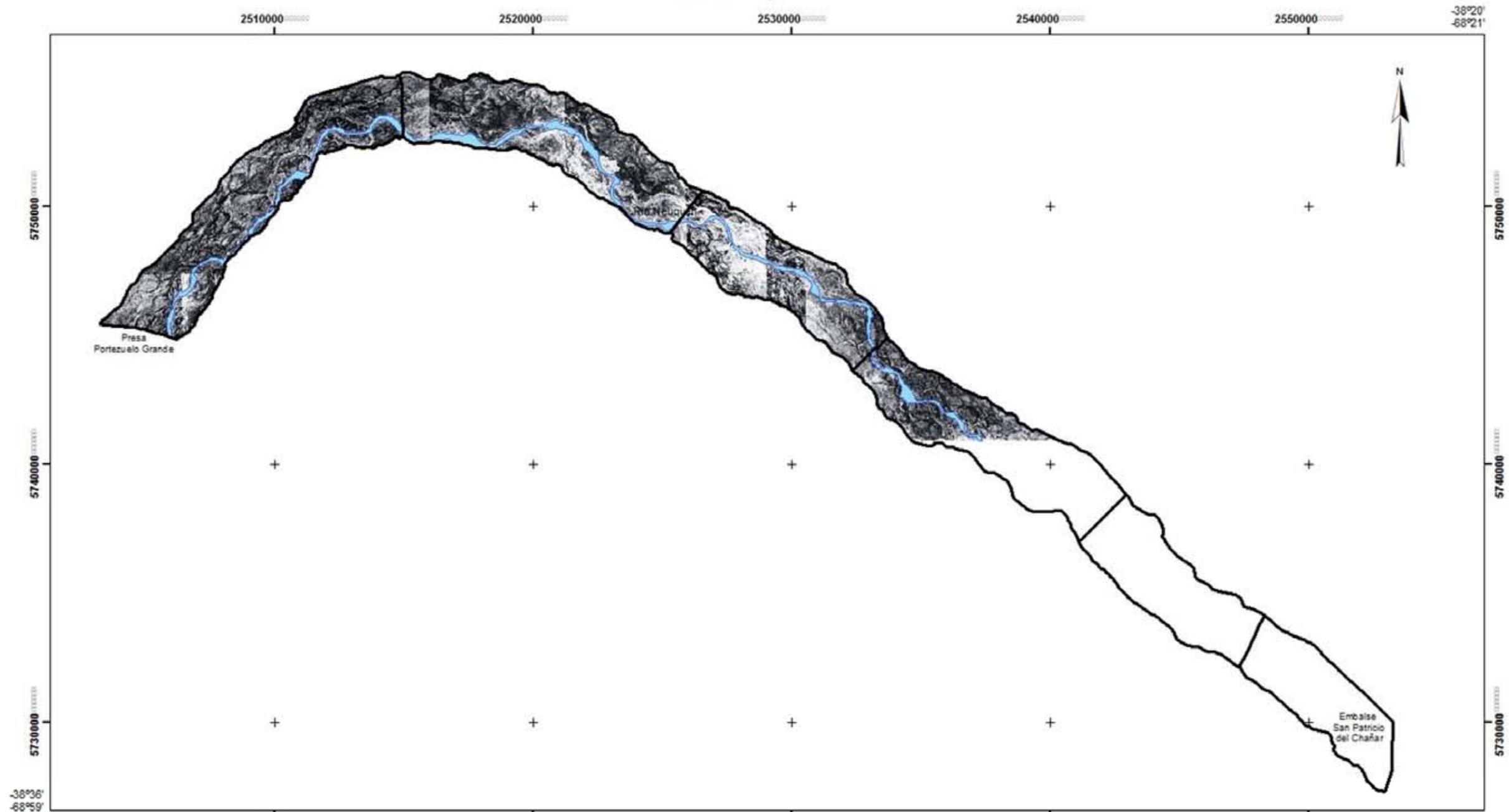
Edición: Lic. Andrea C. Bosisio  
Diciembre 2010

Carta Temática N° 3

# CARTA TEMÁTICA

## Cauce activo del Río Neuquén en el año 1962

Departamento Añelo  
Provincia Neuquén



UBICACIÓN



LEYENDA

□ Límite de segmentos geomorfológicos

Relevamiento aerofotogramétrico  
del año 1962 (escala 1:50.000)



DATOS CARTOGRAFÍA

Sistema de Referencia: WGS 84  
Proyección: Gauss Krüger-Faja 2  
Meridiano Central: -69°  
Latitud de Origen: -90°

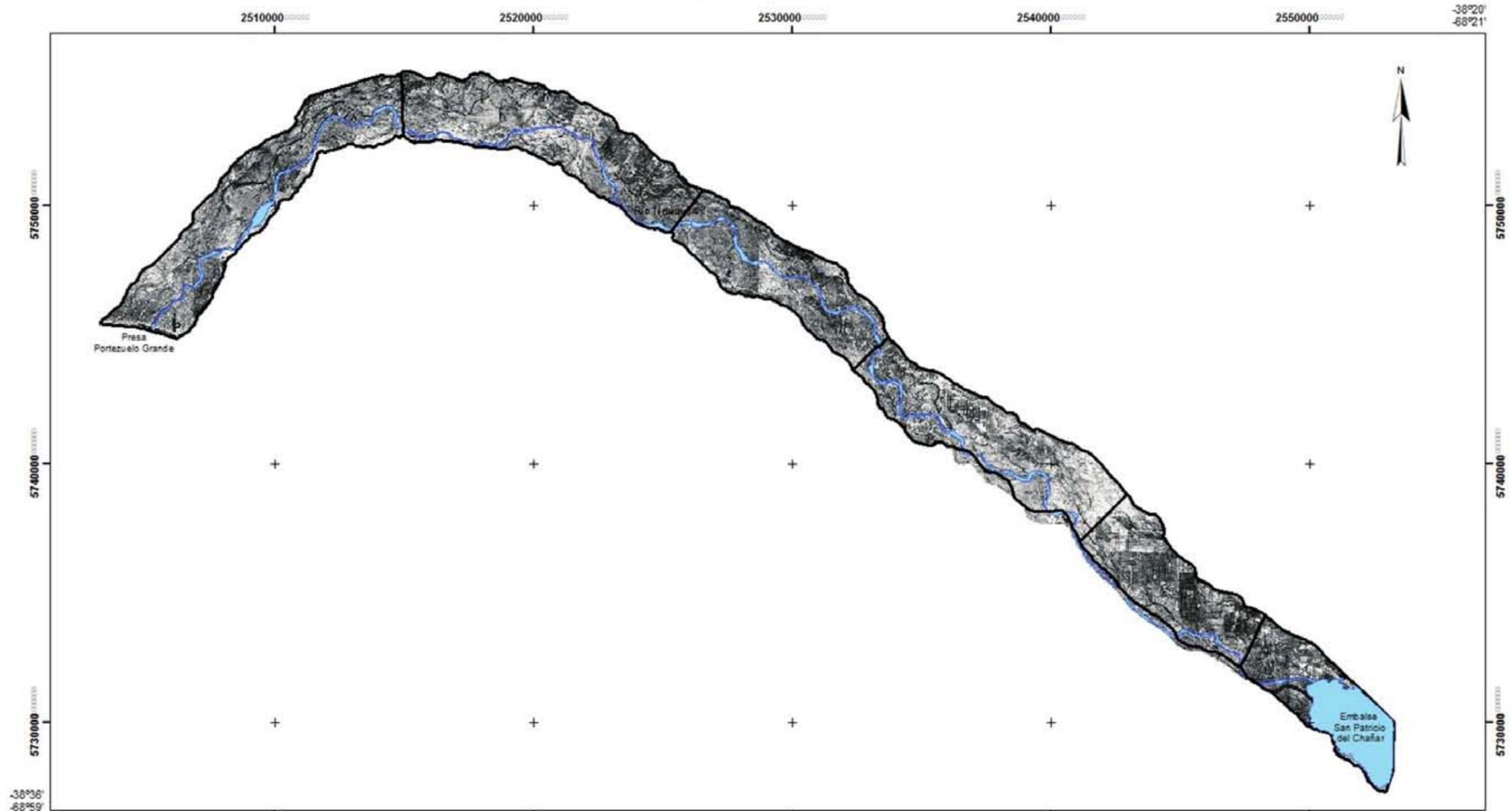
Edición: Lic. Andrea C. Bosisio  
Diciembre 2010

Carta Temática N° 4

# CARTA TEMÁTICA

## Cauce activo del Río Neuquén en el año 1994

Departamento Añelo  
Provincia Neuquén



-38°36'  
-68°59'

UBICACIÓN



LEYENDA

□ Límite de segmentos geomorfológicos

Relevamiento aerofotogramétrico  
del año 1994 (escala 1:20.000)



DATOS CARTOGRAFÍA

Sistema de Referencia: WGS 84  
Proyección: Gauss Krüger-Faja 2  
Meridiano Central: -69°  
Latitud de Origen: -90°

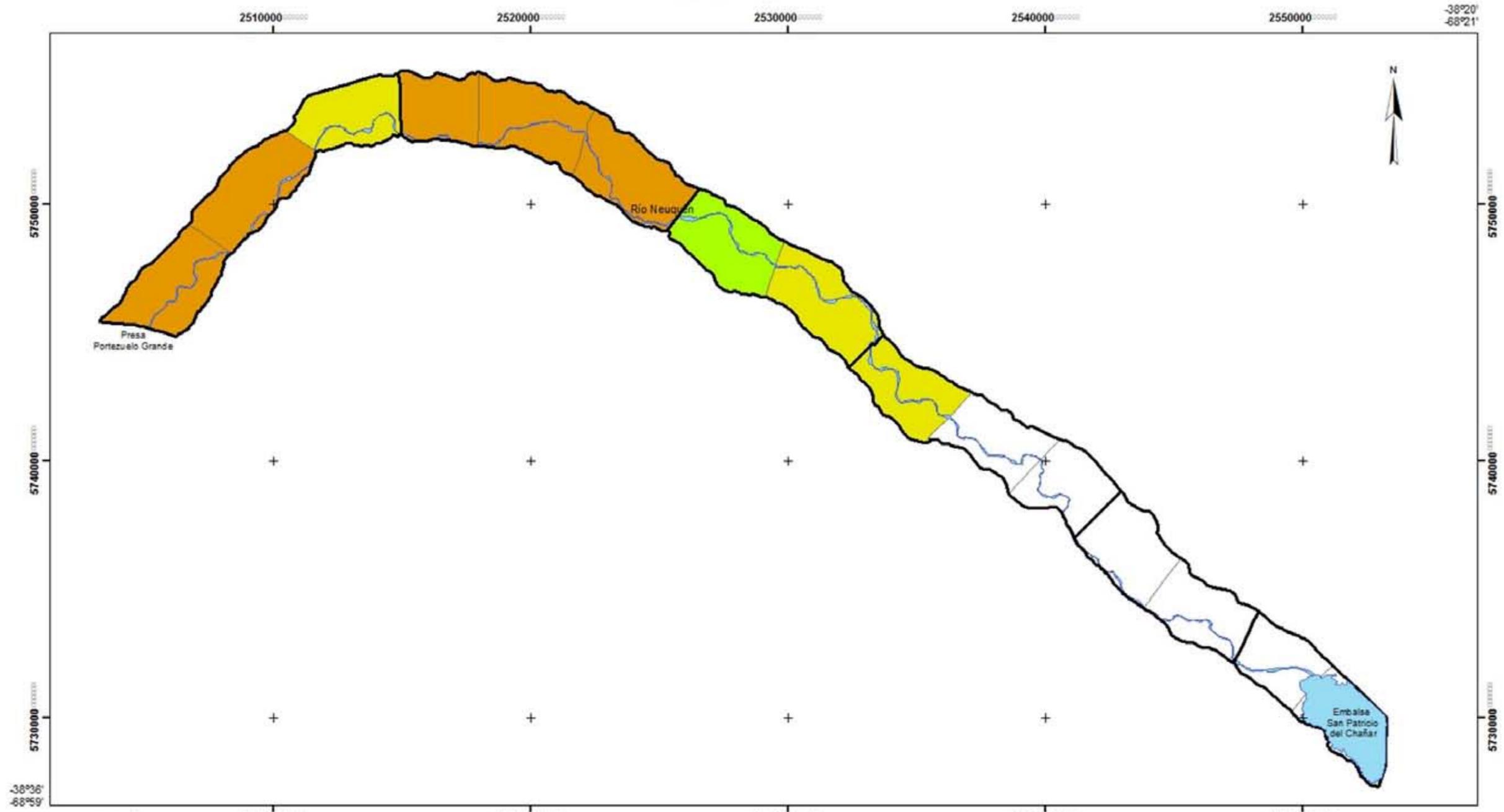
Edición: Lic. Andrea C. Bosisio  
Diciembre 2010

Carta Temática N° 5

# CARTA TEMÁTICA

## Reducción de ancho del río Neuquén entre los años 1962 - 2006

Departamento Añelo  
Provincia Neuquén



UBICACIÓN



LEYENDA  
Porcentaje de Reducción

- Sin datos
- 29 - 35 %
- 36 - 50 %
- 51 - 78 %



DATOS CARTOGRAFÍA

Sistema de Referencia: WGS 84  
Proyección: Gauss Krüger-Faja 2  
Meridiano Central: -69°  
Latitud de Origen: -90°

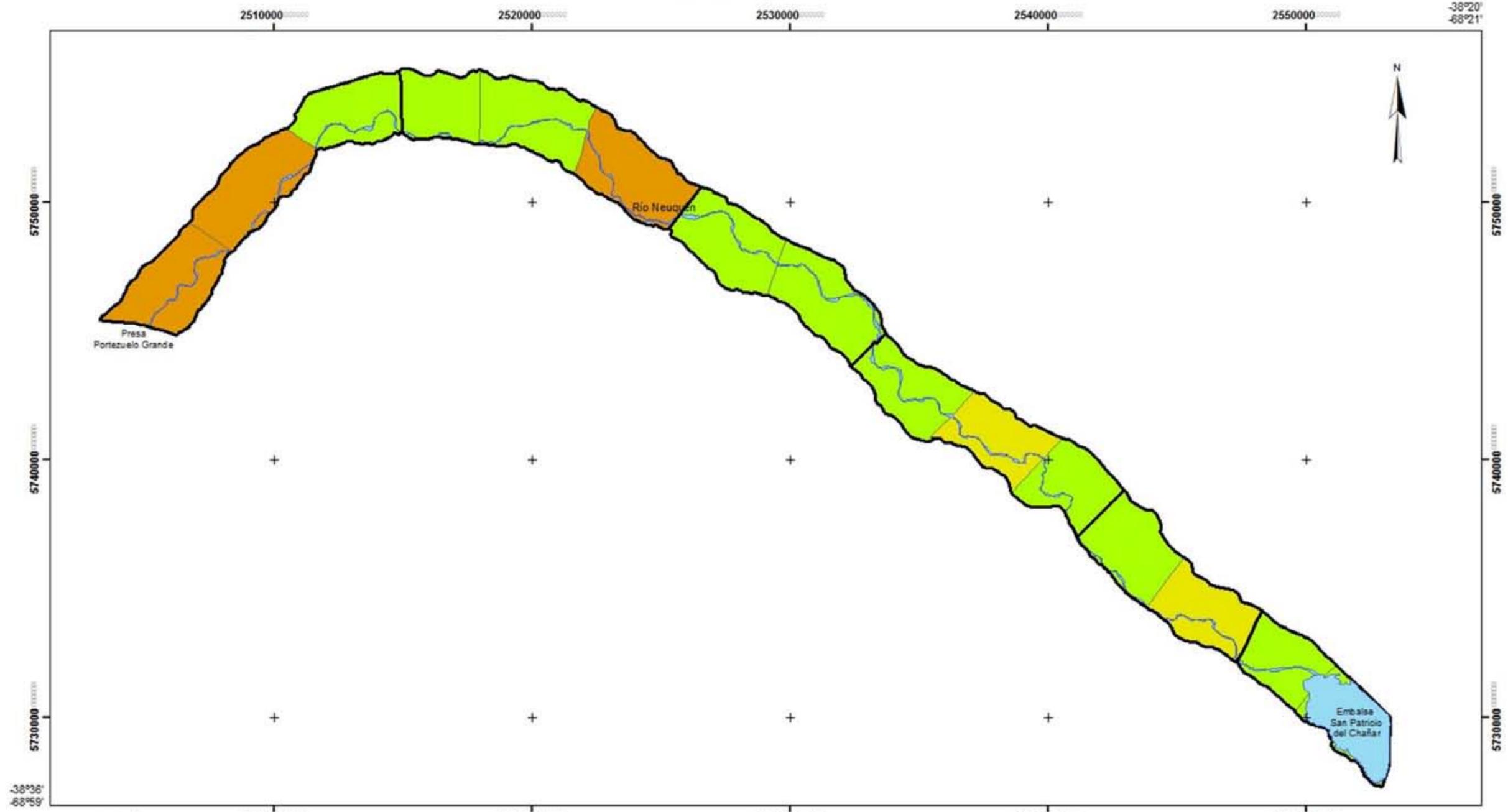
Edición: Lic. Andrea C. Bosisio  
Diciembre 2010

Carta Temática N° 6

# CARTA TEMÁTICA

## Reducción de ancho del río Neuquén entre los años 1994 - 2006

Departamento Añelo  
Provincia Neuquén



**UBICACIÓN**



**LEYENDA**  
**Porcentaje de Reducción**

- 29 - 35 %
- 36 - 50 %
- 51 - 78 %



**DATOS CARTOGRAFÍA**

Sistema de Referencia: WGS 84  
Proyección: Gauss Krüger-Faja 2  
Meridiano Central: -69°  
Latitud de Origen: -90°

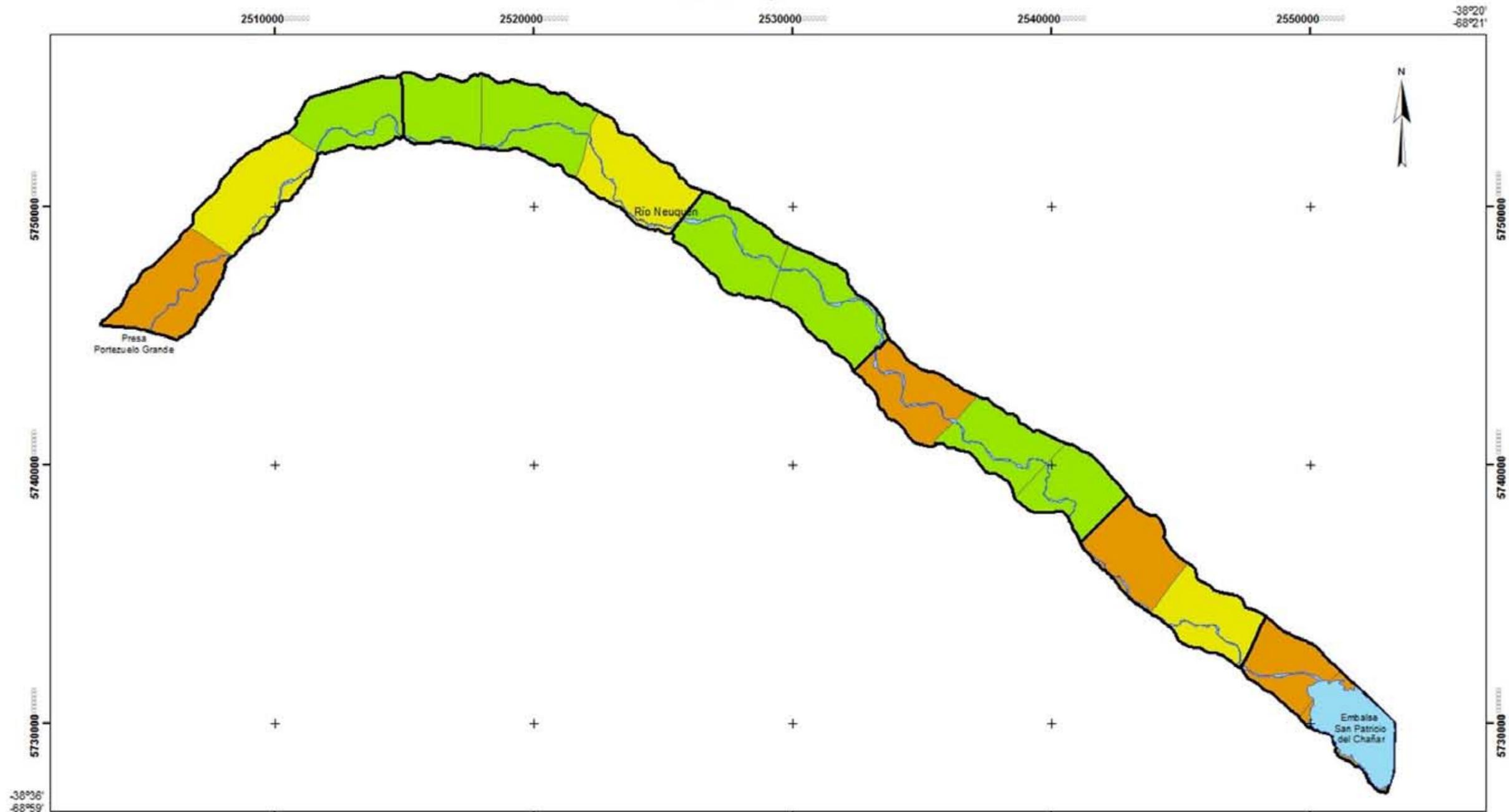
Edición: Lic. Andrea C. Bosisio  
Diciembre 2010

Carta Temática N° 7

# CARTA TEMÁTICA

## Cantidad de cauces secundarios por áreas de segmentos geomorfológicos

Departamento Añelo  
Provincia Neuquén



**UBICACIÓN**



**LEYENDA**

**Cantidad de cauces secundarios:**

- 4 - 14
- 15 - 20
- 21 - 27



**DATOS CARTOGRAFÍA**

Sistema de Referencia: WGS 84  
Proyección: Gauss Krüger-Faja 2  
Meridiano Central: -69°  
Latitud de Origen: -90°

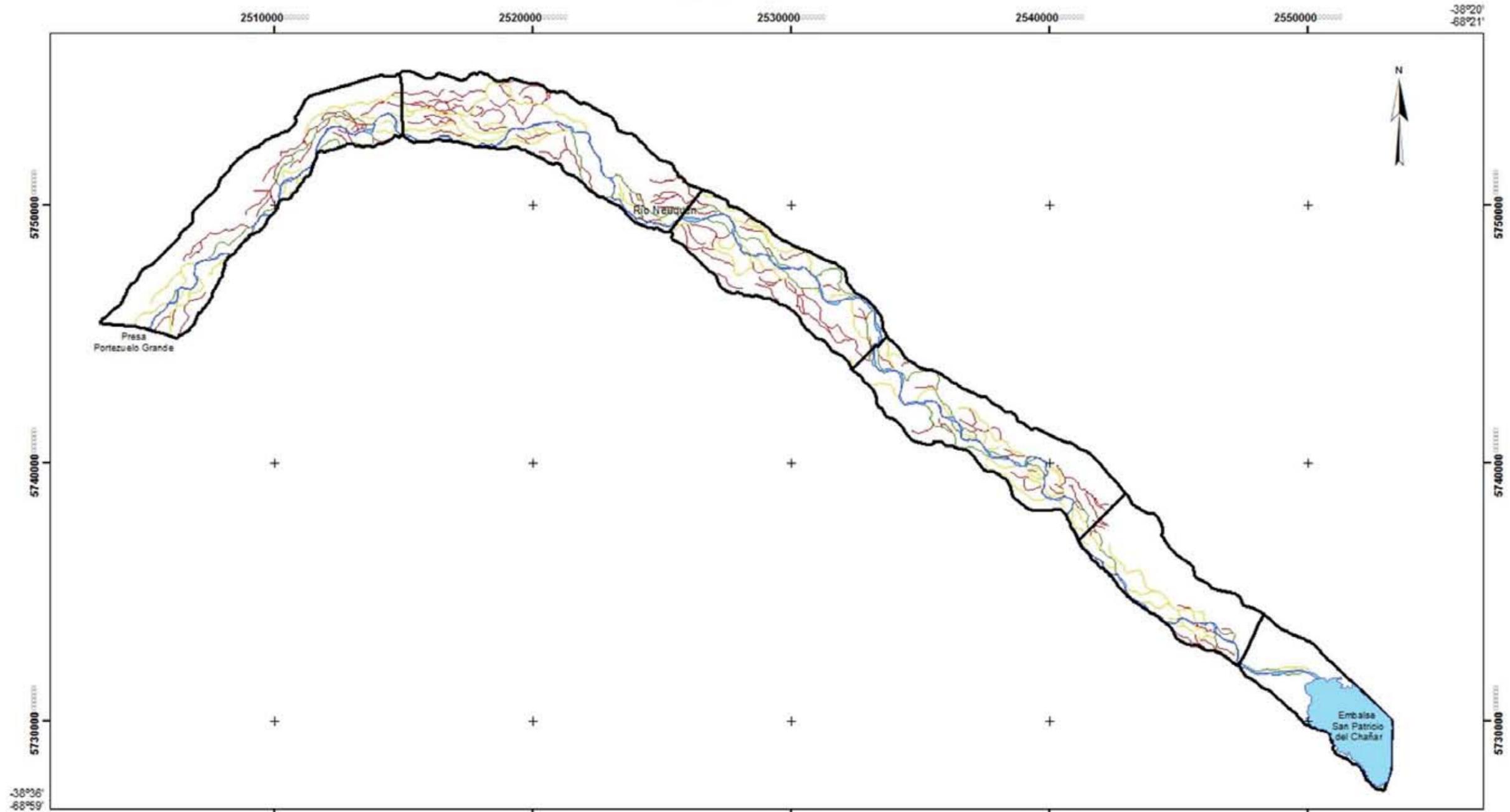
Edición: Lic. Andrea C. Bosisio  
Diciembre 2010

Carta Temática N° 8

# CARTA TEMÁTICA

## Conectividad de cauces secundarios

Departamento Añelo  
Provincia Neuquén



UBICACIÓN



### LEYENDA

Conectividad de secundarios con el principal:

- No Conectados
- Conectados en un punto
- Conectados en dos puntos



### DATOS CARTOGRAFÍA

Sistema de Referencia: WGS 84  
Proyección: Gauss Krüger-Faja 2  
Meridiano Central:  $-69^{\circ}$   
Latitud de Origen:  $-90^{\circ}$

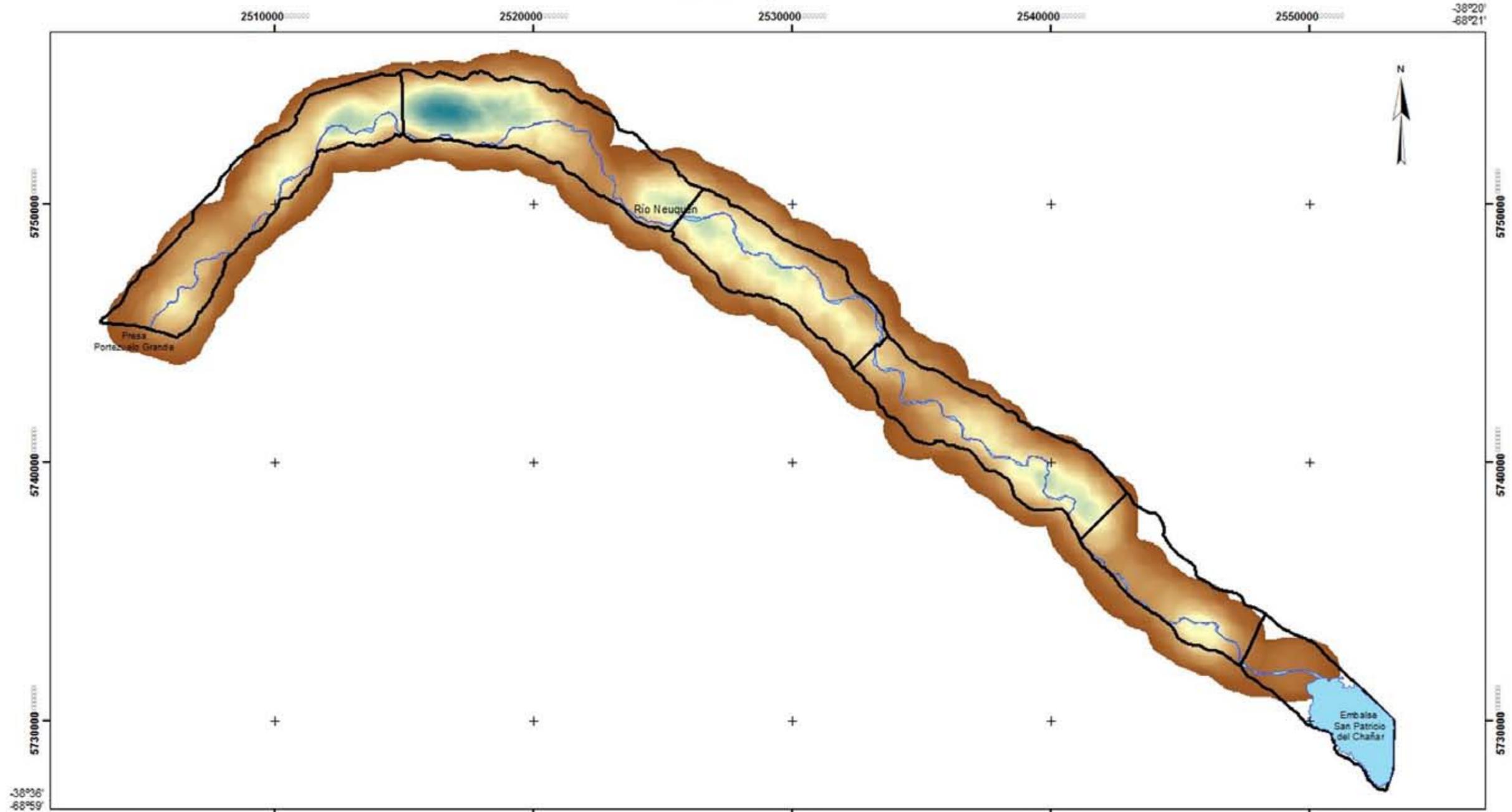
Edición: Lic. Andrea C. Bosisio  
Diciembre 2010

Carta Temática N° 9

# CARTA TEMÁTICA

## Densidad de cauces secundarios

Departamento Añelo  
Provincia Neuquén



### UBICACIÓN



### LEYENDA

Densidad de secundarios:



### DATOS CARTOGRAFÍA

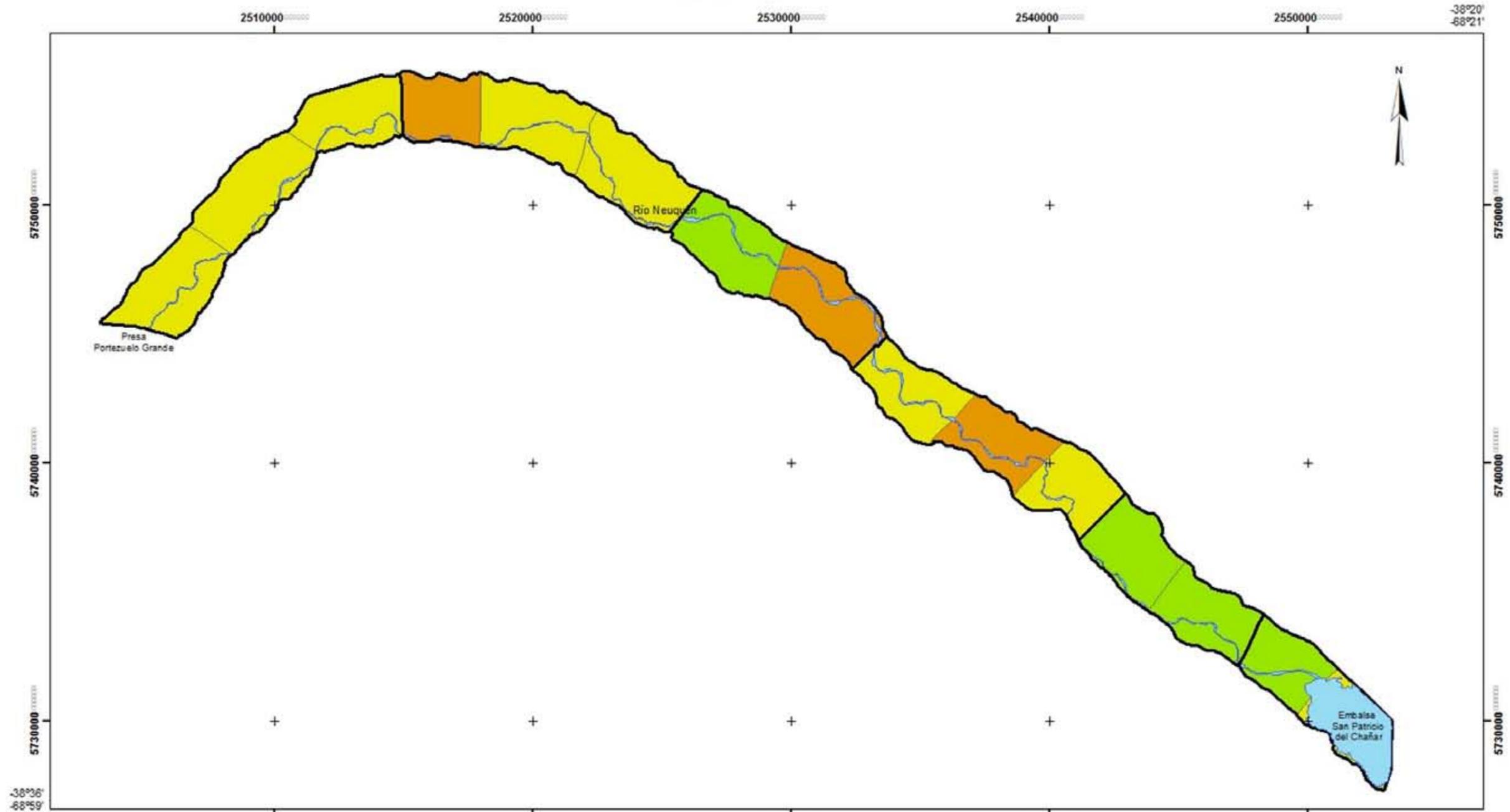
Sistema de Referencia: WGS 84  
Proyección: Gauss Krüger-Faja 2  
Meridiano Central: -69°  
Latitud de Origen: -90°

Edición: Lic. Andrea C. Bosisio  
Diciembre 2010

Carta Temática N° 10

# CARTA TEMÁTICA Pendientes

Departamento Añelo  
Provincia Neuquén



## UBICACIÓN



## LEYENDA

### Rangos de pendientes:

- 1.40 – 2.06 m/km
- 2.07 – 2.50 m/km
- 2.51 – 3.06 m/km



## DATOS CARTOGRAFÍA

Sistema de Referencia: WGS 84  
Proyección: Gauss Krüger-Faja 2  
Meridiano Central:  $-69^{\circ}$   
Latitud de Origen:  $-90^{\circ}$

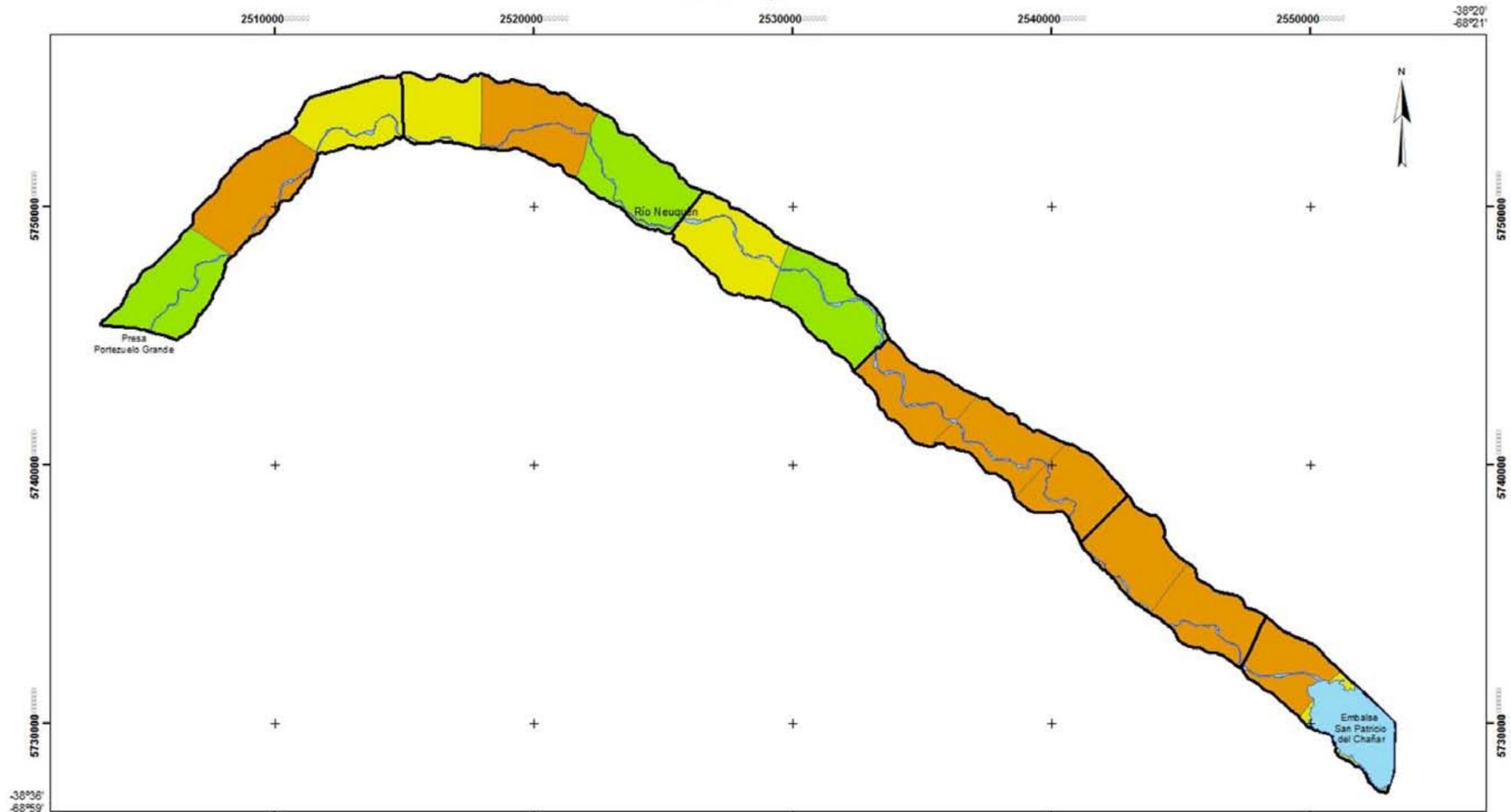
Edición: Lic. Andrea C. Bosisio  
Diciembre 2010

Carta Temática N° 11

# CARTA TEMÁTICA

## Variación de amplitud del relieve local

Departamento Añelo  
Provincia Neuquén



-38°36'  
-68°59'

UBICACIÓN



LEYENDA

Rangos de amplitud:

- 1.77 - 2.40 m/km
- 2.41 - 3.10 m/km
- 3.11 - 3.82 m/km



DATOS CARTOGRAFÍA

Sistema de Referencia: WGS 84  
Proyección: Gauss Krüger-Faja 2  
Meridiano Central: -69°  
Latitud de Origen: -90°

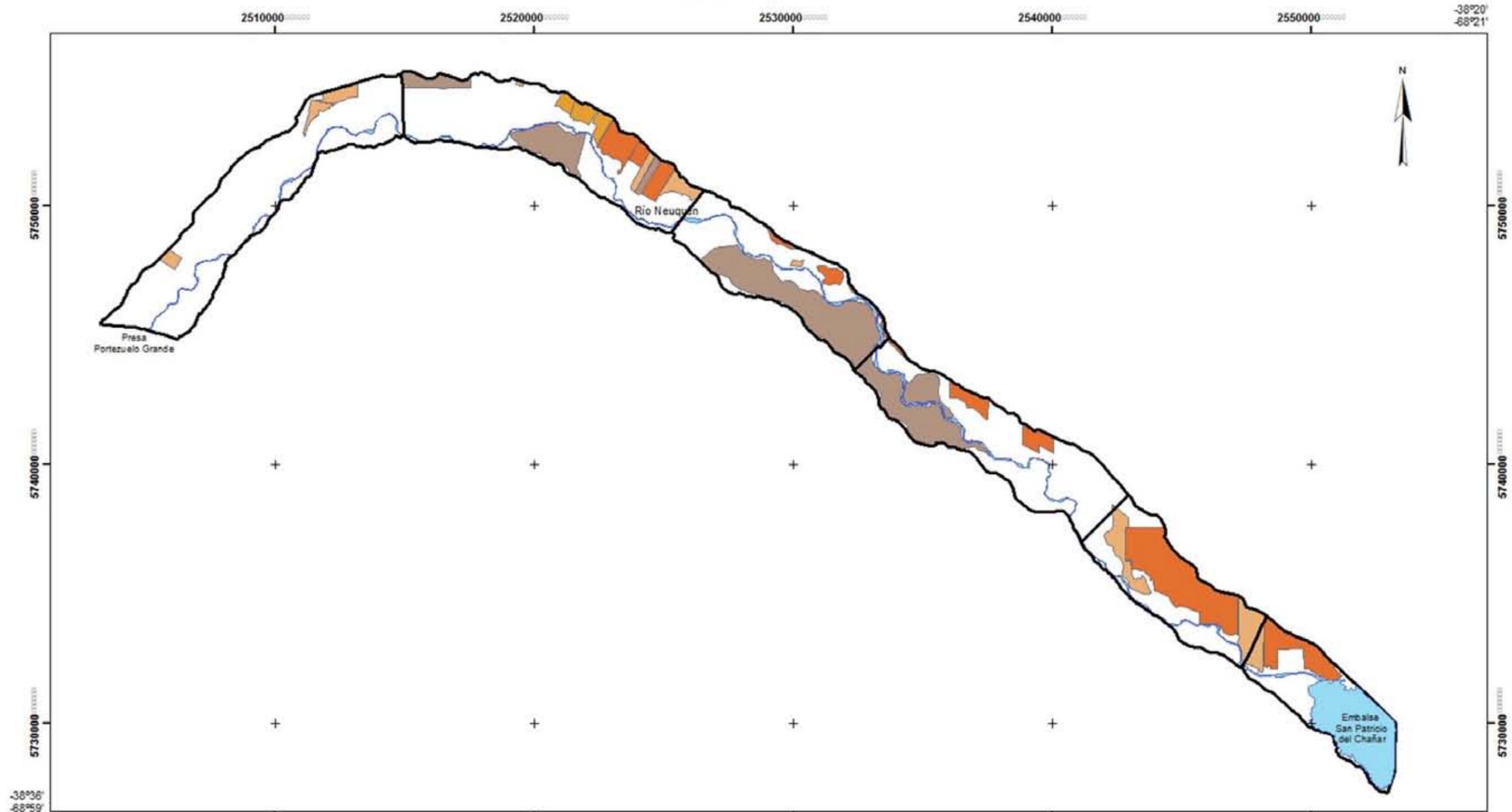
Edición: Lic. Andrea C. Bosisio  
Diciembre 2010

Carta Temática Nº 12

# CARTA TEMÁTICA

## Usos de suelo

Departamento Añelo  
Provincia Neuquén



-38°36'  
-68°59'

### UBICACIÓN



### LEYENDA

Tipo_de_uso	
	Forestación
	Fruticultura
	Uso Mixto
	Viñedos



### DATOS CARTOGRAFÍA

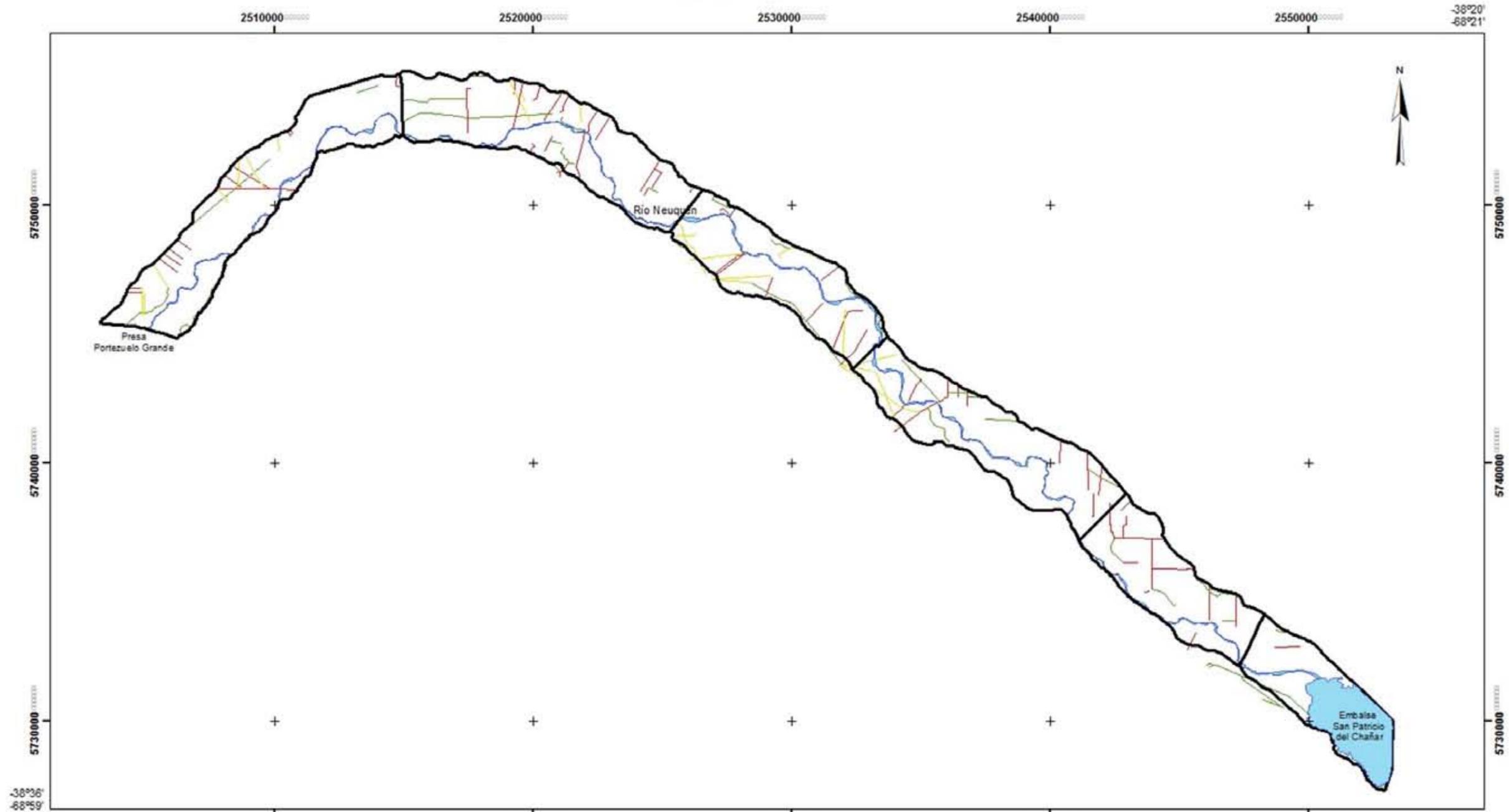
Sistema de Referencia: WGS 84  
Proyección: Gauss Krüger-Faja 2  
Meridiano Central: -69°  
Latitud de Origen: -90°

Edición: Lic. Andrea C. Bosisio  
Diciembre 2010

Carta Temática N° 13

# CARTA TEMÁTICA Caminos

Departamento Añelo  
Provincia Neuquén



-38°36'  
-68°59'

UBICACIÓN



## LEYENDA

### Orientación Caminos:

-  Oblicuo
-  Paralelo
-  Transversal



## DATOS CARTOGRAFÍA

Sistema de Referencia: WGS 84  
Proyección: Gauss Krüger-Faja 2  
Meridiano Central: -69°  
Latitud de Origen: -90°

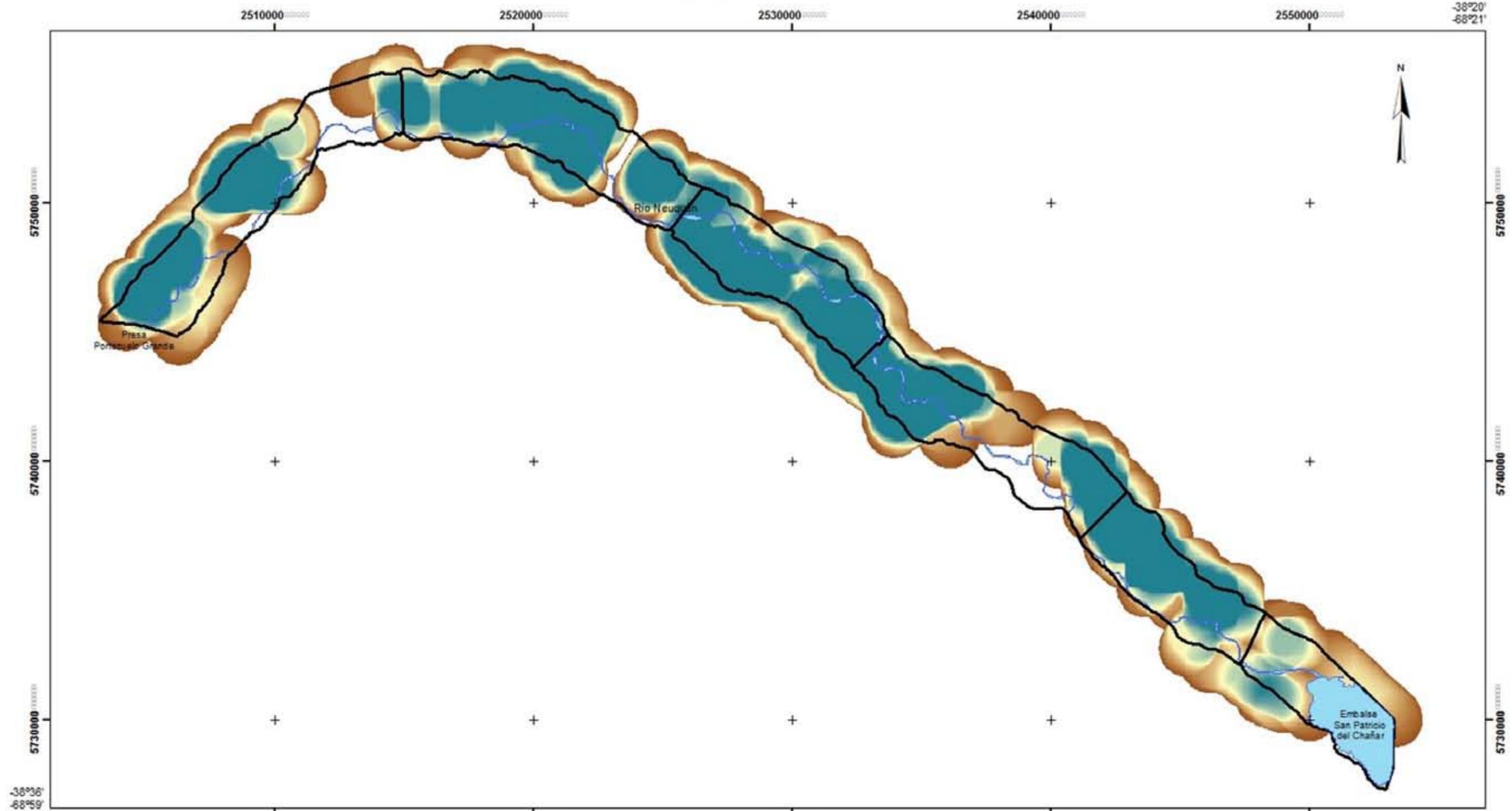
Edición: Lic. Andrea C. Bosisio  
Diciembre 2010

Carta Temática N° 14

# CARTA TEMÁTICA

## Densidad de caminos

Departamento Añelo  
Provincia Neuquén



### UBICACIÓN



### LEYENDA

Densidad de caminos:



### DATOS CARTOGRAFÍA

Sistema de Referencia: WGS 84  
Proyección: Gauss Krüger-Faja 2  
Meridiano Central: -69°  
Latitud de Origen: -90°

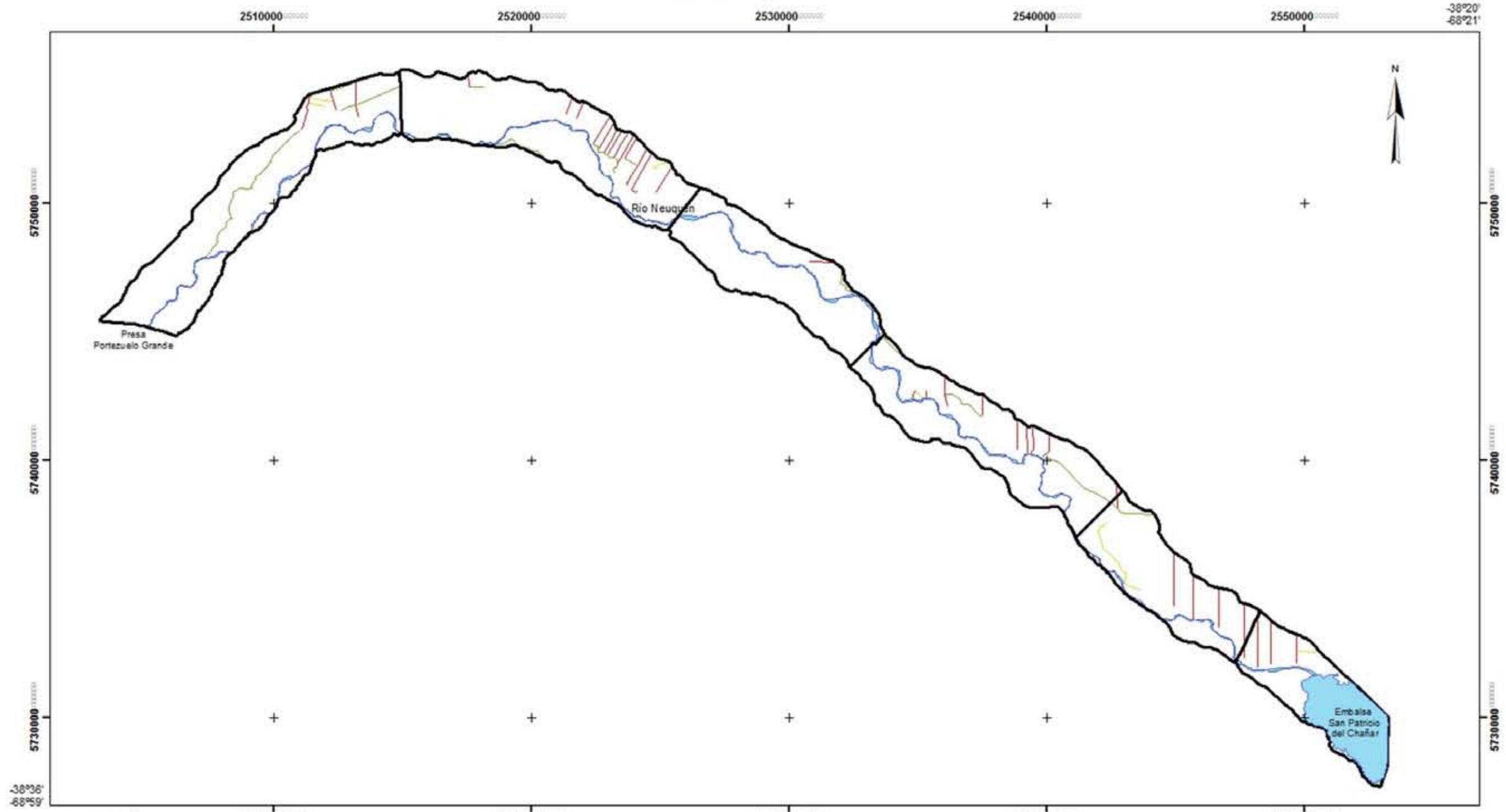
Edición: Lic. Andrea C. Bosisio  
Diciembre 2010

Carta Temática N° 15

# CARTA TEMÁTICA

## Canales de riego

Departamento Añelo  
Provincia Neuquén



### UBICACIÓN



### LEYENDA

- Orientación**
- Oblicuo
  - Paralelo
  - Transversal



### DATOS CARTOGRAFÍA

Sistema de Referencia: WGS 84  
Proyección: Gauss Krüger-Faja 2  
Meridiano Central: -69°  
Latitud de Origen: -90°

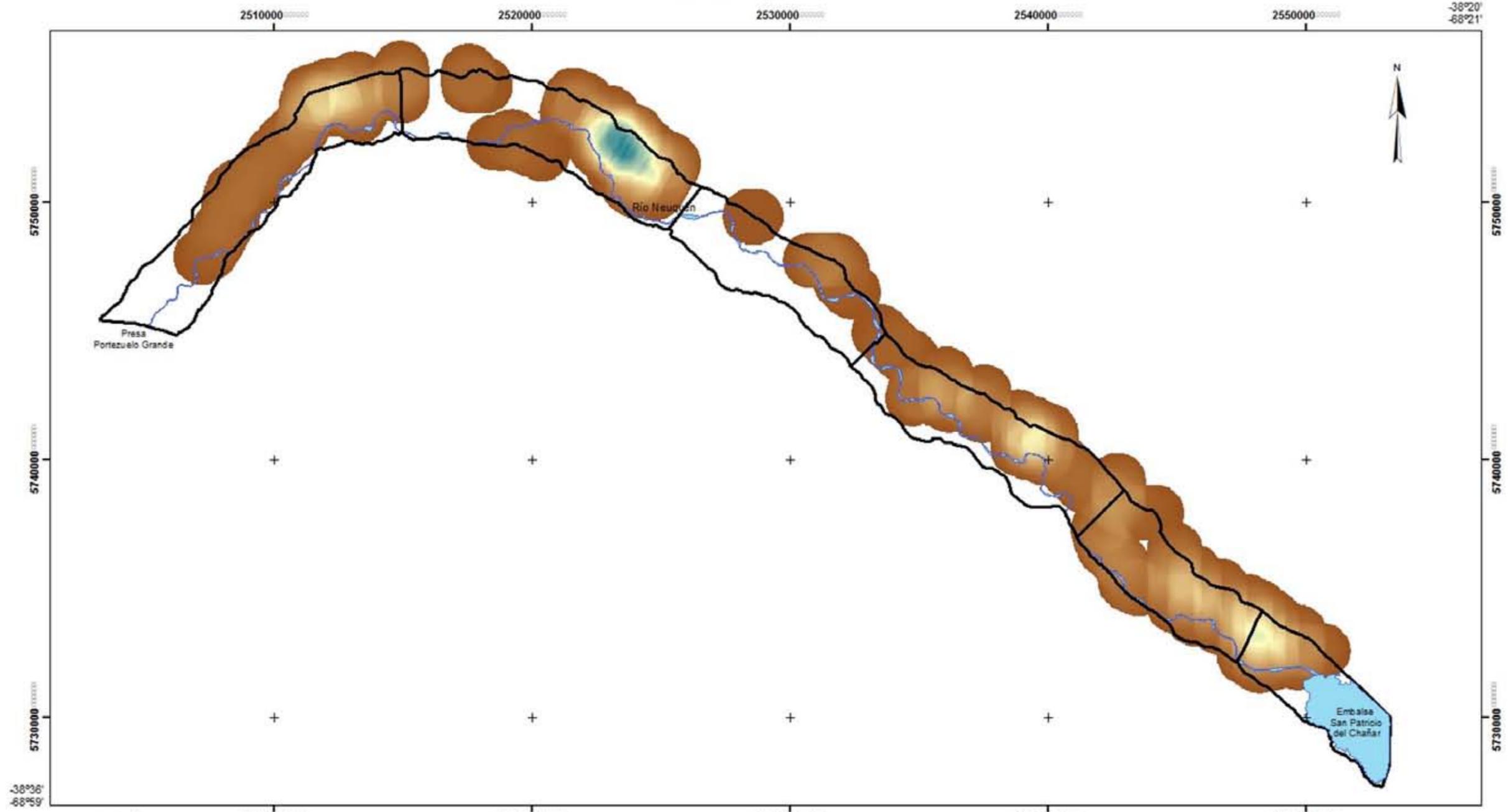
Edición: Lic. Andrea C. Bosisio  
Diciembre 2010

Carta Temática N° 16

# CARTA TEMÁTICA

## Densidad de canales de riego

Departamento Añelo  
Provincia Neuquén



### UBICACIÓN



### LEYENDA

Densidad de canales de riego:



### DATOS CARTOGRAFÍA

Sistema de Referencia: WGS 84  
Proyección: Gauss Krüger-Faja 2  
Meridiano Central: -69°  
Latitud de Origen: -90°

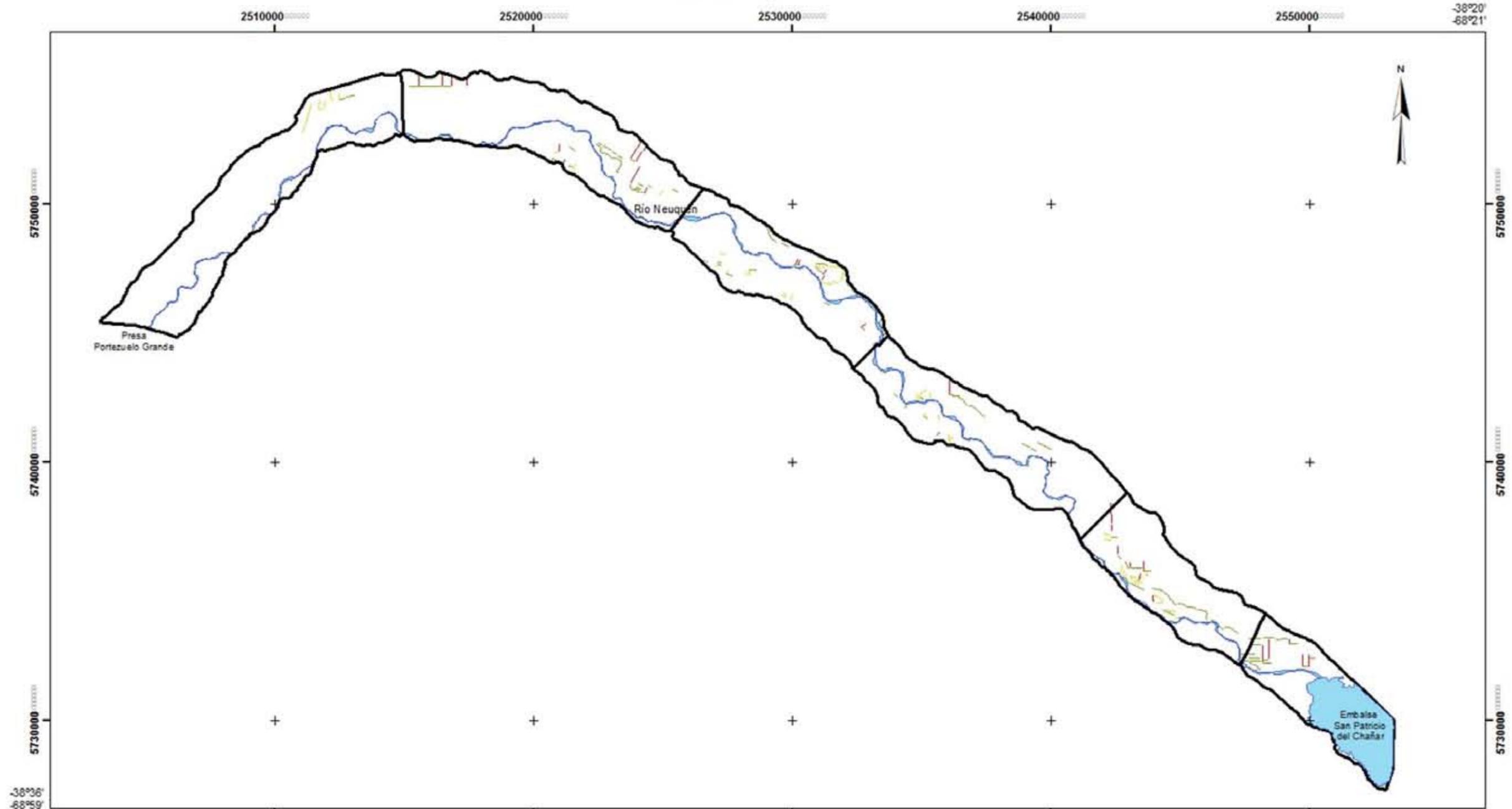
Edición: Lic. Andrea C. Bosisio  
Diciembre 2010

Carta Temática N° 17

# CARTA TEMÁTICA

## Hileras corta vientos

Departamento Añelo  
Provincia Neuquén



### UBICACIÓN



### LEYENDA

- Orientación**
- Oblicuo
  - Paralelo
  - Transversal



### DATOS CARTOGRAFÍA

Sistema de Referencia: WGS 84  
Proyección: Gauss Krüger-Faja 2  
Meridiano Central: -69°  
Latitud de Origen: -90°

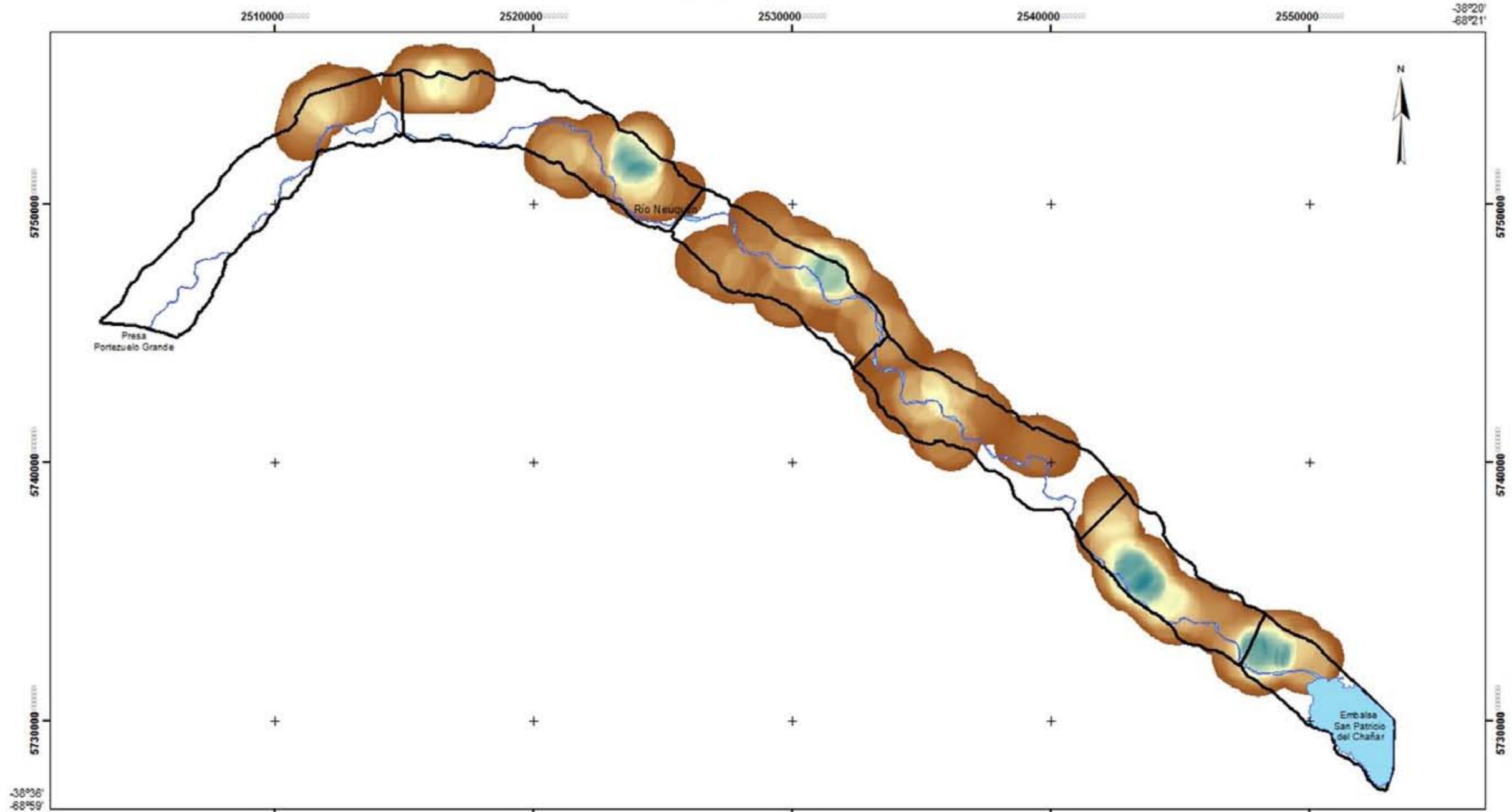
Edición: Lic. Andrea C. Bosisio  
Diciembre 2010

Carta Temática N° 18

# CARTA TEMÁTICA

## Densidad de hileras corta vientos

Departamento Añelo  
Provincia Neuquén



### UBICACIÓN



### LEYENDA

Densidad de hileras corta vientos:



### DATOS CARTOGRAFÍA

Sistema de Referencia: WGS 84  
Proyección: Gauss Krüger-Faja 2  
Meridiano Central: -69°  
Latitud de Origen: -90°

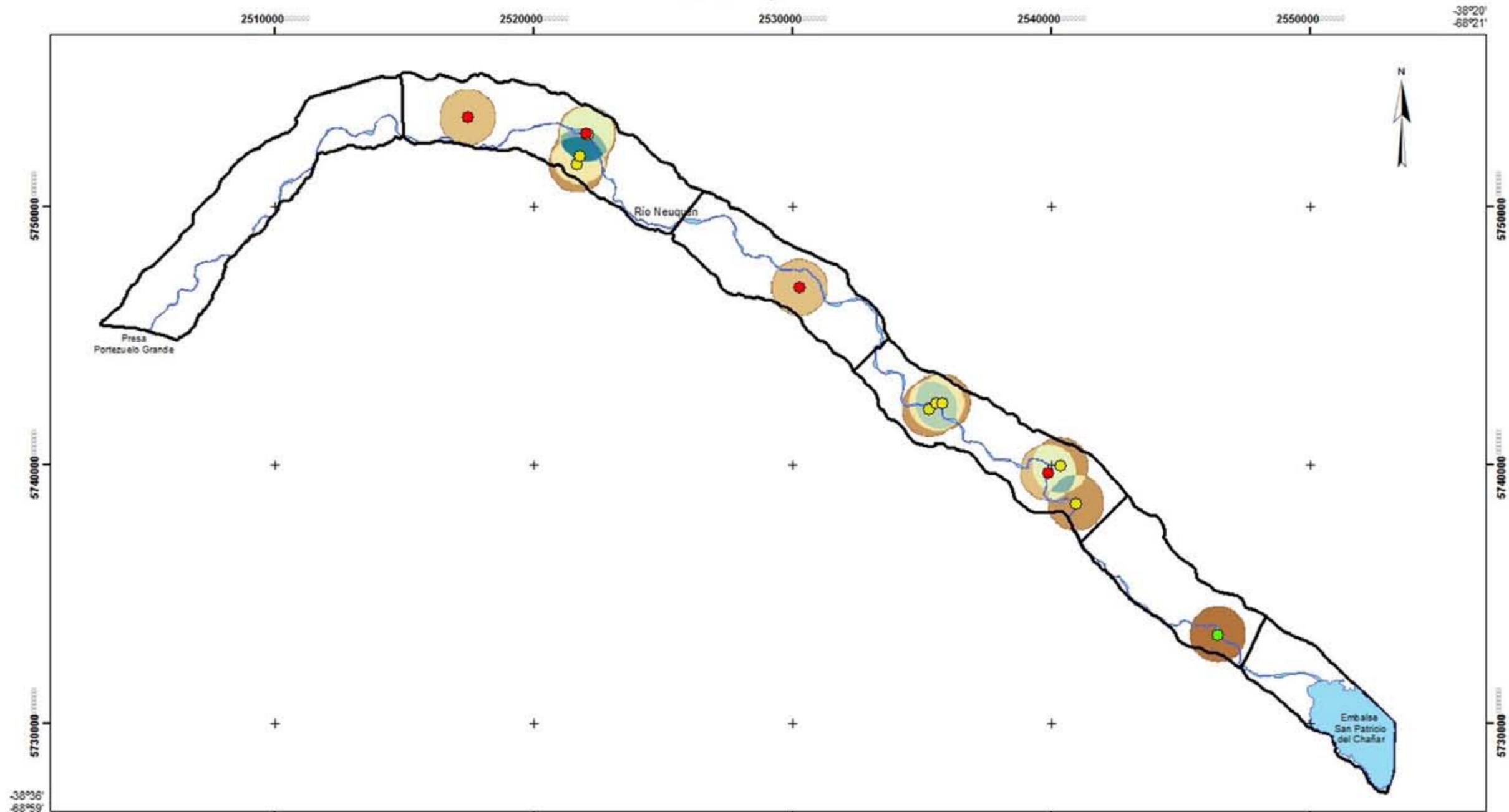
Edición: Lic. Andrea C. Bosisio  
Diciembre 2010

Carta Temática N° 19

# CARTA TEMÁTICA

## Densidad y Tipos de puentes

Departamento Añelo  
Provincia Neuquén



UBICACIÓN



### LEYENDA

**Densidad de puentes**

High : 2.49326  
Low : 0

**Tipos de puentes**

- Puente Peatonal
- Puente Metálico
- Terraplen alcantarillado



### DATOS CARTOGRAFÍA

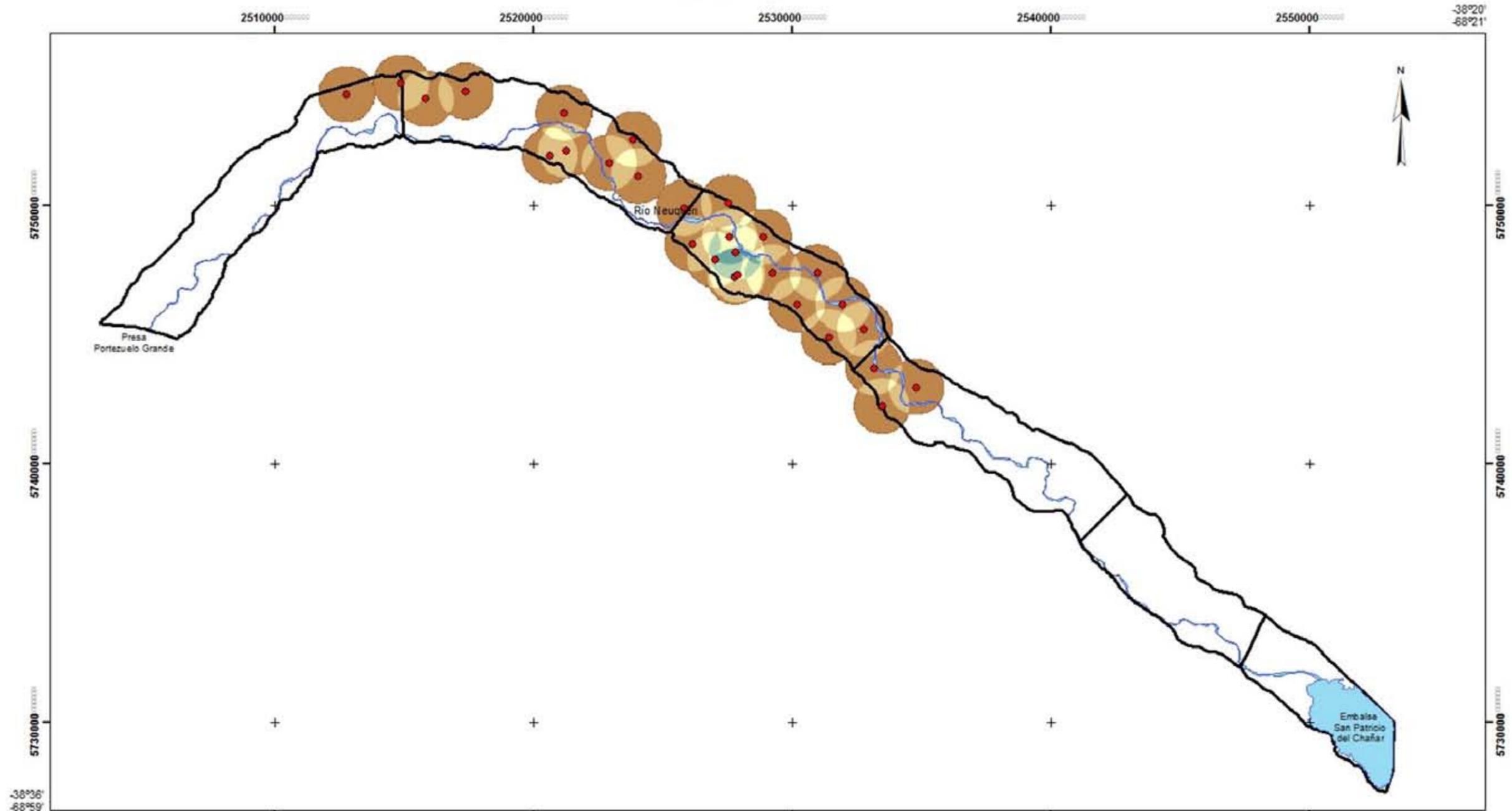
Sistema de Referencia: WGS 84  
Proyección: Gauss Krüger-Faja 2  
Meridiano Central: -69°  
Latitud de Origen: -90°

Edición: Lic. Andrea C. Bosio  
Diciembre 2010  
Carta Temática N° 20

# CARTA TEMÁTICA

## Densidad de pozos extractores de gas y petróleo

Departamento Añelo  
Provincia Neuquén



UBICACIÓN



**LEYENDA**  
**Densidad de pozos:**  
High : 1.66217  
Low : 0  
Pozos



**DATOS CARTOGRAFÍA**

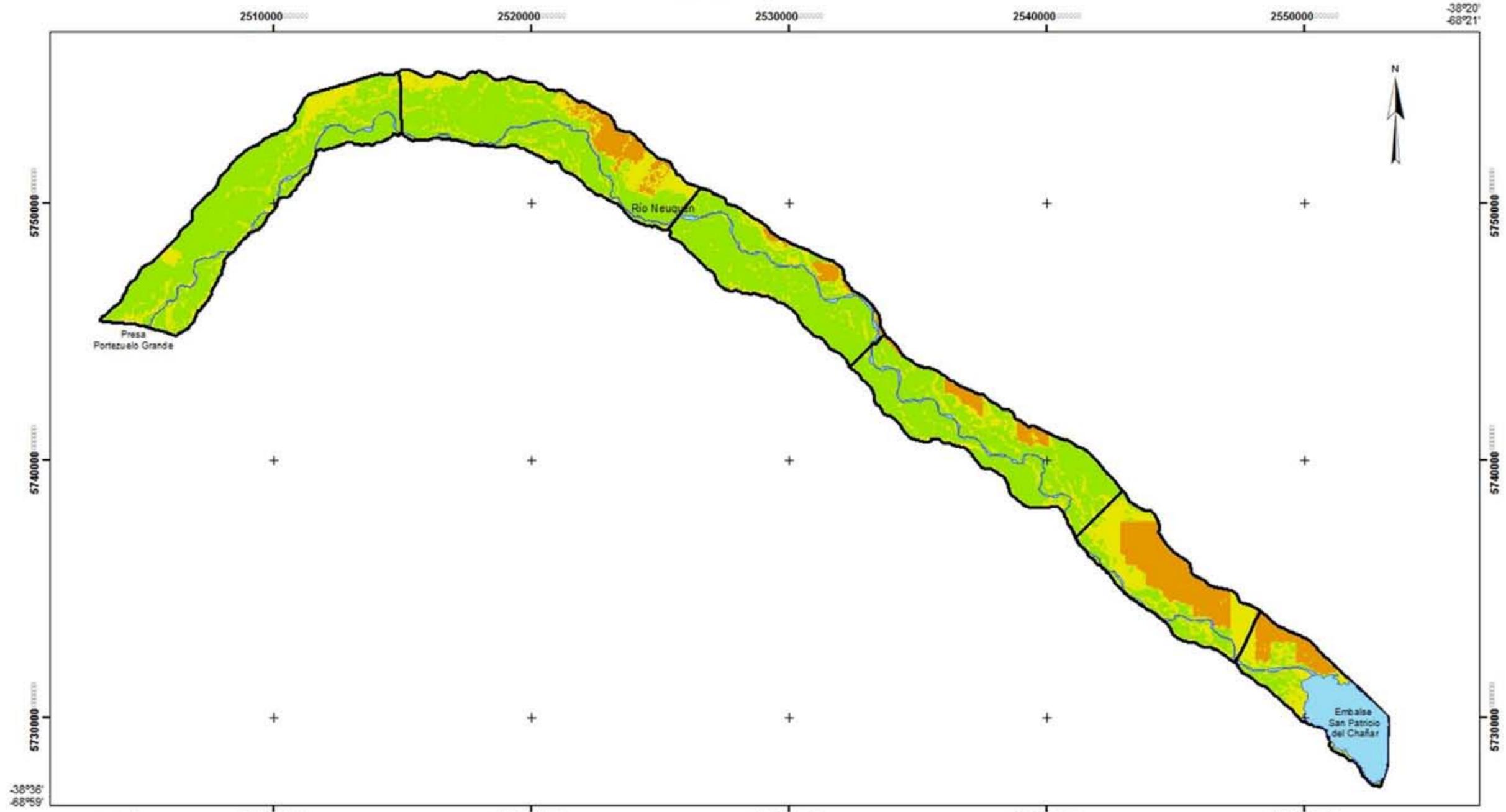
Sistema de Referencia: WGS 84  
Proyección: Gauss Krüger-Faja 2  
Meridiano Central: -69°  
Latitud de Origen: -90°

Edición: Lic. Andrea C. Bosisio  
Diciembre 2010

Carta Temática N° 21

# CARTA TEMÁTICA Submodelo Vegetación y Usos

Departamento Añelo  
Provincia Neuquén



-38°36'  
-68°59'

## UBICACIÓN



## LEYENDA

-  Baja rugosidad
-  Media rugosidad
-  Alta rugosidad



## DATOS CARTOGRAFÍA

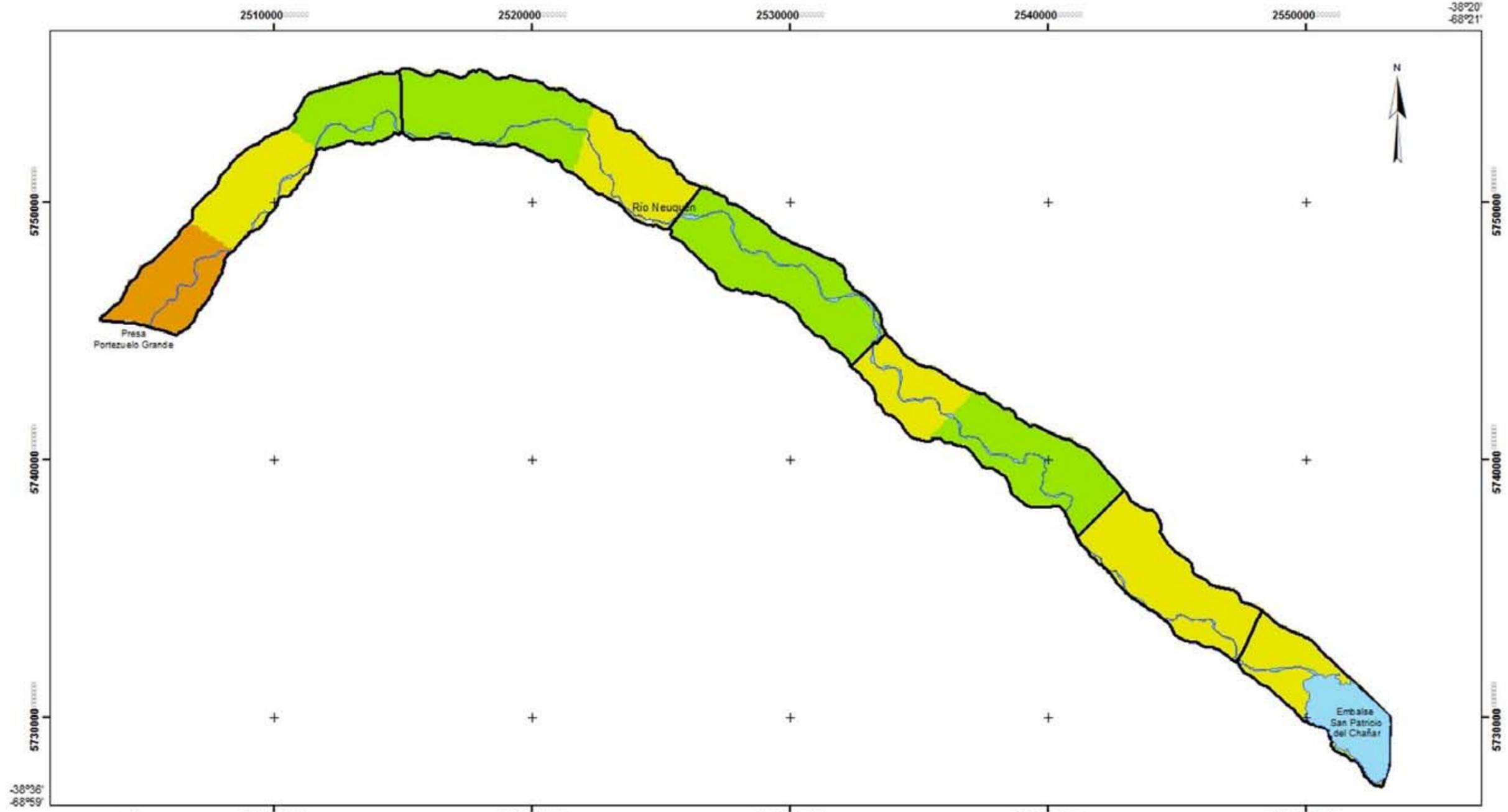
Sistema de Referencia: WGS 84  
Proyección: Gauss Krüger-Faja 2  
Meridiano Central: -69°  
Latitud de Origen: -90°

Edición: Lic. Andrea C. Bosisio  
Diciembre 2010

Carta Temática N° 22

# CARTA TEMÁTICA Submodelo Drenaje

Departamento Añelo  
Provincia Neuquén



## UBICACIÓN



## LEYENDA

Obstaculización al escurrimiento:

- Baja
- Media
- Alta



## DATOS CARTOGRAFÍA

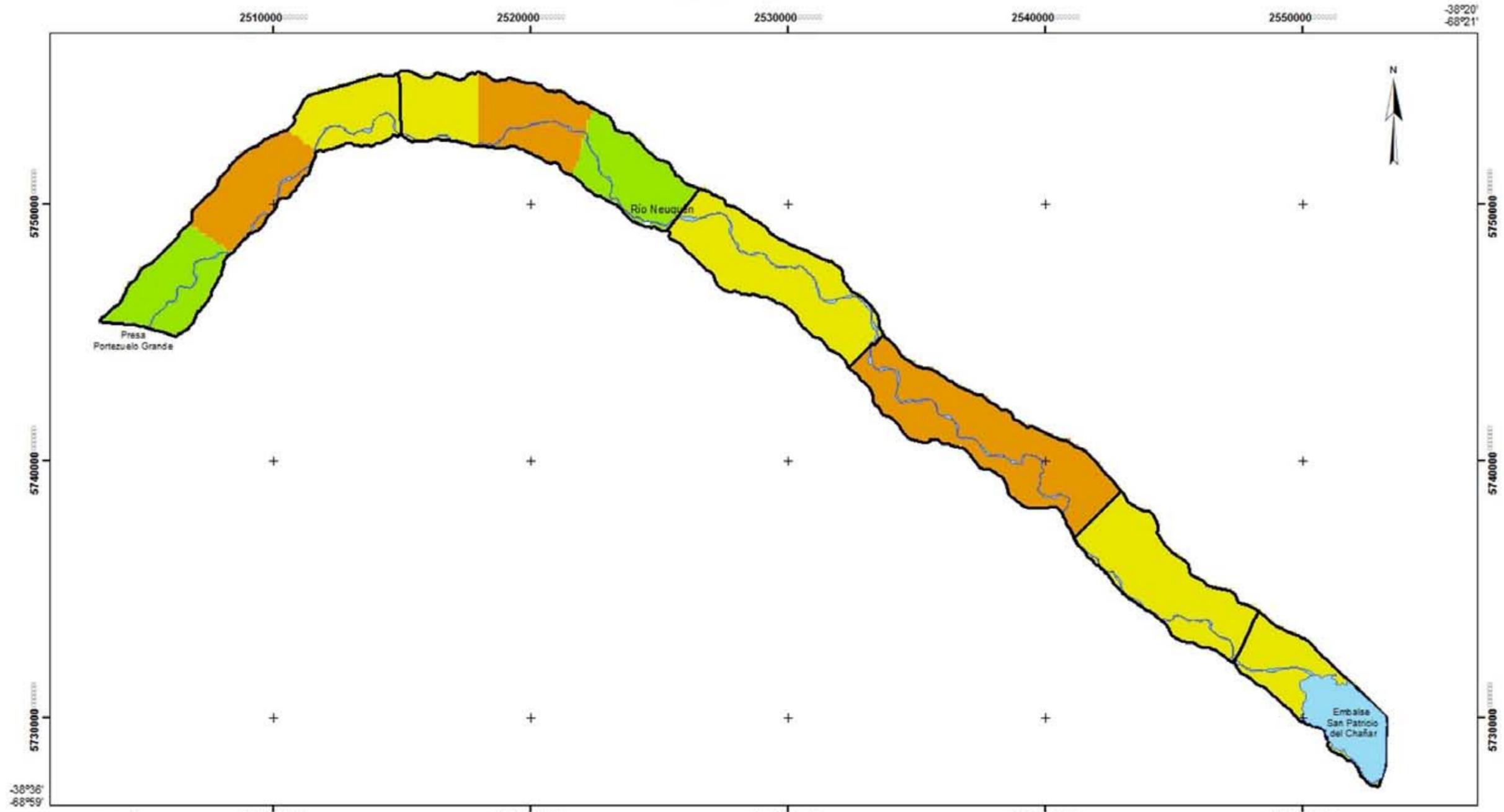
Sistema de Referencia: WGS 84  
Proyección: Gauss Krüger-Faja 2  
Meridiano Central: -69°  
Latitud de Origen: -90°

Edición: Lic. Andrea C. Bosisio  
Diciembre 2010

Carta Temática N° 23

# CARTA TEMÁTICA Submodelo Relieve

Departamento Añelo  
Provincia Neuquén



## UBICACIÓN



## LEYENDA

Obstaculización al escurrimiento:

-  Baja
-  Media
-  Alta



## DATOS CARTOGRAFÍA

Sistema de Referencia: WGS 84  
Proyección: Gauss Krüger-Faja 2  
Meridiano Central: -69°  
Latitud de Origen: -90°

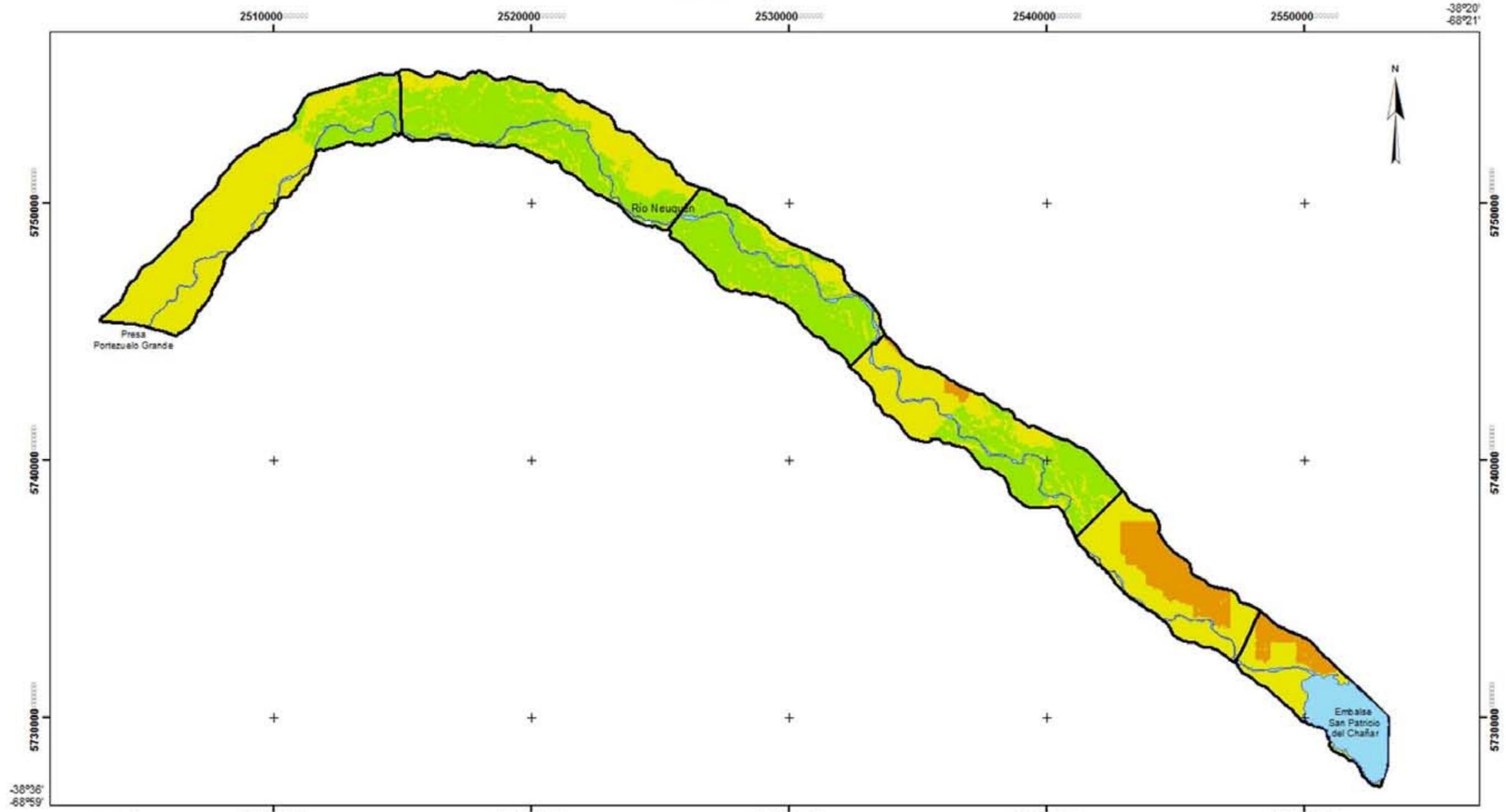
Edición: Lic. Andrea C. Bosisio  
Diciembre 2010

Carta Temática N° 24

# CARTA TEMÁTICA

## Modelo de análisis espacial de afectación a la escorrentía de inundación

Departamento Añelo  
Provincia Neuquén



**UBICACIÓN**



**LEYENDA**

- Afectación Baja
- Afectación Media
- Afectación Alta



**DATOS CARTOGRAFÍA**

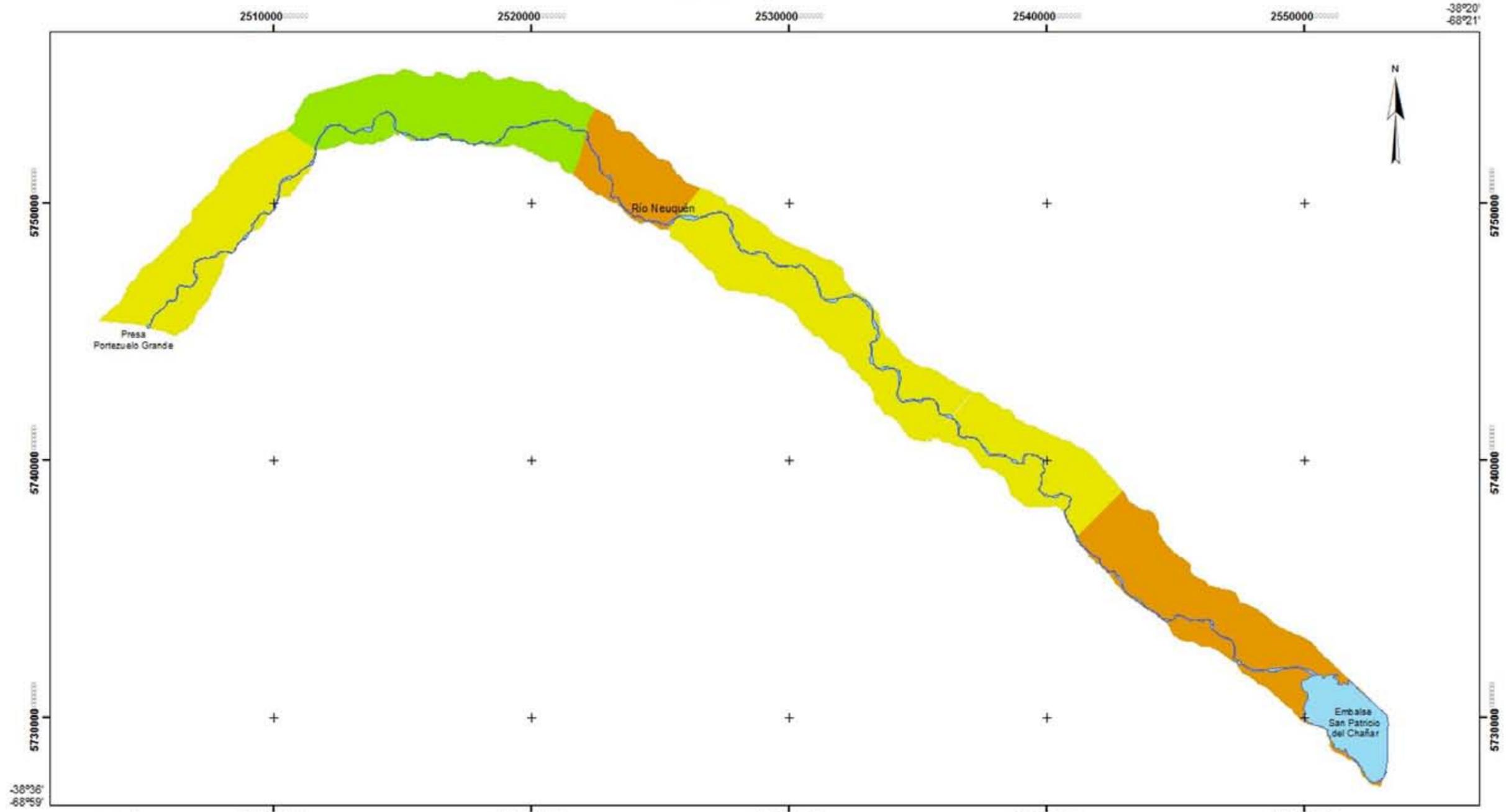
Sistema de Referencia: WGS 84  
 Proyección: Gauss Krüger-Faja 2  
 Meridiano Central: -69°  
 Latitud de Origen: -90°

Edición: Lic. Andrea C. Bosisio  
 Diciembre 2010

Carta Temática N° 25

# CARTA TEMÁTICA Subunidades de Gestión

Departamento Añelo  
Provincia Neuquén



## UBICACIÓN



## LEYENDA

-  Subunidad Testigo
-  Subunidad en Crecimiento
-  Subunidad Crítica



## DATOS CARTOGRAFÍA

Sistema de Referencia: WGS 84  
Proyección: Gauss Krüger-Faja 2  
Meridiano Central: -69°  
Latitud de Origen: -90°

Edición: Lic. Andrea C. Bosisio  
Diciembre 2010

Carta Temática N° 26

