



Agua y Litio

Una relación muy cercana

Situación de los recursos hídricos en la zona del Salar de Uyuni y su relación con el proyecto de litio



Antecedentes



https://es.wikipedia.org/wiki/Geograf%C3%ADa_de_Bolivia#/media/Archivo:Bolivia_satelite.png

<https://pasaporteymillas.com/como-llegar-al-salar-de-uyuni/>

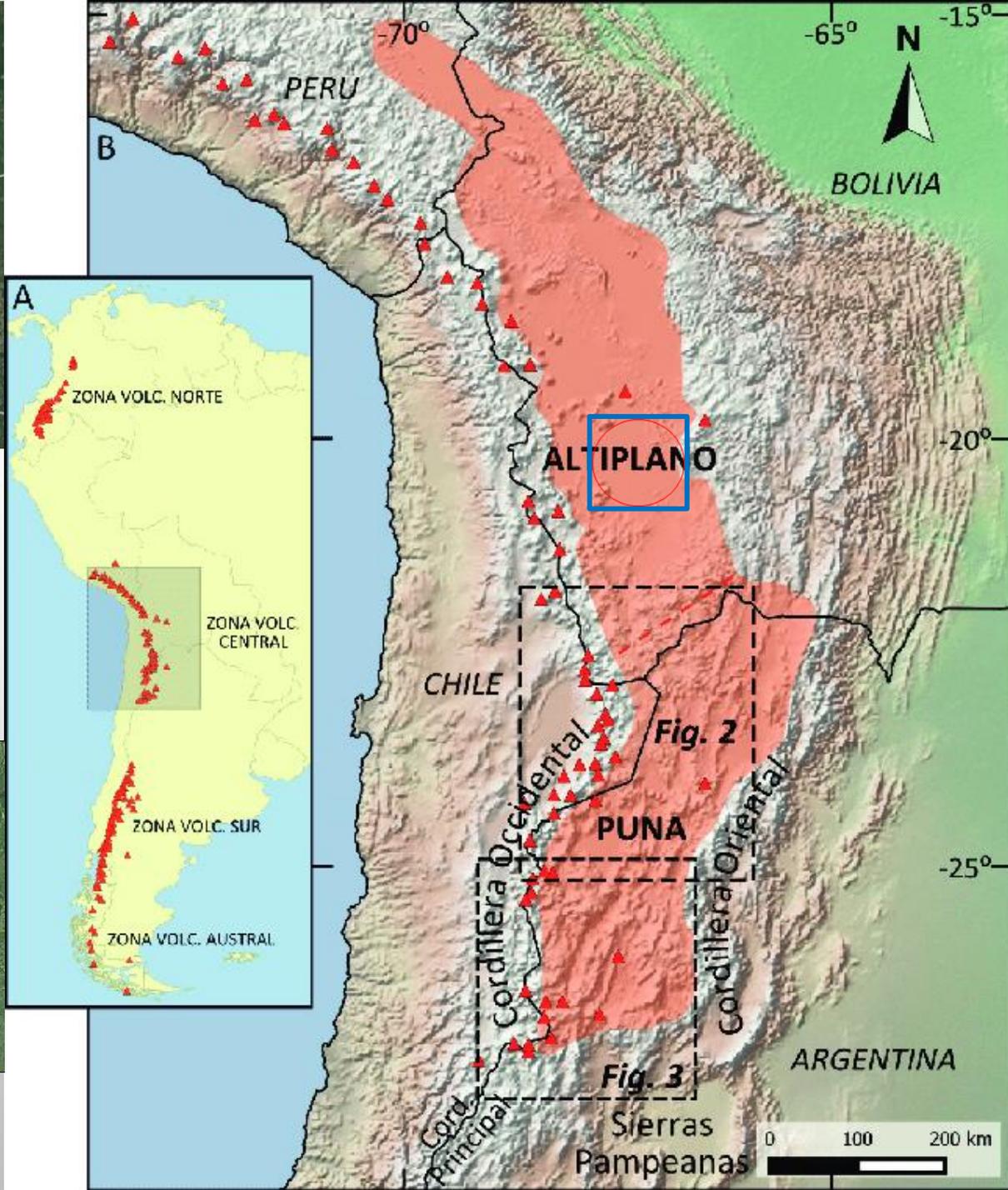




<https://pasaporteymillas.com/como-llegar-al-salar-de-uyuni/>

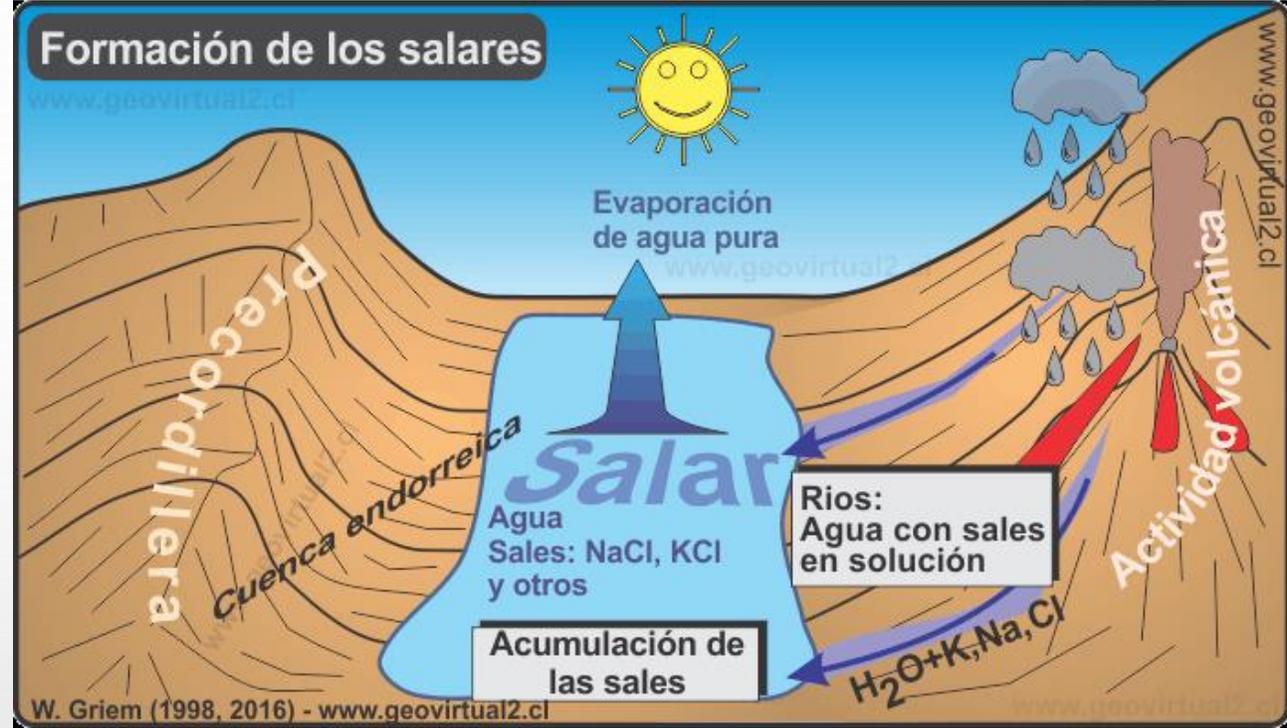


<https://rceni.com/triangulo-del-litio-argentina-bolivia-chile/>



A) Mapa de Sudamérica con las zonas volcánicas de los Andes; B) Mapa de la Zona Volcánica Central de los Andes con localización del Altiplano-Puna. En ambos mapas los triángulos marcan los volcanes considerados activos o potencialmente activos (Siebert et al. 2010). Modificado de Grosse y Guzmán (2017).

https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-A-Mapa-de-Sudamerica-con-las-zonas-volcanicas-de-los-Andes-B-Mapa-de-la-Zona_fig1_322083898



<http://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap05g-2.htm>

https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-A-Mapa-de-Sudamerica-con-las-zonas-volcanicas-de-los-Andes-B-Mapa-de-la-Zona_fig1_322083898

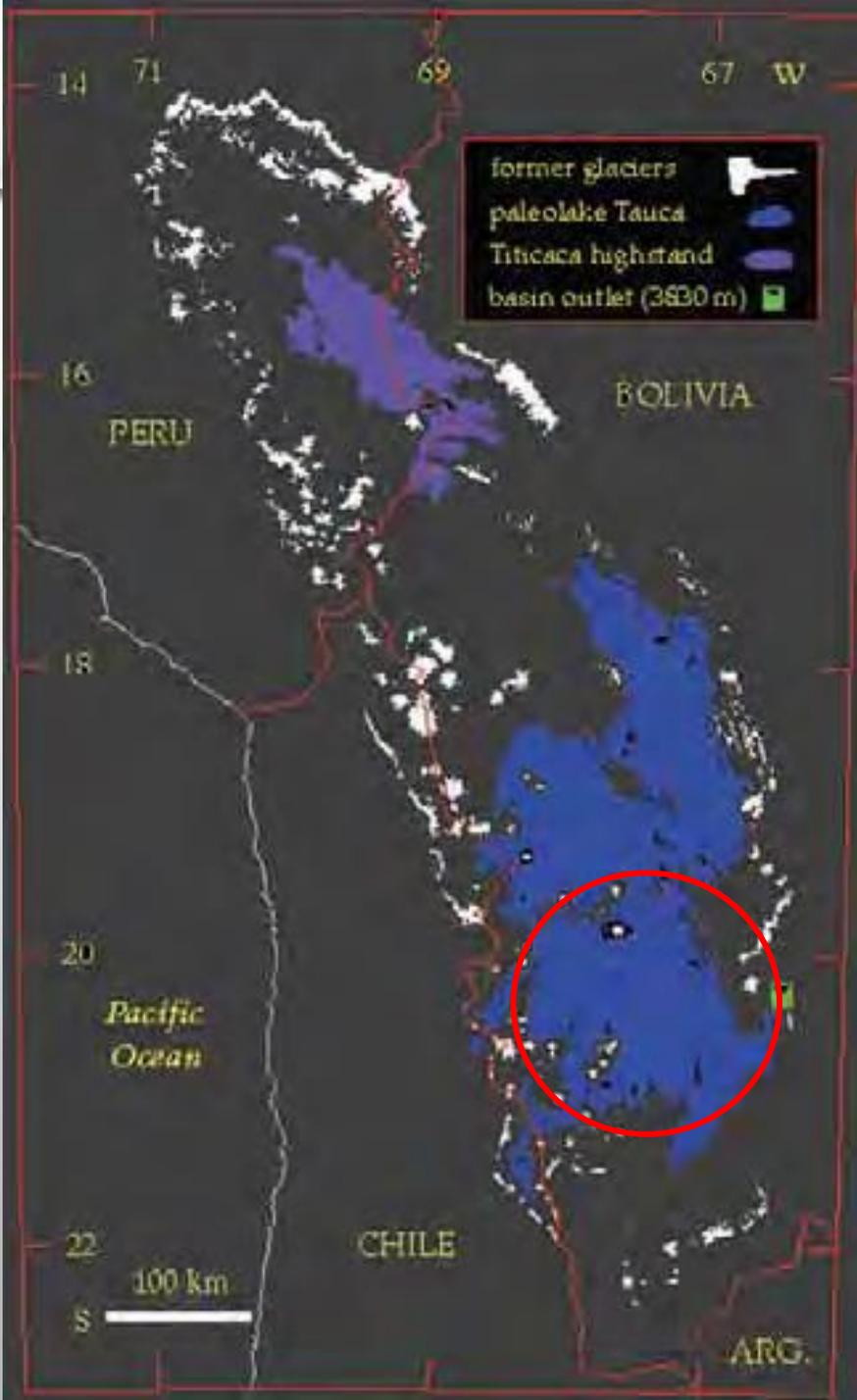


**Dinámica del Sistema
Hidrológico**

Fuente: Molina Carpio, 2007.



Fuente: Modificado de Tardy, 1969. Citado por TERRAE, 2020.



El Lago TAUCA

Entre 26.000 y
13.800 años AP.

Fuente: Blodgett *et al* (1997).
Citado por Molina Carpio, 2007.



Servant y Fontes, 1978

PALEOLAGO TAUCA
13.000 - 10.000 AÑOS A.P.

3700-3720 msnm

Titicaca
3815 msnm

Poopo
3686 msnm

Coipasa
3656 msnm

Uyuni
3653 msnm

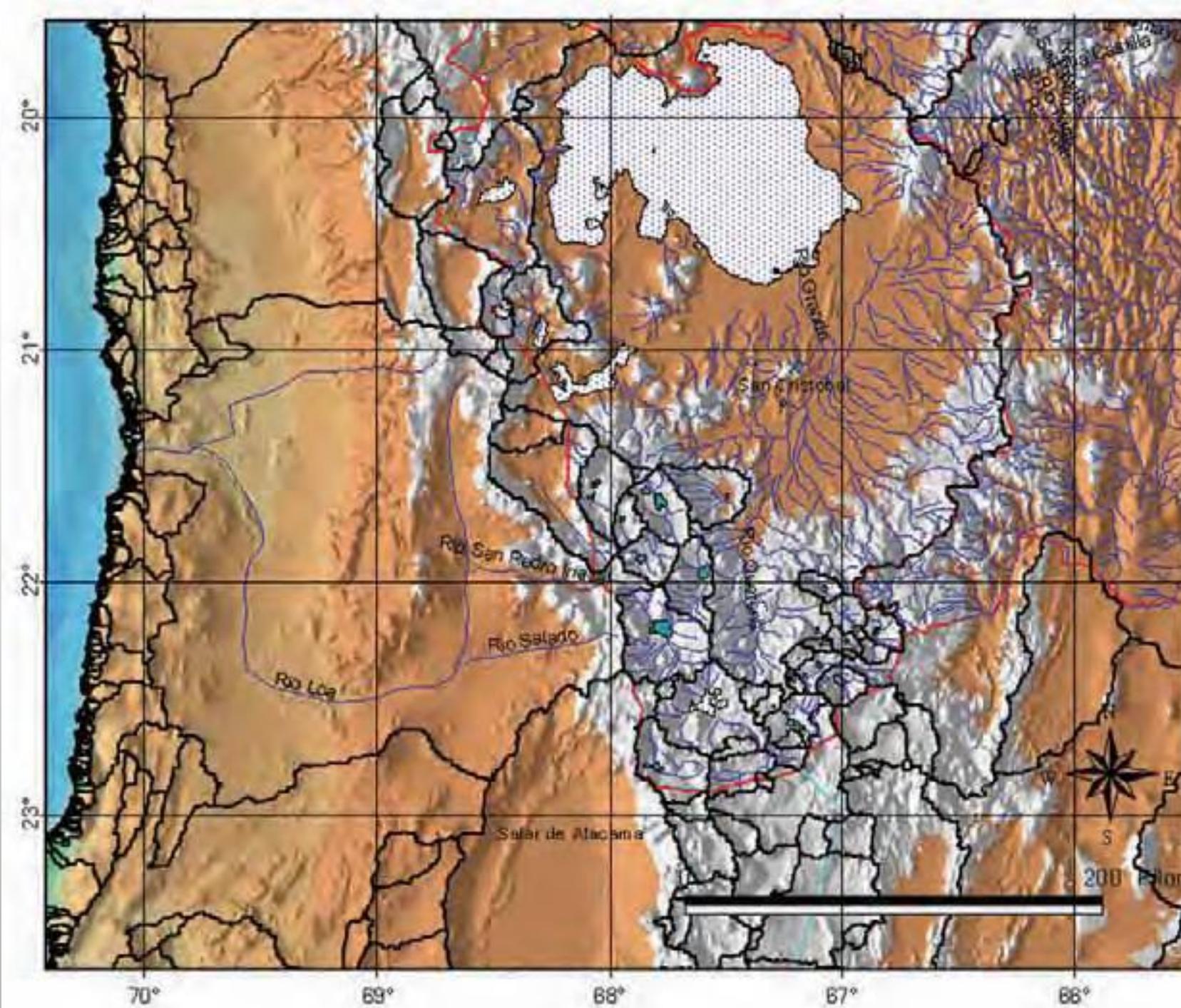


Risacher, 1989

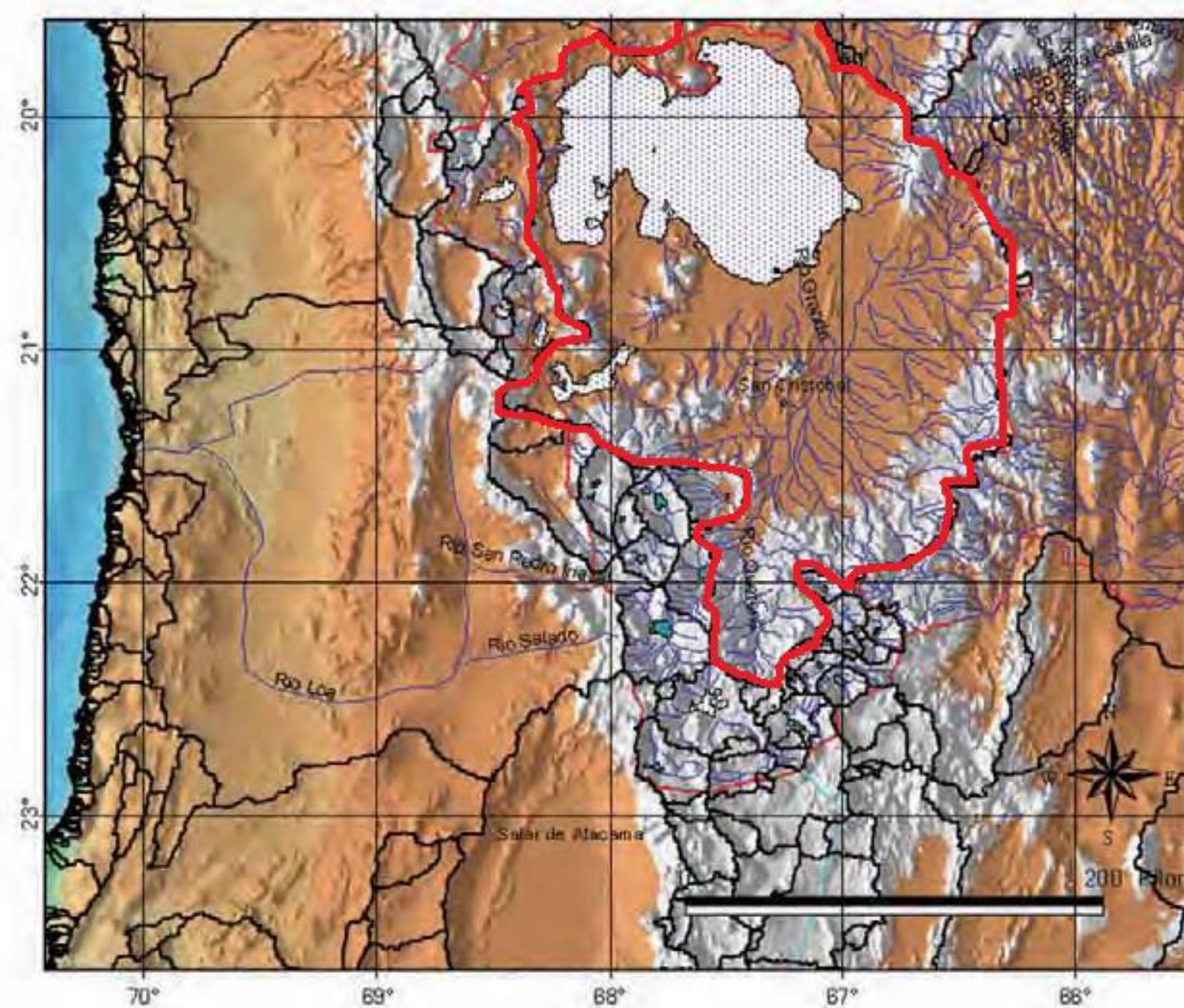
El Lago TAUCA

Entre 26.000 y 13.800 años AP.

Fuente: a. Servant y Fuentes, 1978 b. Risacher, 1989. Citado por TERRAE, 2020.



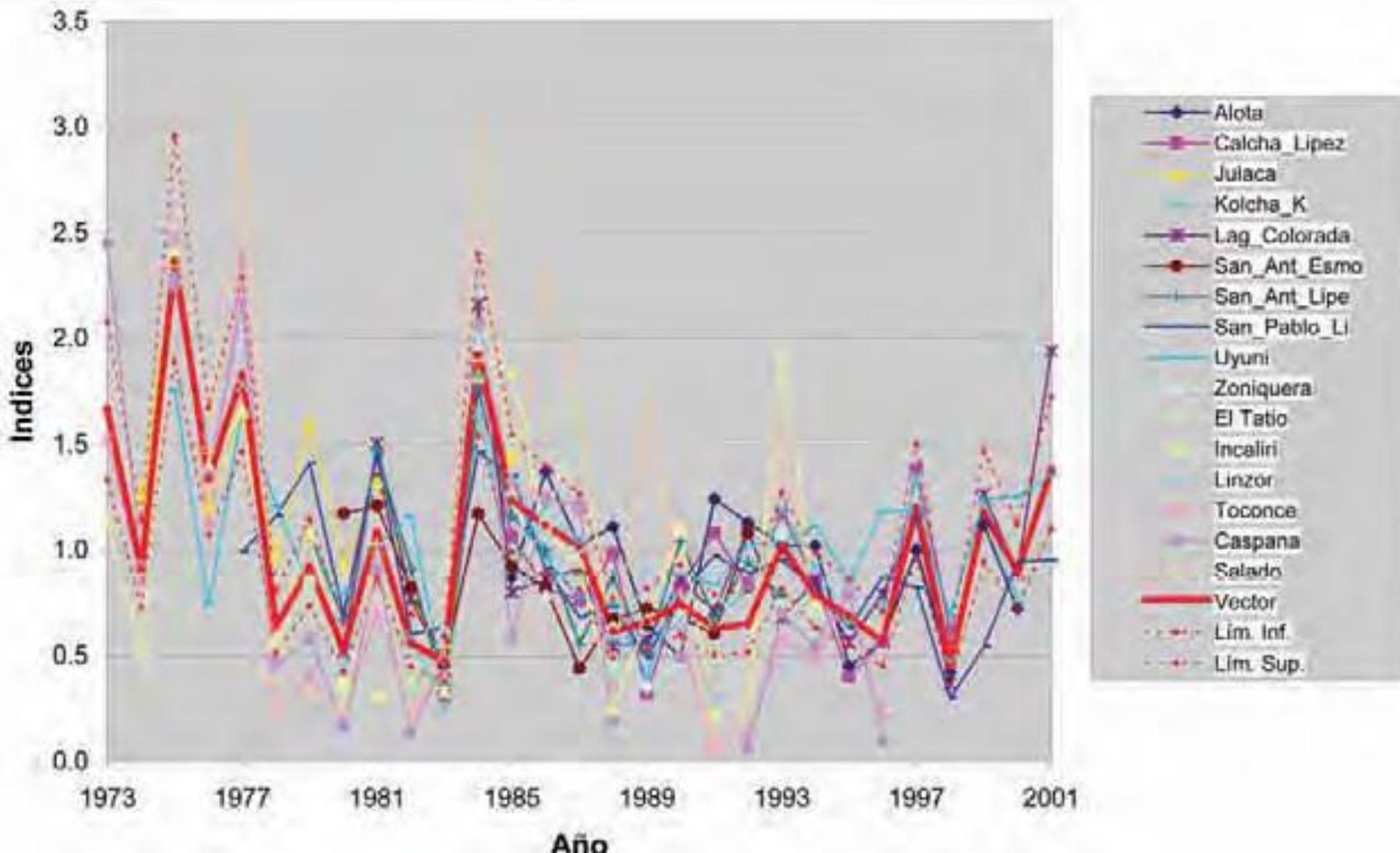
Cuencas Hidrográficas



La Cuenca del Salar de Uyuni

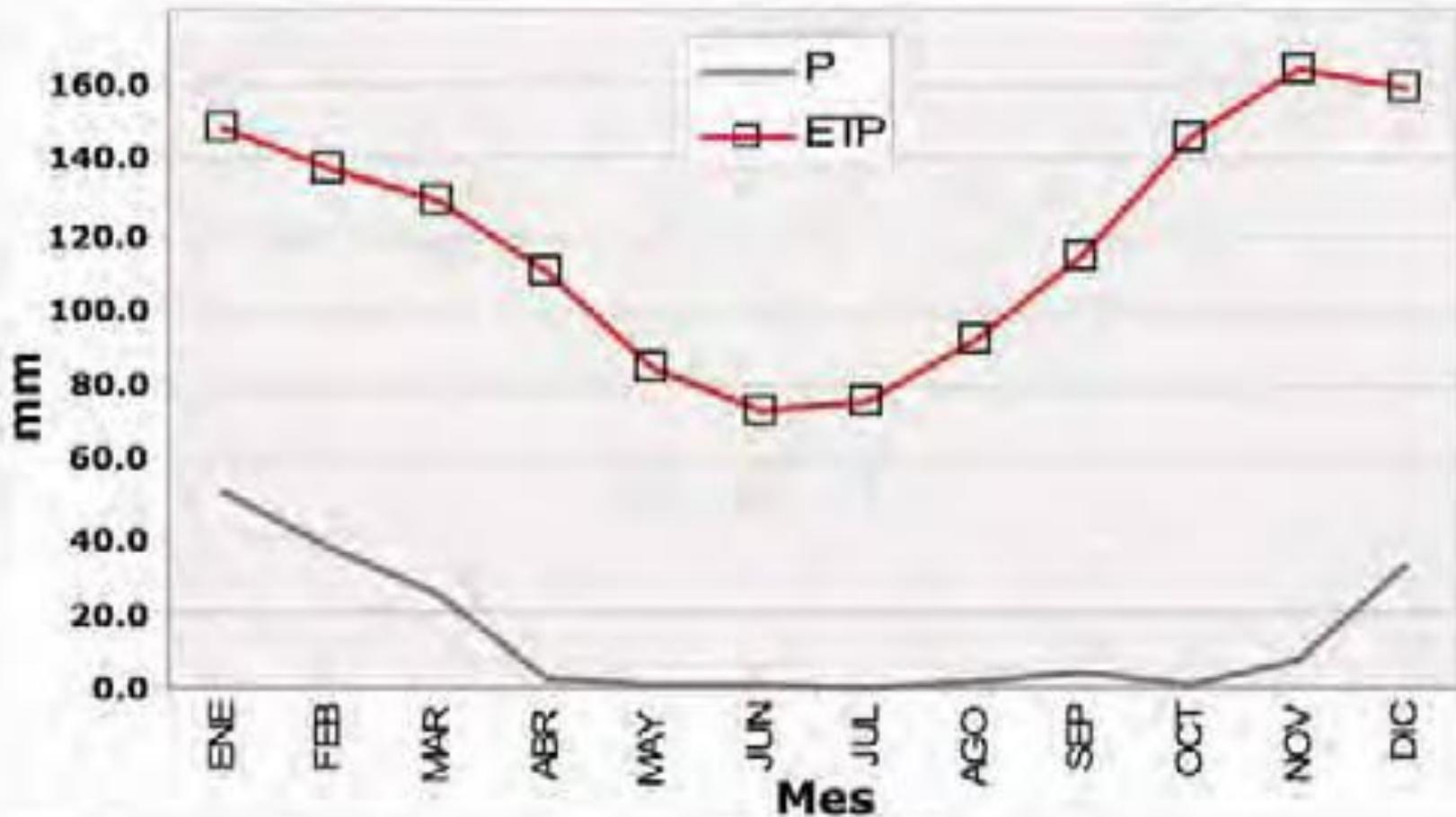
Fuente: Molina Carpio, 2007.

Índices anuales del Vector y de las Estaciones



Cuando el valor del índice es igual a 1, “significa que la precipitación del año corresponde, aproximadamente, al promedio del periodo”. “Este comportamiento es propio de zonas áridas”; “la precipitación de un año húmedo puede llegar a ser cinco (5) veces superior -o más-, que la de un año seco”

Precipitación y Evapotranspiración en Uyuni



La evaporación es significativamente mayor que la precipitación de acuerdo a los datos de balance hídrico puntual; “no hay posibilidad de que el agua se almacene en el suelo en ningún mes del año”

ELABORACIÓN DE LA PRIMERA FASE DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA EN LA REGIÓN SUDOESTE POTOSINO

(Mapa de ubicación del proyecto)

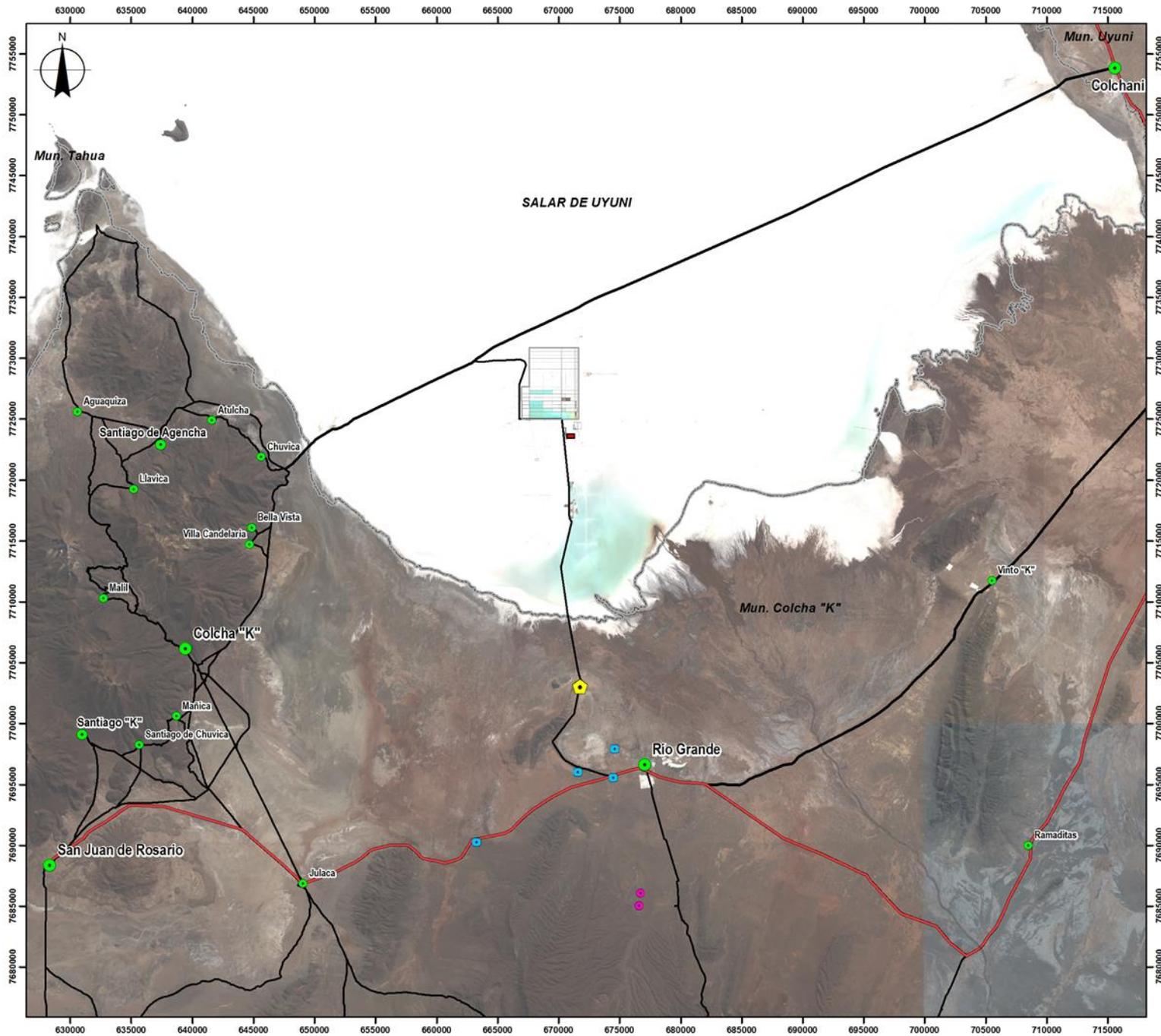


- Altiplano Sur.
- Departamento de Potosí.
- Región del Sudoeste de Potosí.
- Borde Sur del Salar de Uyuni.
- Entre las Provincias Daniel Campos y Nor Lipez.



Fuente: ECOVIANA SRL, 2011.

Fuente: Memoria GNRE, 2011.



MAPA DE UBICACIÓN
PROYECTO
PLANTA INDUSTRIAL
DE CARBONATO DE LITIO
 DEPARTAMENTO DE POTOSÍ

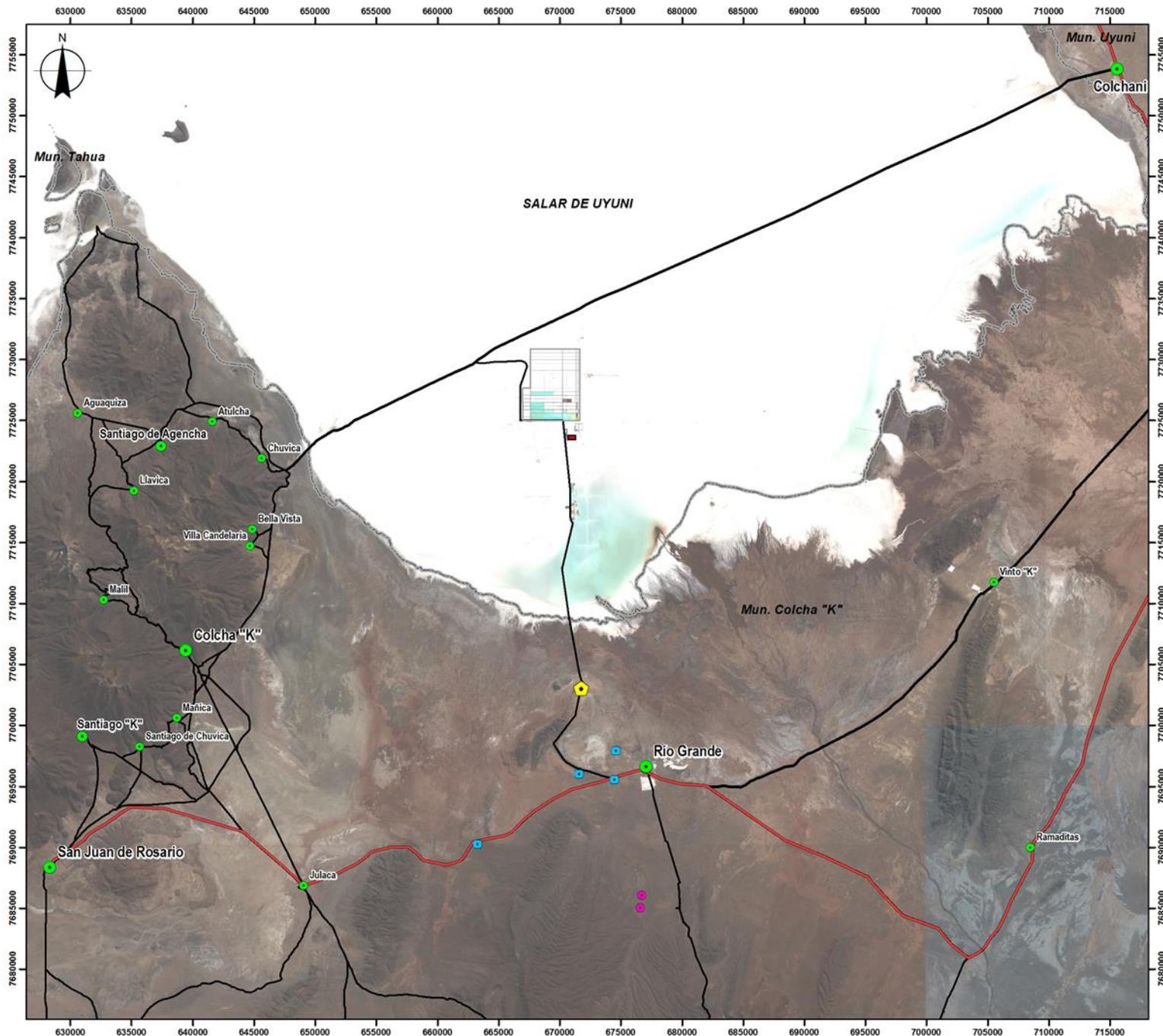
- REFERENCIAS**
- Centro poblados
 - < 250
 - 250 - 500
 - 500 - 1.000
 - ▲ Campamento Llipi
 - Pozos de agua (existentes)
 - Pozos de agua (nuevos)
 - Red vial fundamental
 - Red vial secundaria
 - Camino de ingreso a instalaciones
 - Piscinas de evaporación
 - Planta de Carbonato de Litio
 - Limite municipal
- Escala 1:300.000
-

Fuentes:
 Centros poblados: INE (2012)
 Instalaciones: YLB (2018)
 Pozos: YLB (2018)
 Limite municipal: Ministerio de Autonomías (2012)
 Red vial fundamental: ABC (2016)
 Red vial secundaria: Vivens (2018)

Proyección: Universal Transversal de Mercator (UTM)
 Datum: WGS84
 Zona: 19 Sur



Fuente: VIVENS, 2020.



Provincia Daniel Campos - Costra salina del Salar de Uyuni:

- Piscinas de evaporación.
- Pozos de extracción de la salmuera.
- Campamento temporal.
- Plantas Modular e Industrial de Cloruro de Potasio.
- Planta de Carbonato de Litio.

Provincia Nor Lipez - Cuenca del Río Grande:

- Campamento de Llipi.
- Pozos de agua dulce.

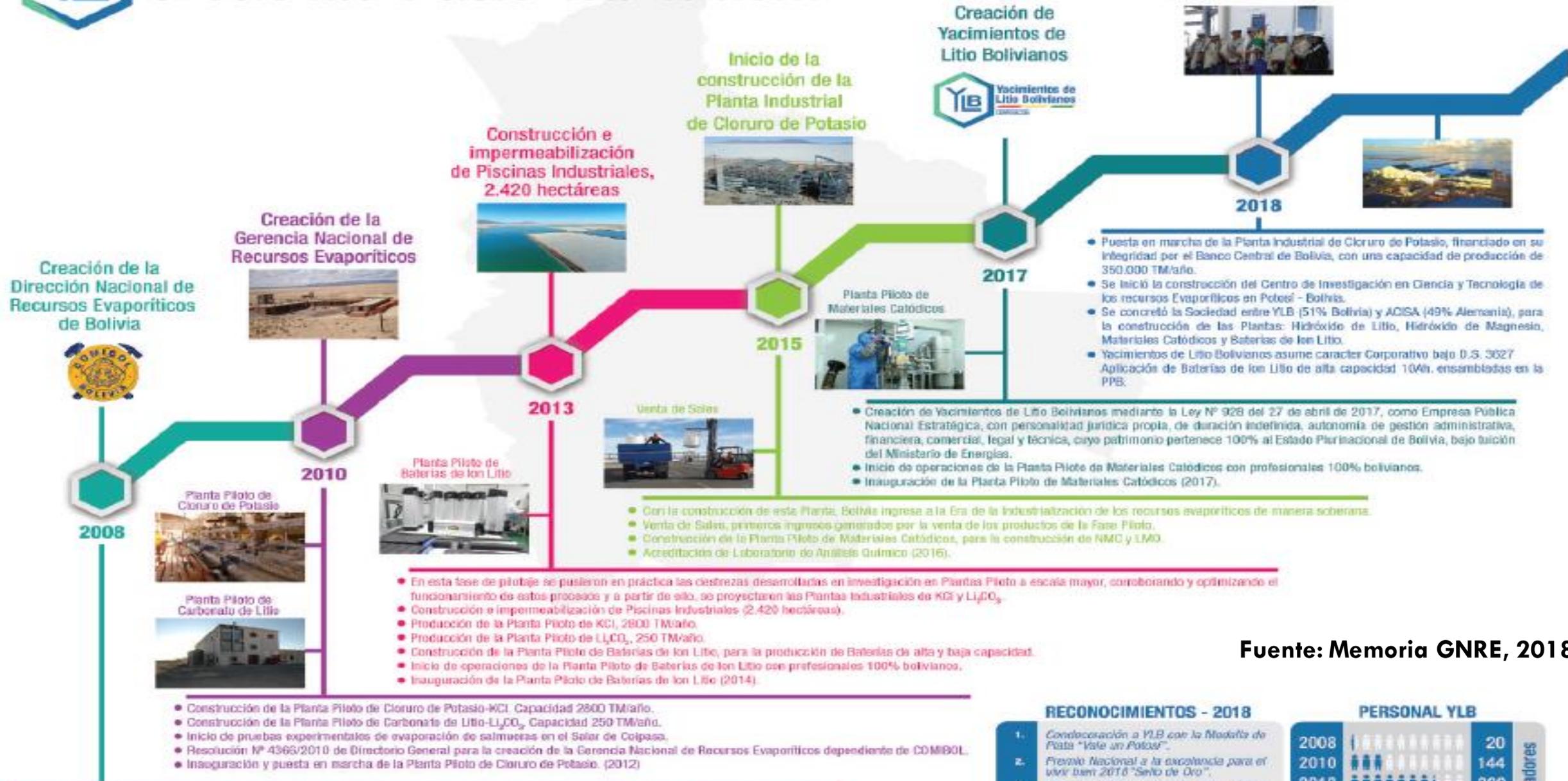
El Proyecto de Industrialización del Litio



Fuente: Memoria GNRE, 2012.



Creciendo Históricamente...



- El Presidente del Estado Plurinacional de Bolivia, Evo Morales crea la Dirección Nacional de Recursos Evaporíticos de Bolivia, entidad dependiente de COMBOL. Encargada de elaborar un plan para la industrialización de los Recursos Evaporíticos en Bolivia.
- Se inicia con la fase de investigación, la que ha permitido desarrollar el conocimiento y los procesos para tratar la salmuera.
- Inauguración Planta Piloto de Carbonato de Litio. (2008)

- Puesta en marcha de la Planta Industrial de Cloruro de Potasio, financiado en su integridad por el Banco Central de Bolivia, con una capacidad de producción de 350.000 TM/año.
- Se inició la construcción del Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de los recursos Evaporíticos en Potosí - Bolivia.
- Se concretó la Sociedad entre YLB (51% Bolivia) y ACISA (49% Alemania), para la construcción de las Plantas: Hidróxido de Litio, Hidróxido de Magnesio, Materiales Catódicos y Baterías de Ion Litio.
- Yacimientos de Litio Bolivianos asume carácter Corporativo bajo D.S. 3627. Aplicación de Baterías de Ion Litio de alta capacidad 10Wh, ensambladas en la PPS.

- En esta fase de pilotaje se pusieron en práctica las destrezas desarrolladas en investigación en Plantas Piloto a escala mayor, corroborando y optimizando el funcionamiento de estos procesos y a partir de ello, se proyectaron las Plantas Industriales de KCl y Li_2CO_3 .
- Construcción e impermeabilización de Piscinas Industriales (2.420 hectáreas).
- Producción de la Planta Piloto de KCl, 2000 TM/año.
- Producción de la Planta Piloto de Li_2CO_3 , 250 TM/año.
- Construcción de la Planta Piloto de Baterías de Ion Litio, para la producción de Baterías de alta y baja capacidad.
- Inicio de operaciones de la Planta Piloto de Baterías de Ion Litio con profesionales 100% bolivianos.
- Inauguración de la Planta Piloto de Baterías de Ion Litio (2014).

- Con la construcción de esta Planta, Bolivia ingresa a la Era de la Industrialización de los recursos evaporíticos de manera soberana.
- Venta de Sales, primeros ingresos generados por la venta de los productos de la Fase Piloto.
- Construcción de la Planta Piloto de Materiales Catódicos, para la construcción de NMC y LMO.
- Acreditación de Laboratorio de Análisis Químico (2016).

RECONOCIMIENTOS - 2018

- Condecoración a YLB con la Medalla de Plata "Vale un Potosí".
- Premio Nacional a la excelencia para el vivir bien 2018 "Sello de Oro".
- Reconocimiento, America Bao Cheng Desarrollo y Tecnología del Saler S.R.L.
- Reconocimiento, Altamira Trade AG, por la primera Planta de Potasio en Bolivia.

PERSONAL YLB

Año	Trabajadores
2008	20
2010	144
2013	389
2017	399
2018	563

Fuente: Memoria GNRE, 2018.

PARA OBTENCIÓN DE LICENCIAS AMBIENTALES		
DESARROLLO INTEGRAL DE LAS SALMUERAS DEL SALAR DE UYUNI-PLANTA INDUSTRIAL DE CARBONATO DE LITIO	<ul style="list-style-type: none"> Formulario de nivel de categorización ambiental. Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental Analítico Integral Auditoría de Línea Base Ambiental 	Declaratoria de Impacto Ambiental
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA EN MATERIALES Y RECURSOS EVAPORÍTICOS DE BOLIVIA	<ul style="list-style-type: none"> Formulario de nivel de categorización ambiental. Programa de Prevención y Mitigación de Impactos y Plan de Adecuación y Seguimiento Ambiental 	Certificado de Dispensación Categoría 3 (CD-C3)
	<ul style="list-style-type: none"> Los requeridos para el Registro y licencia para actividades con sustancias Peligrosas 	Licencia Ambiental para Actividades con Sustancias Peligrosas
PLANTA PILOTO DE MATERIALES CATÓDICOS	<ul style="list-style-type: none"> Formulario RAI Descripción del Proyecto Plan de Manejo Ambiental 	Certificado de Dispensación de Estudio de Impacto Ambiental
PLANTA PILOTO DE BATERÍAS DE ION LITIO	<ul style="list-style-type: none"> Formulario RAI Descripción del Proyecto Plan de Manejo Ambiental 	Certificado de Dispensación de Estudio de Impacto Ambiental
INDUSTRIALIZACIÓN DE LA SALMUERA DEL SALAR DE COIPASA	<ul style="list-style-type: none"> Formulario para actividades de exploración, reconocimiento, desarrollo, preparación, explotación minera y concentración de minerales con impactos ambientales conocidos no significativos 	Certificado de Dispensación Categoría 3 (CD-C3)
DESARROLLO INTEGRAL DE LAS SALMUERAS DEL SALAR DE UYUNI-PLANTAS MODULAR E INDUSTRIAL DE CLORURO DE POTASIO	<ul style="list-style-type: none"> Ficha de Impacto Ambiental Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental Analítico Integral Auditoría de Línea Base Ambiental 	Declaratoria de Impacto Ambiental
DESARROLLO INTEGRAL DE LAS SALMUERAS DEL SALAR DE UYUNI-PLANTA PILOTO DE CARBONATO DE LITIO	<ul style="list-style-type: none"> Formulario para actividades de exploración, reconocimiento, desarrollo, preparación, explotación minera y concentración de 	Certificado de Dispensación Categoría 3 (CD-C3)

EEIA-AI Li_2CO_3
VIVIENS, 2020

EEIA-AI KCl
SIMBIOSIS, 2012

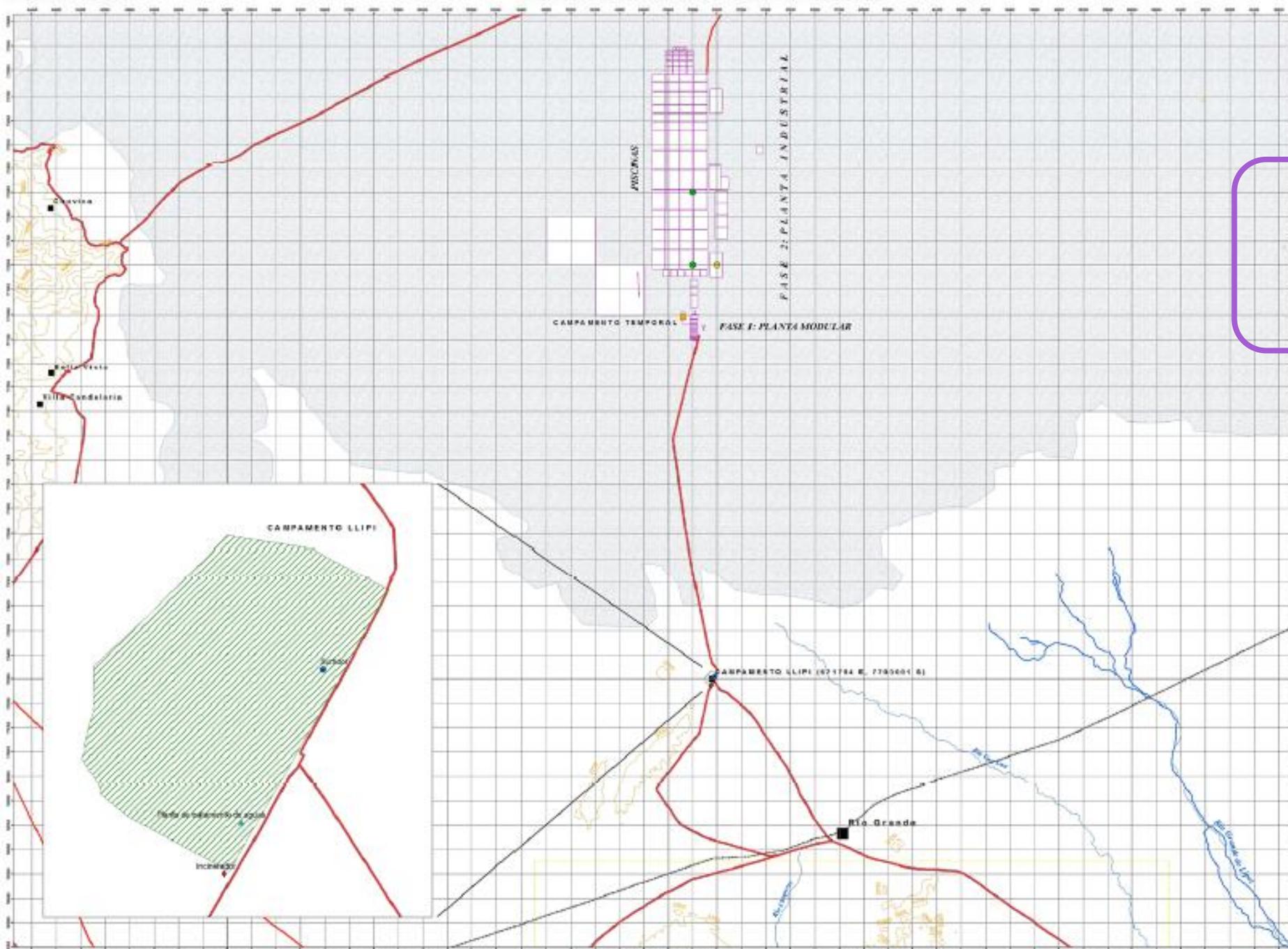
https://www.ylb.gob.bo/inicio/medio_ambiente

Fuente: Memoria GNRE, 2011.

EEIA-AI y Recursos Hídricos



Perforación de Pozos en el Salar de Uyuni

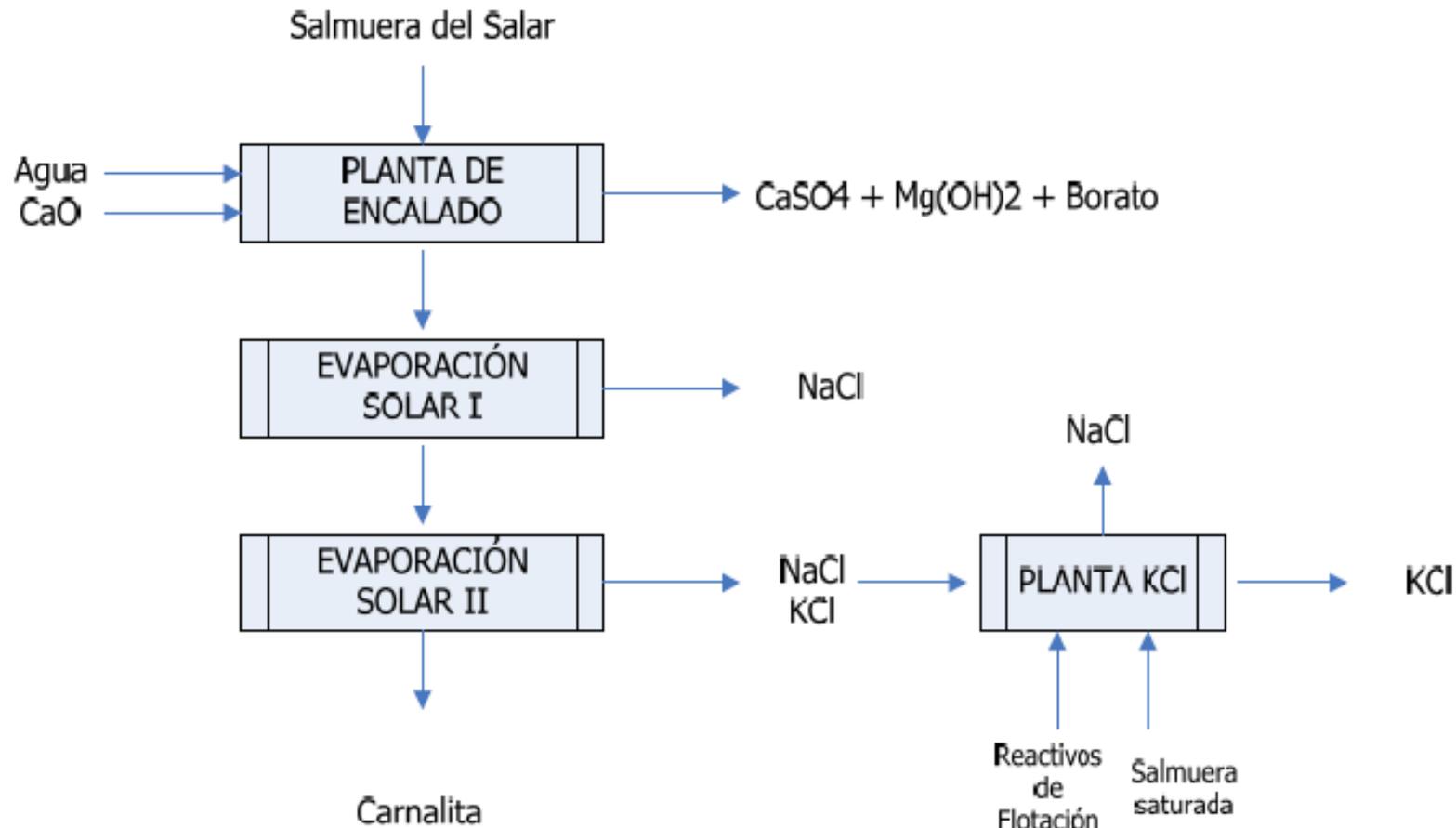


EEIA-AI KCI SIMBIOSIS, 2012

700.000,00
toneladas por año

350.000,00
toneladas por año

Proceso general de producción de KCl



EEIA-AI KCl
SIMBIOSIS, 2012

Figura 2.8. Proceso de obtención de cloruro de potasio

Fuente: GNRE, 2011.

Fuente: SIMBIOSIS, 2012.: 2-29.

Balance hídrico y másico – Planta Modular de encalado



Certificado de dispensación (Categoría 3)

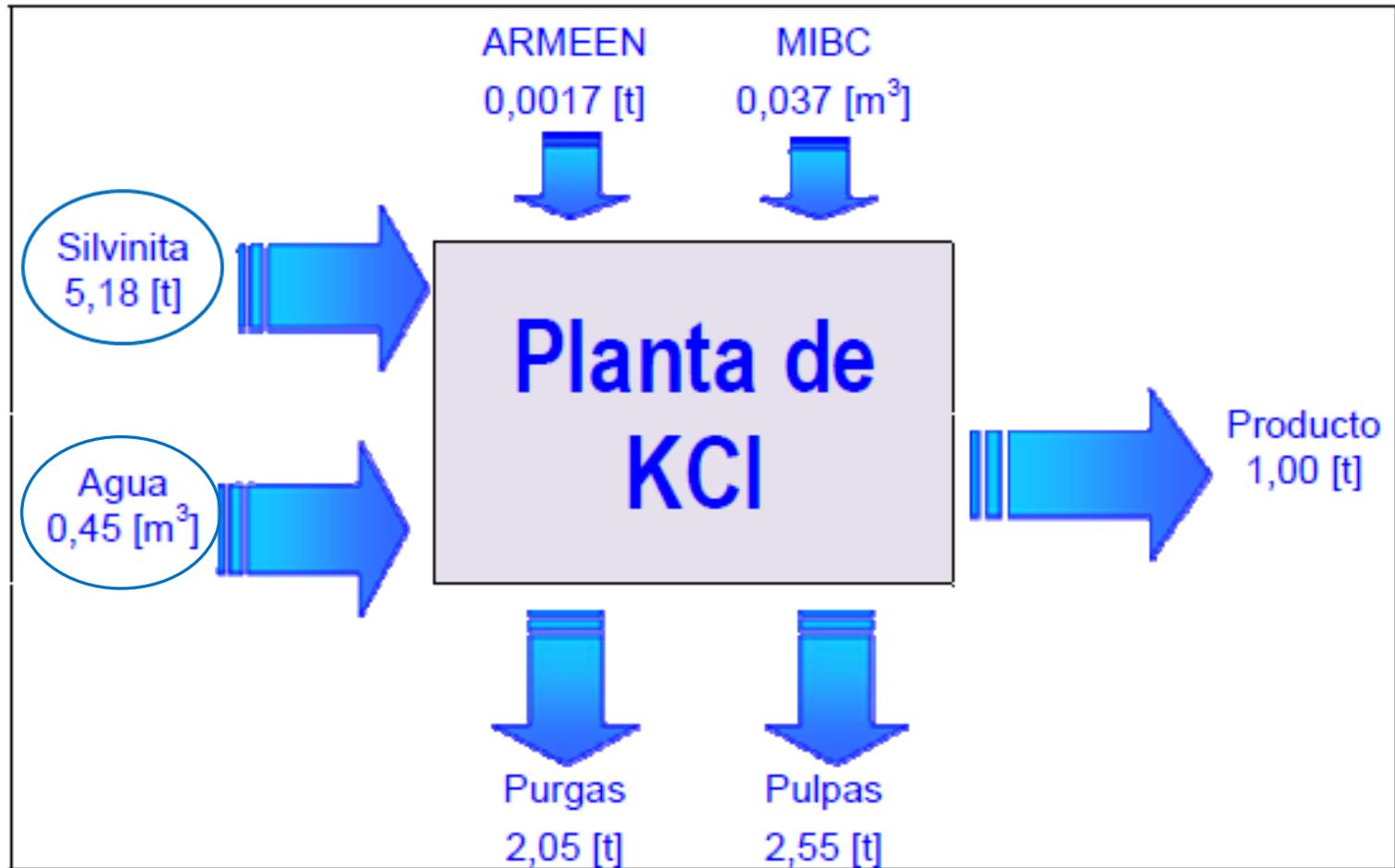
Desarrollo Integral de las Salmueras
del Salar de Uyuni – Planta Piloto de
Carbonato de Litio (Li_2CO_3)

Integración de Licencias Ambientales
(D.S. 3549: Capítulo IV)

+

Evaluación Ambiental Estratégica (EAE)
(RGGA: Art. 4 y RPCA: Art.20)

Balance hídrico y másico – Planta Modular de flotación



EEIA-AI KCI
SIMBIOSIS, 2012

Figura 2.16. Balance hídrico y másico planta modular de flotación de KCl

Fuente: GNRE, 2012

Fuente: SIMBIOSIS, 2012.: 2-72.

Balance hídrico y másico – Piscinas de encalado

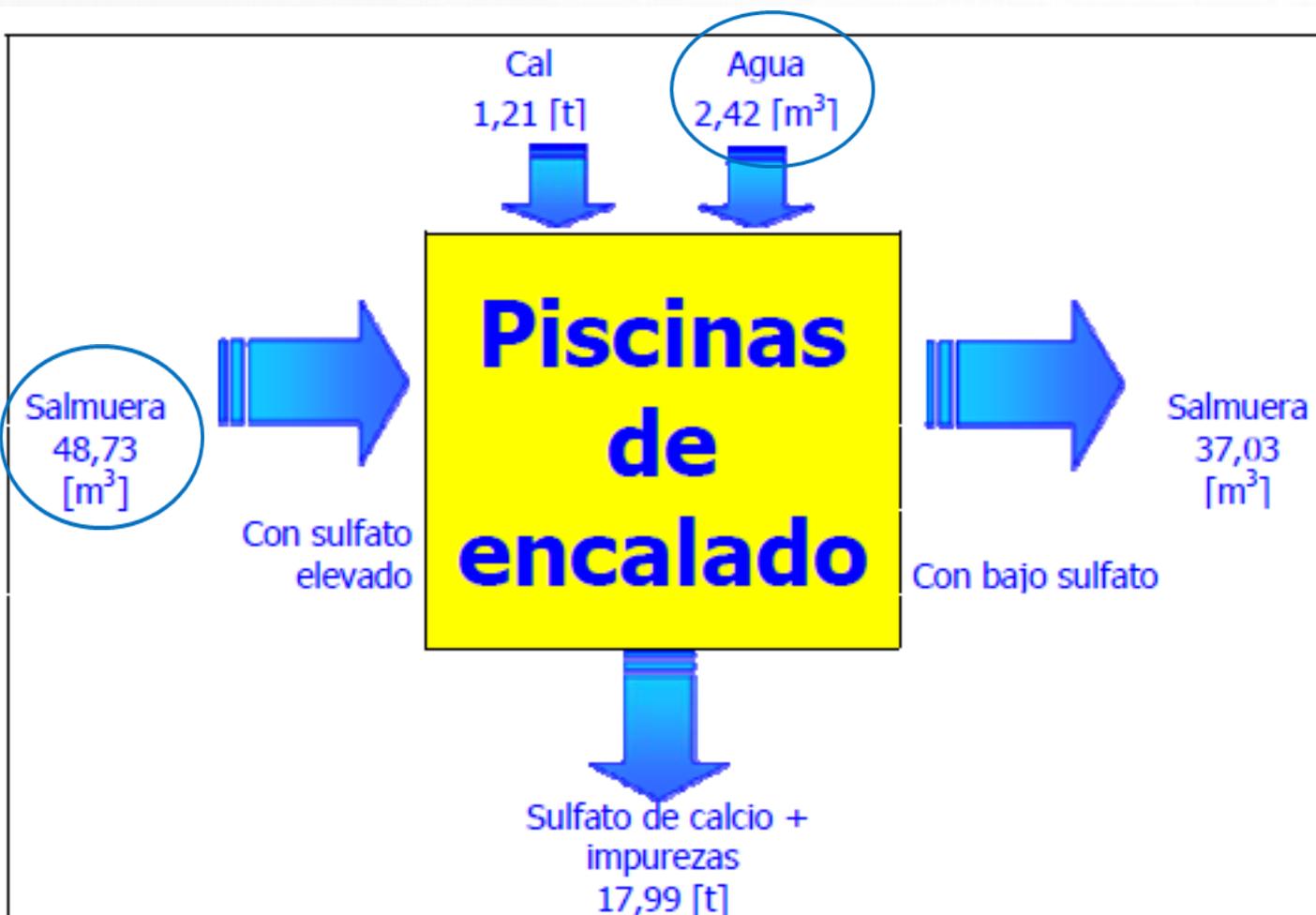


Figura 2.17. Balance hídrico y másico de las piscinas de encalado

Fuente: GNRE, 2012.

EEIA-AI KCI

SIMBIOSIS, 2012

Fuente: SIMBIOSIS, 2012.: 2-72.

Balance hídrico y másico – Piscinas de encalado

EEIA-AI KCl SIMBIOSIS, 2012

- Factor de consumo de agua:
- Producción mensual de KCl:
- Agua industrial requerida al mes:

0,45 m³/ton KCl

58.333,33 ton KCl
26.250,00 m³/mes

Fuente: SIMBIOSIS, 2012.: 2-72.

350.000,00 [t KCl/año] → 29.166,67 [t KCl/mes]

Volumen de agua industrial (agua dulce) demandada

EEIA-AI KCl SIMBIOSIS, 2012

Nº	Uso	m ³ /mes	m ³ /año	Comentarios
1	Planta Modular de flotación de KCl	450,00	5.400,00	0,45 m ³ /ton KCl
2	Planta Industrial de Encalado	70.583,34	847.000,10	2,42 m ³ /ton KCl
3	Planta Industrial de Flotación	13.125,00	157.500,02	0,45 m ³ /ton KCl
4	Consumo de agua en campamento Planta Modular	279,00	3.348,00	180 personas
5	Consumo de agua en campamento Planta Industrial	480,00	5.760,00	320 personas
	Total, en m³	84.917,34	1.019.008,11	
	Total, en litros	84.917.342,90	1.019.008.114,80	

Fuente: Elaborado en base a datos del EEIA-AI KCl (SIMBIOSIS, 2020: 2-70 - 2-73).

Volumen de salmueras (agua subterránea del Salar)

EEIA-AI KCl SIMBIOSIS, 2012

N°	Uso	t/mes	m ³ /mes	m ³ /año	Comentarios
1	Planta Modular de flotación de KCl (Silvita)	5.180,00	4.245,90	50.950,82	Densidad: 1,22 [t/m ³] (**)
2	Planta Industrial de Encalado (*)	1.733.976,03	1.421.291,83	17.055.501,95	
	Total	1.739.156,03	1.425.537,73	17.106.452,77	
	Total, en litros		1.425.537.730,74	17.106.452.768,87	

(*) EEIA-AI KCl, para una producción mensual de 29.166,67 toneladas KCl y 48,73 m³ de salmuera por tonelada de KCl.

(**) EEIA-AI KCl, apartado 2.4.2.1.4. *Proceso de flotación*, página 2-44.

Fuente: Elaborado en base a datos del EEIA-AI KCl (SIMBIOSIS, 2020: 2-70 - 2-72).

Porcentaje de agua evaporada

EEIA-AI KCI SIMBIOSIS, 2012

54,4%

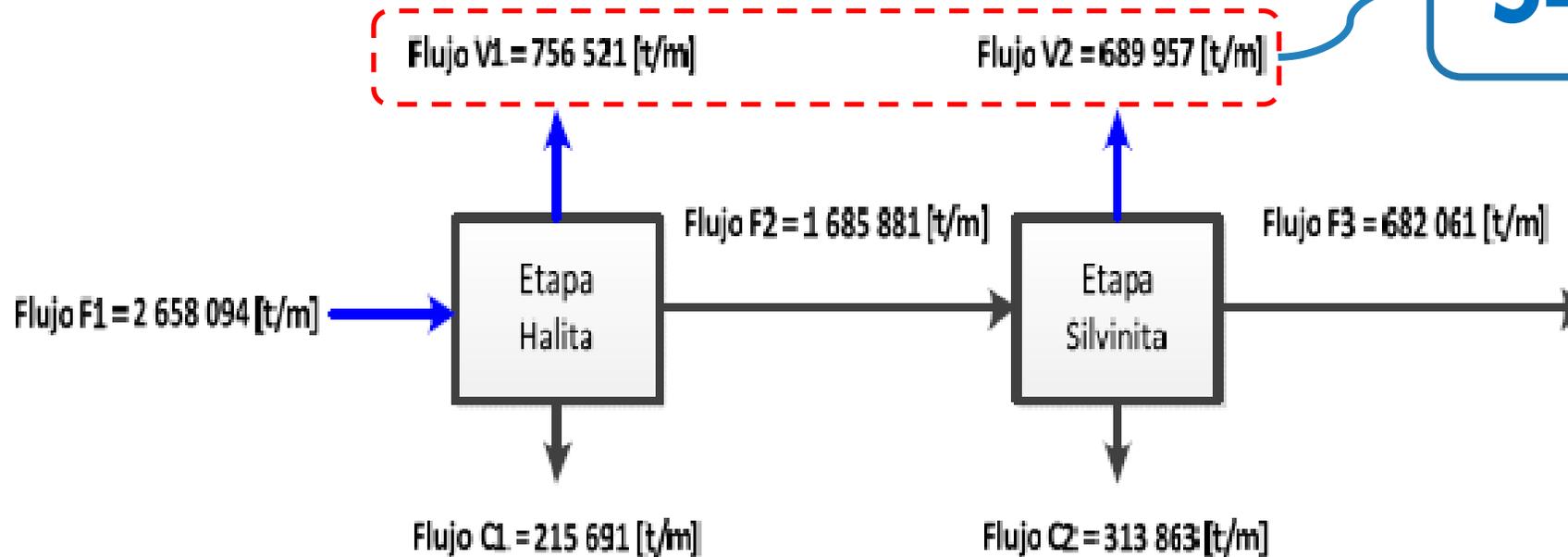
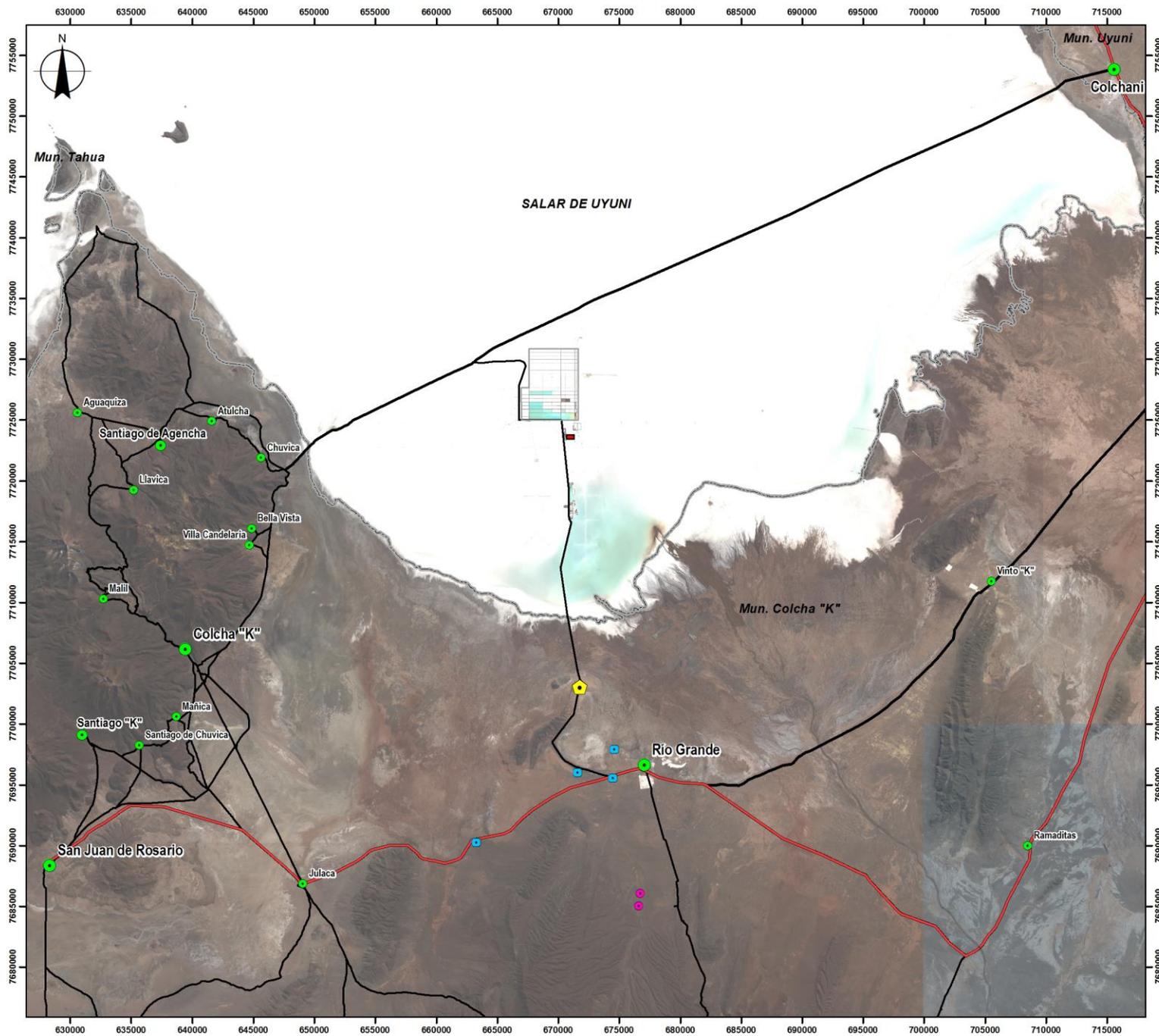


Figura 2.15. Balance másico etapas de evaporación

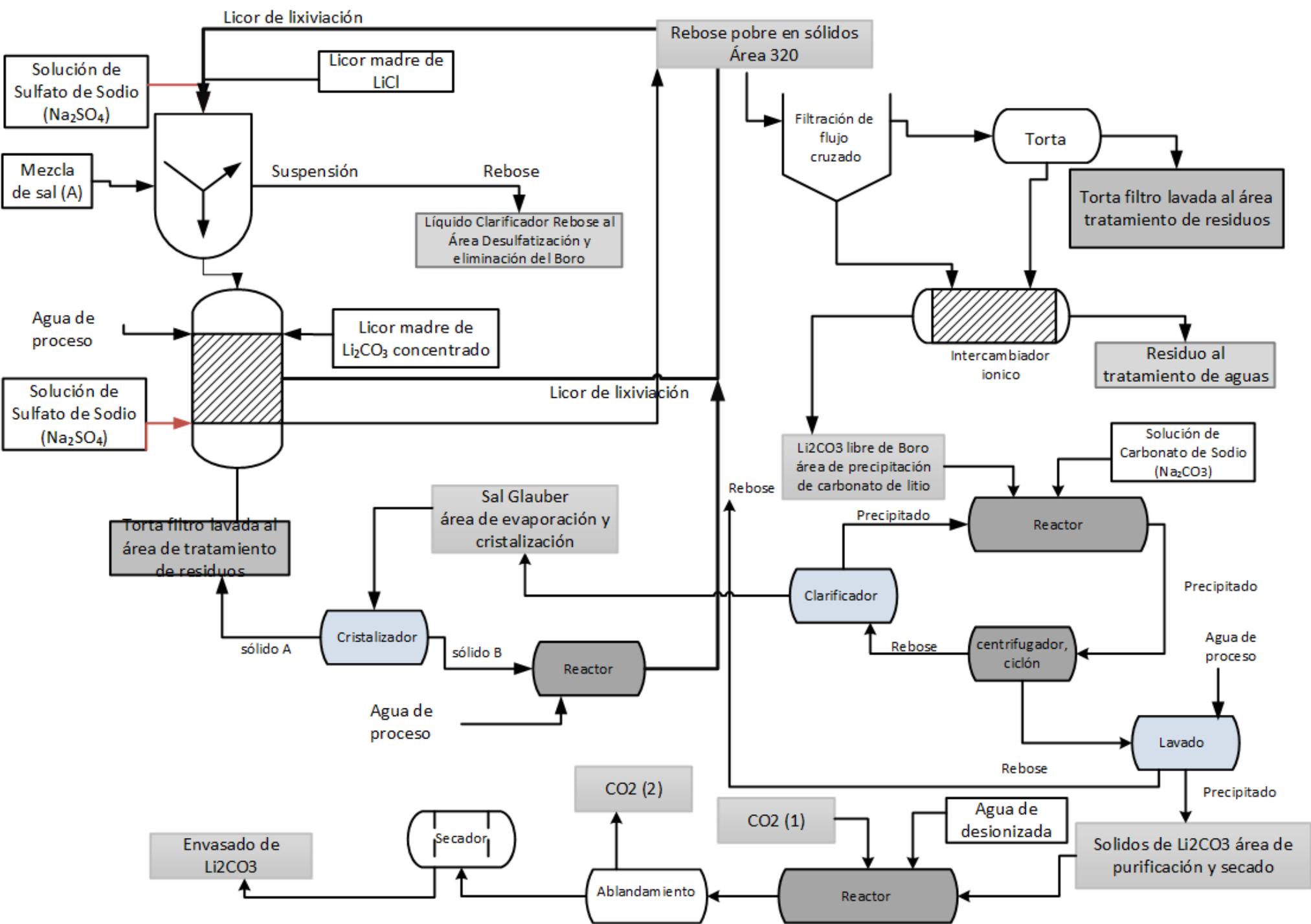
Fuente: GNRE, 2011.



EEIA-AI Li_2CO_3
VIVIENS, 2020

15.000,00
toneladas por año

Fuente: VIVENS, 2020.



EEIA-AI
 Li_2CO_3
VIVIENS,
2020

Proceso de producción

Volumen de agua (salmuera + agua dulce) demandada

EEIA-AI Li_2CO_3 VIVIENS, 2020

N°	Tipo de insumo	t/h	m3/h	m3/d	m3/mes	m3/año	Comentarios
1	Salmuera saturada	18,67	15,30	367,20	11.016,00	134.028,00	Densidad: 1,22 [t/m3]
2	Agua de proceso	22,66	22,66	543,74	16.312,32	198.466,56	Densidad: 1,0 [t/m3]
	Totales	41,32	37,96	910,94	27.328,32	332.494,56	
	Total, en litros		37.956,00	910.944,00	27.328.320,00	332.494.560,00	

Fuente: Elaborado en base a datos del EEIA-AI Li_2CO_3 (VIVIENS, 2020: ANEXO 7. Balance másico).



Captación de agua mediante perforación de pozo realizado por la GNRE en San Gerónimo

Volumen de agua (salmuera + agua dulce) demandada

Proyecto de Industrialización del Litio

Instalación	Consumo anual de recursos hídricos (m ³)			Producción anual esperada (t/año)	Relación consumo de agua y producción (m ³ /t)
	Salmuera (m ³)	Agua dulce (m ³)	Total (m ³)		
Planta de Cloruro de Potasio	17.117.661,95	1.019.008,11	18.136.670,06	350.000,00	51,82
Planta de Carbonato de Litio	134.028,00	198.466,56	332.494,56	15.000,00	22,17
Total (m³)	17.251.689,95	1.217.474,67	18.469.164,62		
Total (Mm³)	17,25	1,22	18,47		

(*) Si la producción fuera la que se proyectó al principio, es decir, 700.000,00 toneladas de KCl, el consumo total de la Planta de KCl sería de 36.517.951,32 [m³] o 36,52 [Mm³].

Fuente: Elaborado a partir de EEIA-AI KCl (SIMBIOSIS, 2012) y EEIA-AI Li₂CO₃ (VIVENS, 2020).

Volumen de agua (salmuera + agua dulce) demandada

Proyecto de Industrialización del Litio

Consumo anual de agua en Millones de metros cúbicos (Mm ³)						Comentario
Minera San Cristóbal (MSC) (1)	Proyecto de Industrialización del Litio	Total, del consumo	Recarga hídrica natural (1)	# de veces la recarga hídrica natural	Fuente	
14,6		14,6	3,2	4,56	MSC, 2006	Citado Molina-Carpio (2007).
14,6	5,1	19,7	3,2	6,16	GNRE, 2011	
14,6	36,52	51,12	3,2	15,98	EEIA-AI KCl y EEIA Li ₂ CO ₃	Si se produjeran 700.000,00 ton de KCl y 15.000,00 de Li ₂ CO ₃ .
14,6	18,47	33,07	3,2	10,33	Estimación	Capacidad instalada para producir 350.000,00 ton de KCl y 15.000,00 ton de Li ₂ CO ₃ .

(1) La MSC generó el único estudio hidrogeológico regional de acceso público.

Fuente: Elaborado en base a: 1) MSC, 2006. *Gestión de los Recursos Hídricos, Fases de construcción y operación. Toldos, Potosí*. Citado en Molina-Carpio (2007: 56). 2) GNRE, 2011. *Memoria 2011*, Pág. 96.; 3) EEIA-AI KCl (SIMBIOSIS, 2012), y; 4) EEIA-AI Li₂CO₃ (VIVENS, 2020).

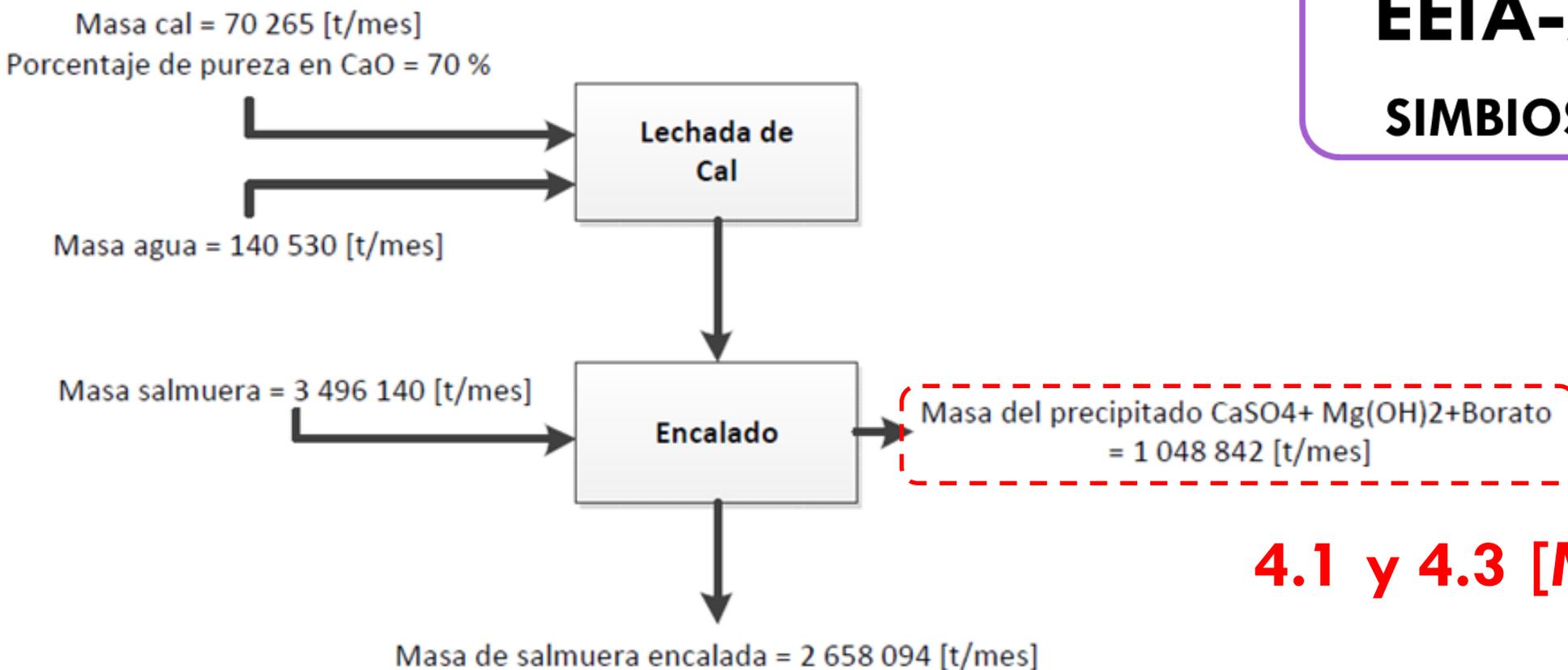
Residuos de procesos



Fuente: Memoria GNRE, 2015.

Principal fuente de generación de residuos de proceso

EEIA-AI KCI
SIMBIOSIS, 2012



4.1 y 4.3 [Mm³/año]

Principal fuente de generación de residuos de proceso

→ Masa del precipitado $\text{CaSO}_4 + \text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{Borato}$
= 1 048 842 [t/mes]

4.1 y 4.3 [$\text{m}^3/\text{año}$];

34 a 36 veces la Casa Grande del Pueblo.

700.000,00 toneladas por año.

La Casa Grande del Pueblo; tiene una altura de 120 [m] y la Suite Presidencial tiene una superficie de 1.000 [m^2], lo que da un volumen referencial de 120.000 [m^3]



Residuos de procesos



Nodeado y muestro previo a la cosecha de sales

EEIA-AI Li_2CO_3

VIVIENS, 2020

Almacenamiento de residuos de procesos en piscinas

N°	Piscina	Superficie [m ²]	Contenido	Cantidad [m ³ /año]
1	Bischofita	89.100,00	Torta de filtro de la centrifugadora de Bischofita (Cloruro de Magnesio hexahidratado; MgC·O).	26.982,00
2	Sal de Glauber	57.600,00	Sulfato de Sodio hidratado - Sal de Glauber (Na ₂ SO ₄)	26.262,00
3	Mezcla de sales	63.360,00	Torta filtro lavada	21.855,60
4	Hidróxido de Magnesio (Mg(OH) ₂)	49.500,00	Torta filtro de Hidróxido de Magnesio (Mg ₂)	5.626,80
5	Escombrera de yeso	61.200,00	Torta filtro de yeso lavada	16.527,60
			Torta de filtro lavada	1.483,20
			Torta de filtro licor de soda	14,40
			Torta de filtro de la centrifugadora de boratos	1.778,40
6	Ácido clorhídrico (HCl)	19.200,00	Solución regenerante de HCl de eliminación de Boro 1	30.657,60
	Hidróxido de sodio (NaOH)		Solución regenerante de NaOH de eliminación de Boro 1	19.285,20
Total		339.960,00		150.472,80

Fuente: EEIA-AI Li_2CO_3 (VIVIENS, 2020: 1-63).

Peligrosidad de las sustancias presentes en los procesos de producción

Insumos	Residuo (potencial subproducto)	Subproducto	Producto
<i>Hidróxido de Calcio - Cal (Ca(OH)₂)</i>	<i>Sulfato de Calcio - Anhidrita (CaSO₄)</i>	<i>Cloruro de Sodio - Halita (NaCl)</i>	<i>Carbonato de Litio (Li₂CO₃)</i>
<i>Sulfato de Sodio hidratado - Sal de Glauber (Na₂SO₄)</i>	<i>Hidróxido de Magnesio (Mg(OH)₂)</i>		<i>Cloruro de Potasio - Silvinita (KCl)</i>
<i>Carbonato de Sodio (Na₂CO₃)</i>	<i>Borato de Calcio (Ca₃(BO₃)₂)</i>		
<i><u>Ácido clorhídrico (HCl)</u></i>	<i>Carnalita (KMgCl₃)</i>		
<i>Cloruro de Calcio (CaCl₂)</i>	<i>Bischofita, Cloruro de Magnesio (MgCl₂.6H₂O)</i>		
<i>Hidróxido de Sodio (NaOH)</i>	<i>Cloruro de Litio (LiCl)</i>		
<i><u>n-alkil amina (ARMEEN TM-97)</u></i>			
<i><u>Metilisobutil carbinol (MIBC)</u></i>			

EEIA-AI KCl
SIMBIOSIS, 2012

EEIA-AI Li₂CO₃
VIVIENS, 2020

Sustancias peligrosas



N°	Nombre	Composición / Fórmula	Peligrosidad	Objetivo y forma de uso	Consumo mensual	Consumo anual
1	Cal apagada o Hidróxido de Calcio	$Ca(OH)_2$	Irritante	Proceso de encalado. Minimización de la presencia de sulfato (SO_4-2), Magnesio ($Mg+2$) y Boro ($B+3$) en la salmuera.	70.265,00 [toneladas]	843.180,00 [toneladas]
2	Óxido de Calcio (Cal viva)	CaO	Corrosivo	Proceso de encalado. Minimización de la presencia de sulfato (SO_4-2), Magnesio ($Mg+2$) y Boro ($B+3$) en la salmuera.	70.265,00 [toneladas]	843.180,00 [toneladas]
3	ARMEEN TM-97	<i>n-alkil amina</i>	Irritante	Crear la propiedad hidrofóbica del KCl	500,00 [kg]	6.000,00 [kg]
4	Ácido Clorhídrico	HCl	Corrosivo	Emulsionante de ARMEEN TM-97	10,00 [kg]	120,00 [kg]
5	MIBC	<i>Metilisobutil carbinol</i>	Irritante y tóxico	Espumante	50,00 [kg]	600,00 [kg]
6	Grasas	NA	Irritante	Funcionamiento de equipo / maquinaria pesada	100,00 [kg]	1.200,00 [kg]
7	Aceites y grasas	NA	Irritante	Funcionamiento de equipo / maquinaria pesada	1.904,75 [litros]	22.857,00 [litros]
8	Gasolina	NA	Irritante	Funcionamiento de equipo / maquinaria liviana	10.000,00 [litros]	120.000,00 [litros]
9	Diésel	NA	Irritante	Funcionamiento de equipo / maquinaria pesada	50.000,00 [litros]	600.000,00 [litros]
10	Pinturas	NA	Irritante	Construcción de plantas y campamentos	5.000 [litros]	s/d
11	Acetileno Industrial	C_2H_2	Irritante	Soldadura / Gas de combustión	35,00 [kg]	420,00 [kg]
12	Oxígeno Industrial	NA	Irritante	Soldadura	27,00 [kg]	324,00 [kg]

EEIA-AI KCI SIMBIOSIS, 2012

**Sustancias peligrosas
utilizadas**

Sustancias peligrosas utilizadas

N°	Nombre	Composición / Fórmula	Peligrosidad	Característica distintiva	Consumo anual [t/año]	Consumo anual [litros/año]	Proceso
1	Oxido de Calcio	CaO	Corrosivo	Sólido polvo, de color blanco, inodoro.	41.411,00		Precipitación de Cloruro de Calcio e Hidróxido de Magnesio.
2	Gas Natural Comprimido	<i>Mezcla compuesta de hidrocarburos parafínicos, cicloparafínicos, aromáticos y oleafínicos.</i>	Explosivo / Irritante	Gas incoloro, de olor desagradable.	25.425,00		Generación de vapor.
3	Carbonato de Sodio	Na_2CO_3	Reactivo	Polvo o gránulos de color blanco, inodoro.	23.927,00		Precipitación de Carbonato de Litio.
4	Dióxido de Carbono	CO_2	Explosivo	Gas licuado comprimido, incoloro e inodoro.	1.648,00		Producción de Carbonato de Litio.
5	Nitrógeno Líquido Refrigerado	N_2	Corrosivo / Explosivo	Gas comprimido incoloro, inodoro.	1.500,00		Producción de Carbonato de Litio.
6	Ácido Clorhídrico 33.5 %	HCl	Corrosivo	Líquido humeante incoloro, o amarillo claro con olor penetrante e irritante.	1.138,00		Intercambiador iónico. Solución de limpieza del reactor. Operación de piscinas de residuos.
7	Hidróxido de Sodio 50 %	NaOH	Corrosivo	Líquido viscoso límpido, incoloro, inodoro	430,00		Lixiviación. Intercambio iónico
8	Aguarrás	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}$	Tóxico / Irritante	Líquido incoloro, olor característico cítrico.		1.200,00	Solución de limpieza.
9	Thinners	<i>Mezcla de solventes orgánicos.</i>	Tóxico / Irritante	Líquido claro, olor característico a hidrocarburo.		1.200,00	Solución de limpieza.

Sustancias peligrosas utilizadas para el funcionamiento de generadores eléctricos, maquinaria y vehículos

EEIA-AI Li₂CO₃
VIVIENS, 2020

N°	Nombre	Composición / Fórmula	Peligrosidad	Característica distintiva	Consumo anual [litros/año]	Proceso
1	Diésel	<i>Mezcla compuesta de hidrocarburos parafínicos, cicloparafínicos, aromáticos y oleofínicos.</i>	Explosivo / Irritante	Líquido marrón, ligeramente viscoso, fuerte olor a hidrocarburos	600.000,00	Combustible para vehículos, maquinaria y generadores.
2	Gasolina	<i>Mezcla compuesta de hidrocarburos parafínicos, cicloparafínicos, aromáticos y oleofínicos.</i>	Explosivo / Tóxico	Líquido transportable de color marrón.	600.000,00	Combustible para vehículos.

Fuente: Elaborado en base al EEIA-AI Li₂CO₃ (VIVIENS, 2020: APÉNDICE III).

Consumo total de combustible y lubricantes - Proyecto

[Litros/año]

EEIA-AI	Gasolina	Diésel	Lubricantes
KCl	120.000,00	600.000,00	22.857,00
Li ₂ CO ₃	600.000,00	600.000,00	s/d
Total	720.000,00	1.200.000,00	22.857,00

Fuente: Elaborado en base al EEIA-AI KCl (SIMBIOSIS, 2012) y al EEIA-AI Li₂CO₃ (VIVENS, 2020).

Fuente: Memoria GNRE, 2013.

Sustancias peligrosas utilizadas en el Campamento

EEIA-AI Li₂CO₃
VIVIENS, 2020

N°	Nombre	Composición / Fórmula	Peligrosidad	Característica distintiva	Consumo anual [t/año]	Proceso	Lugar de uso
1	Gas Licuado de Petróleo	C ₃ H ₈ hasta C ₄ H ₁₀	Explosivo / Irritante	Gas licuado incoloro, característico a derivados sulfurados	25.425,00	Uso en campamentos.	Campamento

Fuente: Elaborado en base al EEIA-AI Li₂CO₃ (VIVIENS, 2020: APÉNDICE III).

Sustancias peligrosas utilizadas en el Laboratorio

EEIA-AI Li₂CO₃
VIVIENS, 2020

N° de sustancias sólidas o en polvo	Consumo total [kg/año]	N° de sustancias líquidas	Consumo total [litros/año]	Usos
65	466,021	17	392,711	Cromatografía iónica. Lavado y limpieza de material. Determinación de presencia de diferentes sustancias químicas.

Fuente: Elaborado en base al EEIA-AI Li₂CO₃ (VIVIENS, 2020: APÉNDICE III).



Campamento Lipi, ubicado al Sur Este del Salar de Uyuni

Residuos domiciliarios



Personal de la Empresa CRETA encargada del catering en Llipi y de la GNRE pesando diferentes Residuos Sólidos para su respectivo registro

Datos de generación de residuos sólidos domiciliarios y asimilables a domiciliarios

EEIA-AI KCI

SIMBIOSIS, 2012

- 1,04 [TM/día] de residuos domiciliarios; esto representaría una generación de 31,2 [TM/mes] o 374,4 [TM/año] (SIMBIOSIS, 2012: ANEXO X-1. Plan de Manejo de Residuos Sólidos: 5).
- 0,89 [TM/mes] o 10,69 [TM/año] (Ídem: 2-67).
- 8.200 [kg/mes] o 8,2 toneladas mensuales de residuos industriales asimilables a domiciliarios (Ídem: 2-65).

Datos de generación de residuos sólidos domiciliarios y asimilables a domiciliarios

EEIA-AI Li_2CO_3
VIVIENS, 2020

Tipo de residuos	PPC [kg/pers./d]	Diaria [kg/d]	Mensual [kg/mes]
Orgánicos	0,50	200,00	6.000,00
Reciclables		5,00	150,00
No aprovechables - sanitarios	0,50	200,00	6.000,00
Especiales - Chatarra		20,00	600,00
Peligrosos - hospitalarios	0,60	240,00	7.200,00
Peligrosos - Cartuchos de tinta			100,00
Peligrosos - aceites usados			200,00
		Total [kg/mes]	20.250,00
		Total [t/mes]	20,25

Fuente: Elaborado en base al EEIA-AI Li_2CO_3 (VIVIENS, 2020: Anexo 11 10-13).

Gestión de residuos domiciliarios y asimilables a domiciliarios



- Incertidumbre con los datos de generación.
- Insuficiente información sobre la disposición final.
- Uso de una incineradora.

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES (PTAR I)



TANQUES ELEVADOS DE H²O PARA ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA, PARA ALMACENAMIENTO DE REGENERANTES, INFRAESTRUCTURA PARA DESIONIZADORES (+) Y (-) Y DESIONIZADORES.

**Proyecto de
Industrialización
del Litio**

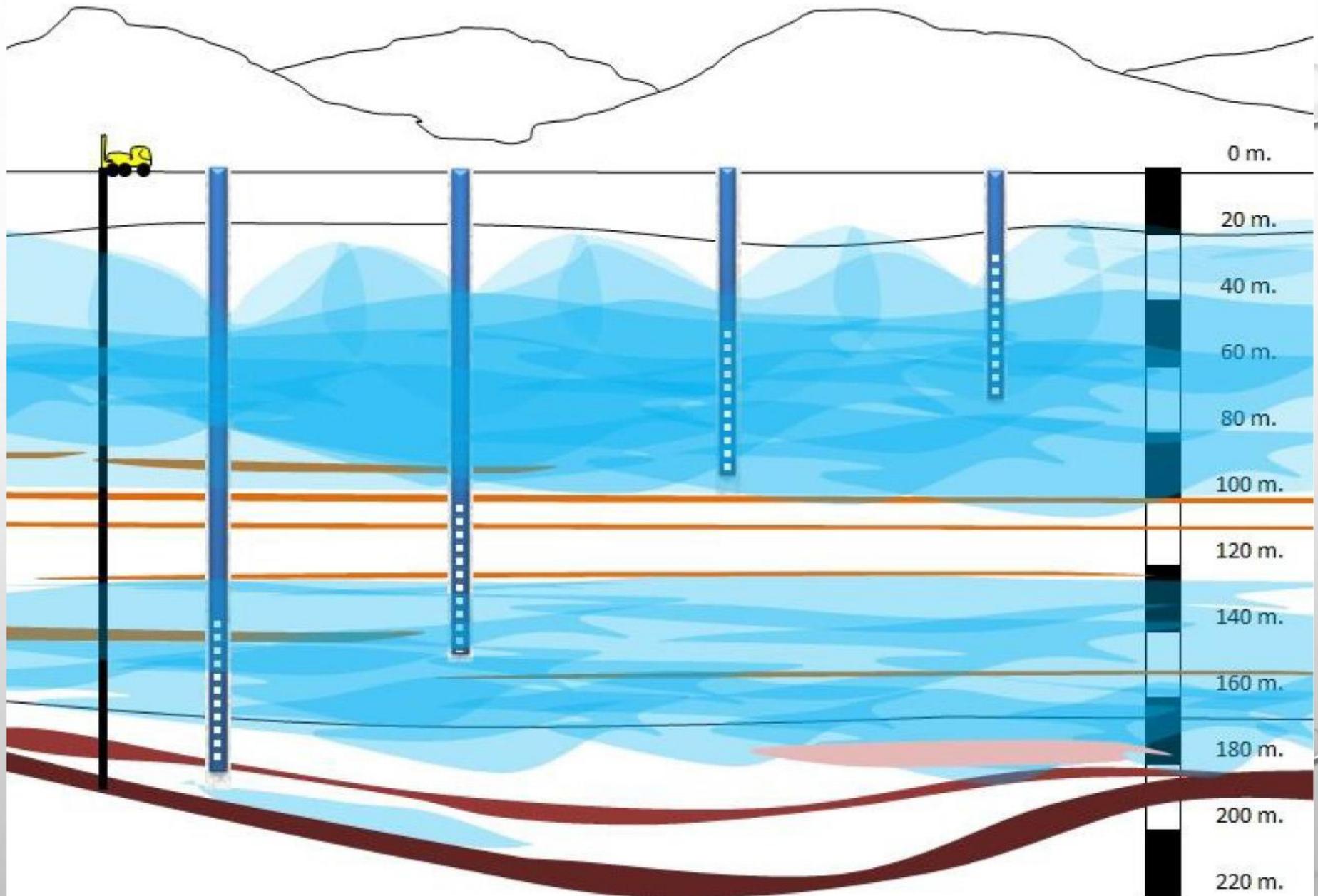
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES (PTAR I)

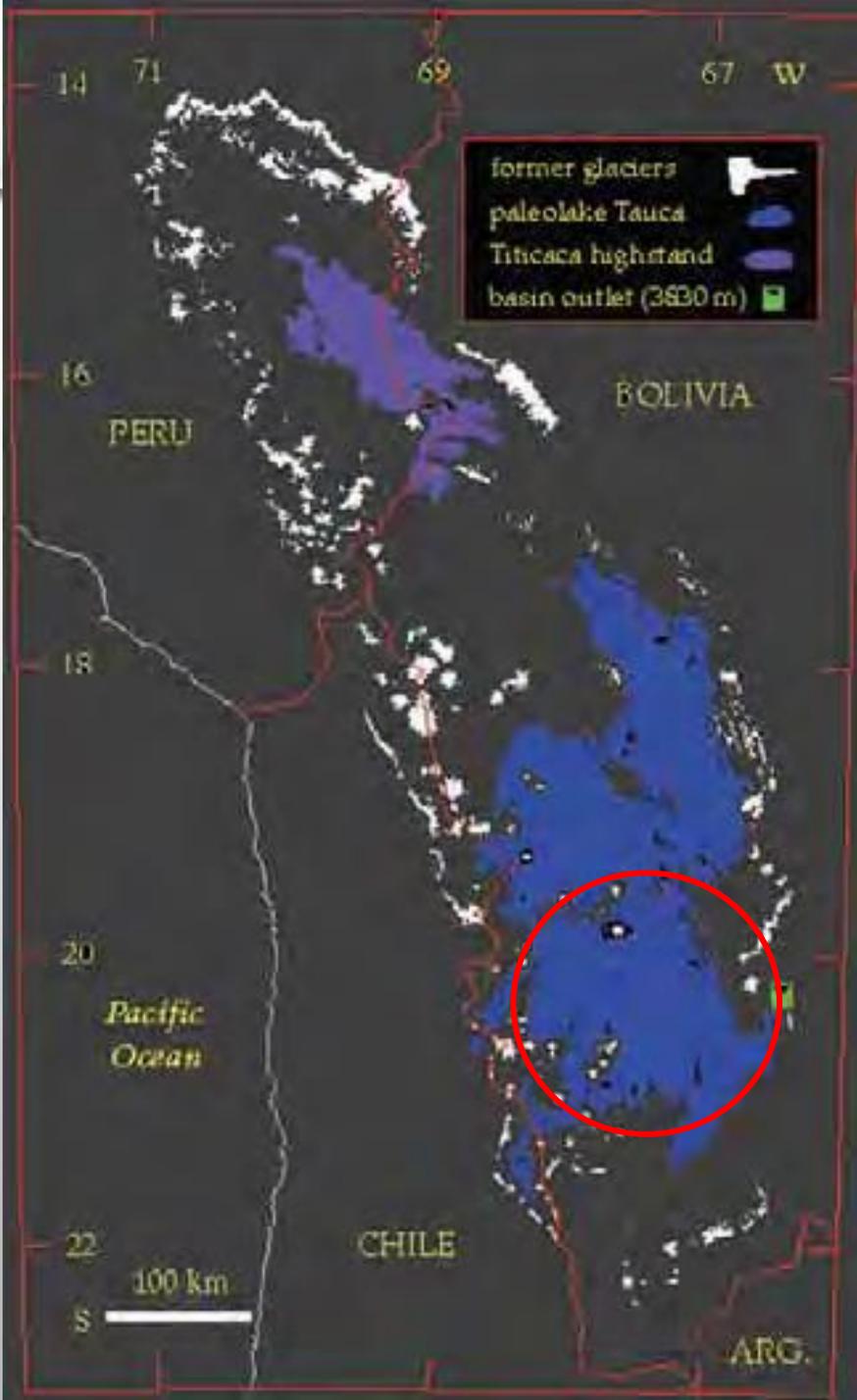


TANQUES ELEVADOS DE H²O PARA ALMACENAMIENTO DE AGUA TRATADA, PARA ALMACENAMIENTO DE REGENERANTES, INFRAESTRUCTURA PARA DESIONIZADORES (+) Y (-) Y DESIONIZADORES.

**Proyecto de
Industrialización
del Litio**

Información no accesible

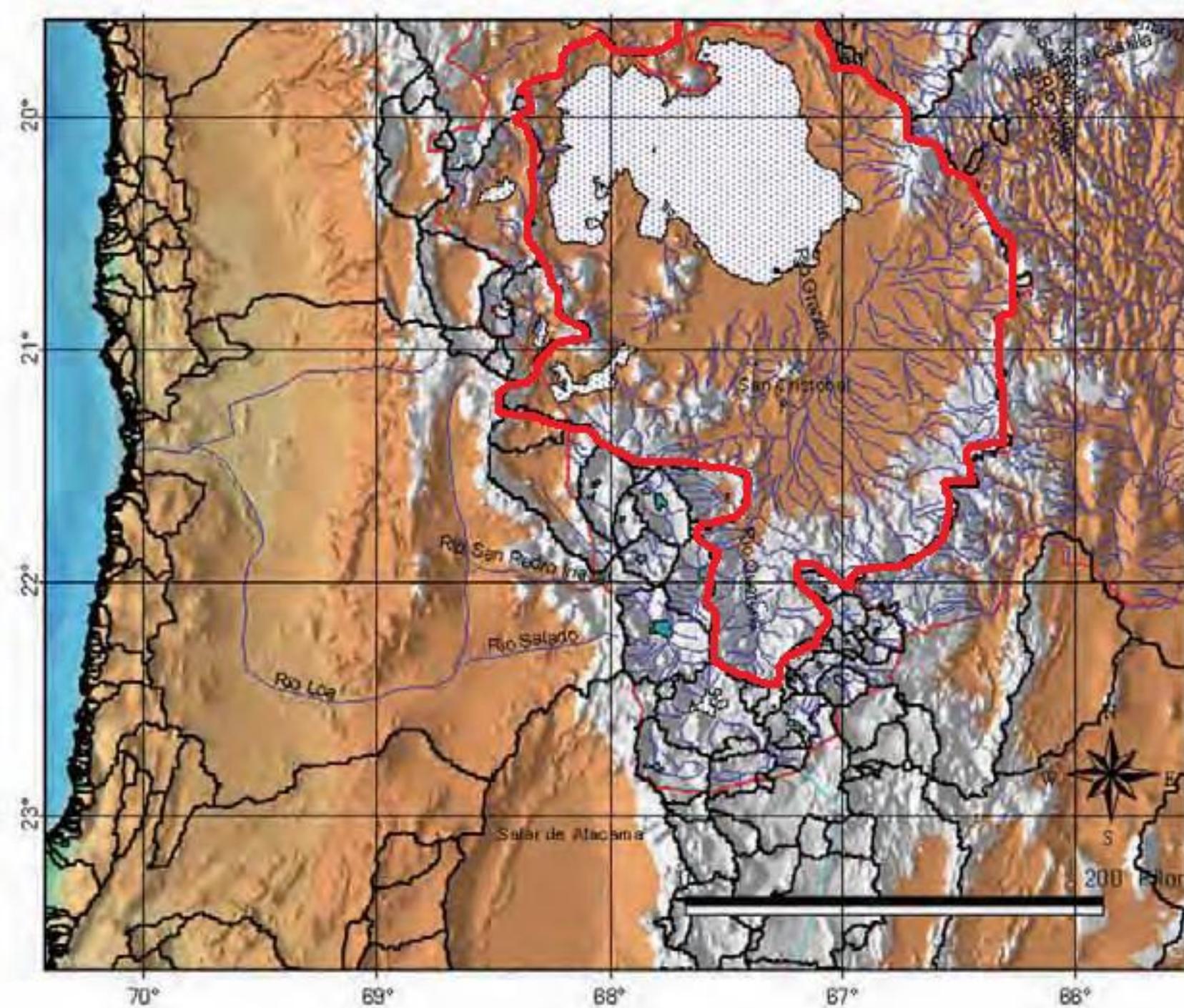




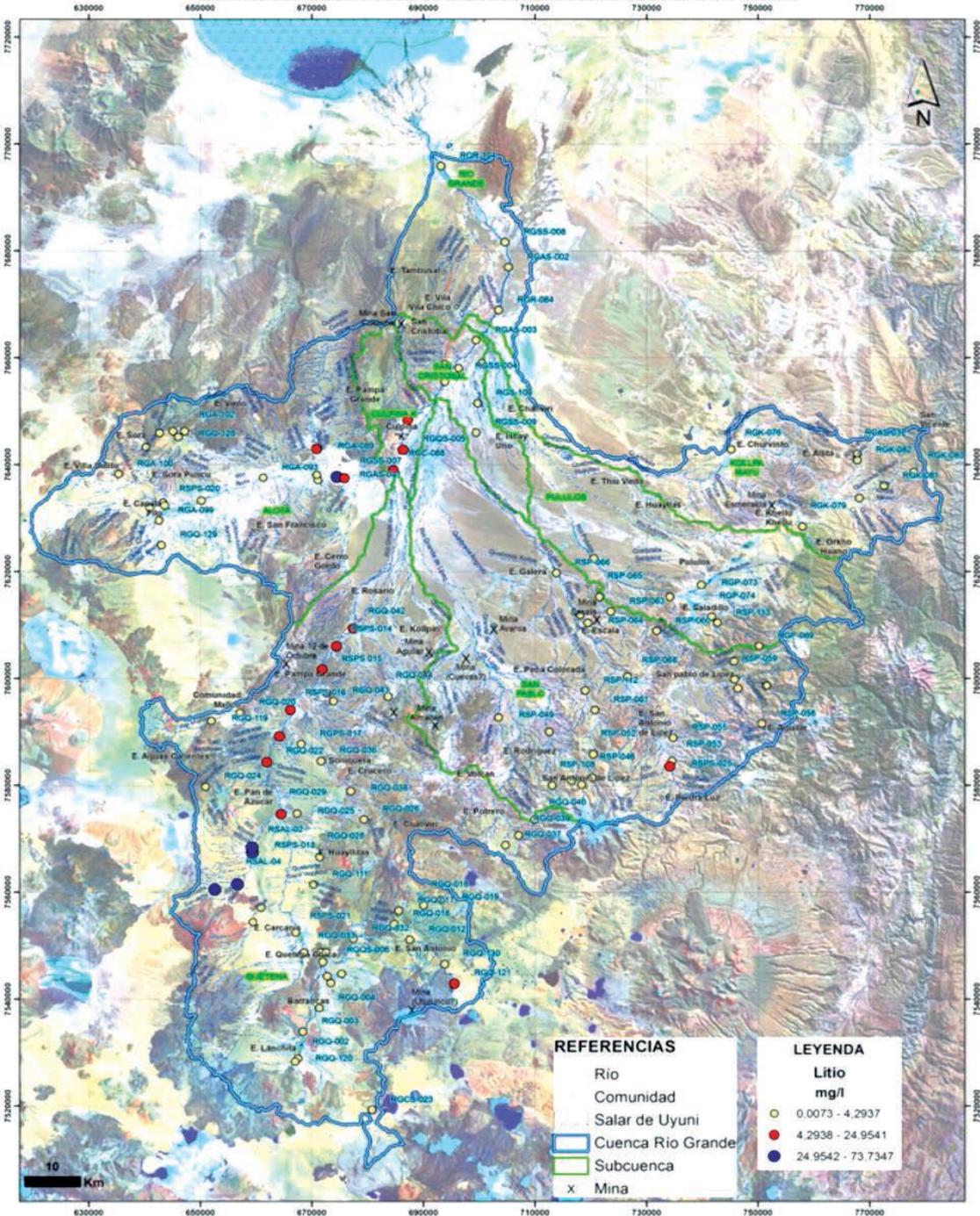
El Lago TAUCA

Entre 26.000 y
13.800 años AP.

Fuente: Blodgett *et al* (1997).
Citado por Molina Carpio, 2007.



La Cuenca del Salar de Uyuni



Estudio hidro-geoquímico de la cuenca del Salar de Uyuni

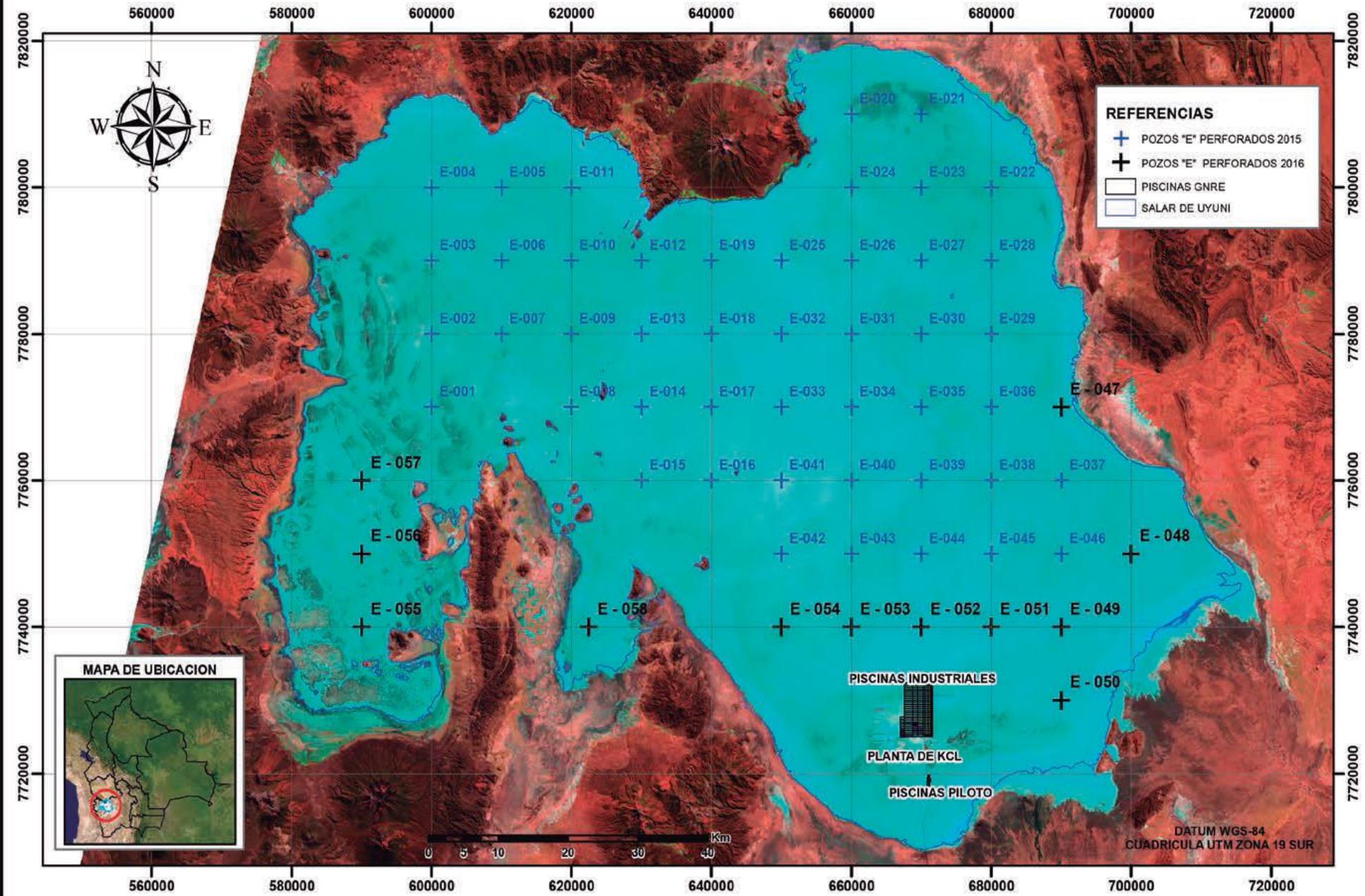
Muestreo de Aguas Superficiales, Subterráneas y Sedimentos de Corriente

SUBCUENCA	EPOCA		ANALISIS DE AGUAS		SEDIMENTOS DE CORRIENTE	AÑO
	HUMEDA	SECA	SUPERFICIALES	SUBTERRÁNEAS		
RIO GRANDE	X		105	25		2013
RIO GRANDE		X	106	25	106	2014
TOTAL			212	50	106	

SUBCUENCA	ANALISIS DE AGUAS		SEDIMENTOS DE CORRIENTE	AÑO
	SUPERFICIALES	SUBTERRÁNEAS		
RIO CALCHA K	45	5	45	2014
RIO COLORADO	45	15	55	2014
LLICA	45	15	55	2014
TOTAL	135	35	155	

Fuente: Memoria GNRE, 2016.

MAPA DE UBICACION DE POZOS EXPLORATORIOS PERFORADOS GESTIONES - 2015 Y 2016 (SALAR DE UYUNI)



Pozos exploratorios

Análisis Físico-químicos de aguas Superficiales y Subterráneas

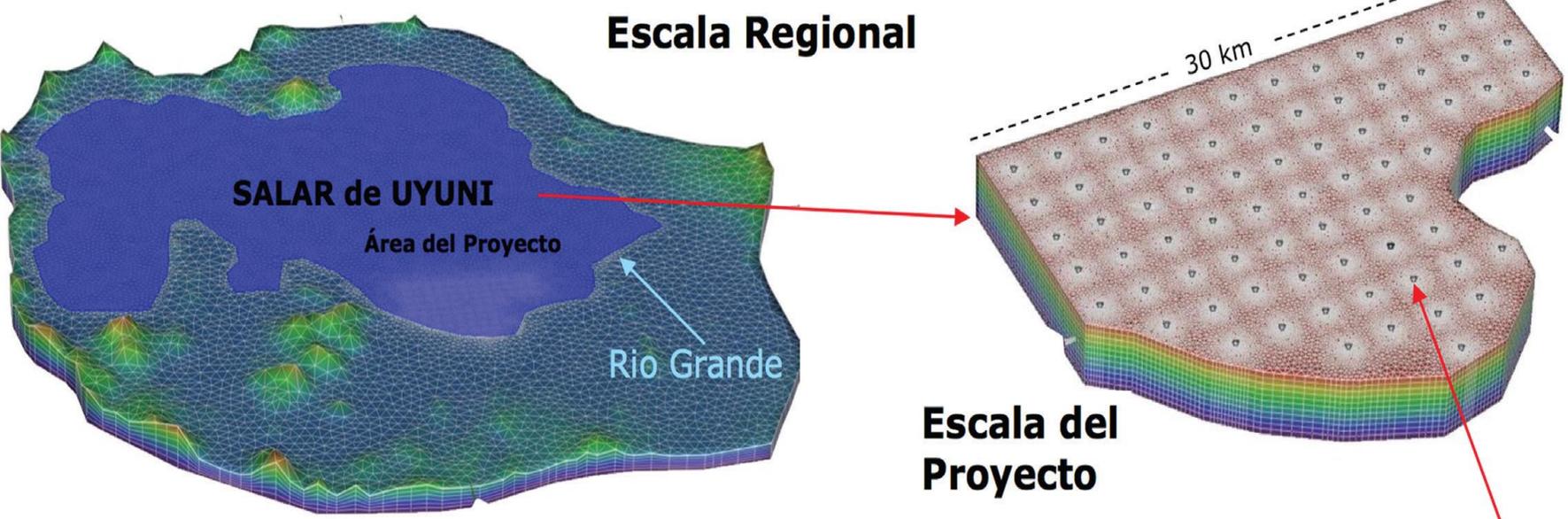
Nº	DETALLE	Nº	DETALLE
1	pH	15	Nitritos NO ₂ ⁻
2	Conductividad	16	Cromo VI
3	Temperatura	17	N- Amoniaco NH ₄
4	Color	18	Cianuro libre
5	Turbidez	19	Fosfato
6	Sólidos Disueltos Totales	20	Fluoruro F ⁻
7	Sólidos Suspendidos Totales	21	DBO5 (excepto aguas subt.)
8	Sólidos Totales	22	DQO (excepto aguas subt.)
9	Sólidos Sedimentables	23	CO ₃ ⁼⁼
10	Alcalinidad	24	HCO ₃ ⁻
11	Dureza total	25	OH ⁻
12	Cloruros Cl ⁻	26	Coliformes Fecales
13	Sulfatos SO ₄ ⁼⁼	27	Parásitos
14	Nitratos NO ₃ ⁻		

Análisis Físico-químicos

Análisis Multielemental de aguas y Sedimentos de Corriente

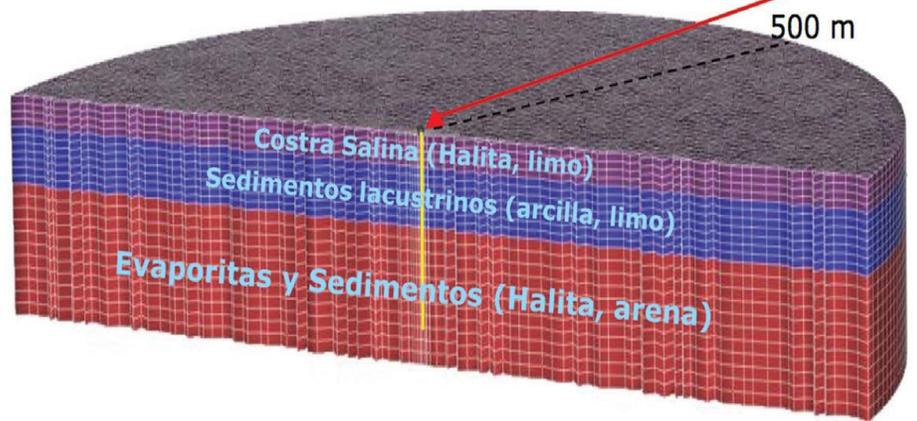
TIPO DE MUESTRA	TOTAL ELEMENTOS ANALIZADOS	ELEMENTOS ANALIZADOS
Aguas Superficiales	38	Li-Be-Na-Mg-Al-Si-K-Ca-Ti-V-Cr-Mn-Fe-Co-Ni-Cu-Zn-As-Se-Sr-Zr-Mo-S-Ag-Cd-Sn-Sb-Te-Ba-Ce-W-Tl-Pb-Bi-U-P-Hg-B
Aguas Subterráneas	38	Li-Be-Na-Mg-Al-Si-K-Ca-Ti-V-Cr-Mn-Fe-Co-Ni-Cu-Zn-As-Se-Sr-Zr-Mo-S-Ag-Cd-Sn-Sb-Te-Ba-Ce-W-Tl-Pb-Bi-U-P-Hg-B
Sedimentos de Corriente	48	Ag-Al-As-Ba-Be-Bi-Ca-Cd-Ce-Co-Cr-Cs-Cu-Fe-Ga-Ge-Hf-In-K-La-Li-Mg-Mn-Mo-Na-Nb-Ni-P-Pb-Rb-Re-S-Sb-Sc-Se-Sn-Sr-Ta-Te-Th-Ti-Tl-U-V-W-Y-Zn-Zr

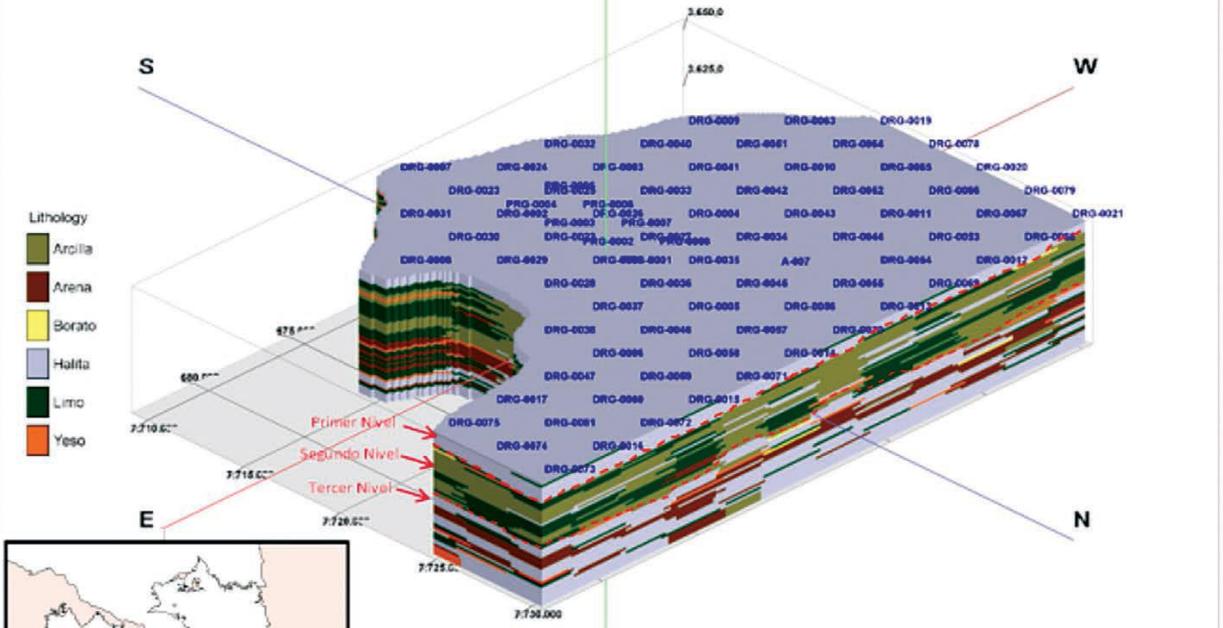
Elaboración del Modelo Hidrogeológico



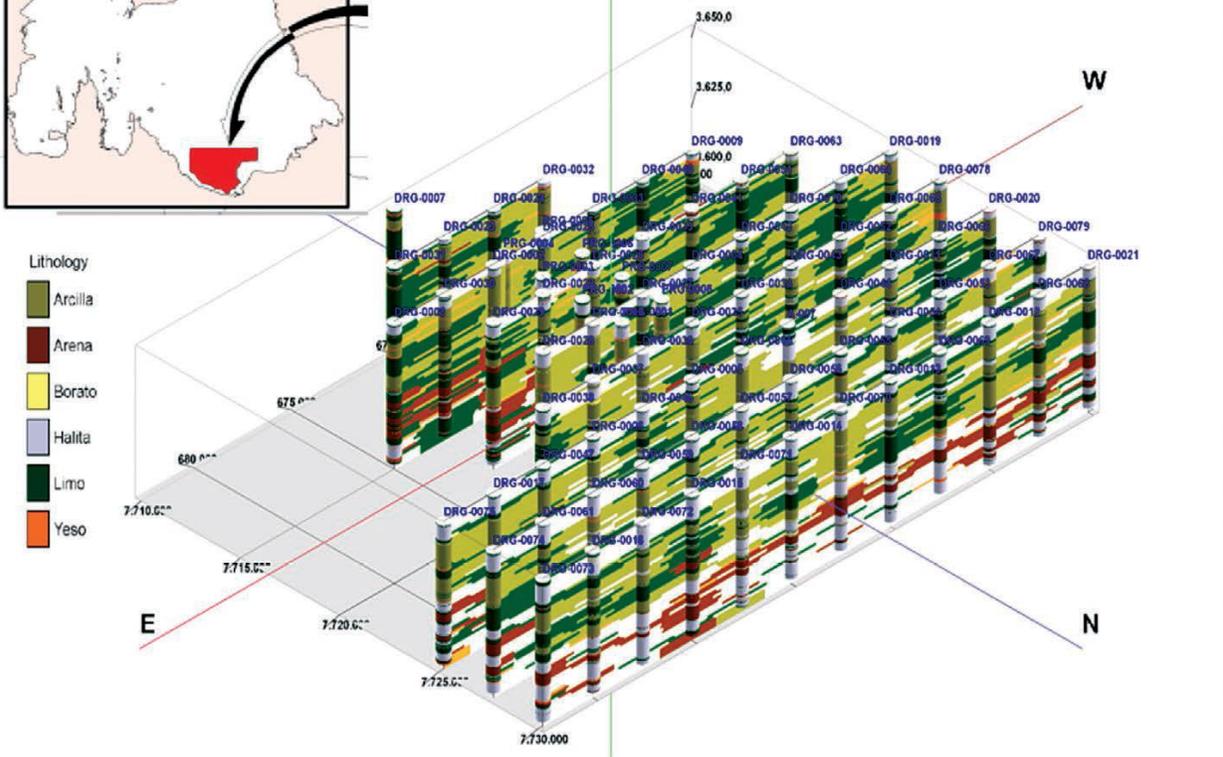
Pozo de Producción

Escala a Pozo de Producción



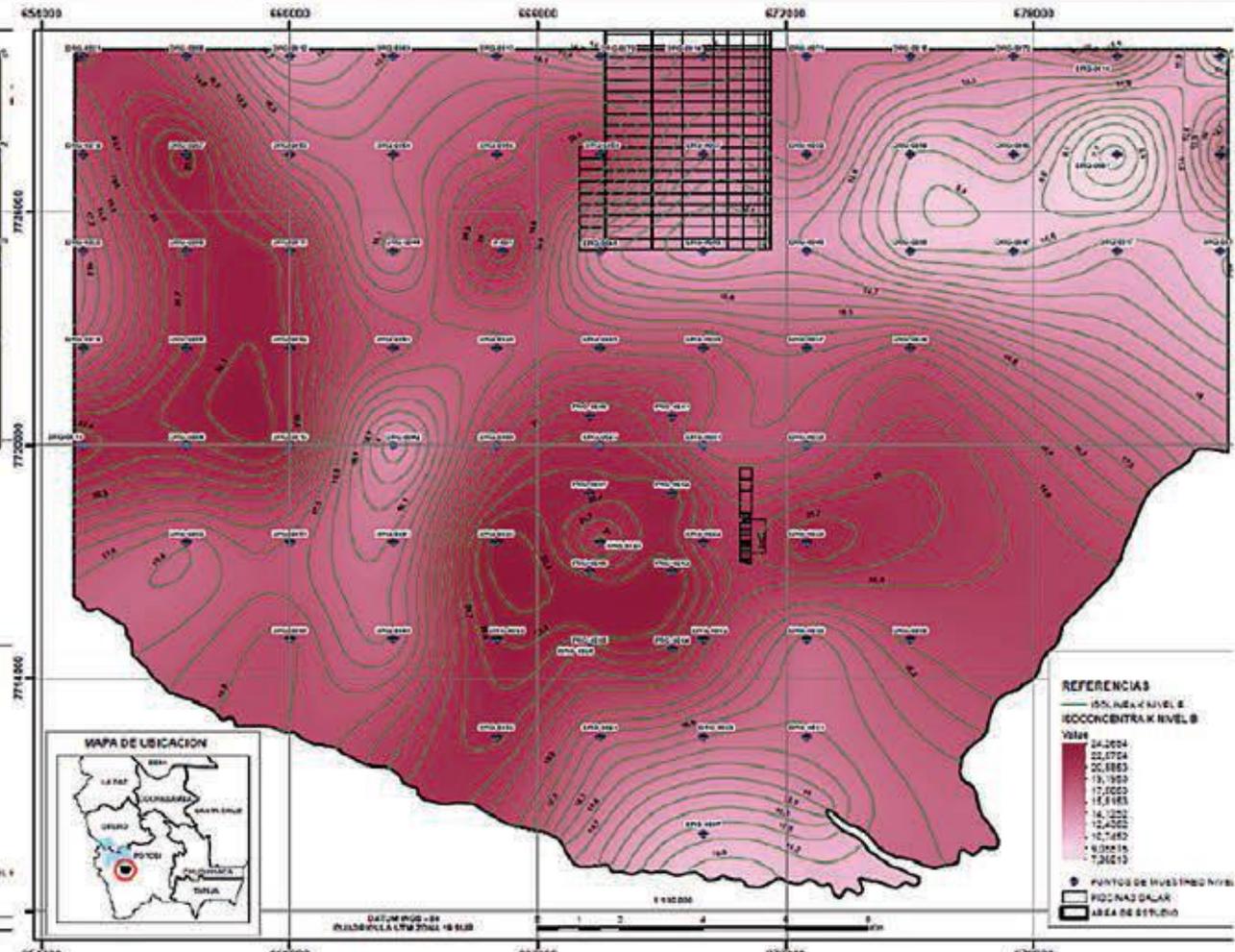
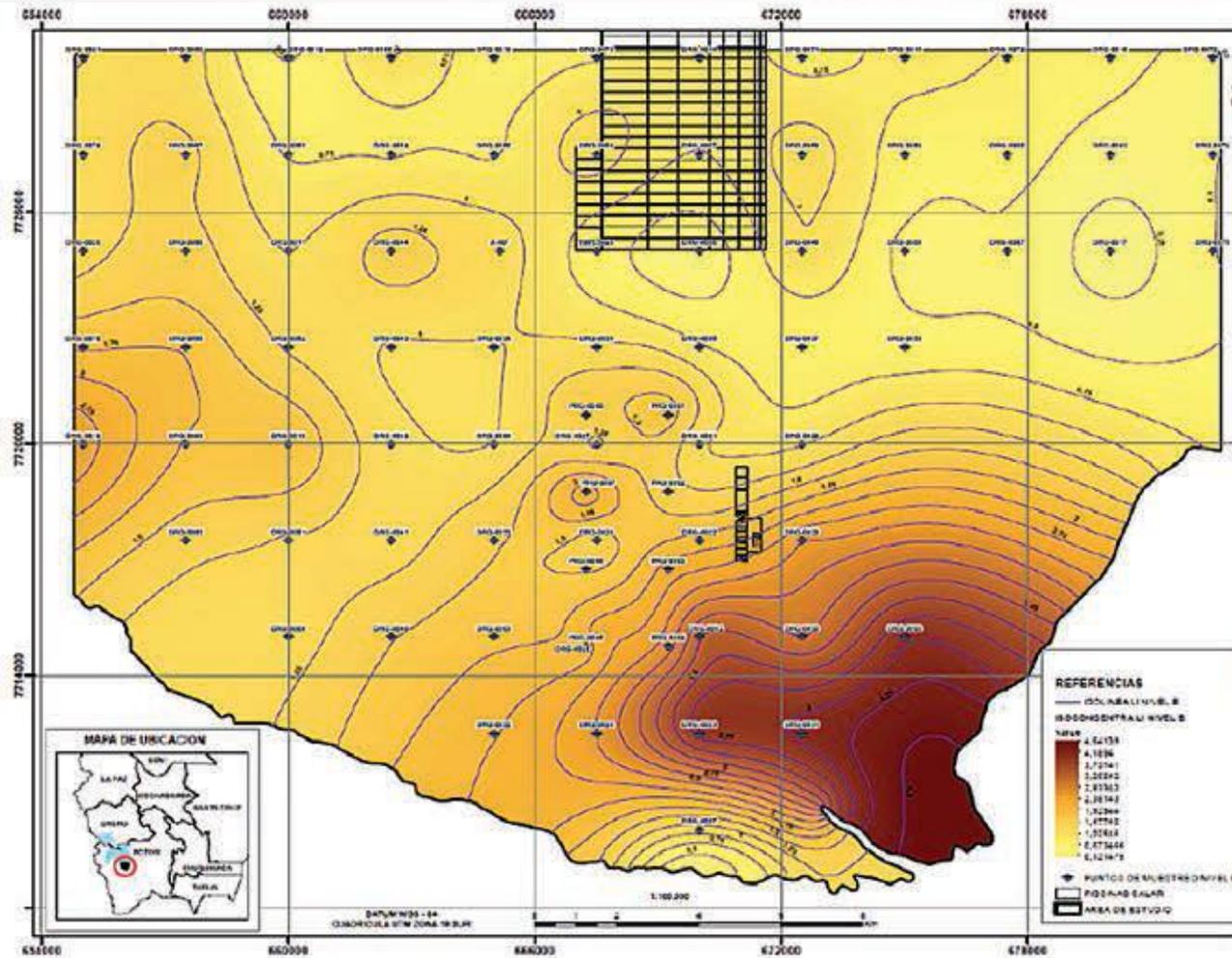


Niveles litológicos y columnas estratigráficas



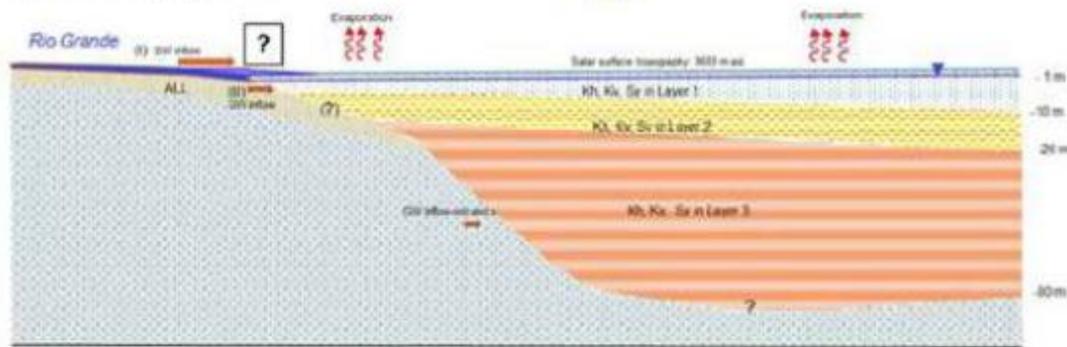
Mapas de iso-concentraciones de Li y K del nivel B promedio (2 – 50)

Fuente: Memoria GNRE, 2016.

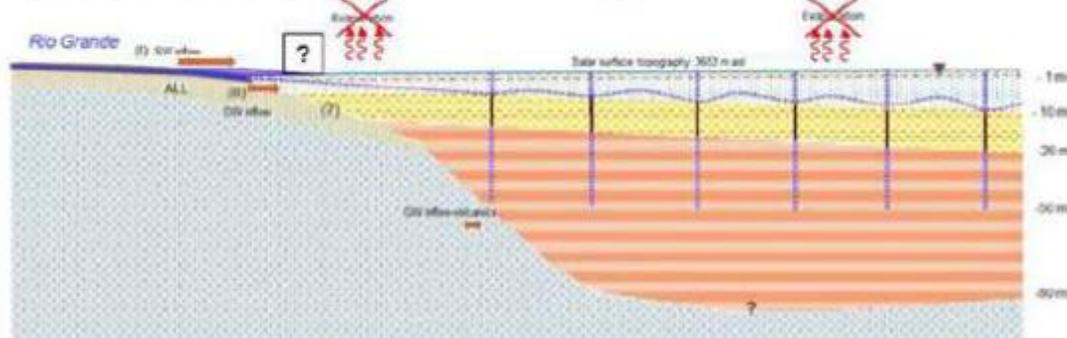


El modelo hidrogeológico

a) Pre-Pumping Conditions

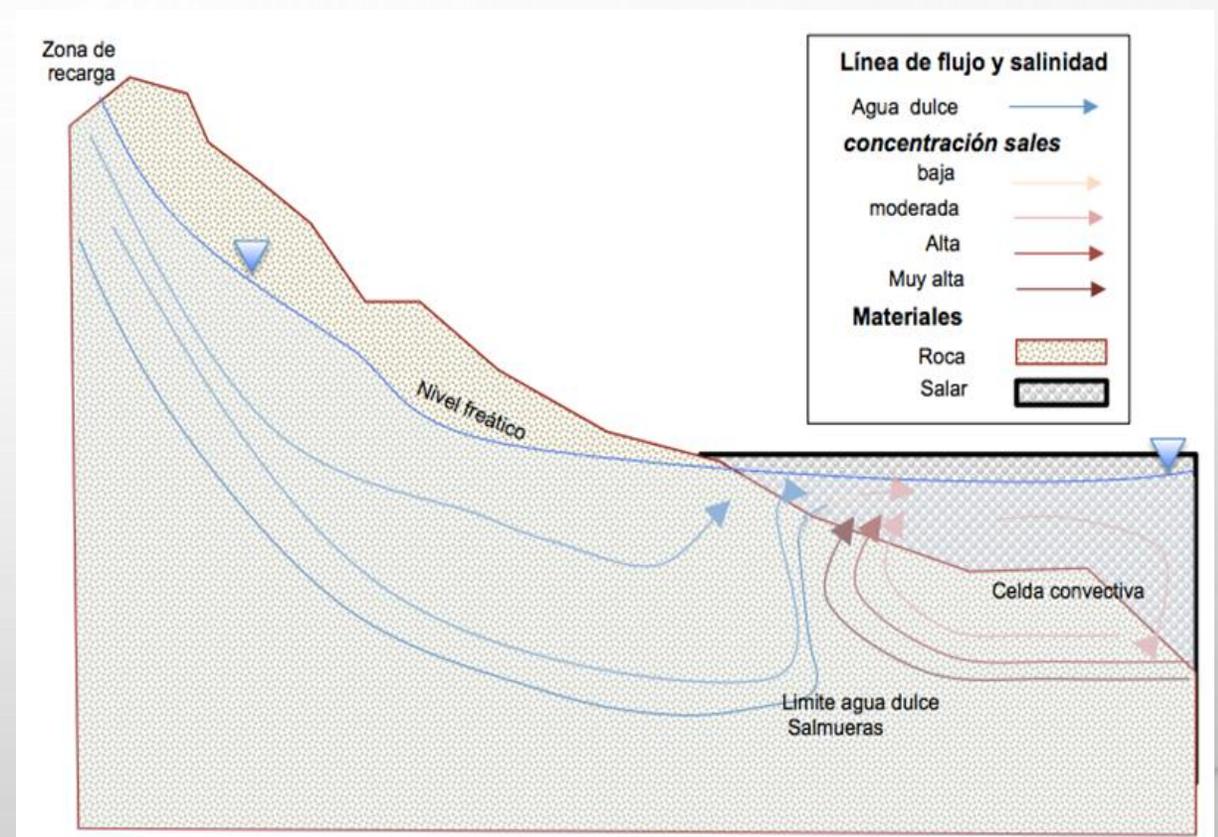


b) Brine extraction Conditions



Sección Transversal Esquemática del Modelo hidrogeológico conceptual

Fuente: Memoria GNRE, 2016.



Fuente: TERRAE, 2020.

Dinámica del Sistema Hidrológico - Puntualizaciones

- La salmuera es el “licor” de la cuenca.
- Los procesos hidro-geoquímicos transportan y concentran varios elementos, además del Litio, con riesgo de presencia de metales pesados.
- La salmuera es la materia prima de la Industria del Litio y por lo tanto, es preciso evaluar la presencia de metales pesados en sus procesos, productos, subproductos y residuos.

Riesgo Alto de sequía

← → ↻ <https://www.udape.gov.bo/VULNERABILIDAD/AutoPlay/Docs/Visualizador/IVP/aIVP.html>

🔍 ⭐ ⌵ 🏠 👤 ⋮



UDAPE: Mapas de Vulnerabilidad Poblacional de Bolivia
Selección actual >> Amenaza (Amenaza de sequia)

Metodología

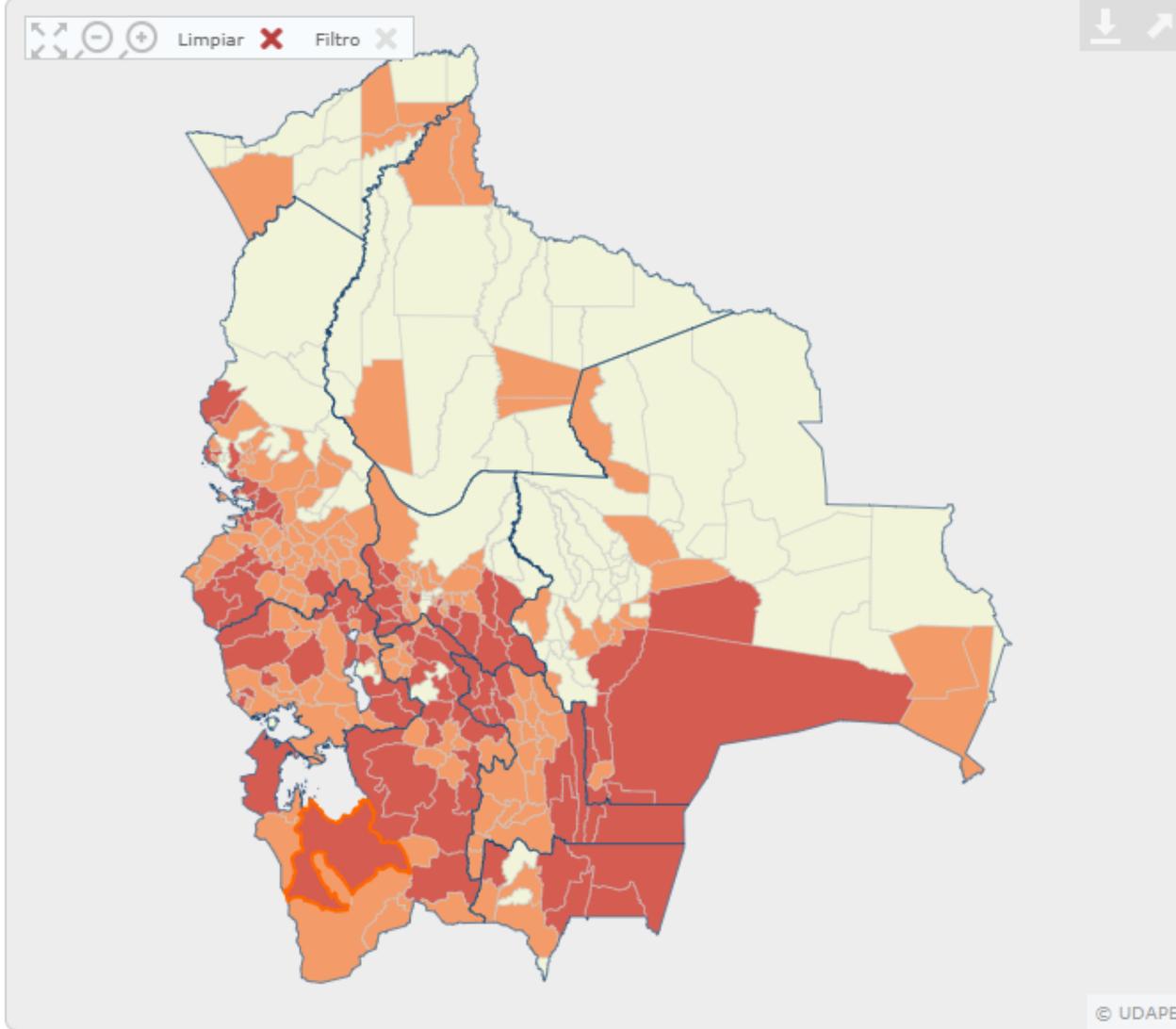
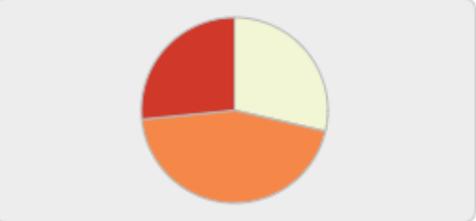
Ayuda

Municipios
 Baja
 Media
 Alta
 Departamentos

Selección actual

- Amenaza
 - Amenaza de helada
 - Amenaza de granizada
 - Amenaza de sequia**
 - Amenaza de inundaciones
- Exposición
- Personas que requieren asistencia
- Condiciones de vida

Departamento



Nombre	Indicador
Colcha "K" (V.Martin)	Alta
Collana	Media
Colomi	Media
Colpa Belgica	Baja
Colquechaca	Baja
Colquencha	Media
Colquiri	Media
Comanche	Media
Comarapa	Media
Combaya	Media
Concepción	Baja
Copacabana	Media
Coripata	Baja
Coro Coro	Alta
Coroico	Media
Corque	Alta



Alta vulnerabilidad a la sequía

https://www.udape.gob.bo/VULNERABILIDAD/AutoPlay/Docs/Visualizador/IVP/aIVP.html

aa ☆ ☆



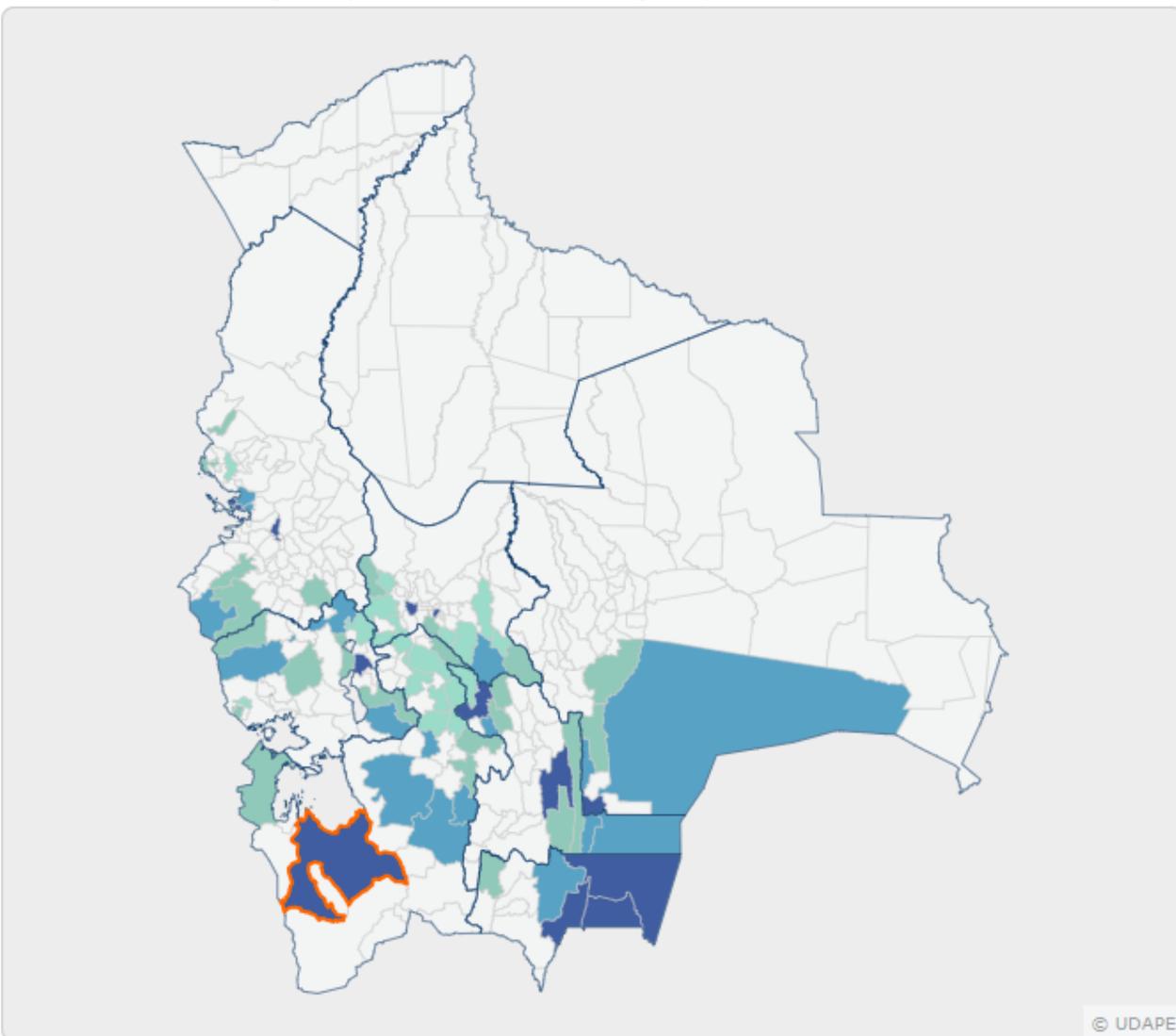
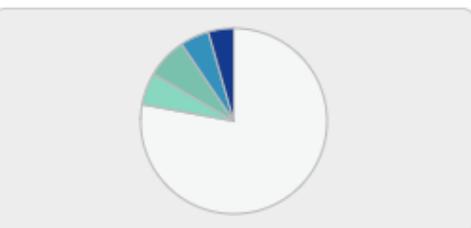
UDAPE: Mapas de Vulnerabilidad Poblacional de Bolivia
Selección actual >> Vulnerabilidad a Sequias (Vulnerab. física a Sequias)

Metodología Ayuda

- Municipios
- Muy Baja(0)
- Baja(0-0.05)
- Media-Baja(0.05-0.11)
- Media-Alta(0.11-0.15)
- Alta(0.15-1)

- Información prevención
- Vulnerabilidad a Inundaciones
- Vulnerabilidad a Heladas
- Vulnerabilidad a Sequias
 - Vulnerab. Pob. a Sequias
 - Vulnerab. física a Sequias**
 - Vulnerab. socio-económica a Sequias
 - Exposición a Sequias
 - Pers. que Req asistencia a Sequias

Departamento



Nombre	Indicador
Colcha"K" (V.Martin)	0,19
Collana	0
Colomi	0
Colpa Belgica	0
Colquechaca	0
Colquencha	0
Colquiri	0
Comanche	0
Comarapa	0
Combaya	0
Concepción	0
Copacabana	0
Coripata	0
Coro Coro	0
Coroico	0
Corque	0,11

Limpiar ✕ Filtro ✕



Riesgo Medio de inundación



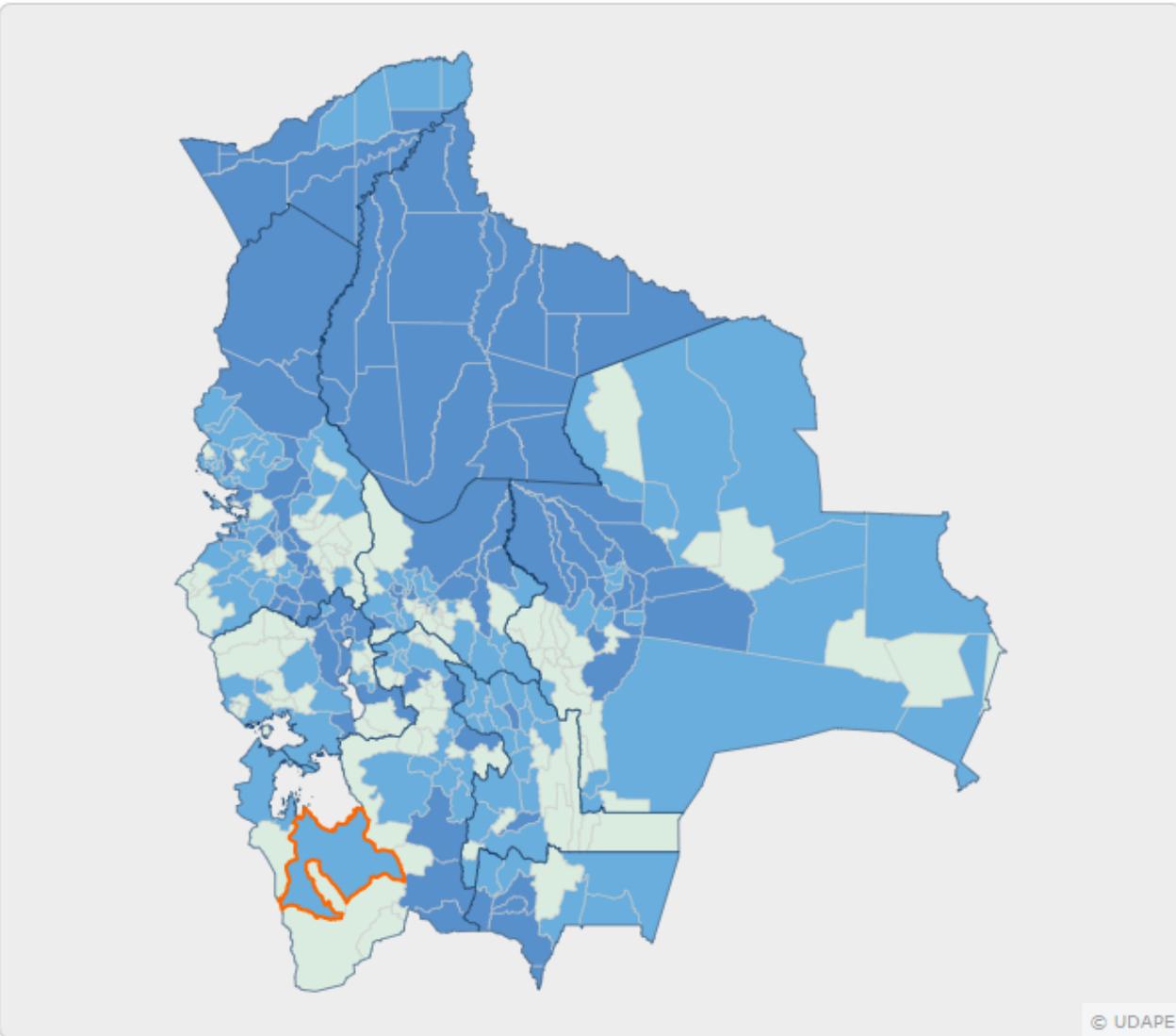
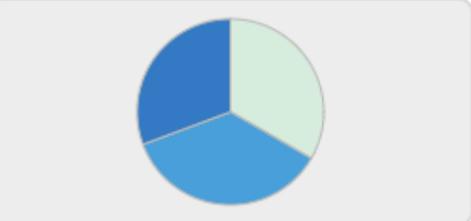
UDAPE: Mapas de Vulnerabilidad Poblacional de Bolivia
Selección actual >> Amenaza (Amenaza de inundaciones)

Municipios
 Baja
 Media
 Alta
 Departamentos

Selección actual

- Amenaza
 - Amenaza de helada
 - Amenaza de granizada
 - Amenaza de sequia
 - Amenaza de inundaciones**
- Exposición
- Personas que requieren asistencia
- Condiciones de vida

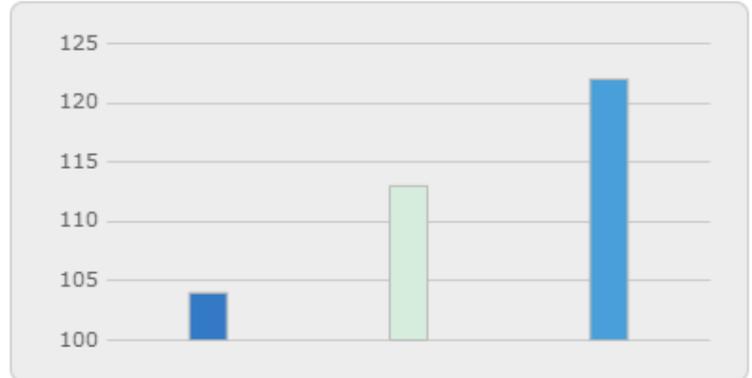
Departamento



Metodología Ayuda

Nombre	Indicador
Colcha"K" (V.Martin)	Media
Collana	Baja
Colomi	Media
Colpa Belgica	Alta
Colquechaca	Baja
Colquencha	Baja
Colquiri	Baja
Comanche	Baja
Comarapa	Baja
Combaya	Media
Concepción	Media
Copacabana	Media
Coripata	Baja
Coro Coro	Media
Coroico	Media
Corque	Media

Limpiar X Filtro X



Dinámica del Sistema Hidrológico - Puntualizaciones

- El sistema hidrológico es altamente vulnerable.
- No se tiene un sistema propio para la predicción climática de la ENSO (Niño/Niña).
- La información recopilada por la GNRE/YLB confirma un dinámica hidro-geoquímica de transporte de elementos químicos hacia el Salar.
- La probabilidad de explotación de aguas subterráneas fósiles es alta.
- Las variaciones climáticas tienden a intensificarse.
- No se tiene un sistema de monitoreo sólido a nivel regional.
- La presión sobre los recursos hídricos puede llegar a ser crítica.

The image features a light gray gradient background with several realistic water droplets of various sizes scattered in the corners. The droplets have highlights and shadows, giving them a three-dimensional appearance. The text "¡Muchas gracias!" is centered in the lower half of the image.

¡Muchas gracias!