

Informe de Progreso Técnico y Financiero

Donaciones para la Digitalización de Datos Red Temática de Ecosistemas



Preparado por: Claudio A. Quezada e Irma Vila

17/07/2009

1. Resumen Ejecutivo

Se presentan los resultados preliminares del proyecto de Mapeo y Clasificación de sistemas hídricos en la zona árida y sub-árida del Norte de Chile. Se entregan fichas preliminares para la clasificación de la presencia de sistemas hídricos pertenecientes a las clases “Sistema lótico”, “Sistema léntico” y “Salar”, de acuerdo a la ocurrencia en la cartografía oficial utilizada por servicios públicos. Se entregan las coberturas modificadas y se dejan disponibles en una página web de la institución. Los principales desafíos están referidos a la falta de criterios claros y objetivos en el tipo de clasificación de los sistemas hídricos, a pesar de ser utilizada ampliamente por los servicios públicos, y de que estas coberturas están a la venta y se distribuyen por los mismos servicios y a público general. De todas maneras se adoptó como válida esta clasificación, poniendo énfasis en la falta de criterios objetivos para definir las clases, fundamentalmente asociadas a la envergadura (caudal, ancho, etc.). Las principales dificultades están referidas al despliegue de los mapas generados en un servidor de oportunidad, por lo que se está gestionando entregar los mapas al servidor SINIAT de CONAMA (<http://territorial.sinia.cl>).

We present the preliminary results of the project Mapping and Classification of hydrological systems in arid and sub-arid zone of north Chile. We used the preliminary files for the classification of the hydrological systems status belonging to the following classes: “lotic systems”, “lentic systems” and “salty flats”, according to the presence in the official cartography used by public services. We give the modified shape files and they are put available at a web page of our institution. Main challenges are referred to the lack of clear and objective criteria for classification of the hydrological systems, although they are widely used, distributed and commercially sold by public organizations. Even so, we adopt this classification as valid for our work, putting attention in the absence of clear criteria to define classes, principally those associated to the system amplitude (such as flow, width, etc.) Principal difficulties refer to develop a public map server, to display the maps developed in this project. For this we are contacting CONAMA (National Environmental Commission of Chile) to put the maps on the SINIAT server (<http://territorial.sinia.cl>).

2. Resultados de los productos programados y alcances del proyecto

La clasificación nacional identificada en el presente proyecto está referida a la cartografía oficial utilizada por la Dirección General de Aguas, en base a la cartografía del Instituto Geográfico Militar. En los puntos 3 y 4 del presente informe se describirán con detalle los pro y los contras de dicha clasificación, resaltando que no existen claros criterios ni definiciones en la misma. Para efectos de los resultados preliminares, adoptamos como válida dicha clasificación.

Los sistemas lóticos son clasificados en “Río”, “Arroyo”, “Estero”, “Quebrada”, “Cajón”, “Canal” o “Zanjón”. No se describen los criterios de clasificación, ni están asociados a una medida de la envergadura del sistema (caudales).

Los sistemas lénticos son clasificados en “Lago”, “Laguna”, “Embalse” o “Tranque”. Del mismo modo, la clasificación es ambigua en el sentido de que no define claramente las características de cada sistema léntico.

Para efectos de la ocurrencia de los sistemas hídricos se adoptó como válida la existencia en la cobertura oficial de los servicios públicos, y por tanto, se utilizó en las tareas de unión espacial (ver punto 4. Metodología).

Los mapas de ecosistemas relacionados a la clasificación mencionada no pudieron ser ingresados en un servidor de oportunidad, ni tampoco fue posible contactar a Miguel Blanco (migblanco2005@gmail.com) para incorporar los mapas a un servidor a su cargo. En estos momentos se están realizando las gestiones para disponer los mapas en un servidor a cargo de CONAMA (Comisión Nacional para el Medio Ambiente de Chile), cumpliendo 2 objetivos: (i) desplegar las clasificaciones indicadas y la información relacionada en un servidor de mapas, y (ii) apoyar la filosofía IABIN entregando la información a servicios públicos competentes en Chile para que permita ser distribuidas.

De todas maneras, las coberturas generadas (de momento de forma preliminar) fueron incorporadas al sistema CASSIA y fueron depositadas en la página web del Departamento de Ecología de la Universidad de Chile:

<http://www.ciencias.uchile.cl/ecologia/jml/IABIN/>

3. Metodología empleada y actividades llevadas a cabo para alcanzar los productos programados

Debido al conocimiento del área (ver Fig. 1 en Anexos) y razones de tipo logístico, se visitó la zona Norte del país desde el 22 de Abril hasta el 9 de Mayo del año en curso. 5 personas entre profesionales y técnicos participaron de la actividad de terreno, de manera de maximizar la fidelidad de información a ser incorporada a la cobertura HydroSHEDS proporcionada por ETN-IABIN, y en particular, observar que cursos de agua permanecían con escurrimiento superficial en el período inmediatamente posterior a las precipitaciones estivales (lluvias de origen Amazónico). De esta forma pudimos discriminar con un grado de certeza mayor que cursos de agua efectivamente permanecen ajenos de recarga hídrica (atributo régimen de flujo **seco**), y visualizar aquellos cursos que podrían mantener escurrimiento durante el resto del año.

El itinerario de la visita a terreno consistió en:

- 1) Arica – Putre – Río Lluta – Lago Chungará – Río Caquena – Río Lauca – Salar de Surire – Quebradas de Camarones, Vitor, Acha, Tana y Chiza – Río San José (22 al 29 de Abril),
- 2) Antofagasta – Pica – Salar de Huasco – Río Collacagua – Río Chancacolla – Quebrada de Tarapacá – Salar de Coposa (30 de Abril al 3 de Mayo), y
- 3) Calama – Río Loa – Río San Pedro – Río Grande – Salares de Ascotán y Carcote (4 al 9 de Mayo).

En cada uno de los sectores visitados y donde fue posible (Fig. 2), se registró la permanencia del flujo hídrico, origen (fuente) del escurrimiento, substrato (limo, fango, arena, gravilla, bolones, piedras), turbiedad (agua transparente o turbia), pH, temperatura (° C), conductividad (uS/cm), sólidos disueltos (ppm), ancho promedio (2 a 10 mediciones), profundidad promedio (9 a 25 mediciones) y se registraron observaciones cualitativas para completar la ficha tipo proveída por TNC. En 41 de los 200 sitios visitados se registró completamente la información mencionada anteriormente, de tal manera de poder aplicar el formato estándar para ecosistemas de aguas dulces al menos a las 35 localidades comprometidas en la propuesta de trabajo. En el resto de los sitios se registró información parcial, o bien, se registró “curso fluvial seco” (en ocasiones registrando el sustrato).

Posteriormente se efectuó la recopilación bibliográfica necesaria para completar el formato estándar para ecosistemas de aguas dulces ETN-IABIN y para describir las clases dentro de la clasificación de ecosistemas oficial en Chile. Se registraron diversas fuentes de información (tanto informes pertenecientes al Laboratorio de Limnología, como informes de servicios públicos) y se mantuvo únicamente información relevante, o que permitía la discusión de aspectos en el siguiente punto (4. Lecciones aprendidas, problemas y soluciones viables). Estas fuentes bibliográficas están listadas en la tabla N° 1 y han sido revisadas para poder incorporar los atributos requeridos al menos a los 35 sitios comprometidos en la propuesta de proyecto (segmentos fluviales, sistemas lénticos o salares).

El siguiente paso consistió en realizar el cruzamiento de información utilizada por los servicios públicos (mapoteca oficial utilizada por la Dirección General de Aguas y realizada en base a cartografía del Instituto Geográfico Militar) y la cobertura HydroSHEDS entregada por ETN-IABIN en el software ArcGIS 9.3. Se utilizó el comando “spatial join”, (JOIN_ONE_TO_ONE, match option CLOSEST, 500 metros search radius) con las coberturas vectoriales de líneas. Posteriormente una edición manual fue necesaria para chequear que el cauce principal de cada cuenca perteneciera a la categoría TIPE = “Río”. De esta manera se incorporaron los campos NAME y TIPE a la cobertura HydroSHEDS.

Las coberturas de polígonos entregadas por ETN-IABIN no corresponden completamente a la cobertura de sistemas lóticos, salares y glaciares que maneja la DGA. Por lo tanto se optó por realizar una unión espacial (Spatial join, JOIN_ONE_TO_ONE, opción INTERSECTS), posteriormente una unión de las coberturas (Union) y luego una intersección (Intersect), de manera tal de transferir las propiedades de nombre y tipo, además de la topología oficial.

Finalmente, para cumplir con los 3 sistemas indicados en la propuesta de proyecto con la aplicación del formato estándar para ecosistemas de aguas dulces ETN-IABIN, se sistematizó la información recopilada en terreno, y se relleno el formato estándar en 3 sitios: (a) Quebrada Iquilla cerca de Alcérreca, (b) Salar de Surire y (c) Lago Chungará, fichas que están disponibles en:

http://ciencias.uchile.cl/ecologia/jml/IABIN/fichas_preliminares.xls

Los 3 registros preliminares con los atributos indicados en la planilla Excel fueron agregados como “atributos piloto”, de manera tal de modificar y/o agregar otros atributos. La descripción de dichos atributos se encuentra en la misma planilla Excel. De ser aceptados los atributos, serán incorporados a las coberturas HydroSHEDS y NewLakesDD84 con las mismas metodologías de Unión espacial (Spatial join) descritas anteriormente, e incorporados el resto de información colectada en terreno. Las coberturas pueden ser obtenidas en:

<http://www.ciencias.uchile.cl/ecologia/jml/IABIN/SistemasLenticos.zip>
<http://www.ciencias.uchile.cl/ecologia/jml/IABIN/SistemasLoticos.zip>

4. Lecciones aprendidas, problemas y soluciones viables

El primer desafío enfrentado fue que ni los servicios públicos, instituciones académicas u organismos privados en Chile disponen de una clasificación de ecosistemas acuáticos acorde al mapeo de sistemas hídricos encargados por ETN-IABIN. La cartografía oficial levantada a mediados de 1900 por el Instituto Geográfico Militar (IGM) clasificó los sistemas lóticos en “Río”, “Arroyo o Estero” y “Quebrada”, y los sistemas lénticos en “Lago”, “Laguna”, “Embalse”, además de clasificar ciertos sistemas como “Salares”, “Glaciares”, “Ventisquero” y “Campos de Hielo”. Sin embargo, los criterios de la fotointerpretación cartográfica no están disponibles, ni tampoco están públicas las definiciones de los sistemas acuáticos. El personal del área ventas del IGM no conoce los criterios utilizados en el desarrollo de la cartografía, a pesar de que está a la venta al público general.

Actualmente la Dirección General de Aguas (DGA) en Chile utiliza como información cartográfica base las coberturas derivadas del IGM, e igualmente desconocen los criterios y definiciones en la clasificación hídrica. Sin embargo, la DGA posee estaciones de monitoreo de caudales en ciertos sistemas hídricos,

pero estos corresponden principalmente a cursos lóticos de tipo “Río”. En consecuencia, en la actualidad no es posible determinar con certeza en todos los sitios si la ocurrencia de un sistema hídrico corresponde o no a la ocurrencia real, ni tampoco es posible determinar el tipo de sistema hídrico o su envergadura (caudal), si no es mediante la visita a cada sitio en particular, y al menos en 2 ocasiones al año (estiaje y crecida).

Existe, sin embargo, un sistema de clasificación de humedales (definición amplia: Ramsar, Irán, 1971) propuesto por el Centro de Ecología Aplicada (CEA) para la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA)¹. Su clasificación está basada en un enfoque ecosistémico, utilizando diversas metodologías SIG raster (resolución de 1 km por pixel), y la definición de factores forzantes (clima, hidrología, topografía, suelos) para lograr la definición de ecotipos (escorrentía, evaporación, marino, costero, sin ecotipo) para todo el país, pero calibrados únicamente desde los 23° latitud hacia el Sur. CEA-CONAMA (2006) además proponen la clasificación de humedales con la utilización imágenes Landsat, sin embargo, es necesario que la envergadura del sistema (medida como ancho) sea mayor a la resolución mínima (15 m si se realiza una fusión con el pancromático). A pesar de que es posible obtener escalas de trabajo bastante reducidas (1:50000 y menos), dicha tarea resulta prohibitiva por los recursos necesarios para ser implementadas en iniciativas como ETN-IABIN. Una evaluación de su eficiencia (resultados no mostrados de clasificación supervisada de imágenes Landsat) sugiere que al menos para la zona árida y sub-árida de Chile (17° a 23° latitud Sur) no es posible utilizarla, además el promedio del ancho de los sistemas lóticos medidos durante la visita a terreno es de 3.2 metros (n=92, S.D=3.71, máx=19.83 m, min=0.48 m).

Ciertamente, la clasificación oficial de sistemas hídricos es una tarea que debe ser implementada por los servicios públicos de Chile, y el presente proyecto servirá para entregar sugerencias a CONAMA a este respecto. Adoptamos como válidas las coberturas utilizadas por la DGA, a pesar de existir inexactitud en su definición y clasificación.

Un segundo tema está referido a la escasa y dispersa información para complementar la clasificación propuesta en el presente proyecto. No existe en la bibliografía información estructural del hábitat fluvial que permita completar el formato estándar para ecosistemas de aguas dulces ETN-IABIN, sino es levantada expresamente en terreno. A pesar de que el Laboratorio de Limnología, a través de su directora (prof. Irma Vila) ha mantenido constantes visitas a numerosos sitios de la zona árida y sub árida del país, sería conveniente proponer un registro para considerar la variabilidad intra e inter anual en las variables requeridas por ETN-IABIN, a través de la visita regular a los sitios considerados de interés.

¹ CEA-CONAMA. 2006. Protección y manejo sustentable de humedales integrados a la cuenca hidrográfica. Informe final, Contrato CONAMA N° 31-22-001/05.

5. Fondos de Contrapartida (adjunto el Reporte de gastos de contrapartida en tabla de Excel)

Los fondos de contrapartida aportados por la Universidad de Chile para el semestre 1 del año en curso, consistieron en la facilitación de personal técnico y profesional para realizar la actividad de terreno (19 días, 4 profesionales y 1 técnico) y la facilitación de profesionales para realizar la recopilación bibliográfica durante 10 días. Para la actividad de terreno se valorizó el día de trabajo (8 horas hombre) a $0.8 \text{ UF}^2/\text{hora}$, independiente del número de profesionales y técnicos participantes. El cálculo se obtuvo de la siguiente manera: $19 \text{ días} \times 8 \text{ horas/día} \times 0.8 \times \text{UF/hora} = \text{CLP } \$2,675,000$ (USD \$ 4,693). La actividad de recopilación bibliográfica se calculó en base a $10 \text{ días} \times 8 \text{ horas/día} \times 0.5 \text{ UF/hora} = \text{CLP } \$1,760,000$ (USD \$ 3,088), igualmente de forma independiente del número de profesionales que participaron.

Adicionalmente al personal técnico, se valorizó el trabajo del departamento administrativo a cargo del Sr. Pedro Arancibia en CLP \$285,000 (USD \$ 500). El suministro de equipo para terreno (pHímetro, conductivímetro, termómetro) fue valorizado en CLP \$190,000 (USD \$333) y la infraestructura física aportada en CLP \$150,000 (USD \$263). El total de gastos de contrapartida asciende a CLP \$5,060,200 (USD \$8,878).

6. Reporte Financiero (adjunto el Reporte de gastos en tabla de Excel)

Los gastos incurridos en la primera etapa del presente proyecto pertenecen al rubro gastos operativos, comprendiendo una actividad de terreno para visitar diversas zonas en el norte del país. Durante los 19 días de terreno, se requirió desplazar equipamiento y personal técnico y profesional hasta la zona norte de Chile (Santiago se encuentra a 2050 km de Arica). Se adquirieron 5 pasajes de avión a distintas localidades (Stgo-Arica, Stgo-Antofagasta, Stgo-Calama: CLP \$355,490, USD \$623). Para desplazarse en dichas localidades se necesitó el arriendo de vehículos (CLP \$881,938, USD \$1,547) y cubrir los gastos asociados (combustible principalmente, CLP \$164,079, USD \$288). Además se cubrió el alojamiento y alimentación durante los 19 días de terreno para los 5 profesionales y técnicos que participaron bajo el ítem viáticos (CLP \$940,000, USD \$1,649). Por último, durante las diversas visitas a terreno, se requirió la compra de material fungible (frascos y cajas plásticas, material de terreno, entre otros, CLP \$88,883, USD \$156), además del envío de encomiendas hacia y desde Santiago (CLP \$63,424, USD \$111). El total de gastos corresponde a CLP \$2,493,774 (USD \$4,375).

² UF corresponde a una unidad de fomento, calculada en CLP \$22,000 (equivalente a U\$38.6)

7. Anexos

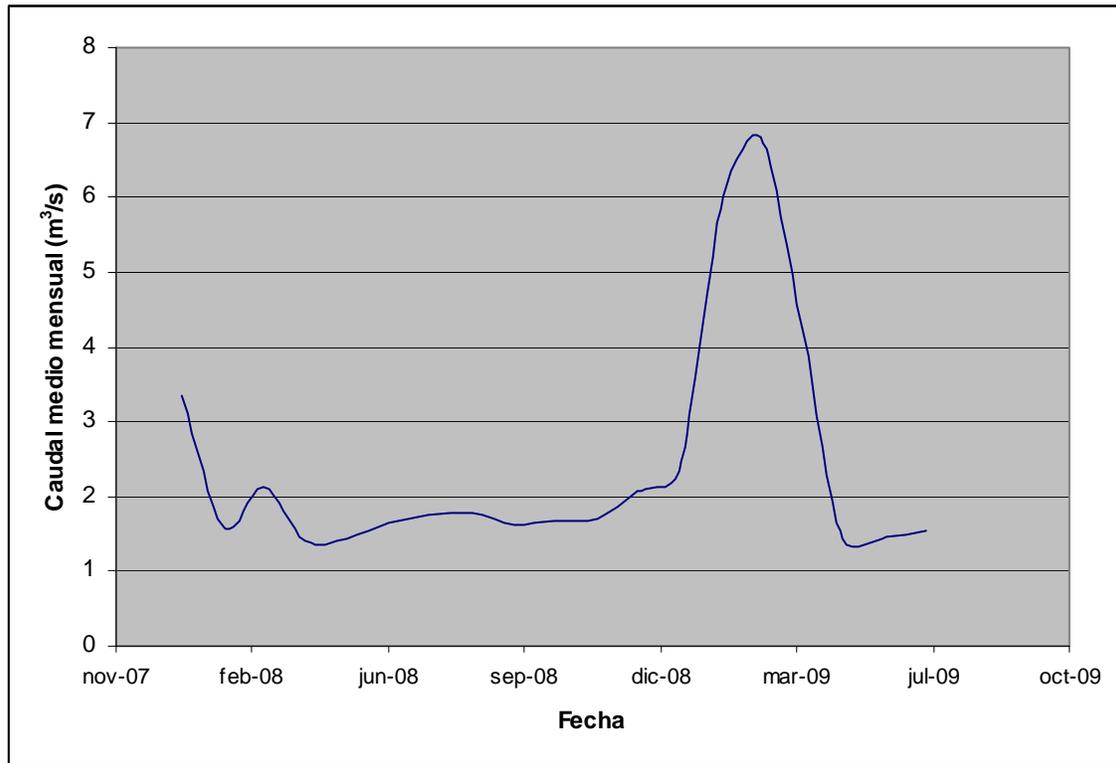


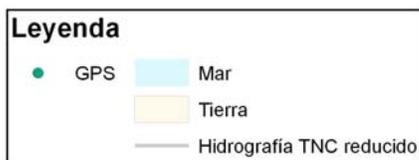
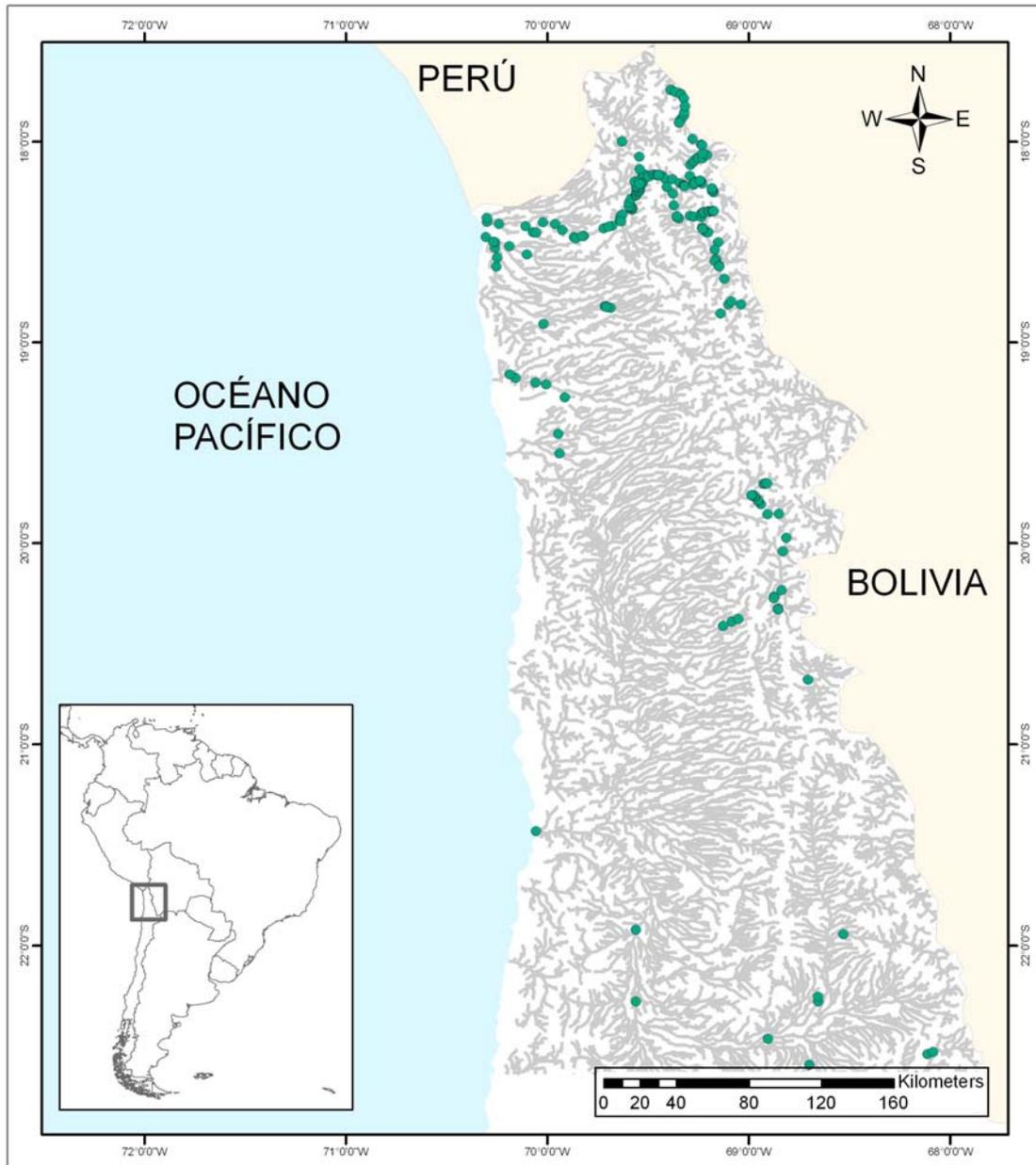
Figura 1. Caudal medio mensual en la estación DGA Lluta en Alcérreca. Se observa la influencia de las lluvias estivales de origen Amazónico en los meses de Verano.

Tabla N° 1. Fuentes bibliográficas revisadas en durante la primera fase del proyecto en curso.

Referencia	Observaciones
1. Aceituno P. 1997. Aspectos generales del clima en el altiplano sudamericano. En : El Altiplano, Ciencia y Conciencia de los Andes. 63-69. R.Charrier (Ed.). Universidad de Chile.	Registro histórico del clima altiplánico.
2. Beja J.. 2003. Estudio y modelación de la hidrodinámica y calidad de aguas del lago Chungará. Memoria Ingeniería Civil. Facultad de Ciencias Físicas y matemáticas. Universidad de Chile. 123 pp.	Modelación hidrodinámica del lago Chungará.
3.CEA. CONAMA. 2006. Protección y manejo sustentable de los humedales integrados a las cuencas hidrográficas. Inform. Final 114 pp.	Clasificación de los humedales (sistemas someros) de Chile.
4.DGA (MOP)- Universidad de Chile. 1996.	Estudio de la calidad física y química del

Análisis del efecto del material particulado en aguas de riego. I-IX región. Antecedentes preliminares. SIT 36.	material disuelto y particulado en ríos I a IX regiones.
5.DGA (MOP)- Universidad de Chile. 2000.Análisis de requerimientos hídricos de vegas y bofedales. I y II Región. Informe Final.	Estudio de la calidad física y química de sistemas acuáticos de I y II Región.
6.Dorador, C., R. Pardo e I. Vila. 2003. "Variaciones temporales de parámetros físicos, químicos y biológicos de un lago de altura: el caso del lago Chungará". Revista Chilena de Historia Natural 76: 15-22.	Relación de la calidad física y química con la productividad biológica del lago.
7.Karzulovic y Edwards. 1981.Plan maestro de acción inmediata para el sistema de riego del valle de Azapa.	Carta batimétrica del lago Chungará.
8.Klohn, W. 1972. Hidrografía de las zonas desérticas de Chile. J. Burz Ed. CHI 35. PNUD.	Aspectos físicos y químicos de sistemas acuáticos de I a III regiones de Chile.
9.Keller,B. and D. Soto. 1998. Hydrogeologic influences on the preservation of Orestias ascotanensis (Teleostei: Cyprinodontidae) in salar de Ascotán, northern Chile. Revista Chilena de Historia Natural. 71:147-156	Discute el origen, calidad química y recorrido del agua al Salar de Ascotán
10.OCHSENIUS, C. 1974. Relaciones paleobiogeográficas y paleoecológicas entre los ambientes lénticos de la Puna de Atacama y el Altiplano Boliviano, Trópico de Capricornio. Boletín de Prehistoria de Chile. N°7-8: 99-138. Univer rsidad de Chile. Santiago. Chile.	Lista y relata las características físicas y químicas de los sistemas acuáticos entre Arica y Vallenar.
11.RISACHER, F.,H. ALONSO and C. SALAZAR. 2003. The origin of brines and salts in Chilean salars: a hydrochemical view. Earth-Science reviews 63:249-293	Caracterización física y química de los sistemas altiplánicos.
12.SALAZAR, C. 1997. Hidrología del Sector altiplánico chileno. P.71-77. In: El Altiplano, Ciencia y Conciencia de los Andes. R.Charrier (Ed.). Universidad de Chile. Santiago, Chile.	Detalla las variaciones y comportamiento hídrico de sistemas altiplánicos.

13. Villwock, W., Kies, L., Thiedig, F. and R. Toman. 1985. Investigaciones geológicas y ecológicas en el Lago Chungará/ norte: objetivos y primeros resultados. Idesia 9: 21-34.	Relaciona profundidad y área del lago Chungará.
---	---



Laboratorio de
Limnología

Figura 2. Área de estudio del presente proyecto, incluyendo la hidrografía TNC reducida (cobertura HydroSHEDS) y los lugares visitados (georeferenciados: cobertura GPS) durante la visita a terreno.

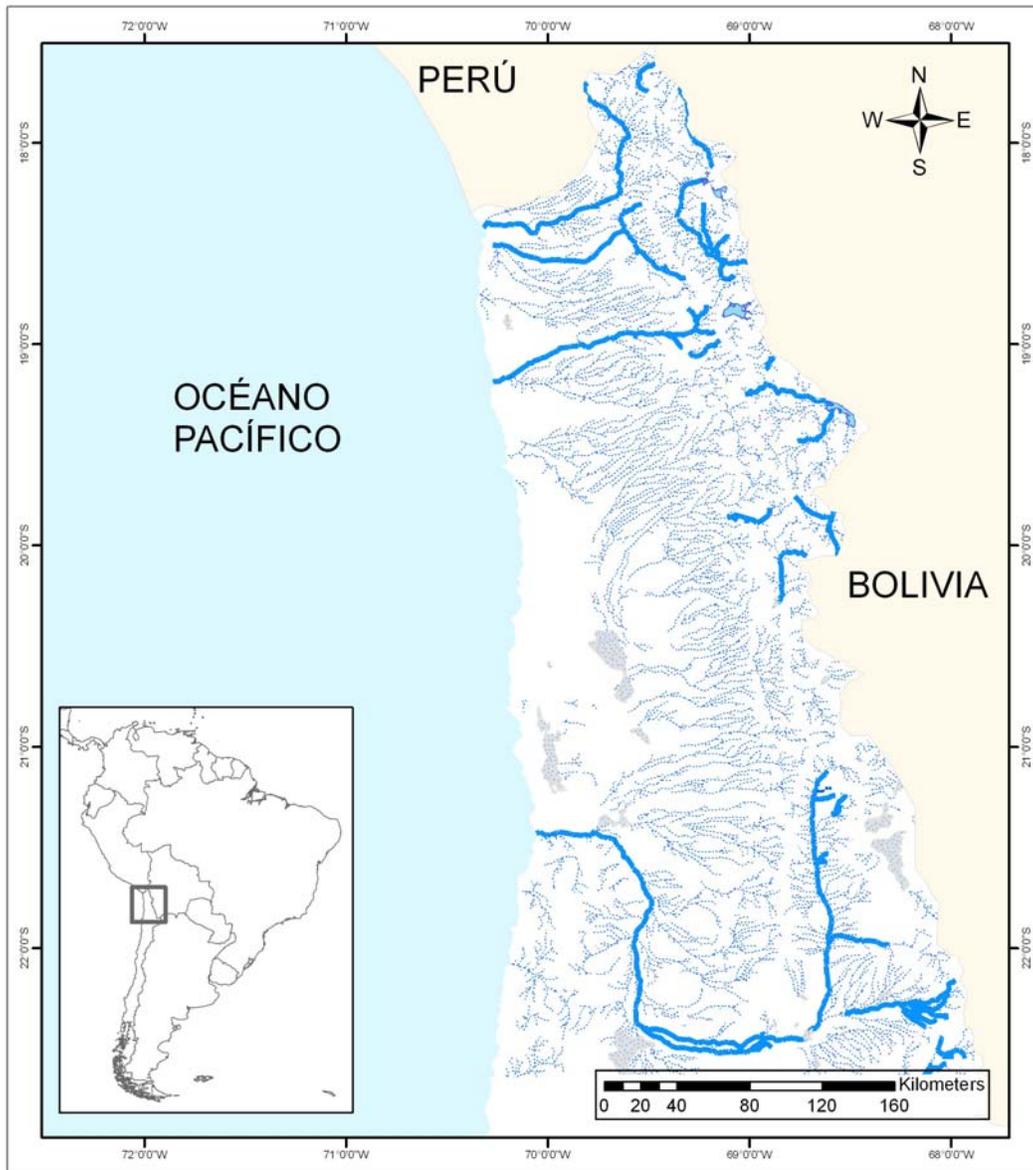


Figura 3. Área de estudio del presente proyecto, incluyendo la hidrografía TNC final (cobertura HydroSHEDS) y la cobertura de sistemas lóticos y salares final.