



## **Anexo 10**

### Superficie Lacustre

Anexo 10.1: Mapeo y cálculo de superficies lacustres

Anexo 10.2: Estacas perimetrales y puntos de control

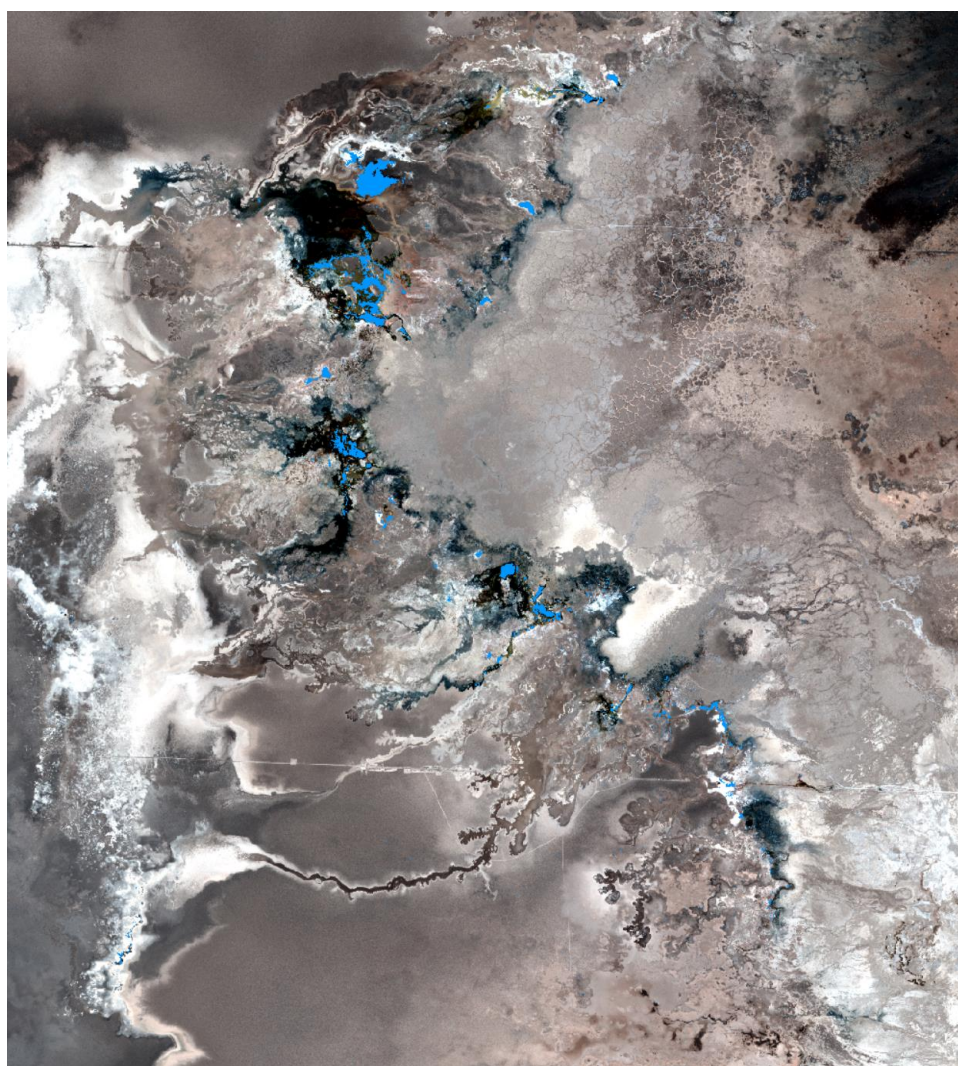
Anexo 10.3: Mapas de extensión lagunar formato .png



## Anexo 10.1: Mapeo y cálculo de superficies lacustres

## **MAPEO DE CUERPOS DE AGUA SUPERFICIALES EN AGUAS DE QUELANA SALAR DE ATACAMA**

*José Manuel Lattus – SRGIS Geología y Geomática Ltda.*



**Santiago de Chile**

**Julio 2024**

## ÍNDICE

ÍNDICE.....	1
1. RESUMEN.....	3
2. INTRODUCCIÓN .....	3
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3.1 ÁREA DE ESTUDIO .....	4
3.2 MATERIALES Y SOFTWARE .....	5
3.3 METODOLOGÍA .....	5
3.3.1 Pre-procesamiento de la Imagen Satelital.....	5
3.3.2 Corrección geométrica (Ortorectificación y Georeferencia) .....	6
3.3.3 Cálculo de Índices, características espectrales y sus consideraciones (NDWI, NDWI <sub>R</sub> y SAVI) .....	7
3.3.4 Clasificación Binaria .....	9
3.3.5 Pan-Sharpening (Fusión Imagen Multiespectral con Banda Pancromática) .....	10
3.3.6 Generación de Máscara de procesamiento.....	10
3.3.7 Resumen de la metodología para el mapeo de las lagunas .....	10
4. PUNTOS DE CONTROL .....	11
5. RESULTADOS.....	12
6. DISCUSIÓN .....	14
7. CONCLUSIONES .....	15
8. REFERENCIAS .....	17

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del Área de Estudio, Aguas de Quelana. Elaboración Propia. ....	4
Figura 2: Formato de datos en imágenes satelitales y sus correcciones. Elaboración propia. ....	6
Figura 3: Puntos de amarre disponibles en Aguas de Quelana. ....	7
Figura 4: Curvas espectrales del agua, suelo y vegetación en el espectro solar. Modificado de RSAC Ltd. ....	9
Figura 5: Ejemplo de Clasificación Binaria (umbrales referenciales). Elaboración Propia. ....	10
Figura 6: Metodología de mapeo de cuerpos de Agua. Elaboración propia. ....	11
Figura 7: Puntos de Control en Aguas de Quelana.....	12
Figura 8: Post proceso de edición de resultados.....	13
Figura 9: Ejemplo de eliminación de píxeles aislados, se consideró como criterio eliminar píxeles aislados (1 pixel). Elaboración Propia.....	13
Figura 10: Imagen Infrarrojo Color (izquierda) y Mapeo de Cuerpos de Agua (derecha). Elaboración Propia. ....	14
Figura 11: Puntos de control de borde de agua que no se evidencian en la imagen satelital. ....	15



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Vértices de la zona de estudio en coordenadas UTM WGS84 Zona 19 Sur. ....	4
Tabla 2: Principales características de la imagen WorldView-2. Elaboración propia.....	5
Tabla 3: parámetros de clasificación de cuerpos de agua.....	13
Tabla 4: Superficie de cuerpos de agua mapeada el mes de abril de 2024. Elaboración Propia.....	13

## 1. RESUMEN

El mapeo de cuerpos de agua en el sector de Quelana se realizó mediante el procesamiento de una imagen multiespectral de alta resolución WorldView-3. El sector denominado Aguas de Quelana, dentro de la reserva natural “Los Flamencos”, corresponde un sistema de múltiples cuerpos esporádicos de agua de diversos tamaños, cuyas superficies (cuerpos individuales) pueden ser de algunos pocos metros cuadrados hasta más de 40.000 m<sup>2</sup>. El mapeo de estos cuerpos se realiza mediante análisis de índices espectrales (índices de agua y vegetación), clasificación binaria y datos estadísticos de los píxeles además de una evaluación y edición manual en base a la observación de combinaciones RGB en Color Natural e Infrarrojo Color.

Para cuerpos de agua profundos, la característica espectral del agua (reflectancia de la luz en distintas longitudes de onda) es muy particular, y se identifica principalmente por su alta reflectancia en la longitud de onda del color verde y una muy baja reflectancia en la longitud de onda del infrarrojo cercano, sin embargo, para cuerpos someros de agua la influencia del material bajo ellos (suelo, sales, vegetación) altera la curva espectral debido a que la luz atraviesa la película de agua e interactúa con dichos materiales generando una curva espectral que mezcla la información del suelo y el cuerpo de agua, dificultando la diferenciación y el mapeo del agua.

El mapeo de cuerpos de agua resultó en una superficie de 420.188 m<sup>2</sup> de agua superficial en la zona de estudio.

## 2. INTRODUCCIÓN

La dinámica hídrica del Salar de Atacama requiere de un monitoreo constante de diversos elementos. Las imágenes satelitales multiespectrales facilitan la observación superficial de los elementos que cubren la superficie de cualquier terreno, en este caso, evidencia la presencia de cuerpos de agua, así como vegetación, suelo, sales, entre otros. Mediante el procesamiento de imágenes satelitales de alta resolución espacial, se pueden mapear los cuerpos de agua presentes en el salar.

Este trabajo se enfoca en el sector de Aguas de Quelana ubicado en el extremo oriental del Salar de Atacama donde afloran numerosos cuerpos lacustres de muy variados tamaños, los cuales pueden desarrollarse desde algunos m<sup>2</sup> hasta unos 40.000 m<sup>2</sup> aproximadamente. La gran variabilidad del tamaño de los cuerpos de agua, la poca profundidad de éstos y la presencia de vegetación complejizan la determinación de las superficies.

El mapeo de las superficies lacustres se realiza como parte de las actividades comprometidas en el Plan de Seguimiento Ambiental (PSA) del EIA “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama”, aprobado ambientalmente por la resolución exenta N°226/2006 de la COREMA, Región de Antofagasta. Conforme a lo indicado, a partir del análisis de imágenes satelitales de alta resolución se establece la superficie lacustre de los sistemas SONCOR (lagunas Puilar, Chaxa y Barros Negros) y el sistema PEINE (lagunas Salada, Saladita e Interna), Considerando 10.2.2 y 10.2.4 de la RCA N°226/2006.

Posteriormente, mediante la Resolución Exenta N°244/2010 de la COREMA, Región de Antofagasta, se redefine la metodología para la medición de superficies lacustres, incorporando mejoras en el procesamiento de la imagen satelital como el uso de índices espectrales para la delimitación de contornos y puntos de terreno para el control y corrección de límites, la cual fue implementada a partir de la temporada 2010. Asimismo, la medición considera los límites definidos por la CONAF para cada uno de los sistemas.

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado por la consultora SRGIS Geología y Geomática Ltda., específicamente por el geólogo José Manuel Lattus, consultor en teledetección y magíster en Teledetección, para el período de julio 2024.

A continuación, se define el área de interés, así como los materiales y metodología empleados para el cálculo de superficie lagunar.

### 3.1 ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra en la II Región de Antofagasta, Chile, en el extremo oriental del Salar de Atacama en el sector denominado Aguas de Quelana, esta área se encuentra en la Reserva Nacional Los Flamencos (Figura 1). Las coordenadas del área de estudio (vértices) pueden verse en la Tabla 1.

Al sector se puede acceder por la Ruta 23 hacia el sur desde el poblado de San Pedro de Atacama o por la Ruta B-39 que sale de la Ruta 5 a la altura de Baquedano.

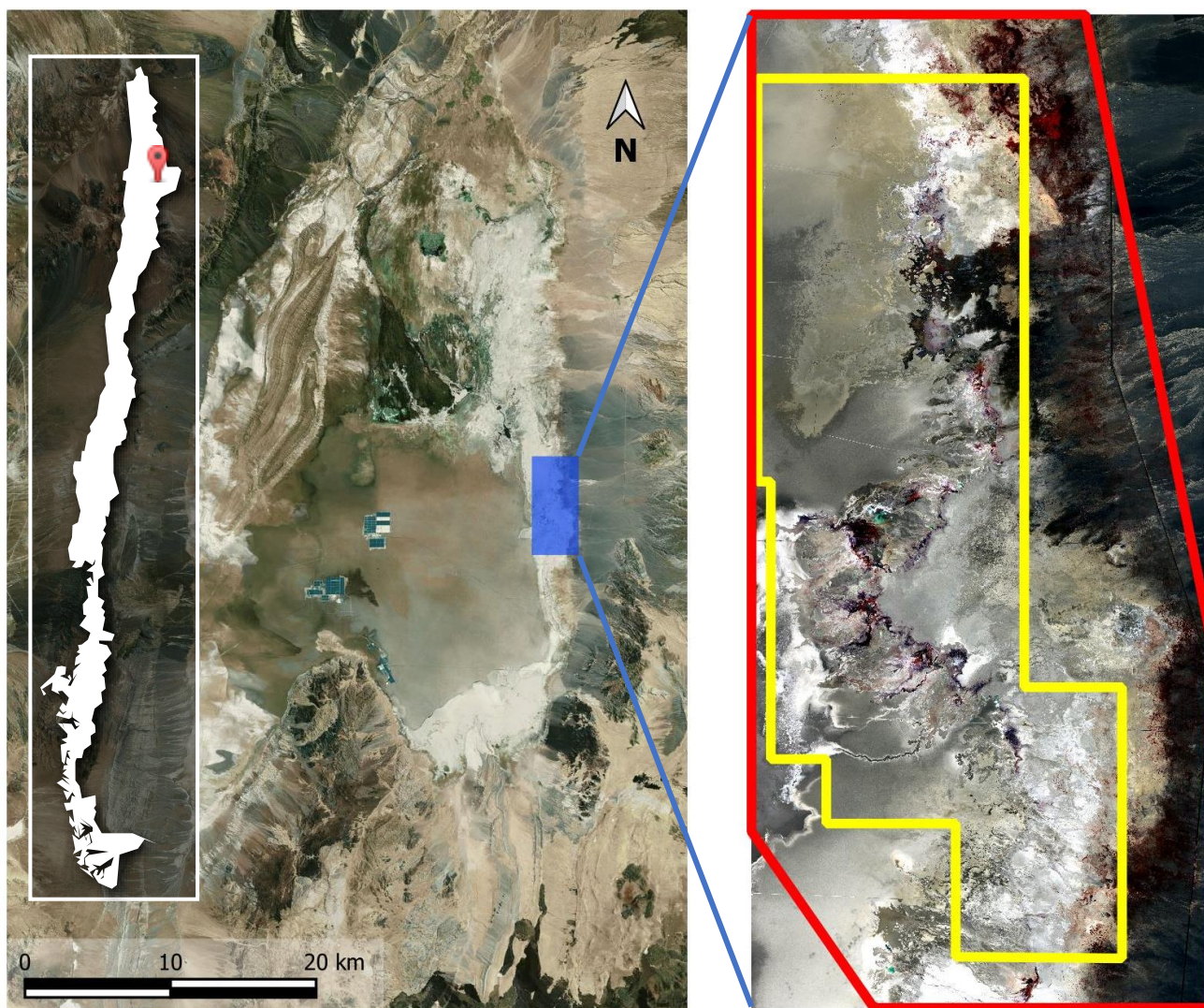


Figura 1: Ubicación del Área de Estudio, Aguas de Quelana. Elaboración Propia.

: Área de Estudio       : Reserva Nacional Los Flamencos

Tabla 1: Vértices de la zona de estudio en coordenadas UTM WGS84 Zona 19 Sur.

Este	Norte
589.804	7.413.170
594.316	7.413.170
596.022	7.404.704
596.022	7.399.743
591.458	7.399.743
589.804	7.402.124

### 3.2 MATERIALES Y SOFTWARE

Para este estudio se cuenta con una imagen satelital de alta resolución espacial WorldView-3 capturada el 03 de julio de 2024. El resumen de las características de esta imagen puede verse en la Tabla 2:

*Tabla 2: Principales características de la imagen WorldView-3. Elaboración propia.*

RANGO ESPECTRAL	BANDA	RESOLUCIÓN ESPACIAL
Visible	Azul	2 m
Visible	Verde	2 m
Visible	Rojo	2 m
Infrarrojo Cercano	Infrarrojo Cercano	2 m
Visible + Infrarrojo Cercano	Pancromática	0,5 m

El procesamiento se realizó utilizando ENVI 6.0, software especializado en procesamiento de imágenes aéreas y satelitales. Todas las imágenes satelitales se trabajaron en el sistema de referencia de coordenadas UTM WGS84 Zona 19 Sur.

### 3.3 METODOLOGÍA

La medición de cuerpos de agua en la superficie consideró el cálculo de diversos índices, clasificación binaria e inspección visual, y la revisión del comportamiento de las bandas espectrales orientados a la detección y mapeo de cuerpos de agua. Los procesamiento realizados a las imágenes para el mapeo de los cuerpos lacustres son los siguientes:

1. Pre-procesamiento de la imagen satelital
2. Corrección geométrica
3. Cálculo de índices espectrales (NDWI,  $NDWI_R$  y SAVI) y consideración de características espectrales
4. Clasificación binaria
5. Fusión imagen (Pan Sharpening)
6. Control de Terreno
7. Aplicación de Máscara de Lagunas

#### 3.3.1 Pre-procesamiento de la Imagen Satelital

Los índices espectrales son concebidos considerando la forma de la curva espectral obtenida en laboratorio mediante un espectro radiómetro el cual mide la reflectancia de dicho material en distintas longitudes de onda, es por esto, que la imagen satelital debe corregirse radiométrica y atmosféricamente para convertir los datos originales a un formato de reflectancia a la superficie de la tierra.

Las imágenes satelitales vienen en un formato numérico denominado niveles “DN” (Digital Number). El valor del píxel en este formato contiene información del material en la superficie de la tierra (agua, vegetación, suelo u otro), la influencia de la atmósfera y de las compensaciones predefinidas por el sensor. Este dato debe transformarse a unidades de energía reflejada (radiancia) mediante una corrección radiométrica.

La corrección radiométrica elimina los parámetros preestablecidos de ganancia y pérdida del sensor, por lo tanto, se generan datos comparables entre distintos sensores. Tras esta corrección las imágenes se convierten de DN a Radianza (o Radiancia) que es el flujo radiante que se refleja desde el suelo hacia el sensor, se mide en  $W/(m^2 sr \mu m)$  y es la magnitud que detecta el sensor.

La radiancia espectral se calcula a partir de los parámetros específicos entregados por el proveedor y que se encuentran en los metadatos de los archivos de la imagen satelital:

$$L_{\lambda} = Gain \cdot ND + Offset$$

Donde:

$L_{\lambda}$  : es la radiancia espectral recibida por el sensor ( $W/(m^2 sr \mu m)$ )

Gain : es el factor de ganancia para la banda en  $\lambda$

ND : es el valor del píxel en Niveles Digitales

Offset : es el factor de pérdida para la banda en  $\lambda$

Adicionalmente, debido a que los datos radiométricos contienen información de la superficie terrestre como de la atmósfera, se requiere aplicar una corrección que minimice estos efectos de la energía reflejada e incidente en los valores de cada píxel para obtener una imagen de reflectancia superficial, este proceso se denomina corrección atmosférica.

La corrección atmosférica elimina los efectos de la atmósfera en los datos, en este formato los datos (curvas espectrales de los píxeles) son comparables con curvas espectrales de laboratorio. Tras esta corrección las imágenes se convierten de Radiancia a Reflectancia (o Reflectancia Relativa).

La Figura 2 resume el esquema de datos de la imagen y las correcciones necesarias.

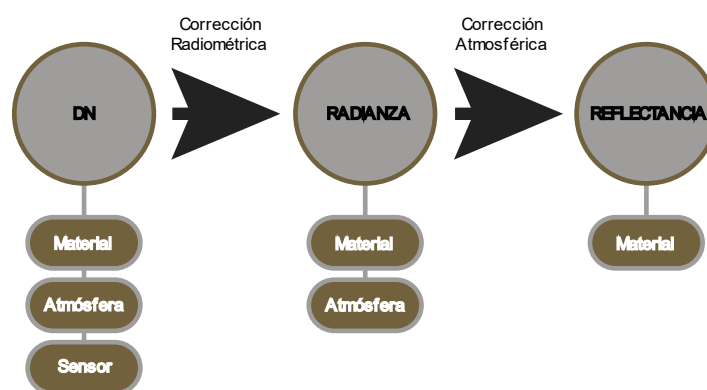


Figura 2: Formato de datos en imágenes satelitales y sus correcciones. Elaboración propia.

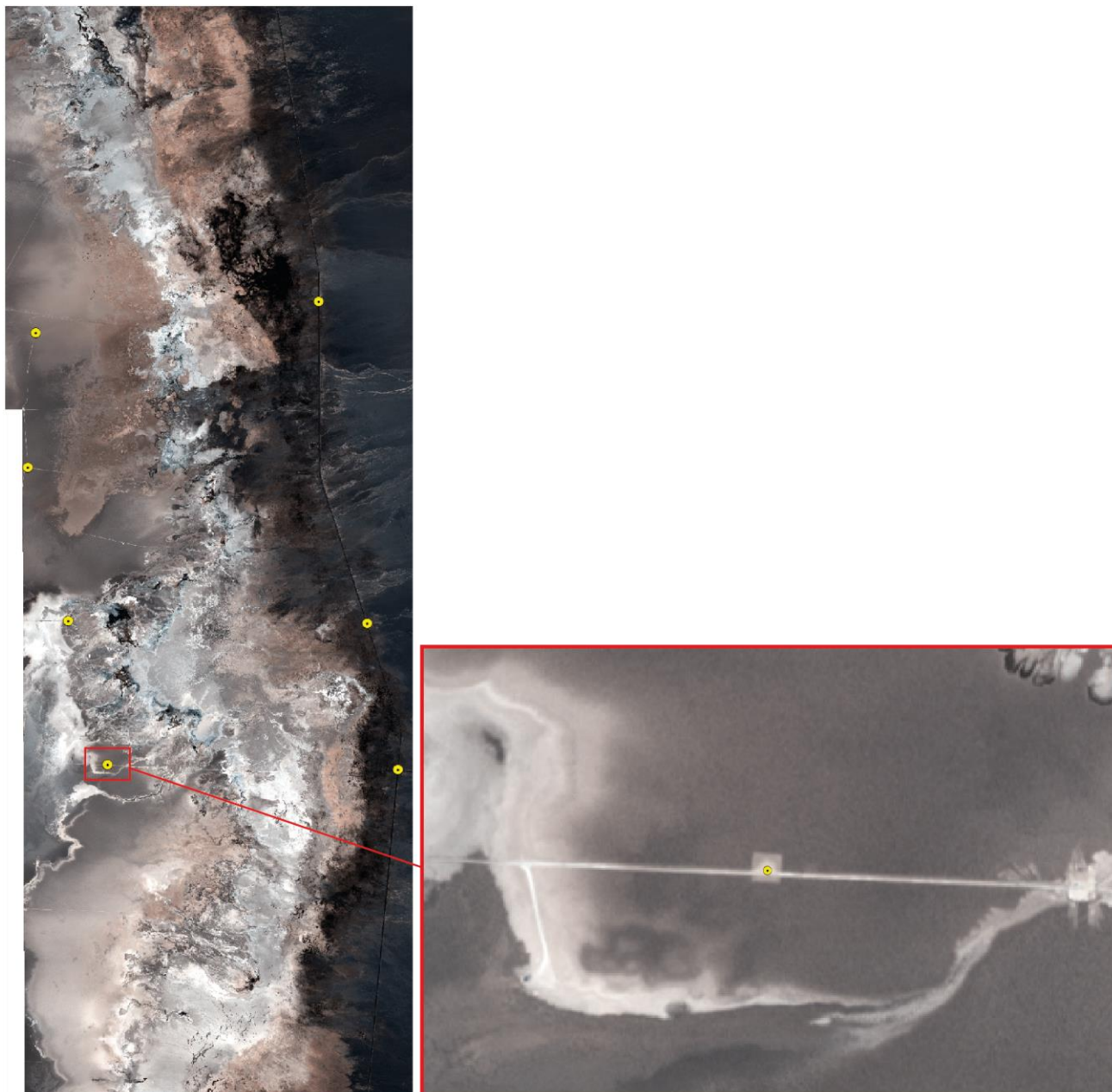
La metodología de corrección utilizada fue la corrección “Internal Average Relative Reflectance” (IARR) ya que, para el caso del Salar de Atacama, tras varios estudios, se consideró que es la que entrega mejor resultado para el mapeo específico de cuerpos de agua. Este tipo de corrección funciona mejor para áreas áridas sin vegetación, como es el caso del área de estudio (Harris Geospatial, 2022).

### 3.3.2 Corrección geométrica (Ortorectificación y Georeferencia)

La ortorectificación consiste en corregir la imagen de distorsiones provocadas principalmente por la topografía, para ello se utiliza un modelo digital de elevación (DEM) y los parámetros internos de la imagen satelital (RPC). Por otro lado, la georeferencia es indicar las coordenadas precisas de algunos píxeles de la



imagen para ajustarla a su posición real, para esto se utilizaron datos de intersección de caminos conocidos e identificados en la imagen.



*Figura 3: Puntos de amarre disponibles en Aguas de Quelana.*

### **3.3.3 Cálculo de Índices, características espectrales y sus consideraciones (NDWI, $NDWI_R$ y SAVI)**

Para el mapeo y delimitación de las superficies lacustres se utilizaron los siguientes índices espectrales: Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI), Índice de Agua de Diferencia Normalizada en Rojo ( $NDWI_R$ ) e Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI). A continuación, se pasa a describir cada uno de ellos:

#### **a. Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI)**

El NDWI (Normalized Difference Water Index (McFeeters, 1996)) maximiza la respuesta de las características espectrales del agua al usar la longitud de onda correspondiente al verde (550 nm, valores de reflectancia

altos para el agua) y la baja reflectancia del agua en el NIR (850 nm, infrarrojo cercano). El algoritmo del NDWI es el siguiente:

$$\text{NDWI} = (\text{VERDE} - \text{NIR}) / (\text{VERDE} + \text{NIR})$$

Donde:

*VERDE* : Reflectancia de la imagen en el rango espectral verde

*NIR* : Reflectancia de la imagen en el rango espectral infrarrojo cercano

Este índice normalizado entrega valores acotados para los píxeles entre -1 y 1. Como la reflectancia del agua en la banda verde debe ser mayor a la de la banda NIR, valores mayores a cero deben ser considerados a la hora de clasificar el agua con este índice.

#### **b. Índice de Agua de Diferencia Normalizada en Rojo (NDWI<sub>R</sub>)**

Este índice es una modificación del NDWI, cambiando la banda verde por la banda roja. Para cuerpos de agua con mucho sedimento se ha utilizado este índice ya que los suelos tienen una reflectancia mayor en la longitud de onda del color rojo que en la del verde, de esta manera estos cuerpos de agua con alta carga de sedimentos no tienen su máxima reflectancia en el verde sino en el rojo, pero al estar dentro de cuerpos de agua el infrarrojo cercano sigue teniendo baja reflectancia (Gossn et al., 2019; Moore et al., 2014; Ngoc et al., 2020; Ogashawara et al., 2017). Para cuerpos de agua someros esta característica se mantiene ya que el poco espesor de la capa de agua aumenta la reflectancia del rojo sobre el verde, por lo que este índice aporta mucho al mapeo de cuerpos de agua someros. El algoritmo del NDWIR es el siguiente:

$$\text{NDWI}_R = (\text{ROJO} - \text{NIR}) / (\text{ROJO} + \text{NIR})$$

Donde:

*ROJO* : Reflectancia de la imagen en el rango espectral rojo

*NIR* : Reflectancia de la imagen en el rango espectral infrarrojo cercano

Este índice normalizado entrega valores acotados para los píxeles entre -1 y 1. Como la reflectancia del agua en la banda rojo debe ser mayor a la de la banda NIR, valores mayores a cero deben ser considerados a la hora de clasificar el agua con este índice.

#### **c. Índice de Vegetación Ajustada al Suelo (SAVI)**

El índice SAVI es similar al NDVI (Rouse Jr et al., 1974), pero suprime los efectos de los píxeles del suelo. Utiliza un factor de ajuste de fondo respecto de la capa superior de la vegetación (parte de la vegetación expuesta hacia el sol directamente), “L”, que es una función de la densidad de la vegetación y, a menudo, requiere un conocimiento previo de la cantidad de vegetación. Se sugiere un valor óptimo de L=0,5 para tener en cuenta las variaciones de fondo del suelo de primer orden (Teshae et al., 2020). Este índice se usa mejor en áreas con vegetación relativamente escasa donde el suelo es visible a través del dosel. El algoritmo del índice SAVI es el siguiente:

$$\text{SAVI} = 1.5 * (\text{NIR} - \text{ROJO}) / (\text{NIR} + \text{ROJO} + 0.5)$$



Donde:

ROJO : es la reflectancia en el rango espectral del rojo

NIR : es la reflectancia en el rango espectral del infrarrojo cercano

#### d. Consideraciones de Características espectrales

Todos los materiales en la superficie tienen una curva espectral única, con ciertas características particulares en ciertos rangos espectrales del espectro electromagnético. En el caso del agua, esta tiene su máxima reflectancia dentro del rango espectral del color verde, esta reflectancia baja considerablemente (tendiendo a cero) en el rango del infrarrojo cercano. La muestra las curvas espectrales de los principales elementos en la superficie en el espectro solar.

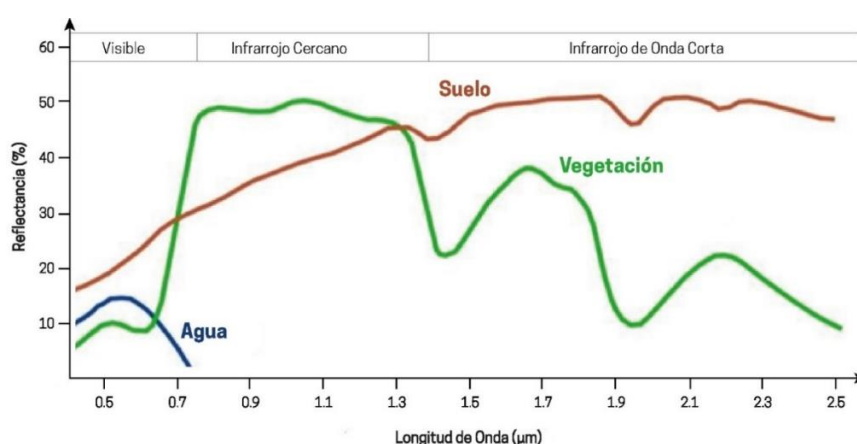


Figura 4: Curvas espectrales del agua, suelo y vegetación en el espectro solar. Modificado de RSAC Ltd.

Bajo estas observaciones, se consideró para el mapeo de cuerpos de agua la reflectancia baja en el rango infrarrojo cercano, lo que se traduce en bajos valores de píxeles en la banda NIR. Es importante considerar que los cuerpos de agua, según su profundidad, pueden resultar en curvas espectrales un poco diferentes a lo esperado, así como el contenido de sedimentos en suspensión, sales disueltas y/o vegetación, de esta manera es que la reflectancia del verde que en general es más alta que la del rojo puede invertirse quedando el rojo con mayor reflectancia lo que justifica el uso del  $NDWI_R$ . De la misma manera se ha evidenciado que la reflectancia baja en el NIR ayuda a separar valores de  $NDWI$  altos que no corresponden a agua, como costras recién formadas, de los que si son cuerpos de agua (criterio Low NIR o Bajo NIR).

#### 3.3.4 Clasificación Binaria

Este tipo de clasificación, también conocida como “Árboles de Decisión” va segmentando la imagen en distintos pasos: todos los píxeles de la imagen se enfrentan a una condición lógica la cual segmenta la imagen en dos clases, los píxeles que cumplen la condición y los que no la cumplen. Estas condiciones son, por ejemplo:  $NDWI \geq X$ , donde  $X$  es el valor partir del cual se considera que dicho píxel corresponde a una cobertura de agua. Cada clase generada se puede convertir en un nuevo nodo con una nueva condición que deben cumplir los píxeles que se clasificaron para volver a segmentarlos en dos clases nuevas (Figura 5).

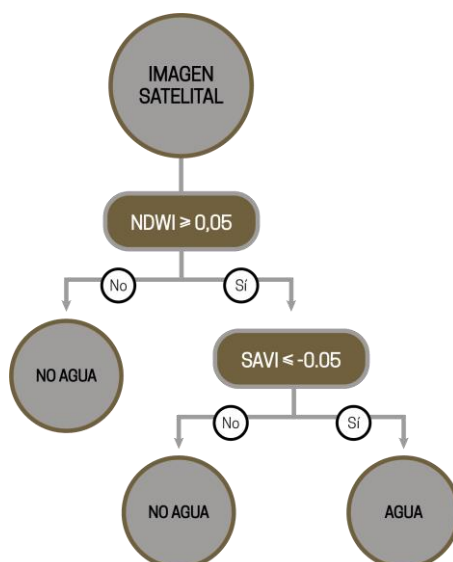


Figura 5: Ejemplo de Clasificación Binaria (umbrales referenciales). Elaboración Propia.

### 3.3.5 Pan-Sharpning (Fusión Imagen Multiespectral con Banda Pancromática)

Este proceso mejora visualmente el detalle de los datos multiespectrales con la banda pancromática debido a que ésta última tiene una resolución espacial mejor que la multiespectral. Es importante señalar que la radiancia medida por el sensor en cada longitud de ondas (azul, rojo, verde e infrarrojo cercano) se encuentra en los datos multiespectrales y que la banda pancromática abarca un rango espectral amplio (desde el azul al infrarrojo cercano) por lo que se recomienda que estos datos fusionados se utilicen de manera estética y para análisis visuales y no procesamientos espectrales.

Para el proceso de PanSharpen, ambas imágenes deben estar corregidas geométricamente para un calce perfecto entre ellas, sin embargo, la corrección radiométrica y atmosférica no es necesario aplicarla a la imagen pancromática, ya que solo se necesita su resolución espacial y no el valor del píxel en reflectancia. Este proceso se realiza utilizando la herramienta de NNDiffuse PanSharpening de ENVI (Sun et al., 2014).

### 3.3.6 Generación de Máscara de procesamiento

La máscara de lagunas es un archivo digital que posee los límites de las áreas de interés para los diferentes sistemas lagunares. El área seleccionada para el procesamiento en Aguas de Quelana corresponde al “Área de Estudio” indicada en la Figura 1.

### 3.3.7 Resumen de la metodología para el mapeo de las lagunas

Utilizando los índices espectrales, las características de las curvas espectrales y la imagen índice de la clasificación supervisada se procedió al mapeo de los cuerpos de agua visibles en la superficie. La Figura 6 muestra el esquema de procesamiento para el mapeo de los cuerpos lagunares utilizando todas las variables consideradas en este estudio.

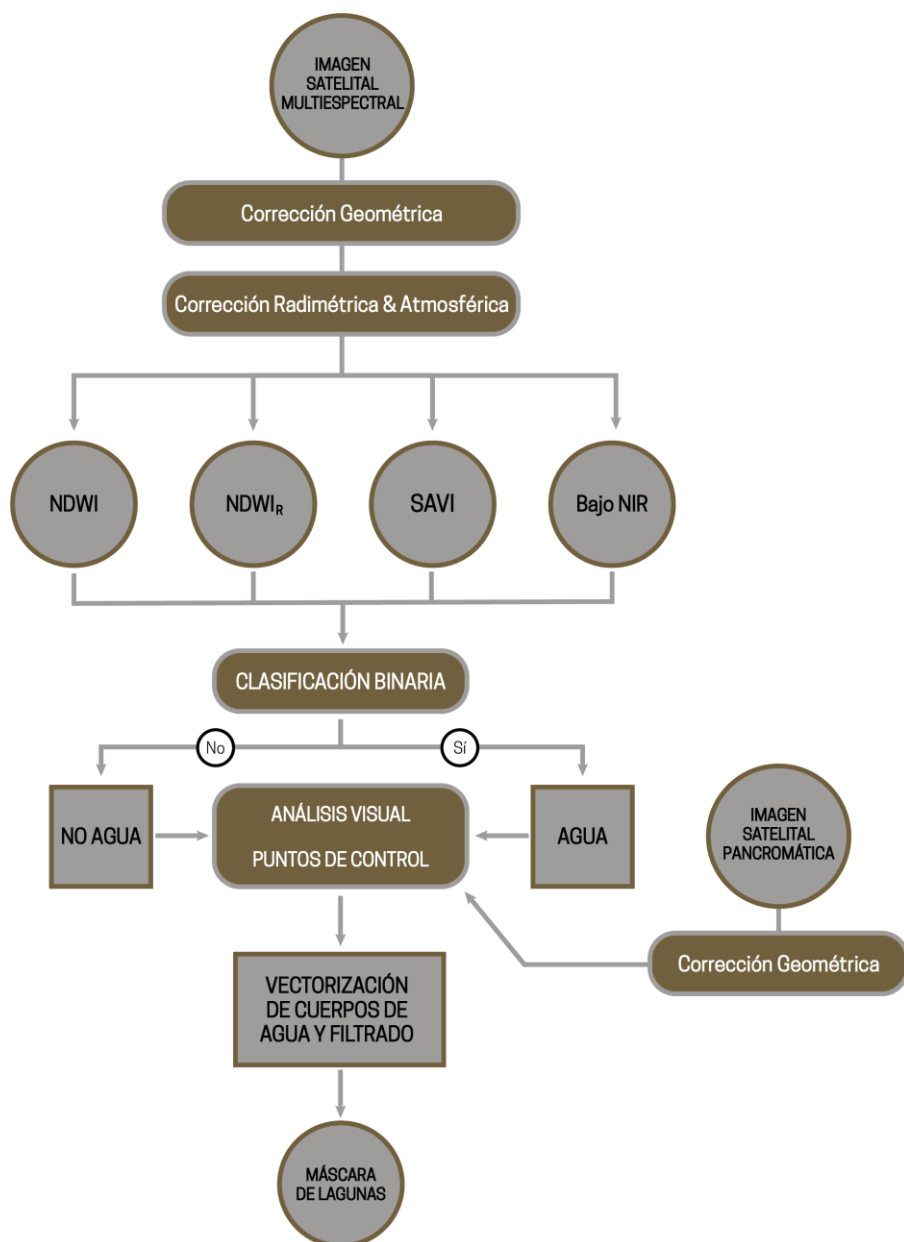
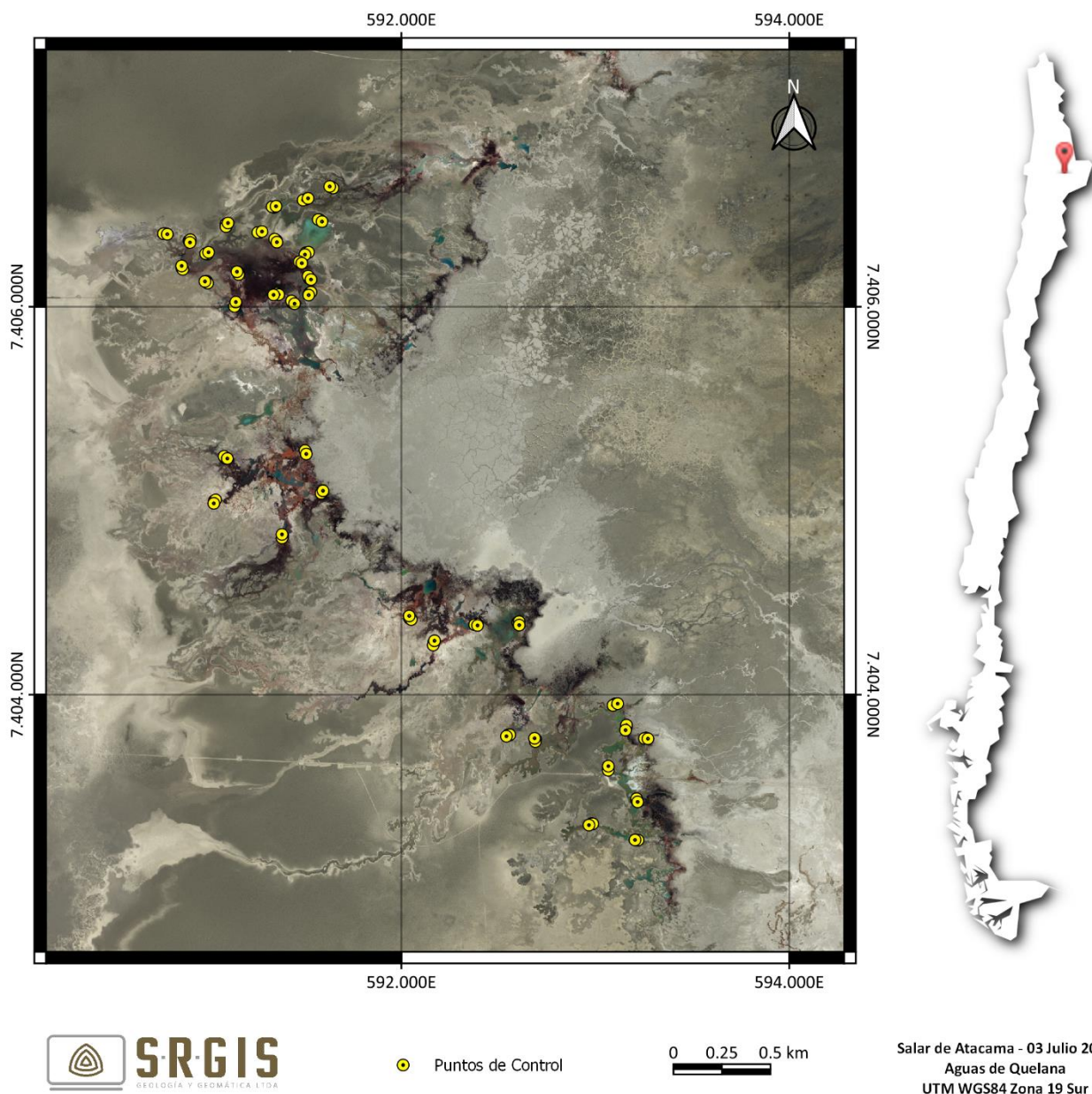


Figura 6: Metodología de mapeo de cuerpos de Agua. Elaboración propia.

#### 4. PUNTOS DE CONTROL

Para la campaña de julio 2024, se realizó una campaña de puntos de control de terreno donde se definieron puntos de borde de agua (Figura 7), en cada punto se indica la coordenada específica del punto de control, la cota y observaciones sobre la presencia y espesor de cuerpos de agua; se adjunta también una fotografía orientada y videos el 360° para tener un respaldo de la situación en terreno y poder mejorar el análisis de la imagen satelital; este trabajo fue realizado por la consultora ATyGeo los días 8 y 9 de julio de 2024.



*Figura 7: Puntos de Control en Aguas de Quelana*

## 5. RESULTADOS

Para obtener el resultado final del mapeo de cuerpos de agua se realizan dos etapas posteriores importantes al mapeo inicial. El resultado inicial (mapeo inicial) es el resultado de la clasificación binaria por medio del uso de índices y consideraciones espectrales, el cual pasa por un proceso de inspección visual y edición donde se agregan cuerpos de agua que no fueron mapeados, así como se eliminan píxeles que inicialmente se clasificaron como agua pero se identifica que no lo son (mapeo editado); este paso es sensible ya que está sujeto a la interpretación del consultor de determinar cuáles cuerpos mapeados inicialmente no se consideran como cobertura de agua, cuáles cuerpos de agua no se mapearon por la clasificación y deben agregarse al resultado, y la edición de otros cuerpos (extenderlos o disminuirlos), en esta etapa la existencia de puntos de control es fundamental para tomar decisiones respecto de la extensión de los cuerpos de agua. Luego, debido que el mapeo inicial tiene bastante ruido, se realiza un proceso de filtrado donde se eliminan todos los píxeles

aislados, o con un área mínima, mapeados como cuerpos de agua (mapeo filtrado). De esta manera tenemos tres resultados distintos: Mapeo Inicial, Mapeo Filtrado y Mapeo Final (Figura 8).



Figura 8: Post proceso de edición de resultados

El proceso de filtrado consiste eliminar píxeles aislados, el cual se aplica considerando que un píxel aislado no es representativo del mapeo y representa más el ruido del proceso que cuerpos de agua en sí (Figura 9). Para este trabajo se mantendrán cuerpos de agua que sean mayores o iguales a 2 píxeles.

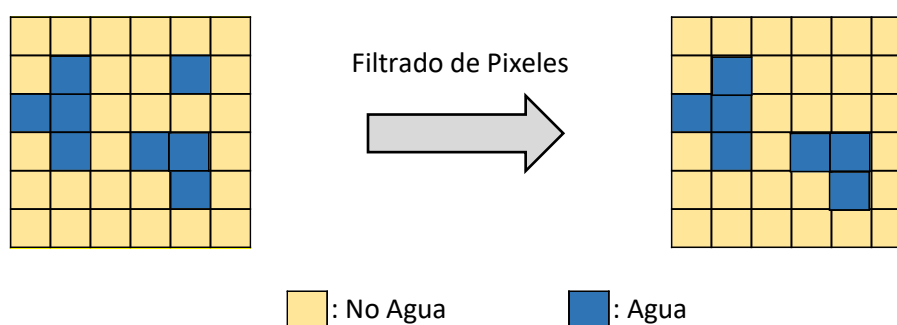


Figura 9: Ejemplo de eliminación de píxeles aislados, se consideró como criterio eliminar píxeles aislados (1 píxel).  
Elaboración Propia.

La Tabla 3 resume los parámetros utilizados en la clasificación binaria para el mapeo de los cuerpos de agua.

Tabla 3: parámetros de clasificación de cuerpos de agua

SISTEMA	NDWI	NDWI <sub>R</sub>	SAVI	NIR
AGUAS DE QUELANA	$\geq 0,050$	$\geq 0,100$	$\leq -0,050$	0,75

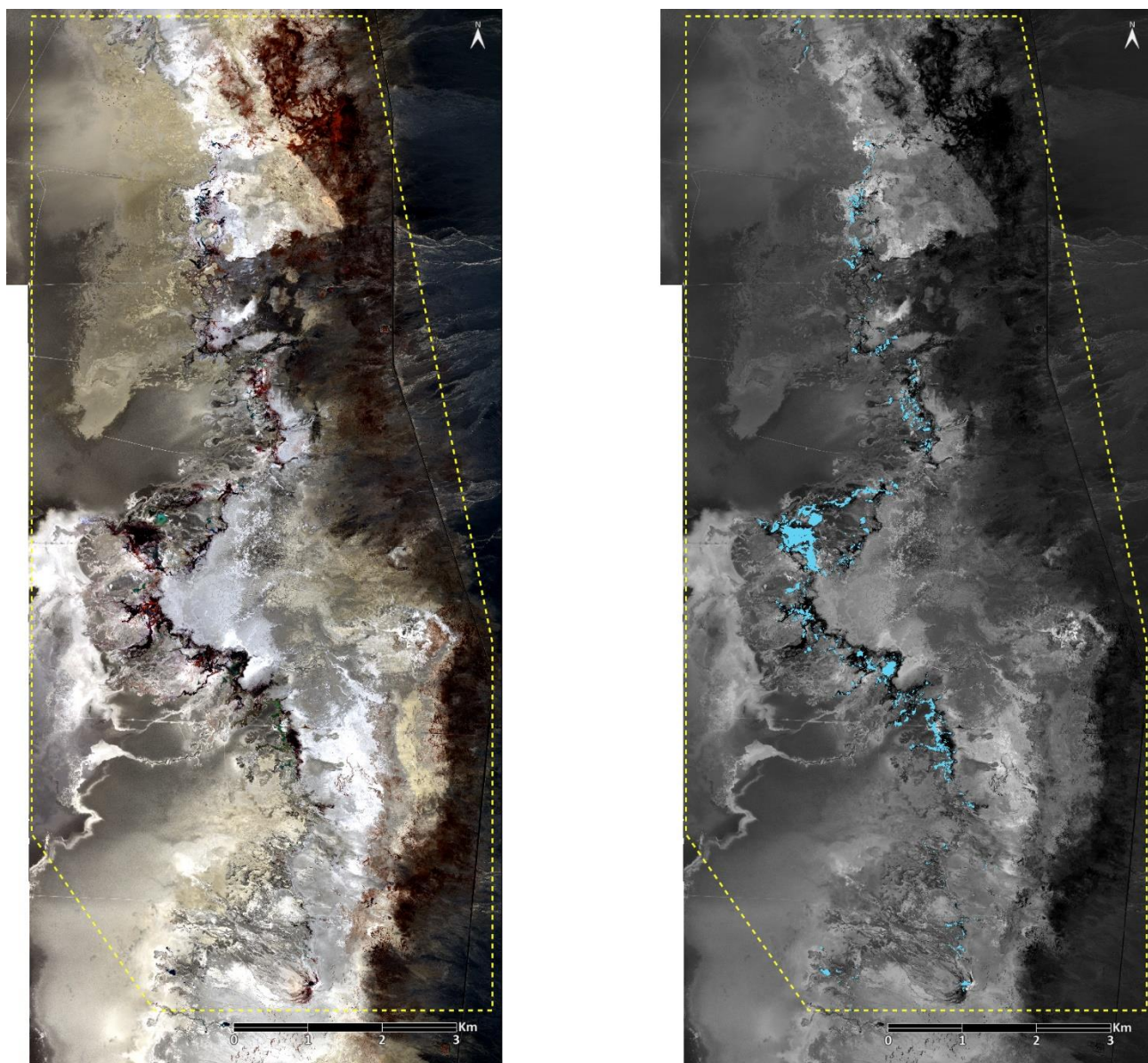
El área mapeada para la imagen de julio 2024 puede verse en la Tabla 4.

Tabla 4: Superficie de cuerpos de agua mapeada el mes de julio de 2024. Elaboración Propia.

Fecha	Mapeo Inicial (m <sup>2</sup> )	Mapeo Editado (m <sup>2</sup> )	Mapeo Final (m <sup>2</sup> )
03-07-2024	225.108	448.832	420.188

La Figura 10 muestra el resultado final del mapeo en Aguas de Quelana.





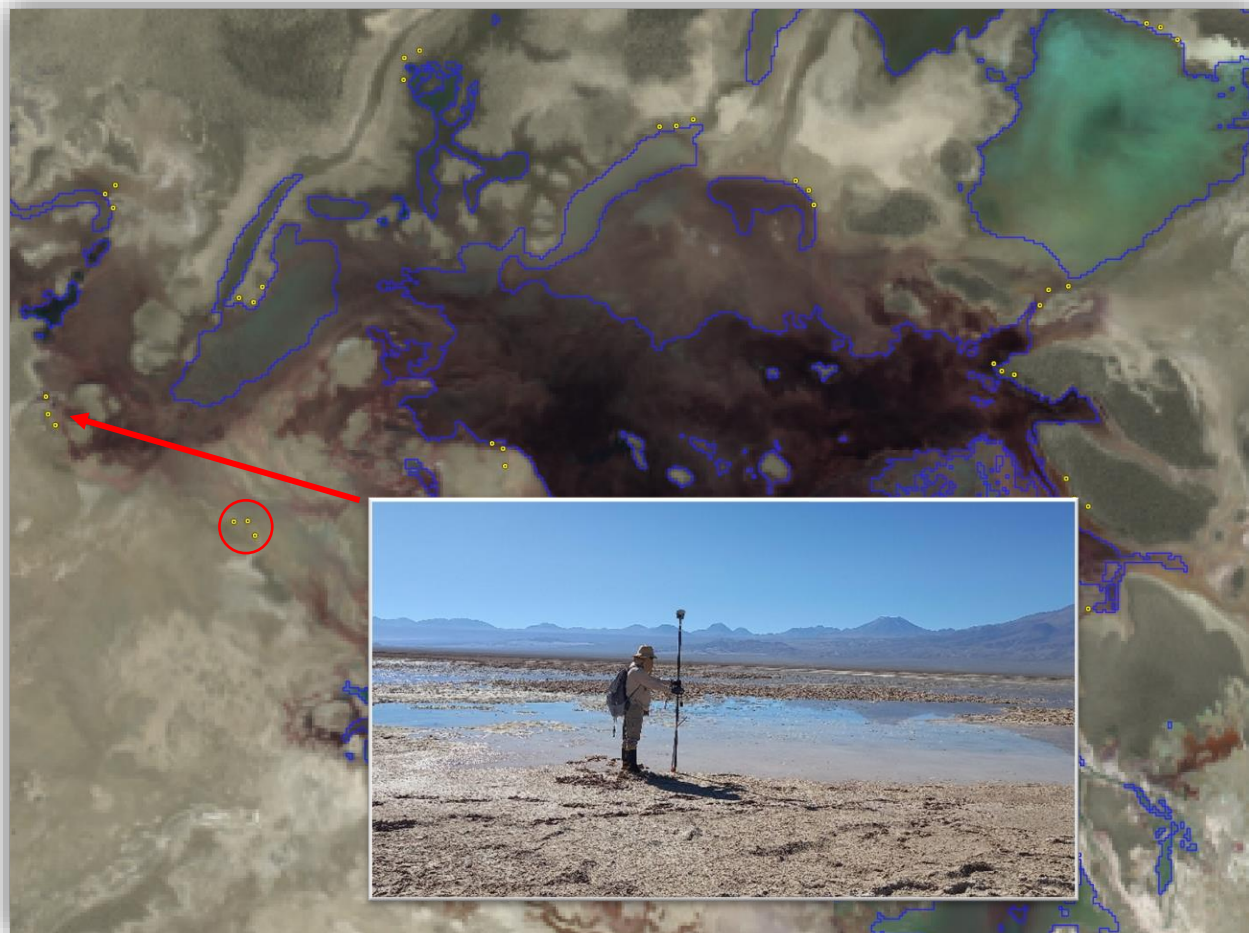
*Figura 10: Imagen Infrarrojo Color (izquierda) y Mapeo de Cuerpos de Agua (derecha). Elaboración Propia.*

## 6. DISCUSIÓN

Hay una importante diferencia entre el mapeo semiautomático (mapeo inicial) con el mapeo final, esto se debe a que se prioriza el mapeo de cuerpos efectivos de agua al inicio, al modificar los umbrales para los índices se mapeaban más cuerpos de agua, pero también aparecen muchos falsos positivos; en la edición manual es más eficiente agregar nuevos cuerpos de agua que eliminar mapeos que no corresponden a agua. Por otra parte, se pudo contar con puntos de control de terreno para mejorar la interpretación en algunos sectores de la zona de estudio, estos fueron tomados los días 8 y 9 de julio por la consultora ATyGEO.

Se detectó que algunos de los puntos tomados no coincidían con cuerpos identificables en la imagen satelital, esto es probablemente debido los 5 a 6 días que pasaron desde la captura de la imagen hasta la toma de puntos de control, y conociendo la dinámica de la zona que estamos en un período de aumento de la extensión lagunar. Esto puede observarse en la zona oriental de la Figura 11 donde aparecen puntos de control de borde de agua y no se observan cuerpos de agua en la imagen. Observando la foto del punto QL02 (8 julio), puede

evidenciarse que son apenas películas de agua sobre la costra salina que deben comenzar a aflorar en el lapso entre la fecha de la imagen y la de la campaña de terreno (se indica un espesor de 7 cm de la columna de agua). El círculo rojo en la Figura 11 indica otros puntos de control de borde de agua donde no hay coincidencia con lo observado en la imagen.



*Figura 11: Puntos de control de borde de agua que no se evidencian en la imagen satelital. La fotografía corresponde al punto PC\_QL02 (590.860,838E; 7.406.195.913N), tomada el 08-07-2024 con un azimut de 59°.*

En la parte central y occidental de la Figura 11, hay coincidencia entre el borde lagunar de la imagen y los puntos de control, lo mismo ocurre en el resto de los puntos de control fuera de la imagen de ejemplo.

Similar al ejemplo mencionado anteriormente, los puntos PC\_QL01 y PC\_QL36 (además del mencionado PC\_QL02) no se utilizaron como borde lagunar en el mapeo ya que la imagen no evidenciaba presencia de agua aun con ajustes de histogramas en detalle para esa zonas.

## **7. CONCLUSIONES**

La metodología utilizada para el mapeo de cuerpos de agua en Aguas de Quelana considera las características espectrales del agua, así como consideraciones particulares de la zona como la restricción espacial donde afloran estos cuerpos y un porcentaje bajo de cobertura de agua respecto del total de la zona de estudio.

El mapeo de la cobertura total de agua está relacionado al tamaño y profundidad de los cuerpos de agua. Los posibles errores en la clasificación de los materiales (“Agua” y “No Agua”) están condicionado a la validación



realizada mediante interpretación visual la cual se depura de mejor manera con la presencia de puntos de control. Por medio del procesamiento de imágenes en fechas anteriores y sus respectivos puntos de control, se ha generado un aprendizaje para poder incorporar cuerpos de agua que no se detectan con los índices debido a mezclas espectrales (agua y vegetación). La captura de puntos de terreno con la información correspondiente en una fecha lo más cercana a la captura de la imagen satelital, mejora sustancialmente la delimitación de cuerpos de agua en la zona de estudio y ya se han identificado zonas específicas donde esta información se vuelve más importante por zonas de cuerpos de agua someros, algas en cuerpos de agua y otras zonas donde la imagen no releva con total certeza la existencia de cuerpos de agua. Para esta captura de puntos de control de terreno no se logró que la fecha la campaña de terreno coincidiera con la captura de la imagen, sino que se tomaron puntos 5 y 6 días después, es importante poder alinear este tipo de esfuerzos con el objetivo de una mejor comprensión del comportamiento de cuerpos lagunares en Aguas de Quelana

## 8. REFERENCIAS

- Gossn, J. I., Ruddick, K. G., & Dogliotti, A. I. (2019). Atmospheric correction of OLCI imagery over extremely turbid waters based on the red, NIR and 1016 nm bands and a new baseline residual technique. *Remote Sensing*, 11(3), 220.
- Harris Geospatial. (2022). *ENVI 5.6 Help*.
- Huete, A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, 25(3), 295–309.
- McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7), 1425–1432.
- Moore, T. S., Dowell, M. D., Bradt, S., & Verdu, A. R. (2014). An optical water type framework for selecting and blending retrievals from bio-optical algorithms in lakes and coastal waters. *Remote Sensing of Environment*, 143, 97–111.
- Ngoc, D. D., Loisel, H., Vantrepotte, V., Chu Xuan, H., Nguyen Minh, N., Verpoorter, C., Meriaux, X., Pham Thi Minh, H., Le Thi, H., & Le Vu Hong, H. (2020). A simple empirical band-ratio algorithm to assess suspended particulate matter from remote sensing over coastal and inland waters of vietnam: Application to the VNREDSat-1/NAOMI sensor. *Water*, 12(9), 2636.
- Ogashawara, I., Li, L., & Moreno-Madriñán, M. J. (2017). Slope algorithm to map algal blooms in inland waters for Landsat 8/Operational Land Imager images. *Journal of Applied Remote Sensing*, 11(1), 12005.
- Rouse Jr, J. W., Haas, R. H., Deering, D. W., Schell, J. A., & Harlan, J. C. (1974). *Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation*.
- Sun, W., Chen, B., & Messinger, D. W. (2014). Nearest-neighbor diffusion-based pan-sharpening algorithm for spectral images. *Optical Engineering*, 53(1), 13107.
- Teshaev, N., Mamadaliyev, B., Ibragimov, A., & Khasanov, S. (2020). The soil-adjusted vegetation index for soil salinity assessment in Uzbekistan. *ICIGIS*, 26, 324–333.

José Manuel Lattus

SRGIS Geología & Geomática Ltda.



srgis



info@srgis.cl



srgisltda



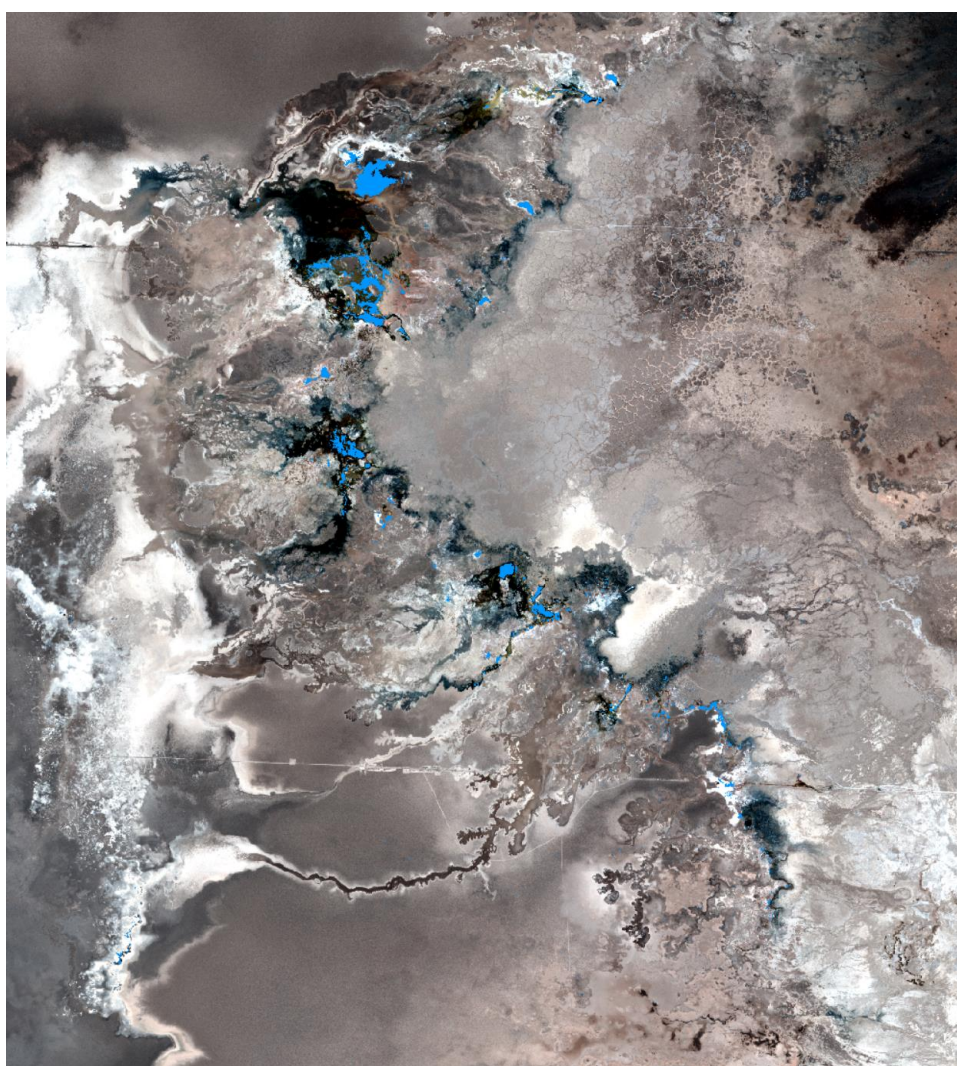
+56 993 498 303



www.srgis.net

**MAPEO DE CUERPOS DE AGUA SUPERFICIALES EN AGUAS DE QUELANA  
SALAR DE ATACAMA**

*José Manuel Lattus – SRGIS Geología y Geomática Ltda.*



**Santiago de Chile**

**Octubre 2024**

## ÍNDICE

ÍNDICE .....	1
1. RESUMEN .....	3
2. INTRODUCCIÓN .....	3
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
3.1 ÁREA DE ESTUDIO .....	4
3.2 MATERIALES Y SOFTWARE .....	5
3.3 METODOLOGÍA .....	5
3.3.1 Pre-procesamiento de la Imagen Satelital .....	6
3.3.2 Corrección geométrica (Ortorectificación y Georeferencia) .....	7
3.3.3 Cálculo de Índices, características espectrales y sus consideraciones (NDWI, NDWI <sub>R</sub> y SAVI) .....	8
3.3.4 Clasificación Binaria .....	10
3.3.5 Pan-Sharpning (Fusión Imagen Multiespectral con Banda Pancromática) .....	10
3.3.6 Generación de Máscara de procesamiento .....	10
3.3.7 Resumen de la metodología para el mapeo de las lagunas .....	10
4. PUNTOS DE CONTROL .....	11
5. RESULTADOS.....	12
6. DISCUSIÓN .....	14
7. CONCLUSIONES.....	15
8. REFERENCIAS .....	16

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del Área de Estudio, Aguas de Quelana. Elaboración Propia.....	4
Figura 2: Formato de datos en imágenes satelitales y sus correcciones. Elaboración propia. ....	6
Figura 3: Puntos de amarre disponibles en Aguas de Quelana. ....	7
Figura 4: Curvas espectrales del agua, suelo y vegetación en el espectro solar. Modificado de RSAC Ltd. ....	9
Figura 5: Ejemplo de Clasificación Binaria (umbrales referenciales). Elaboración Propia. ....	10
Figura 6: Metodología de mapeo de cuerpos de Agua. Elaboración propia. ....	11
Figura 7: Puntos de Control en Aguas de Quelana .....	12
Figura 8: Post proceso de edición de resultados.....	13
Figura 9: Ejemplo de eliminación de píxeles aislados, se consideró como criterio eliminar píxeles aislados (1 pixel). Elaboración Propia. ....	13
Figura 10: Imagen Infrarrojo Color (izquierda) y Mapeo de Cuerpos de Agua (derecha). Elaboración Propia. ....	14

Figura 11: Puntos de control de borde de agua que no se evidencian en la imagen satelital.**Error! Marcador no definido.**

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Vértices de la zona de estudio en coordenadas UTM WGS84 Zona 19 Sur. ....	5
Tabla 2: Principales características de la imagen WorldView-2. Elaboración propia. ....	5
Tabla 3: parámetros de clasificación de cuerpos de agua .....	13
Tabla 4: Superficie de cuerpos de agua mapeada el mes de abril de 2024. Elaboración Propia. ....	13

## 1. RESUMEN

El mapeo de cuerpos de agua en el sector de Quelana se realizó mediante el procesamiento de una imagen multiespectral de alta resolución WorldView-2. El sector denominado Aguas de Quelana, dentro de la reserva natural “Los Flamencos”, corresponde un sistema de múltiples cuerpos esporádicos de agua de diversos tamaños, cuyas superficies (cuerpos individuales) pueden ser de algunos pocos metros cuadrados hasta más de 40.000 m<sup>2</sup>. El mapeo de estos cuerpos se realiza mediante análisis de índices espectrales (índices de agua y vegetación), clasificación binaria y datos estadísticos de los píxeles además de una evaluación y edición manual en base a la observación de combinaciones RGB en Color Natural e Infrarrojo Color.

Para cuerpos de agua profundos, la característica espectral del agua (reflectancia de la luz en distintas longitudes de onda) es muy particular, y se identifica principalmente por su alta reflectancia en la longitud de onda del color verde y una muy baja reflectancia en la longitud de onda del infrarrojo cercano, sin embargo, para cuerpos someros de agua la influencia del material bajo ellos (suelo, sales, vegetación) altera la curva espectral debido a que la luz atraviesa la película de agua e interactúa con dichos materiales generando una curva espectral que mezcla la información del suelo y el cuerpo de agua, dificultando la diferenciación y el mapeo del agua.

El mapeo de cuerpos de agua resultó en una superficie de 310.768 m<sup>2</sup> de agua superficial en la zona de estudio.

## 2. INTRODUCCIÓN

La dinámica hídrica del Salar de Atacama requiere de un monitoreo constante de diversos elementos. Las imágenes satelitales multiespectrales facilitan la observación superficial de los elementos que cubren la superficie de cualquier terreno, en este caso, evidencia la presencia de cuerpos de agua, así como vegetación, suelo, sales, entre otros. Mediante el procesamiento de imágenes satelitales de alta resolución espacial, se pueden mapear los cuerpos de agua presentes en el salar.

SQM S.A. solicitó a SRGIS Geología y Geomática Ltd., el procesamiento de la imagen satelital de alta resolución de octubre 2024 para la obtención de la variable extensión lacustre. Esto en el contexto del Programa de Cumplimiento (PdC), aprobado el 29 de agosto de 2022 según la RES. EX. N°38/ROL F-041-2016. Esta actividad nace del hecho infraccional N° 1 “Extracción de salmuera por sobre lo autorizado, según se expone en el considerando N°27, durante el periodo entre agosto de 2013 y agosto del 2015” y, por tanto, da cumplimiento a la Acción N° 19: Robustecer el monitoreo de la superficie lagunar mediante imágenes satelitales de alta resolución con una frecuencia trimestral.

Este trabajo se enfoca en el sector de Aguas de Quelana ubicado en el extremo oriental del Salar de Atacama donde afloran numerosos cuerpos lacustres de muy variados tamaños, los cuales pueden desarrollarse desde algunos m<sup>2</sup> hasta unos 40.000 m<sup>2</sup> aproximadamente. La gran variabilidad del tamaño de los cuerpos de agua, la poca profundidad de éstos y la presencia de vegetación complejizan la determinación de las superficies.

El mapeo de las superficies lacustres se realiza como parte de las actividades comprometidas en el Plan de Seguimiento Ambiental (PSA) del EIA “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama”, aprobado ambientalmente por la resolución exenta N°226/2006 de la COREMA, Región de Antofagasta. Conforme a lo indicado, a partir del análisis de imágenes satelitales de alta resolución se establece la superficie lacustre de los sistemas SONCOR (lagunas Puilar, Chaxa y Barros Negros) y el sistema PEINE (lagunas Salada, Saladita e Interna), Considerando 10.2.2 y 10.2.4 de la RCA N°226/2006.

Posteriormente, mediante la Resolución Exenta N°244/2010 de la COREMA, Región de Antofagasta, se redefine la metodología para la medición de superficies lacustres, incorporando mejoras en el procesamiento de la imagen satelital como el uso de índices espectrales para la delimitación de contornos y puntos de terreno



para el control y corrección de límites, la cual fue implementada a partir de la temporada 2010. Asimismo, la medición considera los límites definidos por la CONAF para cada uno de los sistemas.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado por la consultora SRGIS Geología y Geomática Ltda., específicamente por el geólogo José Manuel Lattus, consultor en teledetección y magíster en Teledetección, para el período de octubre 2024.

A continuación, se define el área de interés, así como los materiales y metodología empleados para el cálculo de superficie lagunar.

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra en la II Región de Antofagasta, Chile, en el extremo oriental del Salar de Atacama en el sector denominado Aguas de Quelana, esta área se encuentra en la Reserva Nacional Los Flamencos (Figura 1). Las coordenadas del área de estudio (vértices) pueden verse en la Tabla 1.

Al sector se puede acceder por la Ruta 23 hacia el sur desde el poblado de San Pedro de Atacama o por la Ruta B-39 que sale de la Ruta 5 a la altura de Baquedano.

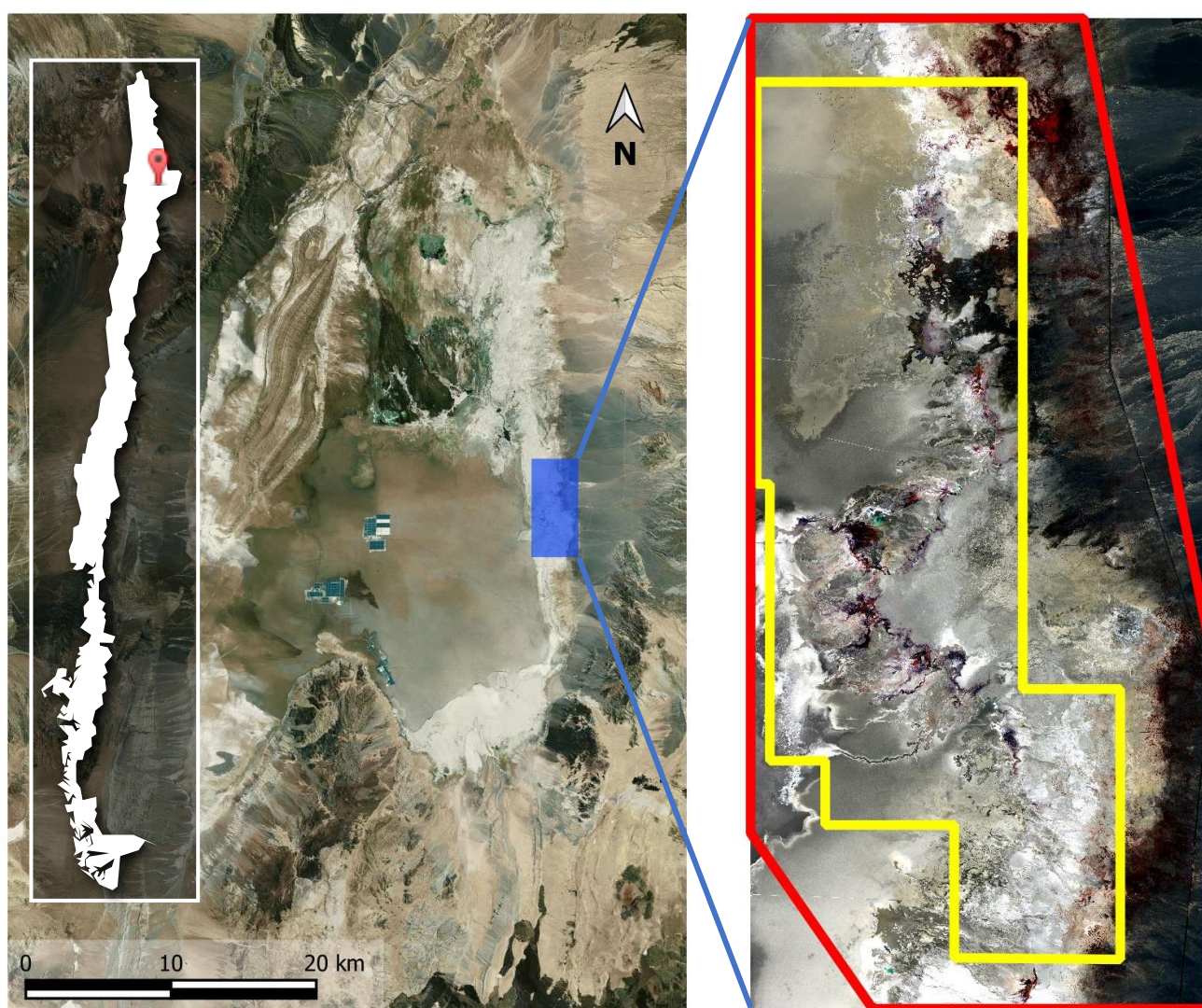


Figura 1: Ubicación del Área de Estudio, Aguas de Quelana. Elaboración Propia.

: Área de Estudio       : Reserva Nacional Los Flamencos



*Tabla 1: Vértices de la zona de estudio en coordenadas UTM WGS84 Zona 19 Sur.*

Este	Norte
589.804	7.413.170
594.316	7.413.170
596.022	7.404.704
596.022	7.399.743
591.458	7.399.743
589.804	7.402.124

### 3.2 MATERIALES Y SOFTWARE

Para este estudio se cuenta con una imagen satelital de alta resolución espacial WorldView-2 capturada el 05 de octubre de 2024. El resumen de las características de esta imagen puede verse en la Tabla 2:

*Tabla 2: Principales características de la imagen WorldView-2. Elaboración propia.*

RANGO ESPECTRAL	BANDA	RESOLUCIÓN ESPACIAL
Visible	Azul	2 m
Visible	Verde	2 m
Visible	Rojo	2 m
Infrarrojo Cercano	Infrarrojo Cercano	2 m
Visible + Infrarrojo Cercano	Pancromática	0,5 m

El procesamiento se realizó utilizando ENVI 6.0, software especializado en procesamiento de imágenes aéreas y satelitales. Todas las imágenes satelitales se trabajaron en el sistema de referencia de coordenadas UTM WGS84 Zona 19 Sur.

### 3.3 METODOLOGÍA

La medición de cuerpos de agua en la superficie consideró el cálculo de diversos índices, clasificación binaria e inspección visual, y la revisión del comportamiento de las bandas espectrales orientados a la detección y mapeo de cuerpos de agua. Los procesamiento realizados a las imágenes para el mapeo de los cuerpos lacustres son los siguientes:

1. Pre-procesamiento de la imagen satelital
2. Corrección geométrica
3. Cálculo de índices espectrales (NDWI, NDWI<sub>R</sub> y SAVI) y consideración de características espectrales
4. Clasificación binaria
5. Fusión imagen (Pan Sharpening)
6. Control de Terreno
7. Aplicación de Máscara de Lagunas

### 3.3.1 Pre-procesamiento de la Imagen Satelital

Los índices espectrales son concebidos considerando la forma de la curva espectral obtenida en laboratorio mediante un espectro radiómetro el cual mide la reflectancia de dicho material en distintas longitudes de onda, es por esto, que la imagen satelital debe corregirse radiométrica y atmosféricamente para convertir los datos originales a un formato de reflectancia a la superficie de la tierra.

Las imágenes satelitales vienen en un formato numérico denominado niveles “DN” (Digital Number). El valor del píxel en este formato contiene información del material en la superficie de la tierra (agua, vegetación, suelo u otro), la influencia de la atmósfera y de las compensaciones predefinidas por el sensor. Este dato debe transformarse a unidades de energía reflejada (radiancia) mediante una corrección radiométrica.

La corrección radiométrica elimina los parámetros preestablecidos de ganancia y pérdida del sensor, por lo tanto, se generan datos comparables entre distintos sensores. Tras esta corrección las imágenes se convierten de DN a Radianza (o Radiancia) que es el flujo radiante que se refleja desde el suelo hacia el sensor, se mide en  $W/(m^2 sr^1 \mu m)$  y es la magnitud que detecta el sensor.

La radiancia espectral se calcula a partir de los parámetros específicos entregados por el proveedor y que se encuentran en los metadatos de los archivos de la imagen satelital:

$$L_{\lambda} = Gain \cdot ND + Offset$$

Donde:

$L_{\lambda}$  : es la radiancia espectral recibida por el sensor ( $W/(m^2 sr \mu m)$ )

Gain : es el factor de ganancia para la banda en  $\lambda$

ND : es el valor del píxel en Niveles Digitales

Offset : es el factor de pérdida para la banda en  $\lambda$

Adicionalmente, debido a que los datos radiométricos contienen información de la superficie terrestre como de la atmósfera, se requiere aplicar una corrección que minimice estos efectos de la energía reflejada e incidente en los valores de cada píxel para obtener una imagen de reflectancia superficial, este proceso se denomina corrección atmosférica.

La corrección atmosférica elimina los efectos de la atmósfera en los datos, en este formato los datos (curvas espectrales de los pixeles) son comparables con curvas espectrales de laboratorio. Tras esta corrección las imágenes se convierten de Radiancia a Reflectancia (o Reflectancia Relativa).

La Figura 2 resume el esquema de datos de la imagen y las correcciones necesarias.

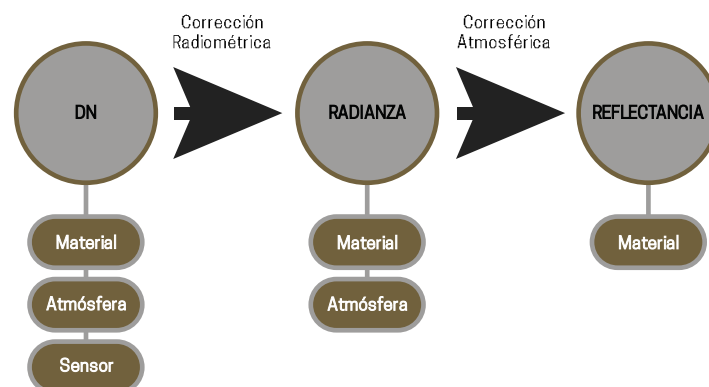


Figura 2: Formato de datos en imágenes satelitales y sus correcciones. Elaboración propia.

La metodología de corrección utilizada fue la corrección “Internal Average Relative Reflectance” (IARR) ya que, para el caso del Salar de Atacama, tras varios estudios, se consideró que es la que entrega mejor resultado para el mapeo específico de cuerpos de agua. Este tipo de corrección funciona mejor para áreas áridas sin vegetación, como es el caso del área de estudio (Harris Geospatial, 2022).

### 3.3.2 Corrección geométrica (Ortorectificación y Georeferencia)

La ortorectificación consiste en corregir la imagen de distorsiones provocadas principalmente por la topografía, para ello se utiliza un modelo digital de elevación (DEM) y los parámetros internos de la imagen satelital (RPC). Por otro lado, la georeferencia es indicar las coordenadas precisas de algunos píxeles de la imagen para ajustarla a su posición real, para esto se utilizaron datos de intersección de caminos conocidos e identificados en la imagen.

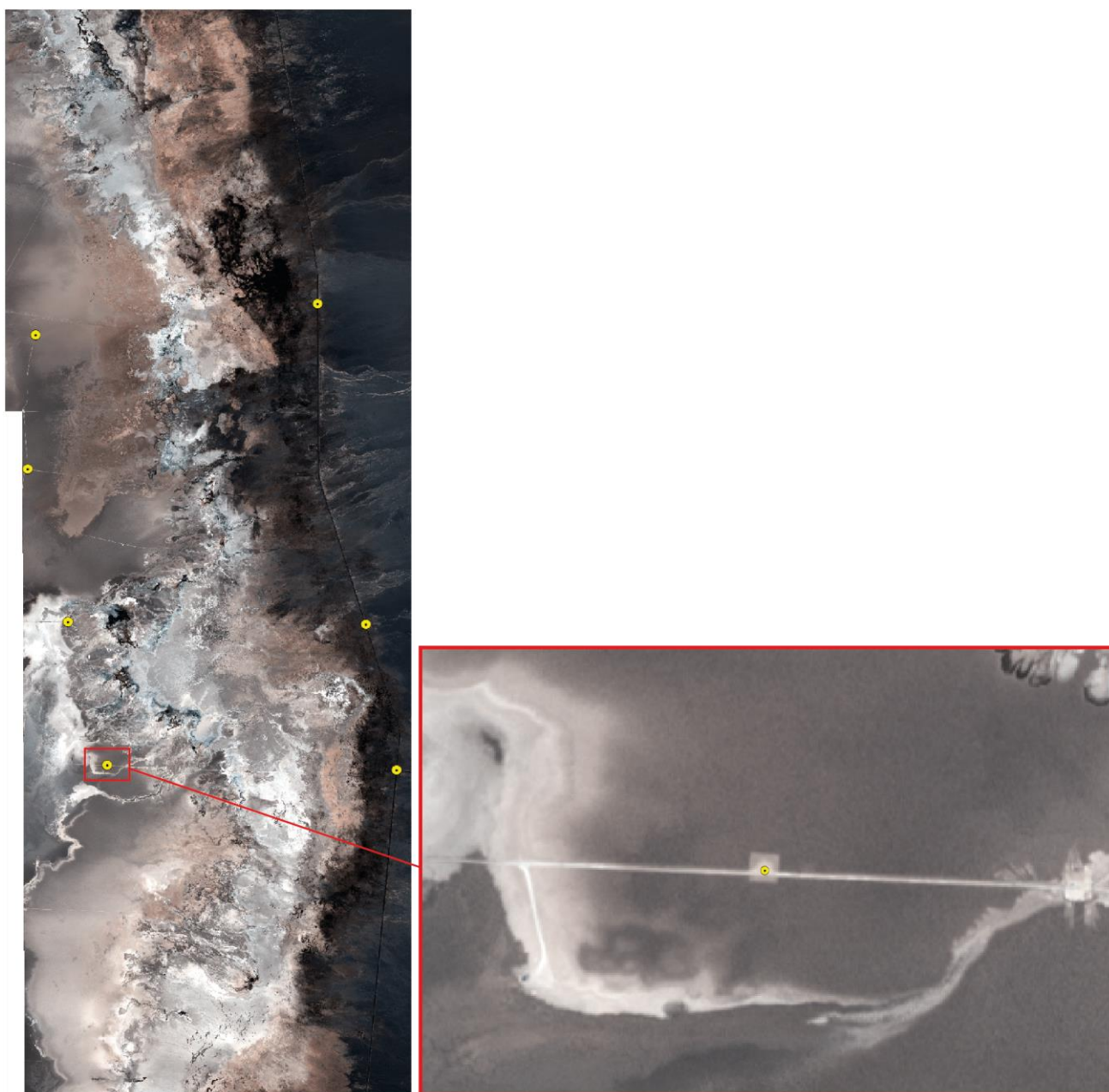


Figura 3: Puntos de amarre disponibles en Aguas de Quelana.

### 3.3.3 Cálculo de Índices, características espectrales y sus consideraciones (NDWI, NDWI<sub>R</sub> y SAVI)

Para el mapeo y delimitación de las superficies lacustres se utilizaron los siguientes índices espectrales: Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI), Índice de Agua de Diferencia Normalizada en Rojo (NDWI<sub>R</sub>) e Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI). A continuación, se pasa a describir cada uno de ellos:

#### a. Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI)

El NDWI (Normalized Difference Water Index (McFeeters, 1996)) maximiza la respuesta de las características espectrales del agua al usar la longitud de onda correspondiente al verde (550 nm, valores de reflectancia altos para el agua) y la baja reflectancia del agua en el NIR (850 nm, infrarrojo cercano). El algoritmo del NDWI es el siguiente:

$$NDWI = (VERDE - NIR) / (VERDE + NIR)$$

Donde:

VERDE : Reflectancia de la imagen en el rango espectral verde

NIR : Reflectancia de la imagen en el rango espectral infrarrojo cercano

Este índice normalizado entrega valores acotados para los píxeles entre -1 y 1. Como la reflectancia del agua en la banda verde debe ser mayor a la de la banda NIR, valores mayores a cero deben ser considerados a la hora de clasificar el agua con este índice.

#### b. Índice de Agua de Diferencia Normalizada en Rojo (NDWI<sub>R</sub>)

Este índice es una modificación del NDWI, cambiando la banda verde por la banda roja. Para cuerpos de agua con mucho sedimento se ha utilizado este índice ya que los suelos tienen una reflectancia mayor en la longitud de onda del color rojo que en la del verde, de esta manera estos cuerpos de agua con alta carga de sedimentos no tienen su máxima reflectancia en el verde sino en el rojo, pero al estar dentro de cuerpos de agua el infrarrojo cercano sigue teniendo baja reflectancia (Gossn et al., 2019; Moore et al., 2014; Ngoc et al., 2020; Ogashawara et al., 2017). Para cuerpos de agua someros esta característica se mantiene ya que el poco espesor de la capa de agua aumenta la reflectancia del rojo sobre el verde, por lo que este índice aporta mucho al mapeo de cuerpos de agua someros. El algoritmo del NDWIR es el siguiente:

$$NDWI_R = (ROJO - NIR) / (ROJO + NIR)$$

Donde:

ROJO : Reflectancia de la imagen en el rango espectral rojo

NIR : Reflectancia de la imagen en el rango espectral infrarrojo cercano

Este índice normalizado entrega valores acotados para los píxeles entre -1 y 1. Como la reflectancia del agua en la banda rojo debe ser mayor a la de la banda NIR, valores mayores a cero deben ser considerados a la hora de clasificar el agua con este índice.

### c. Índice de Vegetación Ajustada al Suelo (SAVI)

El índice SAVI es similar al NDVI (Rouse Jr et al., 1974), pero suprime los efectos de los píxeles del suelo. Utiliza un factor de ajuste de fondo respecto de la capa superior de la vegetación (parte de la vegetación expuesta hacia el sol directamente), “L”, que es una función de la densidad de la vegetación y, a menudo, requiere un conocimiento previo de la cantidad de vegetación. Se sugiere un valor óptimo de  $L=0,5$  para tener en cuenta las variaciones de fondo del suelo de primer orden (Teshaev et al., 2020). Este índice se usa mejor en áreas con vegetación relativamente escasa donde el suelo es visible a través del dosel. El algoritmo del índice SAVI es el siguiente:

$$SAVI = 1.5 * (NIR - ROJO) / (NIR + ROJO + 0.5)$$

Donde:

*ROJO* : es la reflectancia en el rango espectral del rojo

*NIR* : es la reflectancia en el rango espectral del infrarrojo cercano

### d. Consideraciones de Características espectrales

Todos los materiales en la superficie tienen una curva espectral única, con ciertas características particulares en ciertos rangos espectrales del espectro electromagnético. En el caso del agua, esta tiene su máxima reflectancia dentro del rango espectral del color verde, esta reflectancia baja considerablemente (tendiendo a cero) en el rango del infrarrojo cercano. La muestra las curvas espectrales de los principales elementos en la superficie en el espectro solar.

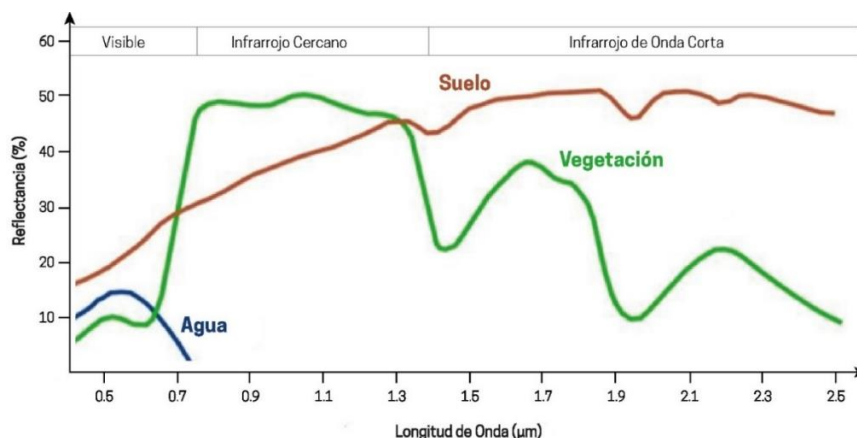


Figura 4: Curvas espectrales del agua, suelo y vegetación en el espectro solar. Modificado de RSAC Ltd.

Bajo estas observaciones, se consideró para el mapeo de cuerpos de agua la reflectancia baja en el rango infrarrojo cercano, lo que se traduce en bajos valores de píxeles en la banda NIR. Es importante considerar que los cuerpos de agua, según su profundidad, pueden resultar en curvas espectrales un poco diferentes a lo esperado, así como el contenido de sedimentos en suspensión, sales disueltas y/o vegetación, de esta manera es que la reflectancia del verde que en general es más alta que la del rojo puede invertirse quedando el rojo con mayor reflectancia lo que justifica el uso del  $NDWI_R$ . De la misma manera se ha evidenciado que la reflectancia baja en el NIR ayuda a separar valores de  $NDWI$  altos que no corresponden a agua, como costas recién formadas, de los que si son cuerpos de agua (criterio Low NIR o Bajo NIR).

### 3.3.4 Clasificación Binaria

Este tipo de clasificación, también conocida como “Árboles de Decisión” va segmentando la imagen en distintos pasos: todos los píxeles de la imagen se enfrentan a una condición lógica la cual segmenta la imagen en dos clases, los píxeles que cumplen la condición y los que no la cumplen. Estas condiciones son, por ejemplo:  $NDWI \geq X$ , donde X es el valor partir del cual se considera que dicho píxel corresponde a una cobertura de agua. Cada clase generada se puede convertir en un nuevo nodo con una nueva condición que deben cumplir los píxeles que se clasificaron para volver a segmentarlos en dos clases nuevas (Figura 5).

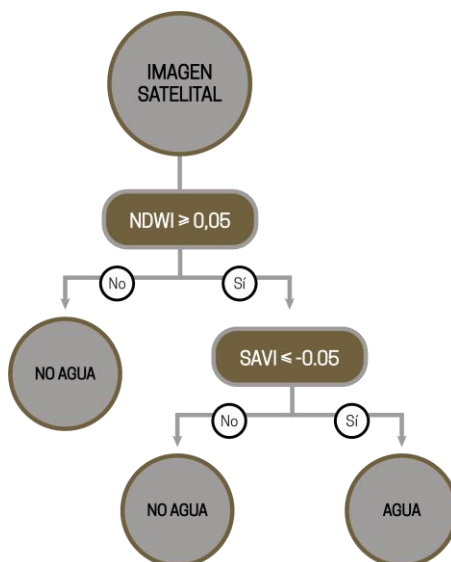


Figura 5: Ejemplo de Clasificación Binaria (umbrales referenciales). Elaboración Propia.

### 3.3.5 Pan-Sharpening (Fusión Imagen Multiespectral con Banda Pancromática)

Este proceso mejora visualmente el detalle de los datos multiespectrales con la banda pancromática debido a que ésta última tiene una resolución espacial mejor que la multiespectral. Es importante señalar que la radiancia medida por el sensor en cada longitud de ondas (azul, rojo, verde e infrarrojo cercano) se encuentra en los datos multiespectrales y que la banda pancromática abarca un rango espectral amplio (desde el azul al infrarrojo cercano) por lo que se recomienda que estos datos fusionados se utilicen de manera estética y para análisis visuales y no procesamiento espectrales.

Para el proceso de PanSharpen, ambas imágenes deben estar corregidas geométricamente para un calce perfecto entre ellas, sin embargo, la corrección radiométrica y atmosférica no es necesario aplicarla a la imagen pancromática, ya que solo se necesita su resolución espacial y no el valor del píxel en reflectancia. Este proceso se realiza utilizando la herramienta de NNDiffuse PanSharpening de ENVI (Sun et al., 2014).

### 3.3.6 Generación de Máscara de procesamiento

La máscara de lagunas es un archivo digital que posee los límites de las áreas de interés para los diferentes sistemas lagunares. El área seleccionada para el procesamiento en Aguas de Quelana corresponde al “Área de Estudio” indicada en la Figura 1.

### 3.3.7 Resumen de la metodología para el mapeo de las lagunas

Utilizando los índices espectrales, las características de las curvas espectrales y la imagen índice de la clasificación supervisada se procedió al mapeo de los cuerpos de agua visibles en la superficie. La Figura 6

muestra el esquema de procesamiento para el mapeo de los cuerpos lagunares utilizando todas las variables consideradas en este estudio.

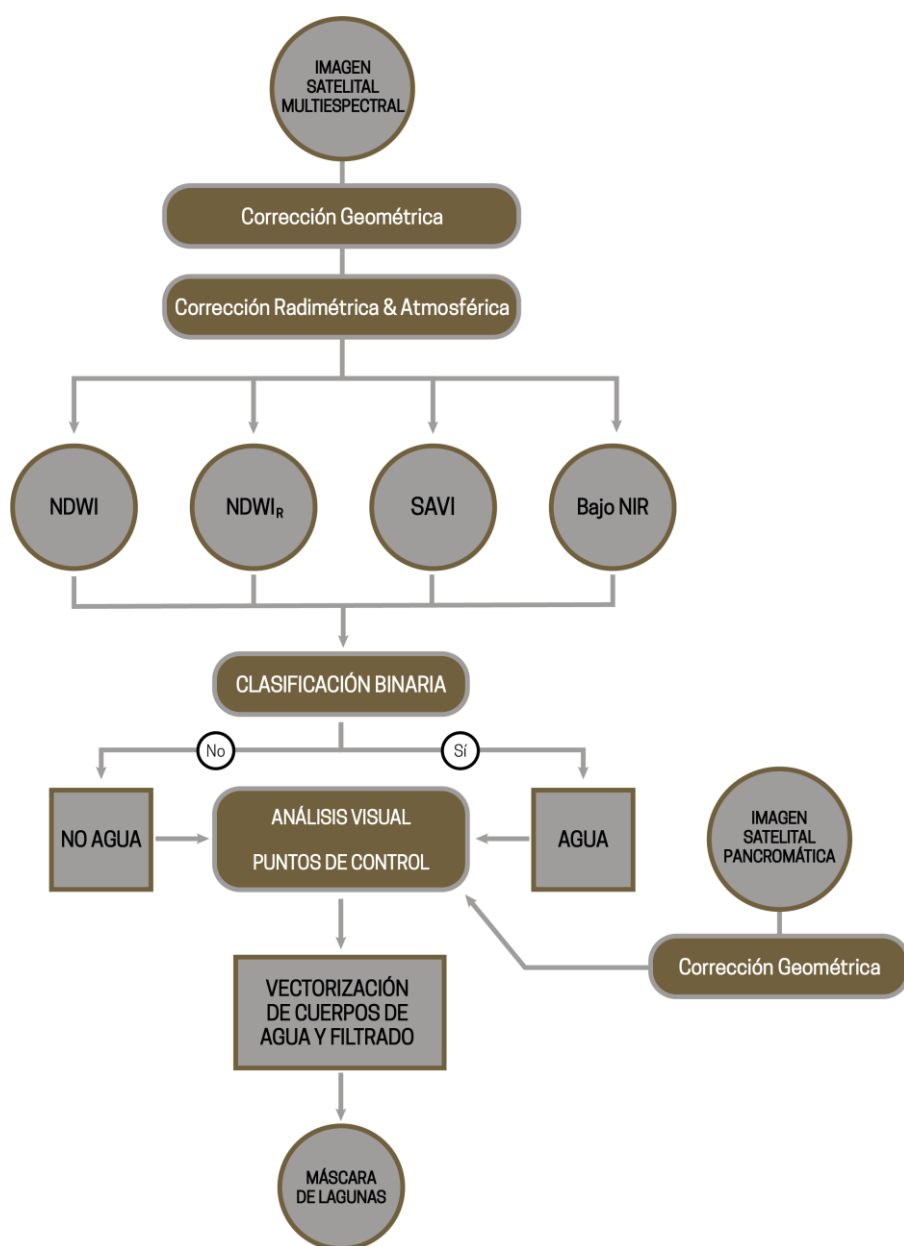


Figura 6: Metodología de mapeo de cuerpos de Agua. Elaboración propia.

#### 4. PUNTOS DE CONTROL

Para la campaña de octubre 2024, se realizó una campaña de puntos de control de terreno donde se definieron puntos de borde de agua (Figura 7), en cada punto se indica la coordenada específica del punto de control, la cota y observaciones sobre la presencia y espesor de cuerpos de agua; se adjunta también una fotografía orientada y videos el 360° para tener un respaldo de la situación en terreno y poder mejorar el análisis de la imagen satelital; este trabajo fue realizado por la consultora ATyGeo los días 7, 8,9 y 10 de octubre de 2024.



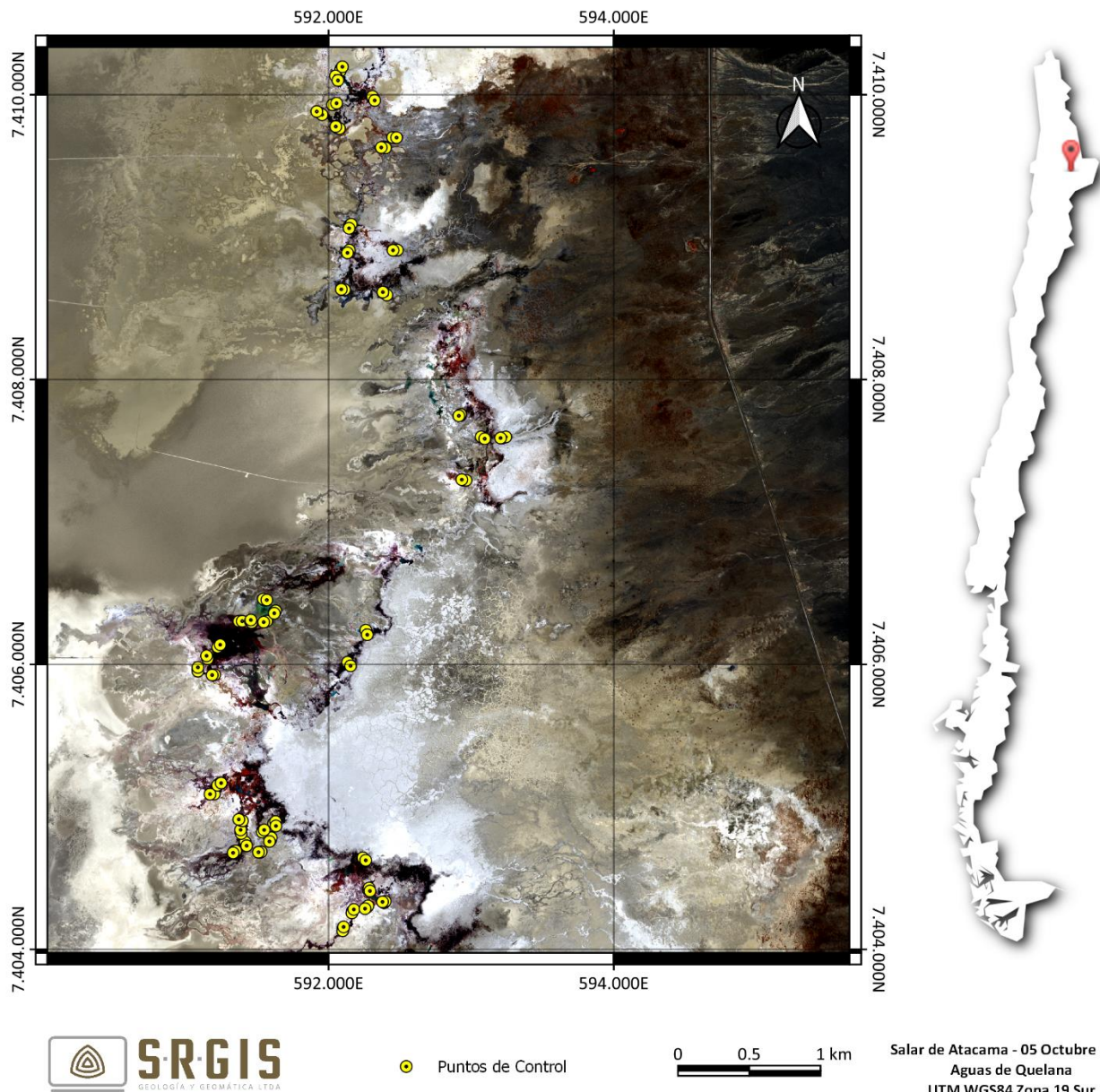


Figura 7: Puntos de Control en Aguas de Quelana

## 5. RESULTADOS

Para obtener el resultado final del mapeo de cuerpos de agua se realizan dos etapas posteriores importantes al mapeo inicial. El resultado inicial (mapeo inicial) es el resultado de la clasificación binaria por medio del uso de índices y consideraciones espectrales, el cual pasa por un proceso de inspección visual y edición donde se agregan cuerpos de agua que no fueron mapeados, así como se eliminan píxeles que inicialmente se clasificaron como agua pero se identifica que no lo son (mapeo editado); este paso es sensible ya que está sujeto a la interpretación del consultor de determinar cuáles cuerpos mapeados inicialmente no se consideran como cobertura de agua, cuáles cuerpos de agua no se mapearon por la clasificación y deben agregarse al resultado, y la edición de otros cuerpos (extenderlos o disminuirlos), en esta etapa la existencia de puntos de control es fundamental para tomar decisiones respecto de la extensión de los cuerpos de agua. Luego, debido que el mapeo inicial tiene bastante ruido, se realiza un proceso de filtrado donde se eliminan todos los píxeles

aislados, o con un área mínima, mapeados como cuerpos de agua (mapeo filtrado). De esta manera tenemos tres resultados distintos: Mapeo Inicial, Mapeo Filtrado y Mapeo Final (Figura 8).



Figura 8: Post proceso de edición de resultados

El proceso de filtrado consiste eliminar píxeles aislados, el cual se aplica considerando que un píxel aislado no es representativo del mapeo y representa más el ruido del proceso que cuerpos de agua en sí (Figura 9). Para este trabajo se mantendrán cuerpos de agua que sean mayores o iguales a 2 píxeles.

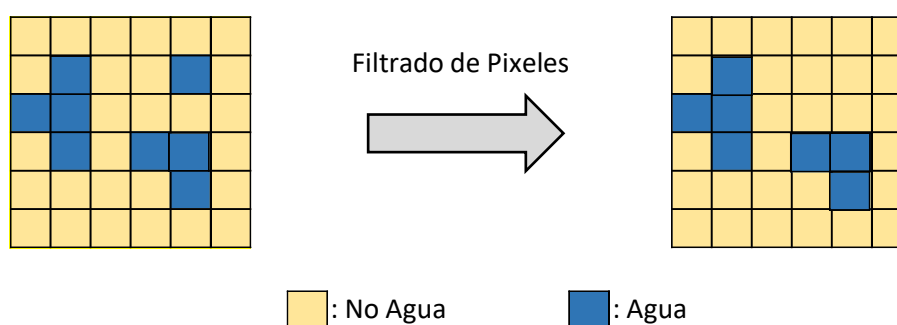


Figura 9: Ejemplo de eliminación de píxeles aislados, se consideró como criterio eliminar píxeles aislados (1 píxel).  
Elaboración Propia.

La Tabla 3 resume los parámetros utilizados en la clasificación binaria para el mapeo de los cuerpos de agua.

Tabla 3: parámetros de clasificación de cuerpos de agua

SISTEMA	NDWI	NDWI <sub>R</sub>	SAVI	NIR
AGUAS DE QUELANA	$\geq 0,050$	$\geq 0,050$	$\leq -0,050$	0,75

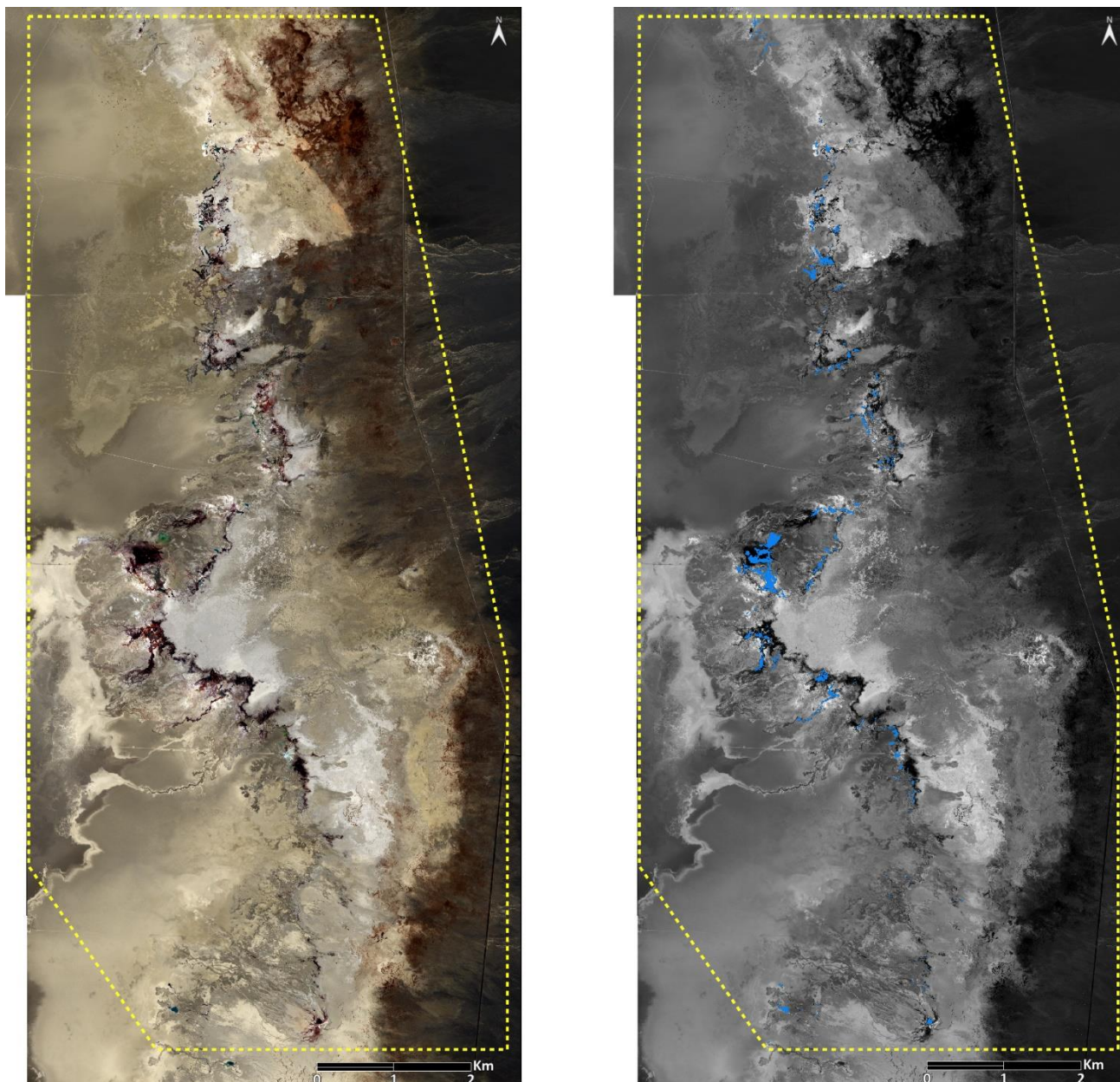
El área mapeada para la imagen de octubre 2024 puede verse en la Tabla 4.

Tabla 4: Superficie de cuerpos de agua mapeada el mes de octubre de 2024. Elaboración Propia.

Fecha	Mapeo Inicial (m <sup>2</sup> )	Mapeo Editado (m <sup>2</sup> )	Mapeo Final (m <sup>2</sup> )
05-10-2024	136.160	321.088	310.768

La Figura 10 muestra el resultado final del mapeo en Aguas de Quelana.





*Figura 10: Imagen Infrarrojo Color (izquierda) y Mapeo de Cuerpos de Agua (derecha). Elaboración Propia.*

## 6. DISCUSIÓN

Hay una importante diferencia entre el mapeo semiautomático (mapeo inicial) con el mapeo final, esto se debe a que se prioriza el mapeo de cuerpos efectivos de agua al inicio, al modificar los umbrales para los índices se mapeaban más cuerpos de agua, pero también aparecen muchos falsos positivos; en la edición manual es más eficiente agregar nuevos cuerpos de agua que eliminar mapeos que no corresponden a agua. Por otra parte, se pudo contar con puntos de control de terreno para mejorar la interpretación en algunos sectores de la zona de estudio, estos fueron tomados los días 8 y 9 de octubre por la consultora ATyGEO.

## 7. CONCLUSIONES

La metodología utilizada para el mapeo de cuerpos de agua en Aguas de Quelana considera las características espectrales del agua, así como consideraciones particulares de la zona como la restricción espacial donde afloran estos cuerpos y un porcentaje bajo de cobertura de agua respecto del total de la zona de estudio.

El mapeo de la cobertura total de agua está relacionado al tamaño y profundidad de los cuerpos de agua. Los posibles errores en la clasificación de los materiales (“Agua” y “No Agua”) están condicionado a la validación realizada mediante interpretación visual la cual se depura de mejor manera con la presencia de puntos de control. Por medio del procesamiento de imágenes en fechas anteriores y sus respectivos puntos de control, se ha generado un aprendizaje para poder incorporar cuerpos de agua que no se detectan con los índices debido a mezclas espectrales (agua y vegetación). La captura de puntos de terreno con la información correspondiente en una fecha lo más cercana a la captura de la imagen satelital, mejora sustancialmente la delimitación de cuerpos de agua en la zona de estudio y ya se han identificado zonas específicas donde esta información se vuelve más importante por zonas de cuerpos de agua someros, algas en cuerpos de agua y otras zonas donde la imagen no releva con total certeza la existencia de cuerpos de agua.

## 8. REFERENCIAS

- Gossn, J. I., Ruddick, K. G., & Dogliotti, A. I. (2019). Atmospheric correction of OLCI imagery over extremely turbid waters based on the red, NIR and 1016 nm bands and a new baseline residual technique. *Remote Sensing*, 11(3), 220.
- Harris Geospatial. (2022). *ENVI 5.6 Help*.
- Huete, A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, 25(3), 295–309.
- McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7), 1425–1432.
- Moore, T. S., Dowell, M. D., Bradt, S., & Verdu, A. R. (2014). An optical water type framework for selecting and blending retrievals from bio-optical algorithms in lakes and coastal waters. *Remote Sensing of Environment*, 143, 97–111.
- Ngoc, D. D., Loisel, H., Vantrepotte, V., Chu Xuan, H., Nguyen Minh, N., Verpoorter, C., Meriaux, X., Pham Thi Minh, H., Le Thi, H., & Le Vu Hong, H. (2020). A simple empirical band-ratio algorithm to assess suspended particulate matter from remote sensing over coastal and inland waters of vietnam: Application to the VNREDSat-1/NAOMI sensor. *Water*, 12(9), 2636.
- Ogashawara, I., Li, L., & Moreno-Madriñán, M. J. (2017). Slope algorithm to map algal blooms in inland waters for Landsat 8/Operational Land Imager images. *Journal of Applied Remote Sensing*, 11(1), 12005.
- Rouse Jr, J. W., Haas, R. H., Deering, D. W., Schell, J. A., & Harlan, J. C. (1974). *Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation*.
- Sun, W., Chen, B., & Messinger, D. W. (2014). Nearest-neighbor diffusion-based pan-sharpening algorithm for spectral images. *Optical Engineering*, 53(1), 13107.
- Teshaev, N., Mamadaliyev, B., Ibragimov, A., & Khasanov, S. (2020). The soil-adjusted vegetation index for soil salinity assessment in Uzbekistan. *ICIGIS*, 26, 324–333.

José Manuel Lattus

SRGIS Geología & Geomática Ltda.



srgis



info@srgis.cl



srgisltda



+56 993 498 303



www.srgis.net



Cálculo de superficies lacustres

Campaña julio de 2024

**Plan de Seguimiento Ambiental, Proyecto Cambios y Mejoras  
de la Operación Minera en el Salar de Atacama  
Región de Antofagasta**



Julio 2024

## INDICE

### Contenido

INDICE .....	2
1. RESUMEN .....	4
2. INTRODUCCIÓN .....	4
3. OBJETIVOS .....	5
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	5
4.1. ÁREA DE ESTUDIO .....	5
4.2. MATERIALES, SOFTWARE Y EQUIPOS UTILIZADOS .....	6
4.3. PARÁMETROS PARA CARACTERIZAR EL ESTADO Y EVOLUCIÓN DE LAS VARIABLES AMBIENTALES .	7
4.4. METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS .....	8
4.5.1. Análisis de Imágenes Satelitales.....	8
4.5.2. Contornos de las Lagunas .....	15
4.5.3. Límites Oficiales de las Lagunas para el Cálculo de Superficies .....	16
5. PUNTOS DE CONTROL .....	19
6. RESULTADOS.....	20
7. DISCUSIONES .....	29
8. CONCLUSIONES.....	30
9. REFERENCIAS .....	31

### INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Área de estudio y ubicación de los sistemas lagunares y lagunas (UTM WGS84 19S). Elaboración propia.....	6
Figura 2: Imagen WorldView-3 Color Real (izquierda) e Infrarrojo Color (derecha) del sistema SONCOR. ....	7
Figura 3: Metodología para la clasificación de cuerpos de Agua. Elaboración Propia. ....	8
Figura 4: Ubicación de Puntos de Amarre en SONCOR y PEINE .....	9
Figura 5: Formato de datos en imágenes satelitales y sus correcciones. Elaboración Propia. ....	11
Figura 6: <b>(a)</b> Combinación RGB Infrarrojo Color de las imagen multiespectral original (resolución de 2 metros), <b>(b)</b> Imagen Pancromática original con resolución de 0,5 metros y <b>(c)</b> Combinación RGB Infrarrojo Color de la imagen Multiespectral fusionada con la banda Pancromática. Elaboración Propia. ....	11
Figura 7: NDWI en Soncor (izquierda) y Peine (derecha). Elaboración Propia.....	12
Figura 8: Línea del Suelo y Diagrama de dispersión de los pixeles para las bandas NIR (eje X) y Roja (eje Y)..	13
Figura 9: Diagramas de dispersión para pixeles de suelo (Eje X: NIR; Eje Y: ROJO) para los sistemas SONCOR y PEINE.....	14
Figura 10: TSAVI en Soncor (izquierda) y Peine (derecha). Elaboración Propia. ....	14

Figura 11: Transformación HSI en RGB en Soncor (izquierda) y Peine (derecha). Elaboración Propia. ....	15
Figura 12: Límites de análisis ráster para cada laguna en los sistemas SONCOR y PEINE. ....	16
Figura 13: Límites de las lagunas en el sistema Soncor .....	18
Figura 14: Límites de las lagunas en el sistema Peine .....	19
Figura 15: Mapeo de Cuerpos de Agua en la laguna Chaxa. ....	21
Figura 16: Mapeo de Cuerpos de Agua en la laguna Barros Negros. ....	22
Figura 17: Mapeo de Cuerpos de Agua en la laguna Puilar. ....	23
Figura 18: Mapeo de Cuerpos de Agua en Desborde Sur. ....	24
Figura 19: Mapeo de Cuerpos de Agua en la Laguna Salada. ....	26
Figura 20: Mapeo de Cuerpos de Agua en la laguna Saladita. ....	27
Figura 21: Mapeo de Cuerpos de Agua en la laguna Interna. ....	28
Figura 22: Punto de control BN06 de borde de agua en conflicto con la imagen satelital. ....	29

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resumen de superficies lacustres, julio 2024. Elaboración Propia. ....	4
Tabla 2: Principales características de la imagen WorldView-3. ....	7
Tabla 3: Factores a y b para el cálculo del TSAVI. ....	14
Tabla 4: Umbrales utilizados con los índices NDWI, TSAVI e IHS. Elaboración Propia. ....	15
Tabla 5: Vértices de las líneas que delimitan los límites de cada laguna Enel sistema Soncor. ....	17
Tabla 6: Vértices de las líneas que delimitan los límites de cada laguna en el sistema Peine. ....	18
Tabla 7: Medición de superficies lagunares en el sistema SONCOR. ....	20
Tabla 8: Medición de superficies lagunares en el sistema PEINE. ....	25

## 1. RESUMEN

El presente informe corresponde al monitoreo de superficies lacustres en los sistemas SONCOR y PEINE, presentes en el Borde Este del Salar de Atacama, Región de Antofagasta para el periodo de julio 2024 representado en una imagen satelital capturada el día 03 de julio del mismo año.

Este monitoreo se desarrolla en el contexto del Plan de Seguimiento Ambiental establecido en la RCA 226/2006 del Proyecto “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama” y sus alcances metodológicos acogen a lo establecido en la Resolución Exenta N°224/2010 de la Comisión Regional de Medio Ambiente, Región de Antofagasta.

En acuerdo a lo establecido en la Resolución Exenta N°224/2010, la medición del tamaño de las lagunas se realiza con el uso de imágenes satelitales de alta resolución espacial fusionadas, con el apoyo de índices alternativos (IHS, TSAVI, NDWI), y mediciones de terreno necesarias para la definición de límites difusos que representen una complejidad en la interpretación mediante la imagen satelital.

En el cuadro resumen (Tabla 1) a continuación se presentan las superficies lacustres calculadas para los sistemas Soncor y Peine en el período de monitoreo julio 2024.

*Tabla 1: Resumen de superficies lacustres, julio 2024. Elaboración Propia.*

Sistema	Nombre del Cuerpo de Agua	Superficie del espejo de agua (m <sup>2</sup> )
Soncor	Chaxa	290.781
	Barros Negros (Cuerpo Principal)	914.646
	Puilar	63.288
	Desborde Sur	373.686
Peine	Salada (Cuerpo Principal)	173.536
	Saladita	86.003
	Interna	108.596

## 2. INTRODUCCIÓN

La dinámica hídrica del Salar de Atacama requiere de un monitoreo constante de diversos elementos. Las imágenes satelitales multiespectrales ayudan con la observación superficial de los elementos que cubren la superficie de cualquier terreno, en este caso, evidencia la presencia de cuerpos de agua, así como vegetación, suelo, sales, entre otros. Mediante el procesamiento de imágenes satelitales de alta resolución espacial, se pueden mapear los cuerpos de agua presentes en el salar. Este trabajo enfoca ese análisis para los sistemas lagunares de SONCOR y PEINE.

SQM S.A. solicitó a SRGIS Geología y Geomática Ltd., el procesamiento de la imagen satelital de alta resolución de julio 2024 para la obtención de la variable extensión lacustre. Esto en el contexto del Programa de Cumplimiento (PdC), aprobado el 29 de agosto de 2022 según la RES. EX. N°38/ROL F-041-2016. Esta actividad nace del hecho infraccional N° 1 “Extracción de salmuera por sobre lo autorizado, según se expone en el considerando N°27, durante el periodo entre agosto de 2013 y agosto del 2015” y, por tanto, da cumplimiento

a la Acción N° 19: Robustecer el monitoreo de la superficie lagunar mediante imágenes satelitales de alta resolución con una frecuencia trimestral.

El mapeo de las superficies lacustres también se realiza como parte de las actividades comprometidas en el Plan de Seguimiento Ambiental (PSA) del EIA “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama”, aprobado ambientalmente por la resolución exenta N°226/2006 de la COREMA, Región de Antofagasta. Conforme a lo indicado, a partir del análisis de imágenes satelitales de alta resolución se establece la superficie lacustre de los sistemas SONCOR (lagunas Puilar, Chaxa y Barros Negros) y el sistema PEINE (lagunas Salada, Saladita y Desborde Laguna Interna), Considerando 10.2.2 y 10.2.4 de la RCA N°226/2006.

Posteriormente, mediante la Resolución Exenta N°244/2010 de la COREMA, Región de Antofagasta, se redefine la metodología para la medición de superficies lacustres, incorporando mejoras en el procesamiento de la imagen satelital como el uso de diversos índices espectrales para la delimitación de contornos y puntos de terreno para el control y corrección de límites, la cual fue implementada a partir de la temporada 2010. Asimismo, la medición considera los límites definidos por la CONAF para cada uno de los sistemas.

### **3. OBJETIVOS**

El objetivo de este informe es presentar los resultados obtenidos en el mapeo de las superficies de los cuerpos lacustres para el mes de julio del año 2024. El mapeo se realiza mediante el procesamiento de imágenes satelitales de alta resolución espacial para determinar la superficie de las lagunas de los sistemas SONCOR y PEINE.

### **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **4.1. ÁREA DE ESTUDIO**

El área de estudio se encuentra en la II Región de Antofagasta, Chile, en el sector Este del Salar de Atacama donde se encuentran los sistemas SONCOR y PEINE identificado en la RCA 226/2006 (Figura 1).



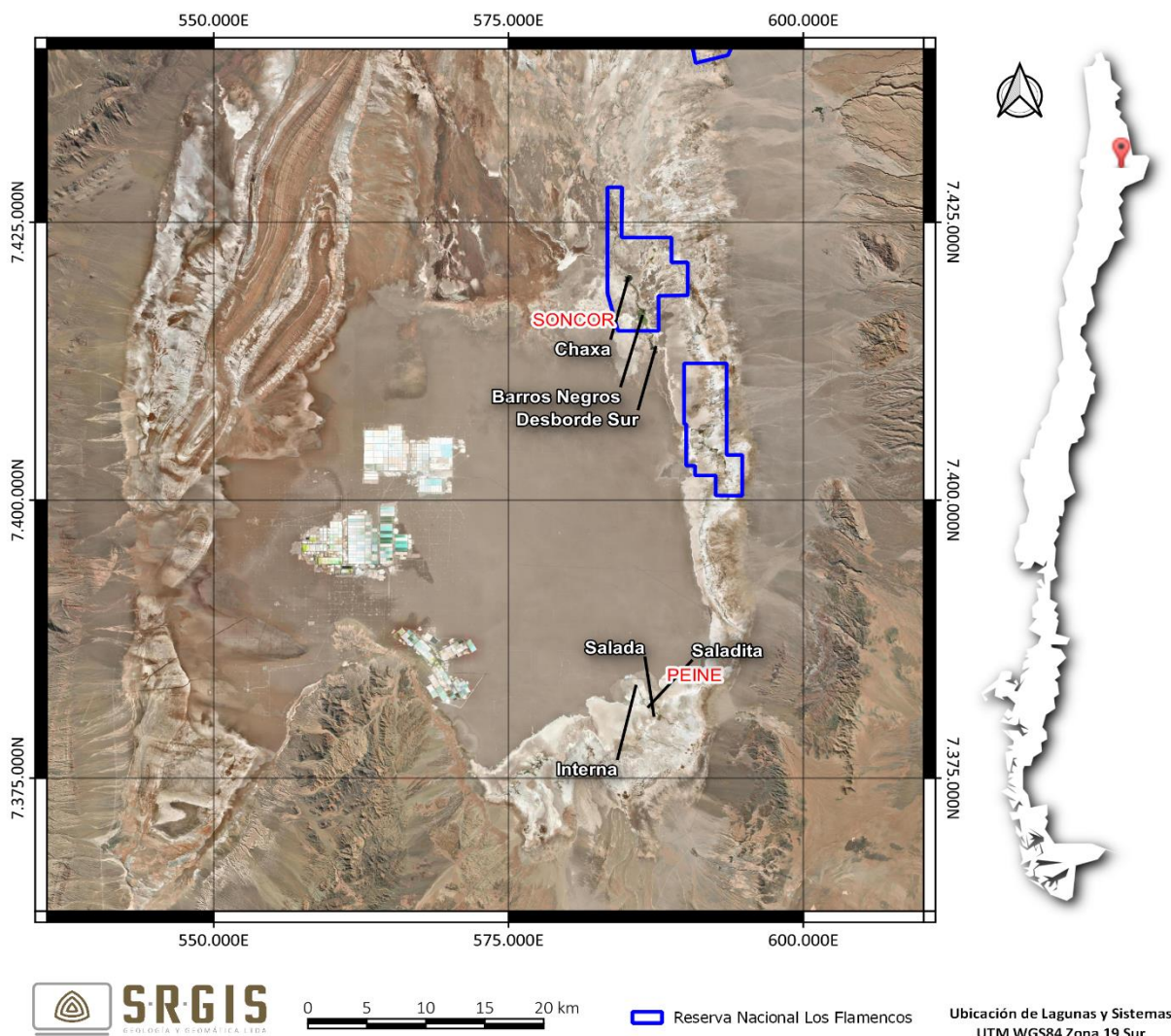


Figura 1: Área de estudio y ubicación de los sistemas lagunares y lagunas (UTM WGS84 19S). Elaboración propia.

El sistema SONCOR forma parte de la Reserva Nacional Los Flamencos y está compuesta por las lagunas Barros Negros, Chaxa y Puilar, además del Canal Burro Muerto. La laguna de mayor tamaño de este sistema es Barros Negros, que se extiende hacia el sur como una zona de inundación de gran extensión denominada “Desborde Sur”, considerada también para su mapeo. Barros Negros se conecta hacia el norte con la laguna Chaxa por medio del canal Burro Muerto. La Laguna Puilar se ubica al noreste de la de las lagunas mencionadas anteriormente.

El sistema PEINE está formado por dos lagunas distribuidas de sureste a noroeste y conectadas entre sí por un canal, denominadas Salada y Saladita, esta última tiene un desborde hacia el noroeste llamado Desborde Laguna Interna.

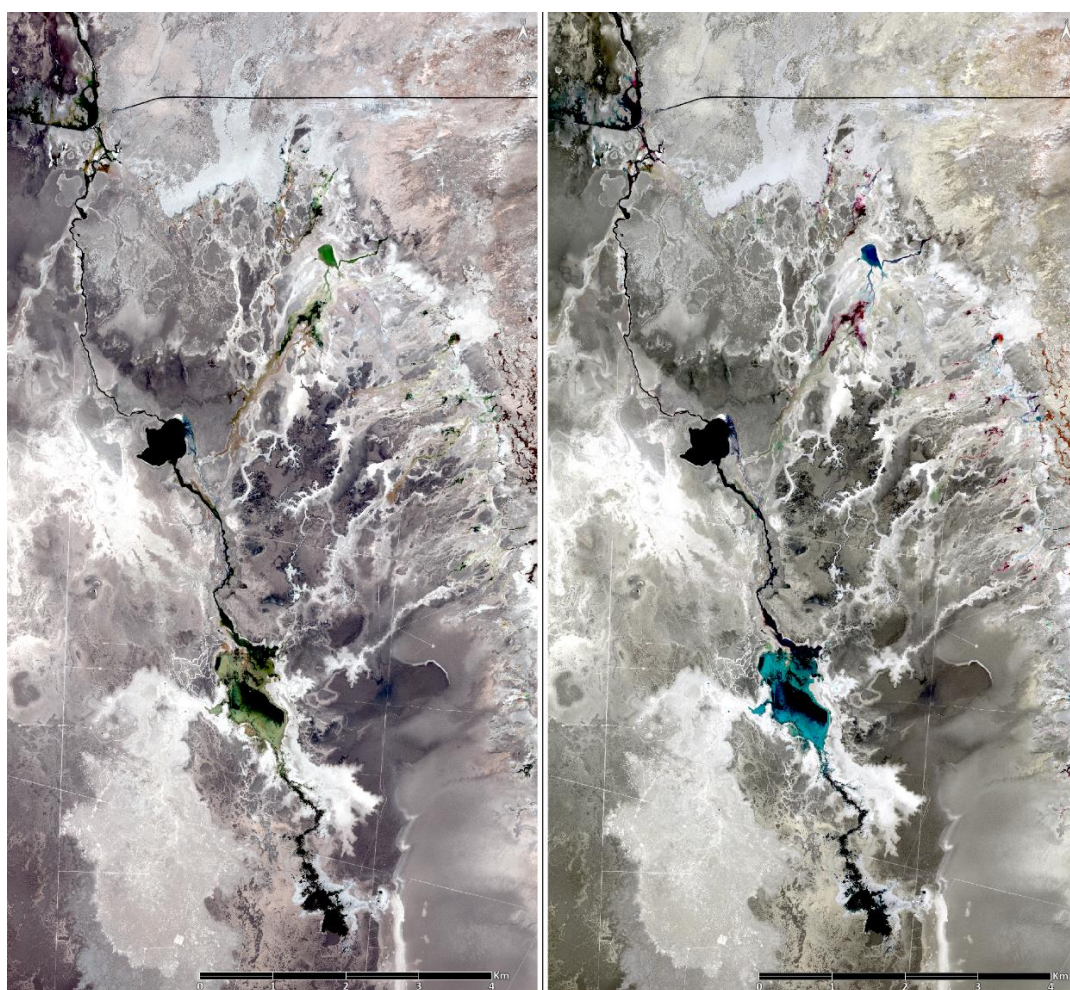
#### 4.2. MATERIALES, SOFTWARE Y EQUIPOS UTILIZADOS

Para este estudio se cuenta con una imagen satelital de alta resolución espacial que posee píxeles que cubren un área de 4 m<sup>2</sup> por píxel (2 x 2 m) para las bandas multispectrales y que además posee una banda pancromática que cubre un área de 0,25 m<sup>2</sup> por píxel (0,5 x 0,5 m). La imagen corresponde al sensor WorldView-3 y fue capturada el día 03 de julio de 2024. El resumen de las características de esta imagen puede verse en la Tabla 2:

*Tabla 2: Principales características de la imagen WorldView-3.*

Rango Espectral	Banda	Resolución Espacial
Visible	Azul	2 m
Visible	Verde	2 m
Visible	Rojo	2 m
Infrarrojo Cercano	Infrarrojo Cercano	2 m
Visible + Infrarrojo Cercano	Pancromática	0,5 m

La Figura 2 muestra las combinaciones RGB Color Real e Infrarrojo Color de la imagen WorldView-3 en el sistema SONCOR.



*Figura 2: Imagen WorldView-3 Color Real (izquierda) e Infrarrojo Color (derecha) del sistema SONCOR.*

El procesamiento se realizó utilizando ENVI 6.0 (NV5 Geospatial), software especializado en procesamiento de imágenes aéreas y satelitales. La confección de mapas se realizó en el software QGIS 3.22.

#### **4.3. PARÁMETROS PARA CARACTERIZAR EL ESTADO Y EVOLUCIÓN DE LAS VARIABLES AMBIENTALES**

El parámetro considerado para caracterizar el estado y evolución de las lagunas es la medición de superficie. De acuerdo a lo señalado en la RCA N°226/2006, la superficie debe ser determinada sobre la base de imágenes



satelitales y según complementa la resolución N°244/2010, la delimitación de los bordes de cada laguna se apoyará en la información generada en terrenos sobre la base de puntos de control.

#### 4.4. METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS

La medición de las superficies lacustres se realizó según la metodología establecida en la Resolución exenta N°244/2010, a partir de imágenes de alta resolución espacial, aplicándose índices y transformaciones espectrales.

La Figura 3 resume la metodología del procesamiento de las imágenes satelitales. La fusión pancromática implica el remuestreo de la imagen multiespectral de 2 metros de resolución por píxel a 0,5 metros de resolución utilizando la banda Pancromática. En los siguientes apartados se detallará cada paso de la metodología utilizada. Debido a que se crean cuerpos de agua provenientes de diferentes índices (clasificación de umbrales) antes de vectorizarlos se realiza una fusión de clases para que unificar el nombre de la clase “agua”.

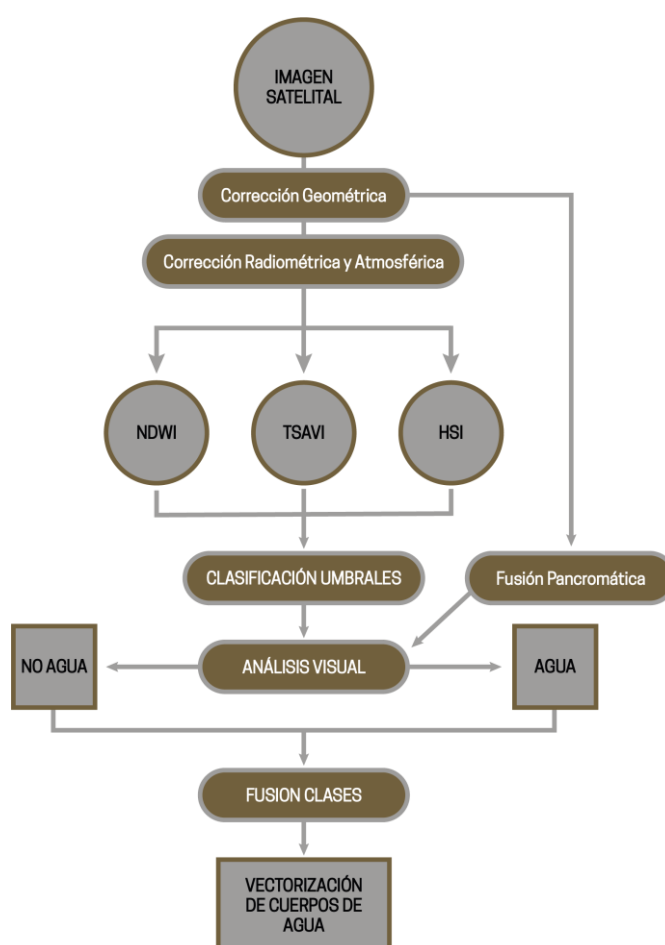


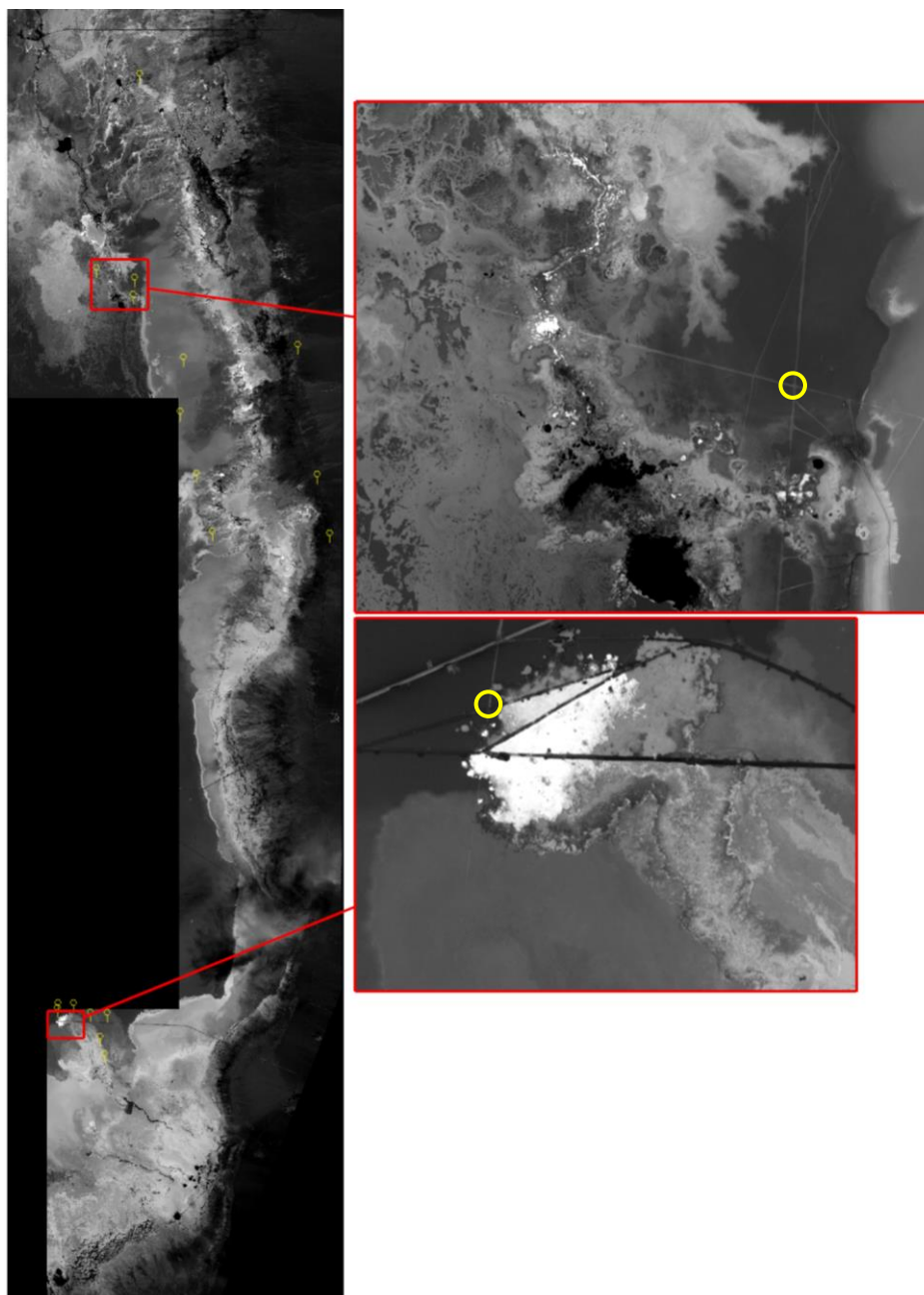
Figura 3: Metodología para la clasificación de cuerpos de Agua. Elaboración Propia.

##### 4.5.1. Análisis de Imágenes Satelitales

Se realizó la solicitud de captura de una imagen satelital de alta resolución para el mes de julio de 2024 por la constelación de satélites de la compañía MAXAR, obteniéndose una imagen WorldView-3 del día 03 de julio. Las características de esta imagen se encuentran en la Tabla 2. La imagen satelital se procesó bajo el sistema de coordenadas UTM WGS84 Zona 19 Sur. Mediante el uso del software especializado (ENVI 6.0) se calcularon de índices espectrales NDWI y TSAVI además de la transformación IHS (Intensity Hue Saturation / Intensidad Tono Saturación).

#### 4.5.1.1 Corrección Geométrica

La corrección geométrica corresponde a la ortorectificación de la imagen satelital, lo cual corrige las deformaciones por sensor y por topografía, para llevar a cabo este proceso se utilizan parámetros de la imagen que vienen incluidos en su metadata y un modelo digital de elevación (para este preprocesamiento se empleó el DEM Alos-Palsar). Posterior a la ortorectificación se realiza un ajuste con un punto de amarre para mover la imagen a su posición correcta, este punto corresponde a un dato tomado en terreno que es fácilmente identificable en la imagen, para este ajuste se seleccionan intersección de caminos (Figura 4). Los puntos utilizados son 584818-E; 7384134-N para SONCOR y 587978-E, 7414080-N para PEINE, ambas coordenadas están en UTM WGS84 Zona 19 Sur.



*Figura 4: Ubicación de Puntos de Amarre en SONCOR y PEINE*

#### 4.5.1.2 Corrección Radiométrica y Atmosférica

Los índices espectrales son concebidos considerando la forma de la curva espectral obtenida en laboratorio mediante un espectro radiómetro que mide la reflectancia de dicho material en distintas longitudes de onda, es por esto, que la imagen satelital debe corregirse para convertir los datos originales a un formato de reflectancia a la superficie de la tierra.

##### a. Radiancia

Las imágenes satelitales vienen en un formato numérico denominado niveles “DN” (Digital Number). El valor del píxel en este formato contiene información del material en la superficie de la tierra (agua, vegetación, suelo u otro), la influencia de la atmósfera y de las compensaciones predefinidas por el sensor. Este dato debe transformarse a unidades de energía reflejada (radiancia) mediante una corrección radiométrica.

La corrección radiométrica elimina los parámetros preestablecidos de ganancia y pérdida del sensor, por lo tanto, se generan datos comparables entre distintos sensores. Tras esta corrección las imágenes se convierten de DN a Radianza (o Radiancia) que es el flujo radiante que se refleja desde el suelo hacia el sensor, se mide en  $W/(m^2 sr^1 \mu m)$  y es la magnitud que detecta el sensor.

La radiancia espectral se calcula a partir de los parámetros específicos entregados por el proveedor y que se encuentran en los metadatos de los archivos de la imagen satelital. Krauss (2003) definió la siguiente ecuación para aplicar estas correcciones:

$$L_{\lambda}(x, y) = \frac{K_{\lambda} \cdot ND_{\lambda}(x, y)}{\Delta_{\lambda}}$$

Donde:

$L_{\lambda}(x, y)$  : es la radiancia espectral recibida por el sensor ( $W/(m^2 sr \mu m)$ )

$K_{\lambda}$  : son los niveles digitales de pixeles de la imagen satelital.

$ND_{\lambda}(x, y)$  : es el factor absoluto de calibración radiométrica ( $W/m^2 sr$ )

$\Delta_{\lambda}$  : es el ancho de banda efectivo ( $\mu m$ )

##### b. Reflectancia

Adicionalmente, debido a que los datos radiométricos contienen información de la superficie terrestre como de la atmósfera, se requiere aplicar una corrección que minimice estos efectos de la energía reflejada e incidente en los valores de cada píxel para obtener una imagen de reflectancia superficial, este proceso se denomina corrección atmosférica.

La corrección atmosférica elimina los efectos de la atmósfera en los datos, en este formato los datos (curvas espectrales de los pixeles) son comparables con curvas espectrales de laboratorio. Tras esta corrección las imágenes se convierten de Radiancia a Reflectancia (o Reflectancia Relativa).

La Figura 5 resume el esquema de datos de la imagen y las correcciones necesarias.



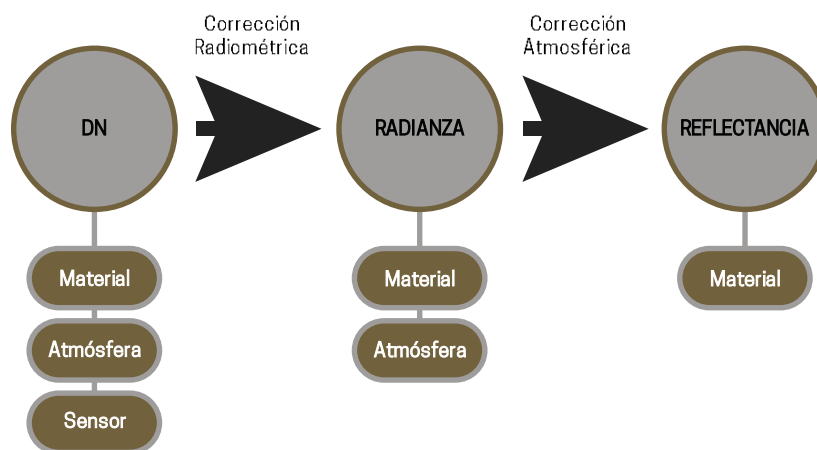


Figura 5: Formato de datos en imágenes satelitales y sus correcciones. Elaboración Propia.

#### 4.5.1.3 Fusión de la Imagen

Para mejorar la resolución espacial de la imagen multispectral obtenida desde el satélite y con el fin de obtener un mayor detalle de información se realiza un proceso denominado “Spectral PanSharpening” que mejora la resolución espacial de una imagen multispectral utilizando la banda pancromática. Este producto se utiliza como apoyo para el análisis visual (Figura 6). Para este proceso se utiliza la herramienta “NNDiffuse Pan Sharpening” disponible en ENVI 6.0 (Sun et al., 2014).

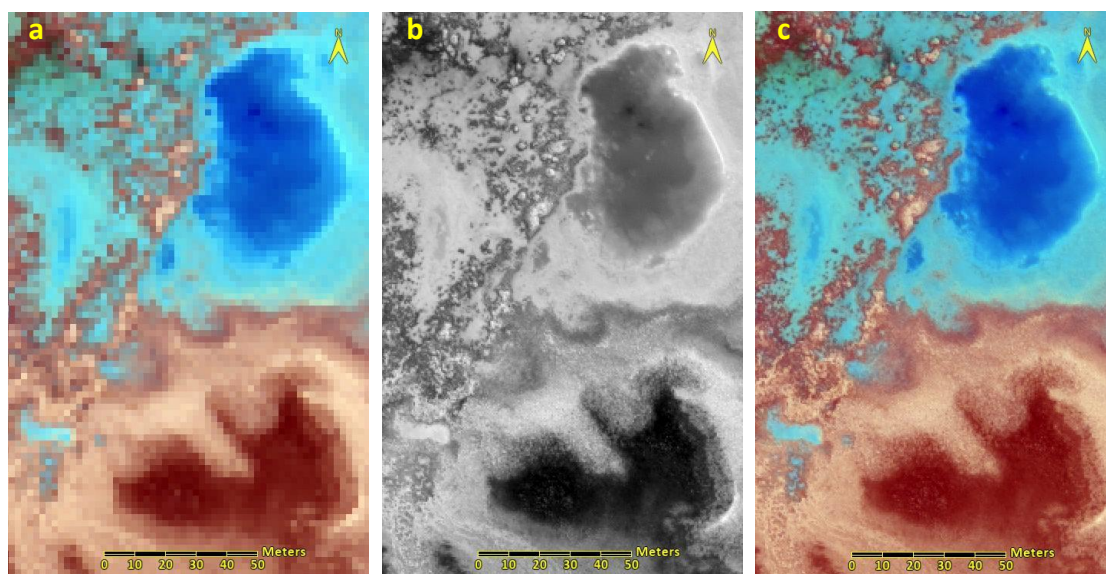


Figura 6: **(a)** Combinación RGB Infrarrojo Color de la imagen multispectral original (resolución de 2 metros), **(b)** Imagen Pancromática original con resolución de 0,5 metros y **(c)** Combinación RGB Infrarrojo Color de la imagen Multispectral fusionada con la banda Pancromática. Elaboración Propia.

#### 4.5.1.4 Índices Espectrales

Para el mapeo y delimitación de las superficies lacustres se utilizaron los siguientes índices espectrales: Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI), Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (TSAVI) y la transformación IHS, los que se detallan a continuación.

##### a. Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI)

El NDWI (Normalized Difference Water Index) (McFeeters, 1996) maximiza la respuesta de las características espectrales del agua al usar la longitud de onda correspondiente al verde (550 nm, valores de reflectancia

altos para el agua) y la baja reflectancia del agua en el NIR (850 nm, infrarrojo cercano). El algoritmo del NDWI es el siguiente:

$$NDWI = \frac{(VERDE - NIR)}{(VERDE + NIR)}$$

Donde:

VERDE : Reflectancia de la imagen en el rango espectral verde

NIR : Reflectancia de la imagen en el rango espectral infrarrojo cercano

Este índice normalizado entrega valores acotados para los píxeles entre -1 y 1 (Figura 7). Como la reflectancia del agua en la banda verde debe ser mayor a la de la banda NIR, los valores mayores a cero podrían ser considerados a la hora de clasificar el agua con este índice, sin embargo, debido a la mezcla de reflectancia del agua con el suelo en cuerpos más someros, podrían considerarse valores menores a cero (pero cercanos a cero) como coberturas de agua, en otras palabras, el agua al tener una reflectancia del verde mayor a la del infrarrojo cercano, el índice debería entregar valores positivos para el agua (por el algoritmo VERDE-NIR), pero las sales y el suelo tienen el infrarrojo cercano mayor al verde, entonces al mezclarlos espectralmente podemos considerar valores negativos para agua en zonas someras.

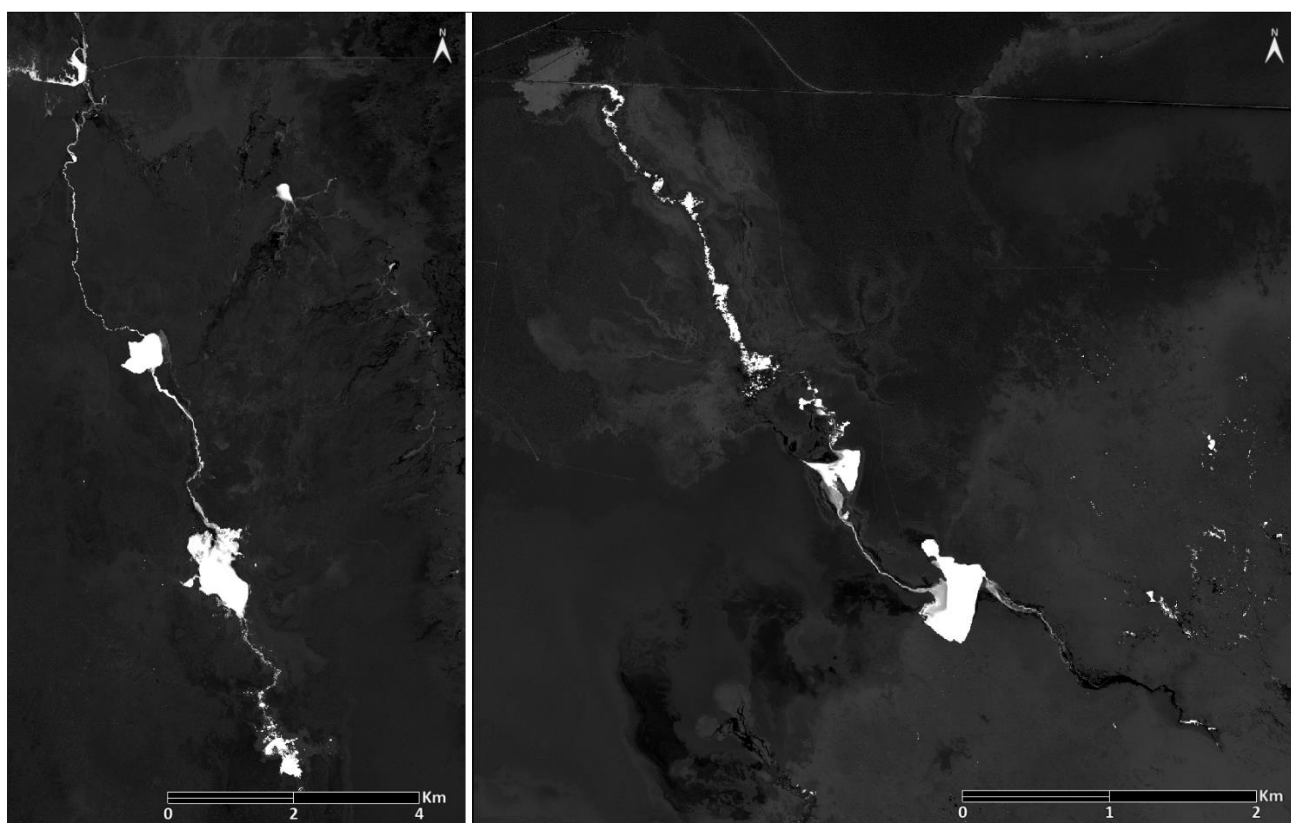


Figura 7: NDWI en Soncor (izquierda) y Peine (derecha). Elaboración Propia.

#### b. Índice de Vegetación Ajustado al Suelo Transformado (TSAVI)

El TSAVI (Transformed Soil Adjusted Vegetation Index) (Baret, 1989) pertenece a una familia de índices que modifican el Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI) cuyo objetivo es minimizar al máximo los efectos

del suelo sobre la vegetación utilizando valores relacionados a la línea del suelo en los píxeles de la imagen (Gilabert et al., 1997). El índice TSAVI se define por la siguiente ecuación:

$$TSAVI = \frac{a \cdot (NIR - a \cdot ROJO - b)}{ROJO + a \cdot NIR - ab + 0,08 \cdot (1 + a^2)}$$

Donde:

*ROJO* : es la reflectancia en el rango espectral del rojo

*NIR* : es la reflectancia en el rango espectral del infrarrojo cercano

*a* : es la pendiente de la línea del suelo

*b* : es la intersección de la línea del suelo con el eje Y

La Figura 8 muestra un ejemplo de un gráfico de dispersión de los píxeles al graficar en el eje X la banda NIR y en el eje Y la banda roja, la línea del suelo corresponde a la tendencia de los píxeles que corresponden a suelo (valores similares en X e Y). Conociendo la ecuación de esta línea se pueden obtener los valores a y b.

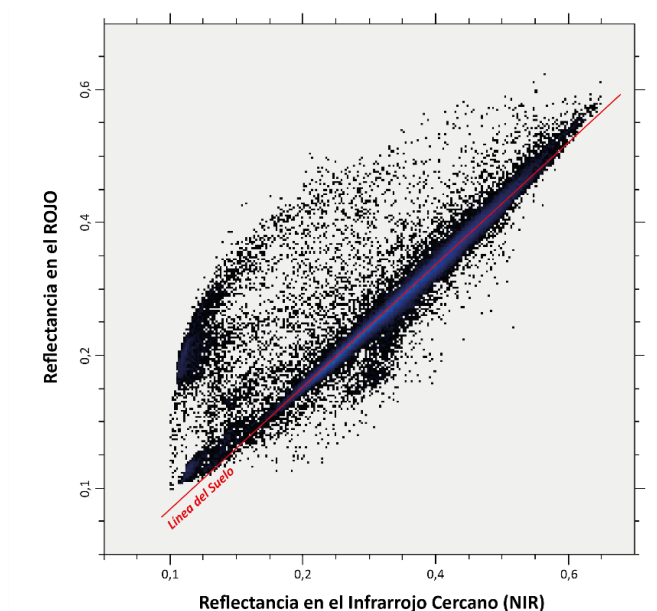


Figura 8: Línea del Suelo y Diagrama de dispersión de los píxeles para las bandas NIR (eje X) y Roja (eje Y)

La Figura 9 muestra los diagramas de dispersión del suelo en las bandas NIR (eje X) y ROJA (eje Y) para cada área de estudio (SONCOR y PEINE) a partir de los cuales se calcularon los valores de a y b para la generación del TSAVI.

Este índice se utiliza como complemento del método expuesto anteriormente en los sectores donde no se observa un borde definido de los cuerpos de agua, dado que para algunas configuraciones presenta un mejor contraste entre suelo y agua. Esto deriva en que no se define un valor específico para distinguir entre suelo y agua, sino que se utiliza como herramienta visual para la determinación de los bordes difusos.

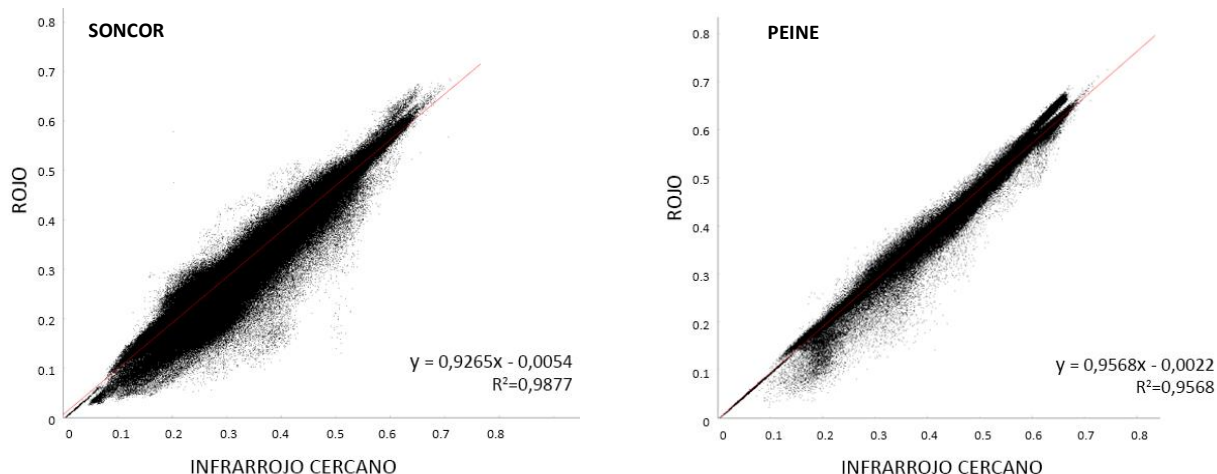


Figura 9: Diagramas de dispersión para pixeles de suelo (Eje X: NIR; Eje Y: ROJO) para los sistemas SONCOR y PEINE

Basado en la ecuación de la línea de tendencia (regresión lineal simple) de cada diagrama (Figura 9), se extraen los parámetros a y b para el cálculo del TSAVI para cada sistema (Tabla 3). La Figura 10 muestra los índices TSAVI para los dos sistemas.

Tabla 3: Factores a y b para el cálculo del TSAVI

SISTEMA	Factor a	Factor b
SONCOR	0.9265	- 0.0054
PEINE	0.9568	- 0.0022

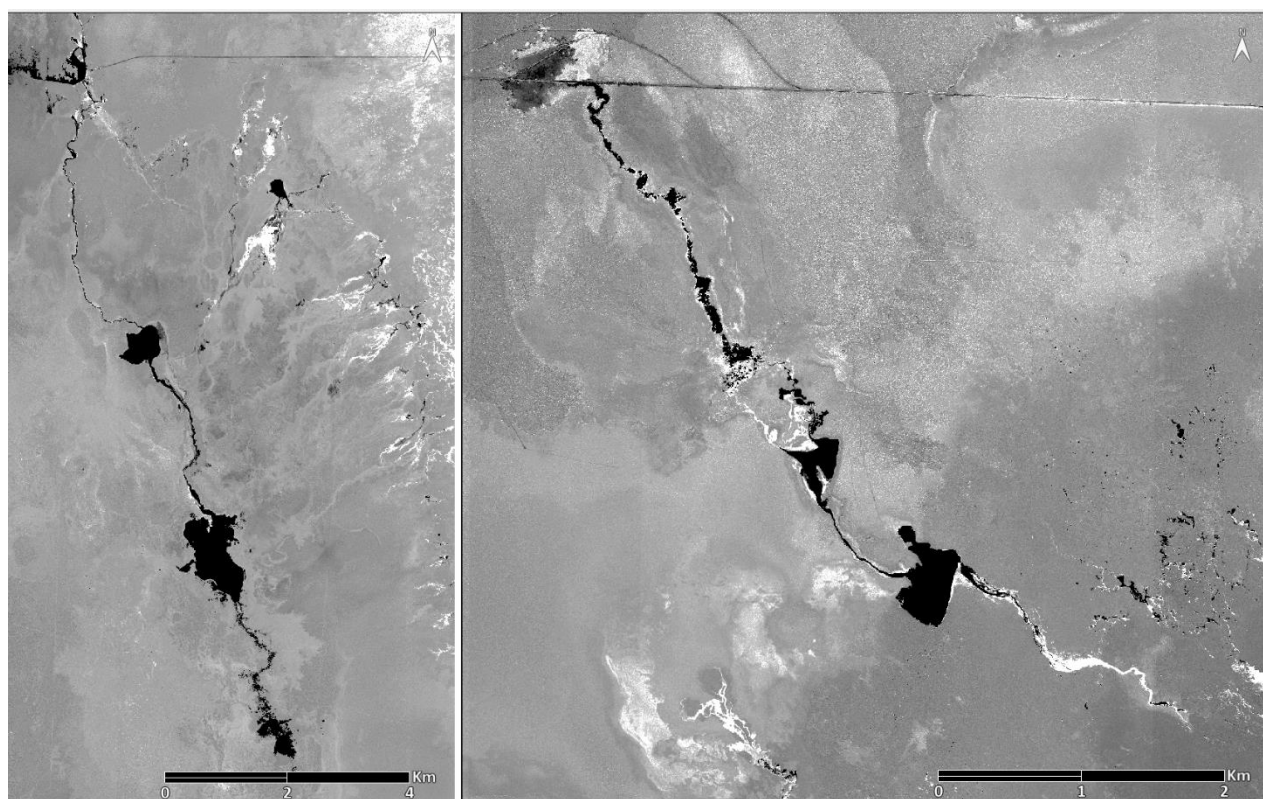


Figura 10: TSAVI en Soncor (izquierda) y Peine (derecha). Elaboración Propia.



### c. Transformación IHS

Este proceso transforma los valores de una composición de bandas RGB en una forma alternativa de representar el color, basado en sus propiedades de intensidad, tono y saturación (IHS por sus siglas en inglés: Intensity, Hue & Saturation). Su utilidad para la identificación se basa en su potencialidad para la discriminación de algunos rasgos de carácter cromático (Chuvieco, 2008). Al igual que el TSAVI, esta transformación se utiliza para complementar el mapeo con el índice NDWI en sectores donde el borde es difícil de determinar y donde esta transformación presenta una mayor diferencia entre suelo y agua.

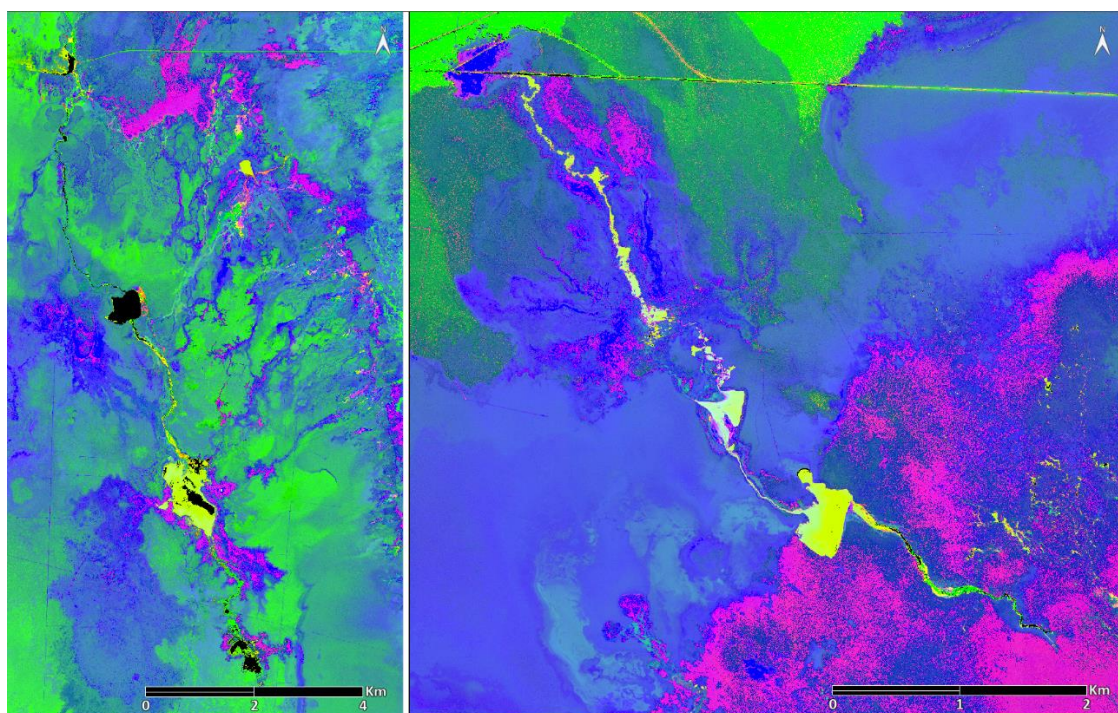


Figura 11: Transformación HSI en RGB en Soncor (izquierda) y Peine (derecha). Elaboración Propia.

#### 4.5.2. Contornos de las Lagunas

El mapeo de los cuerpos de agua se realizó mediante una reclasificación de los valores calculados para el índice NDWI, esta consiste en seleccionar un umbral dentro del histograma del índice que corresponda a superficies lacustres identificadas visualmente en la imagen satelital. El resultado de este mapeo obtiene un producto en formato ráster con una resolución de 2 x 2 metros. Posteriormente mediante inspección visual y con ayuda del índice TSAVI y la transformación IHS (Intensidad, Tono y Saturación) se ajusta la clasificación en los sectores con bordes poco definidos. De esta manera el índice TSAVI y las transformaciones IHS se utilizaron sólo donde el índice NDWI no fue suficiente para el mapeo de cuerpos de agua.

La Tabla 4 resume los umbrales utilizados para cada sistema de lagunas. La descripción N/A implica que no se utilizó el índice para el mapeo de las lagunas.

Tabla 4: Umbrales utilizados con los índices NDWI, TSAVI e IHS. Elaboración Propia.

SISTEMA	NDWI	TSAVI	SATURACIÓN	INTENSIDAD
SONCOR	≥ -0.075	≤ 0.000	≤ N/A	≥ N/A
PEINE	≥ -0.125	≤ 0.010	≤ N/A	≥ N/A



El análisis y procesamiento se genera para un área extensa de cada sistema, no obstante, el área para cada laguna entregada en el presente informe sólo considera los límites establecidos por CONAF. La Figura 12 muestra el corte realizado a la imagen satelital para el cálculo de los índices espectrales para SONCOR y PEINE.

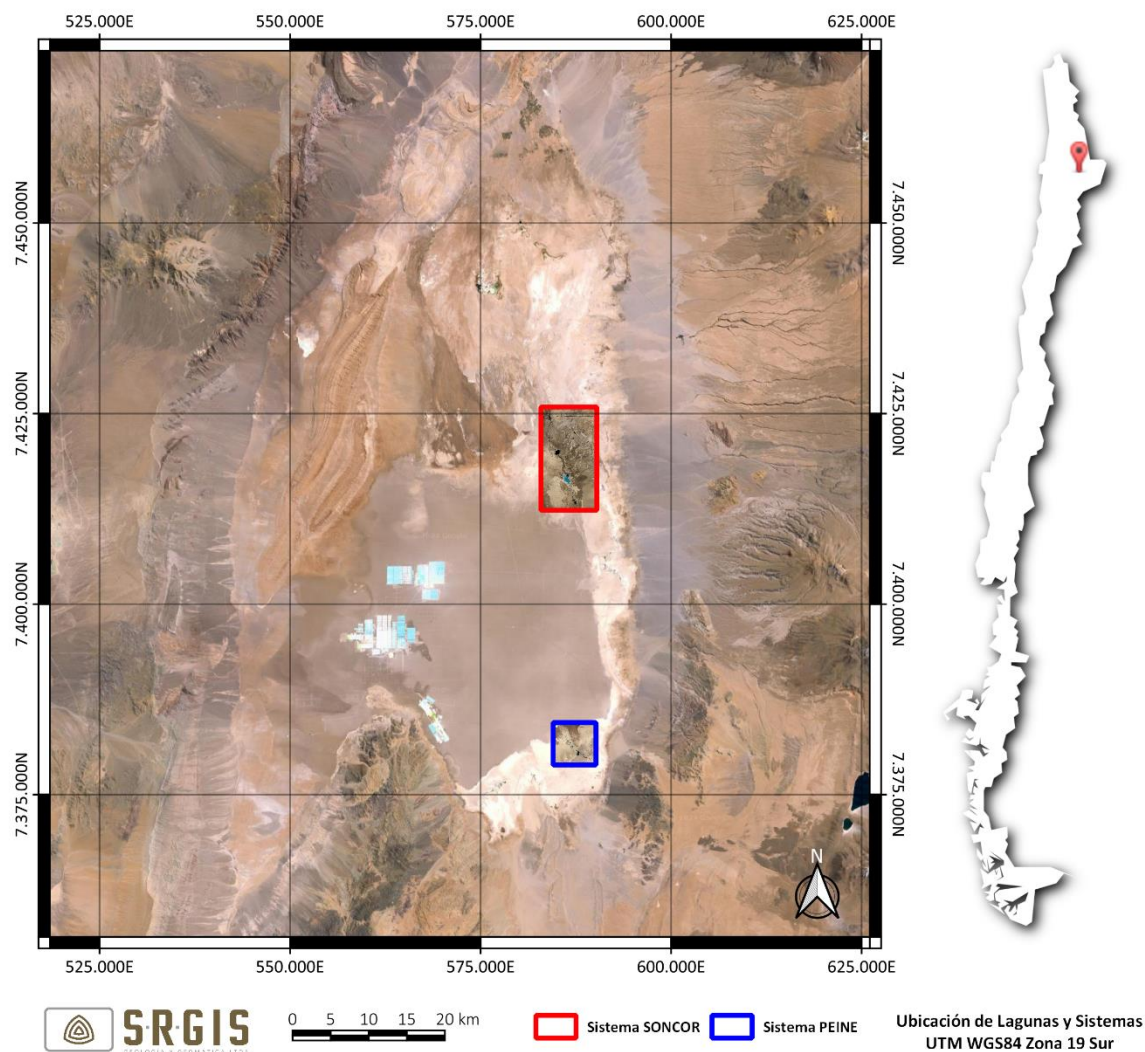


Figura 12: Límites de análisis ráster para cada laguna en los sistemas SONCOR y PEINE.

#### 4.5.3. Límites Oficiales de las Lagunas para el Cálculo de Superficies

Para efectos de la medición de las superficies, la delimitación consideró la definición de límites de cada laguna según criterios de la Corporación Nacional Forestal (CONAF), expuestos en los informes de monitoreo efectuados dentro del marco del convenio SQM-CONAF “Hábitat y Poblaciones de Avifauna del Salar de Atacama” y por límites presentados en informes previos (informe año 2009 y año 2010) que han sido aprobados mediante una mesa de trabajo compuesta por el titular y por distintas autoridades tales como CONAMA, CONAF, DGA y SAG y que se han mantenido hasta la fecha. Estos límites o zonas son empleados para diferenciar el cuerpo de la laguna, de los canales de entrada y salida por donde fluye el agua, con la finalidad de tener una superficie definida y comparable entre distintos años.

La Tabla 5 y la Tabla 6 muestran las coordenadas Este y Norte (WGS84 19 Sur) de los vértices de las líneas que limitan cada laguna, así como la entidad que definió dichos límites. La Figura 13 y la Figura 14 muestran los límites sobre la imagen.

Tabla 5: Vértices de las líneas que delimitan los límites de cada laguna Enel sistema Soncor

Sistema	Laguna	Vértice	Este	Norte	Definición
SONCOR	Chaxa	V 1.1	585.074	7.420.189	CONAF
		V 1.2	585.116	7.420.185	CONAF
		V 1.3	585.220	7.420.296	CONAF
		V 2.1	585.203	7.419.607	CONAF
		V 2.2	585.302	7.419.607	CONAF
	Barros Negros	V 1.1	585.821	7.417.181	CONAF
		V 1.2	586.146	7.417.405	CONAF
		V 2.1	586.497	7.415.766	CONAF
		V 2.2	586.740	7.415.795	CONAF
		V 3.1	586.784	7.416.689	Mesa de Trabajo 2010
		V 3.2	586.750	7.416.465	Mesa de Trabajo 2010
		V 4.1	585.751	7.416.340	Mesa de Trabajo 2010
		V 4.2	585.663	7.416.166	Mesa de Trabajo 2010
		V 5.1	586.438	7.415.838	Mesa de Trabajo 2010
		V 5.2	586.535	7.415.801	Mesa de Trabajo 2010
	Puilar	V 1.1	587.523	7.422.529	CONAF
		V 1.2	587.523	7.422.331	CONAF
		V 2.1	587.411	7.422.279	Mesa de Trabajo 2010
		V 2.2	587.534	7.422.278	Mesa de Trabajo 2010
		V 3.1	587.331	7.422.342	Mesa de Trabajo 2010
		V 3.2	587.369	7.422.340	Mesa de Trabajo 2010

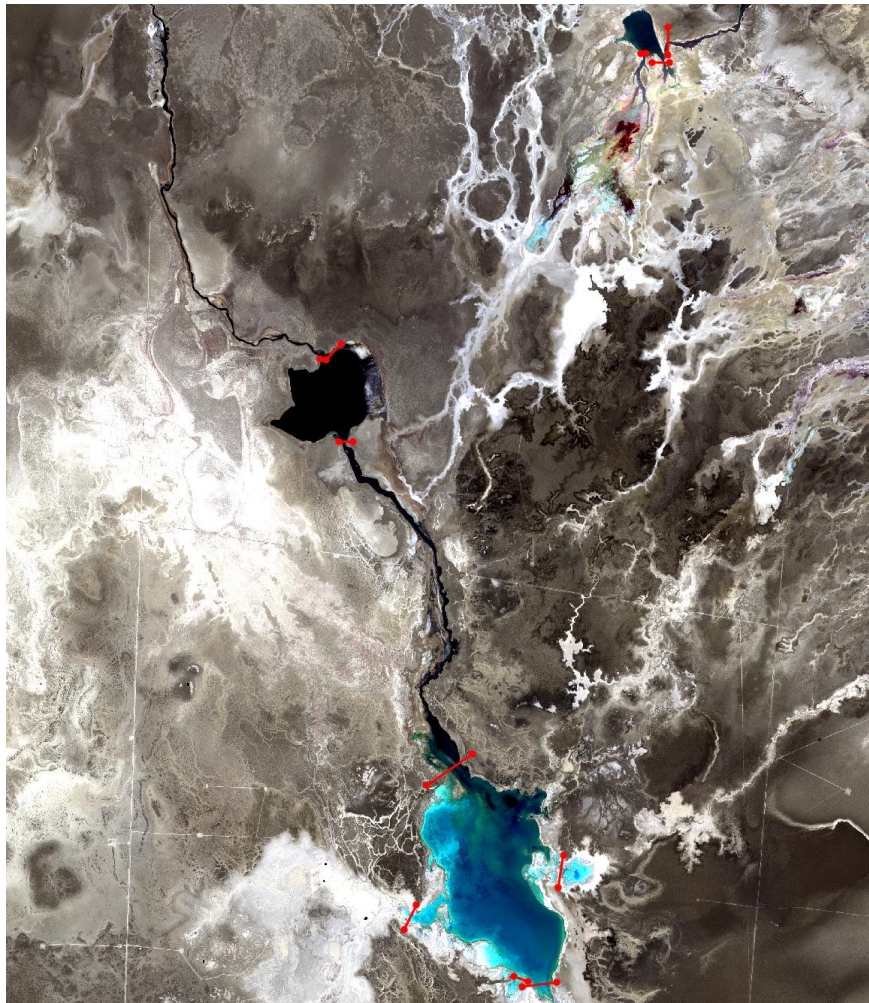
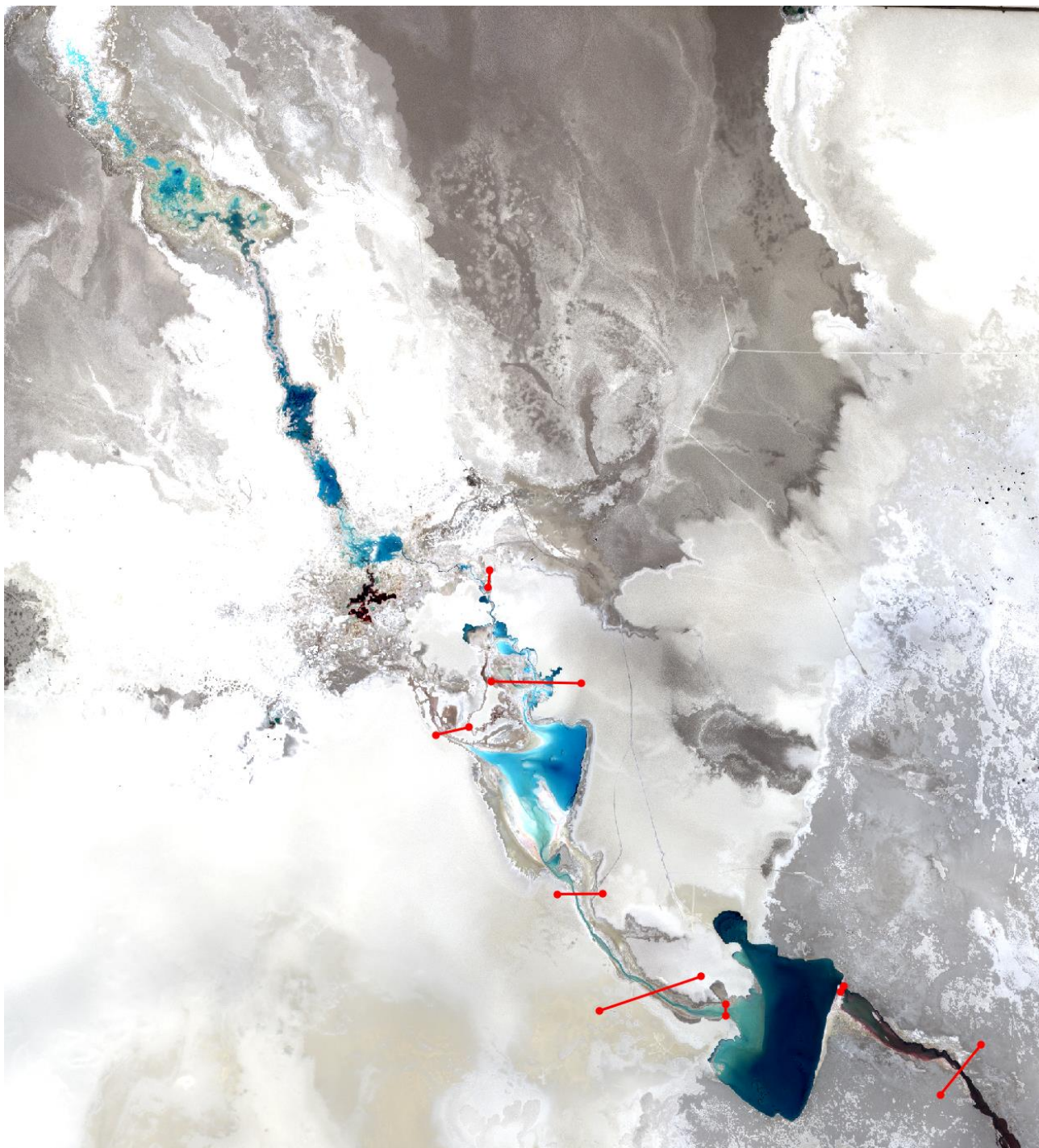


Figura 13: Límites de las lagunas en el sistema Soncor

Tabla 6: Vértices de las líneas que delimitan los límites de cada laguna en el sistema Peine

Sistema	Laguna	Vértice	Este	Norte	Definición
PEINE	Salada	V 1.1	587.155	7.380.528	CONAF
		V 1.2	587.494	7.380.642	CONAF
		V 2.1	588.291	7.380.247	CONAF
		V 2.2	588.428	7.380.416	CONAF
		V 3.1	587.959	7.380.591	Mesa de Trabajo 2010
		V 3.2	587.970	7.380.610	Mesa de Trabajo 2010
		V 4.1	587.576	7.380.512	Mesa de Trabajo 2010
		V 4.2	587.576	7.380.551	Mesa de Trabajo 2010
	Laguna	Vértice	Este	Norte	Definición
PEINE	Saladita	V 1.1	586.795	7.381.626	CONAF
		V 1.2	587.096	7.381.620	CONAF
		V 2.1	586.610	7.381.448	CONAF
		V 2.2	586.720	7.381.473	CONAF
		V 3.1	587.015	7.380.917	CONAF
		V 3.2	587.167	7.380.918	CONAF
	Interna	V 1.1	586.791	7.381.997	Mesa de Trabajo 2010
		V 1.2	586.785	7.381.938	Mesa de Trabajo 2010





*Figura 14: Límites de las lagunas en el sistema Peine*

## 5. PUNTOS DE CONTROL

El seguimiento de la variable cobertura lagunar que tiene comprometido SQM se basa en varias técnicas en base a la RCA 226/2006 y complementado posteriormente según la RES. EX. Nº244/2010 de la COREMA de la Región de Antofagasta. Una de ellas corresponde al análisis abordado en el presente informe y que se basa en el cálculo de índices mediante el uso de una imagen satelital de alta resolución. Pero también se realiza, en el marco del seguimiento ambiental recogido también en la RCA 226/2006, la medición mediante estacas perimetrales con frecuencia trimestral (según lo estipulado en el convenio SQM-CONAF de 2004) y el

levantamiento topográfico del perímetro lagunar de los bordes de los cuerpos lagunares, este último se realiza cada 5 años.

La metodología de la medición con estacas perimetrales consiste en medir desde la estaca la distancia más cercana hacia el cuerpo de agua en el caso de que la estaca se encuentre fuera del agua, o de manera inversa la distancia más cercana desde la estaca al contacto agua-salar. La campaña para la medición de las estacas perimetrales y la toma de puntos de control fue llevada a cabo por la consultora ATyGeo y se realizó los días 12 de julio para Saladita, 14 de julio para Salada, 18 y 19 de julio para Barros Negros, 25 de julio para Chaxa y 26 de julio para Puilar.

Para esta campaña se realizó una campaña de toma de puntos de control de borde lagunar, esta se llevó a cabo por la consultora ATyGeo los días 3 y 4 de julio para Desborde Sur, 11 de julio para Desborde Laguna Interna, 12 de julio para Saladita, 14 de julio para Salada, 18 y 19 de julio para Barros Negros, 25 de julio para Chaxa y 26 de julio para Puilar.

## 6. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados del mapeo de las superficies lacustres de las lagunas de los sistemas SONCOR y PEINE para el período julio 2024.

### 6.1. Sistema SONCOR

A partir del año 2016 se incorporó en las mediciones de superficie el área denominada “Desborde Sur”. Aunque no corresponde estrictamente a una laguna, al día de hoy se considera en la reportabilidad lagunar.

La Tabla 7 resume los resultados del mapeo de superficies de los cuerpos de agua en el Sistema SONCOR.

*Tabla 7: Medición de superficies lagunares en el sistema SONCOR.*

Cuerpo	Superficie (m <sup>2</sup> )
Laguna Chaxa	290.781
Laguna Barros Negros (Cuerpo Principal)	914.646
Área de Inundación I (Barros Negros)	2.929
Área de Inundación II (Barros Negros)	1.004
Área de Inundación III (Barros Negros)	15.107
Puilar	61.931
Desborde Sur	94.786



### 6.1.1. Laguna Chaxa

Chaxa se encuentra constituida por un cuerpo principal cuyo contorno se encuentra bien definido en la mayor parte de la laguna salvo en el borde este (Playa de Chaxa) donde mediante los índices no es posible una delimitación precisa por lo que los puntos de control se vuelven muy importantes para mejorar la delimitación (Figura 15). Para esta campaña se pudieron obtener puntos de control de terreno y estacas perimetrales los cuales ayudan a depurar el mapeo de los cuerpos.

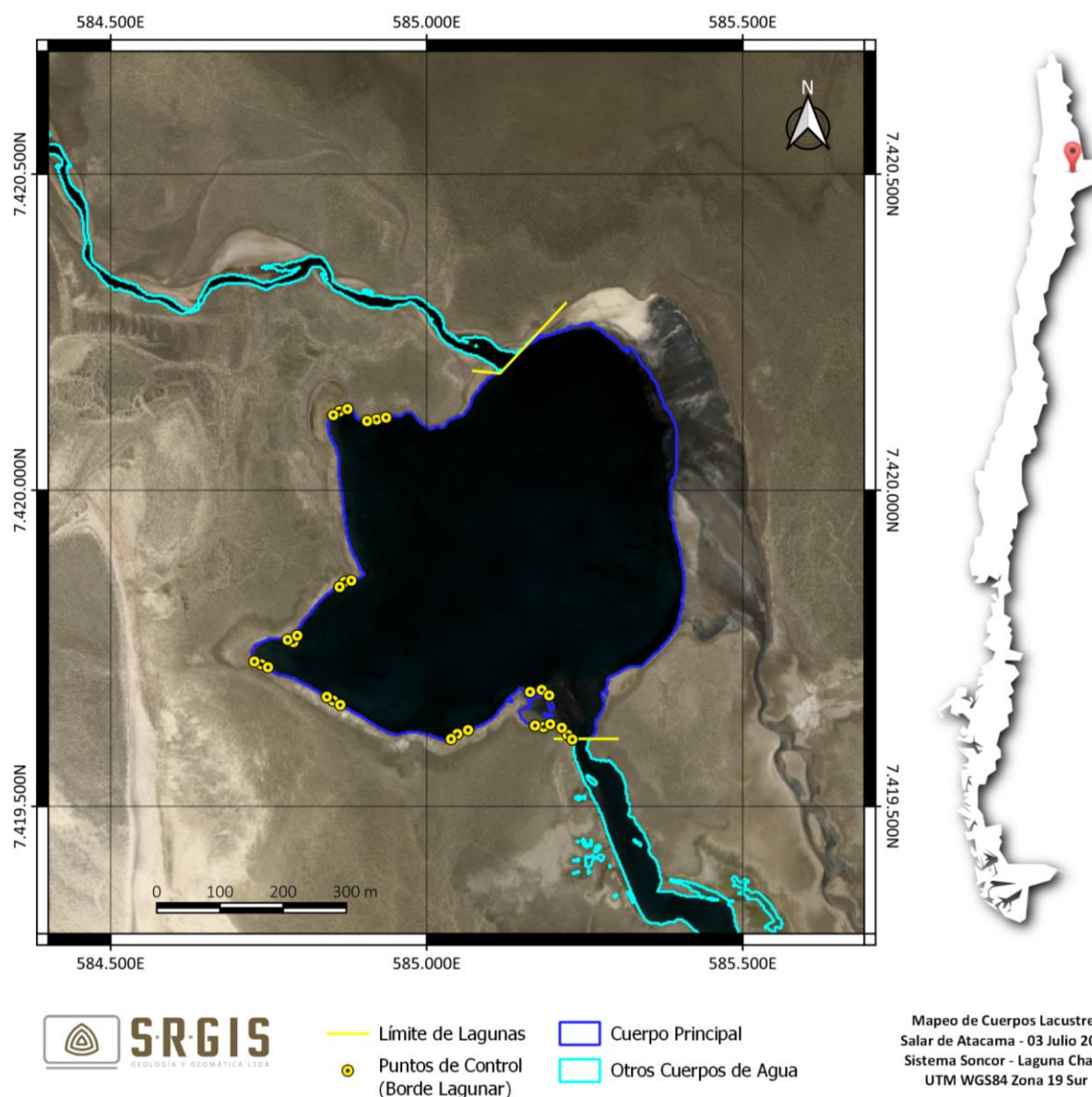


Figura 15: Mapeo de Cuerpos de Agua en la laguna Chaxa.

### 6.1.2. Laguna Barros Negros

La Laguna Barros Negros es el cuerpo de agua más grande del sistema SONCOR. Está constituido por un cuerpo principal y tres áreas de inundación, sin contar los cuerpos de agua en “Desborde Sur”. El perímetro del cuerpo principal está bien definido.

El área de inundación I, denominada “Cola de Pez”, se ubica al Oeste de la laguna y fue considerado a partir del límite establecido por la CONAF hacia el Oeste, este año presenta un área bastante acotada como cuerpos aislados y remanentes hacia el oeste de Barros Negros (Figura 16). Se consideraron también otras áreas de inundación que corresponden a las “Área de Inundación II”, al este de la laguna y “Área de Inundación III” al sur de la laguna. Es importante mencionar que, a la actualidad el área de inundación I o “Cola de pez” experimenta una migración activa hacia zona de Desborde Sur, la cual se ha manifestado en zonas del cuerpo principal, aledañas a cola de pez. Para esta campaña se pudieron obtener puntos de control de terreno y estacas perimetrales los cuales ayudan a depurar el mapeo de los cuerpos.

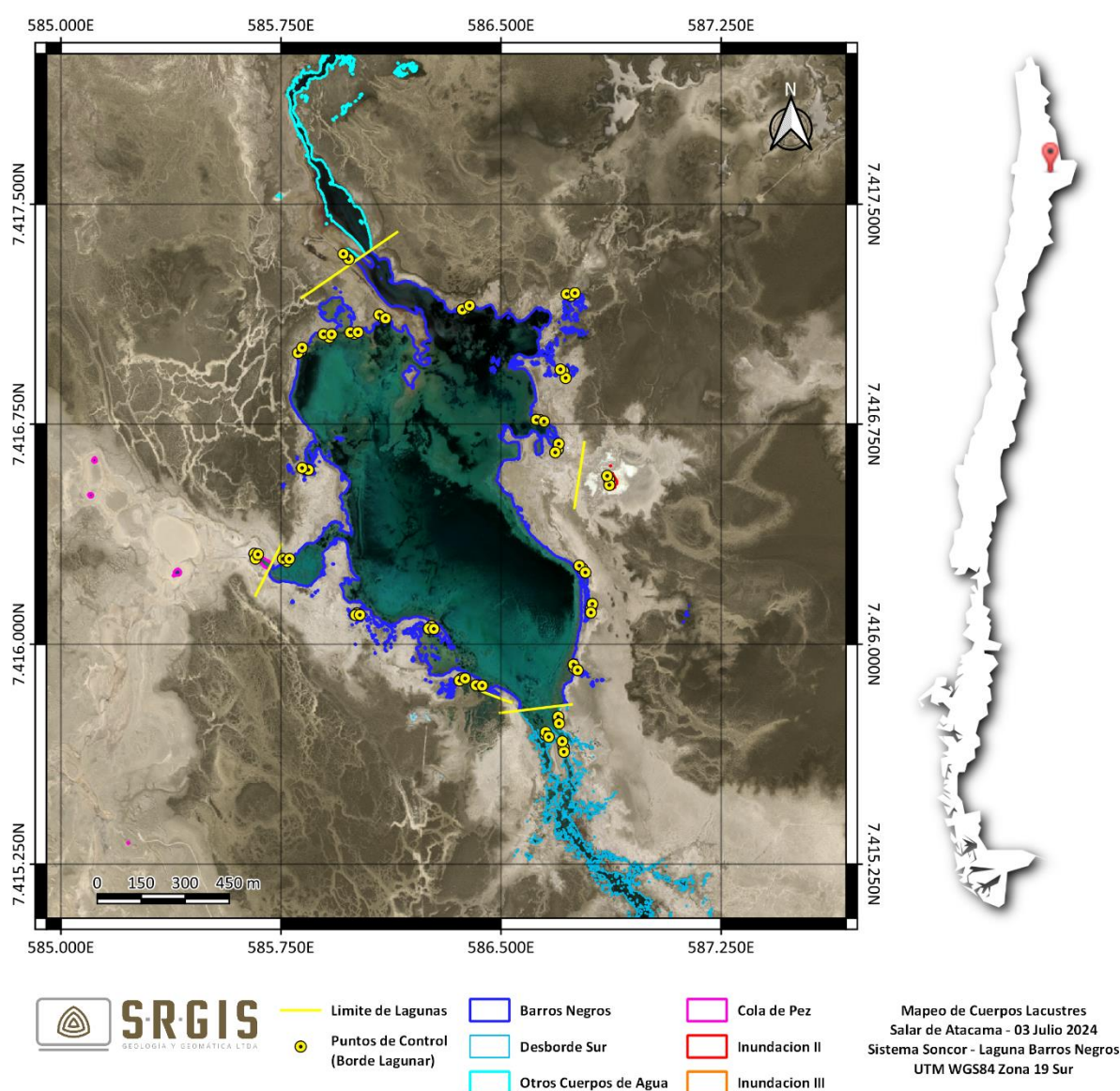


Figura 16: Mapeo de Cuerpos de Agua en la laguna Barros Negros.

### 6.1.3. Laguna Puilar

La laguna Puilar tiene un cuerpo principal bien definido pero su delimitación mediante los índices espectrales no es muy precisa, por lo que se vuelven importantes los puntos de control obtenidos en la laguna, así como por los puntos de control de las estacas del canal que se conecta por el Este al cuerpo principal. Mediante la observación de las tonalidades en las distintas combinaciones de banda se puede delimitar de mejor manera el cuerpo principal de esta laguna. (Figura 17). Para esta campaña se pudieron obtener puntos de control de terreno y estacas perimetrales los cuales ayudan a depurar el mapeo de los cuerpos.

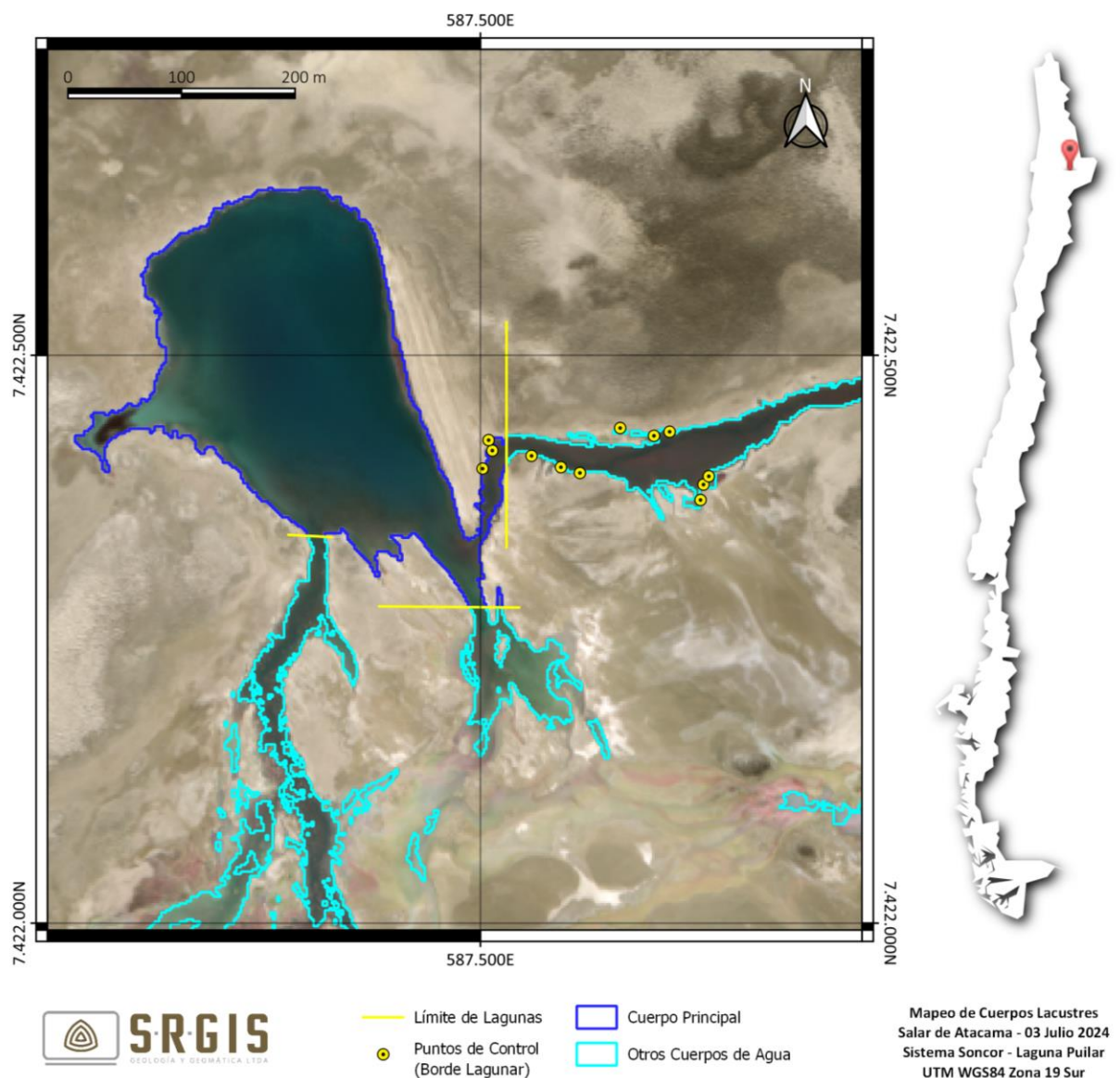


Figura 17: Mapeo de Cuerpos de Agua en la laguna Puilar.



#### 6.1.4. Desborde Sur

Este cuerpo de agua fue incorporado al control y monitoreo desde el año 2016, corresponde a un cuerpo que se origina como desborde de la laguna Barros Negros, aunque no corresponde a una unidad regular (permanente) como las lagunas Chaxa, Barros Negros y Puilar. En general se observan numerosos cuerpos bien definidos pero cuyo límite es de difícil determinación (Figura 18). Para esta campaña se pudieron obtener puntos de control de terreno y estacas perimetrales los cuales ayudan a depurar el mapeo de los cuerpos.

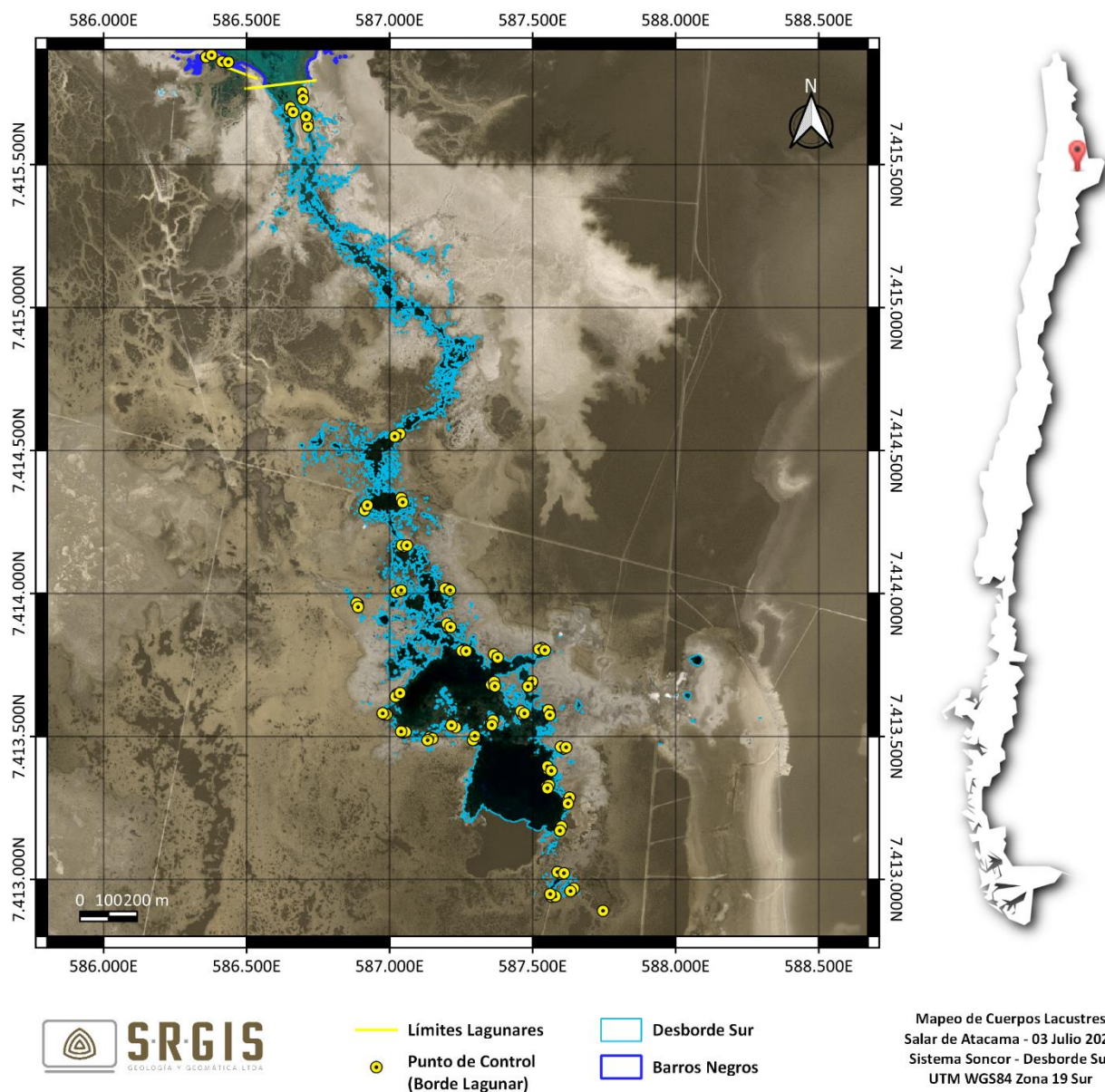


Figura 18: Mapeo de Cuerpos de Agua en Desborde Sur.

## 6.2. Sistema PEINE

El sistema PEINE está compuesto por las lagunas Salada, Saladita y Desborde Laguna Interna, la Tabla 8 presenta los resultados obtenidos para el mapeo de los cuerpos de agua en este sistema.

*Tabla 8: Medición de superficies lagunares en el sistema PEINE.*

<b>Cuerpo</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>
Salada	173.536
Canal de Recarga (Salada)	24.437
Canal de Descarga (Salada)	4.558
Saladita	86.003
Interna	108.596



### 6.2.1. Laguna Salada

La laguna Salada está compuesta por un cuerpo principal y 2 canales superficiales. El cuerpo principal muestra contornos bien definidos, a diferencia de los canales de recarga y descarga que tiene límites un poco más difusos (Figura 19). Para esta campaña se pudieron obtener puntos de control de terreno y estacas perimetrales los cuales ayudan a depurar el mapeo de los cuerpos.

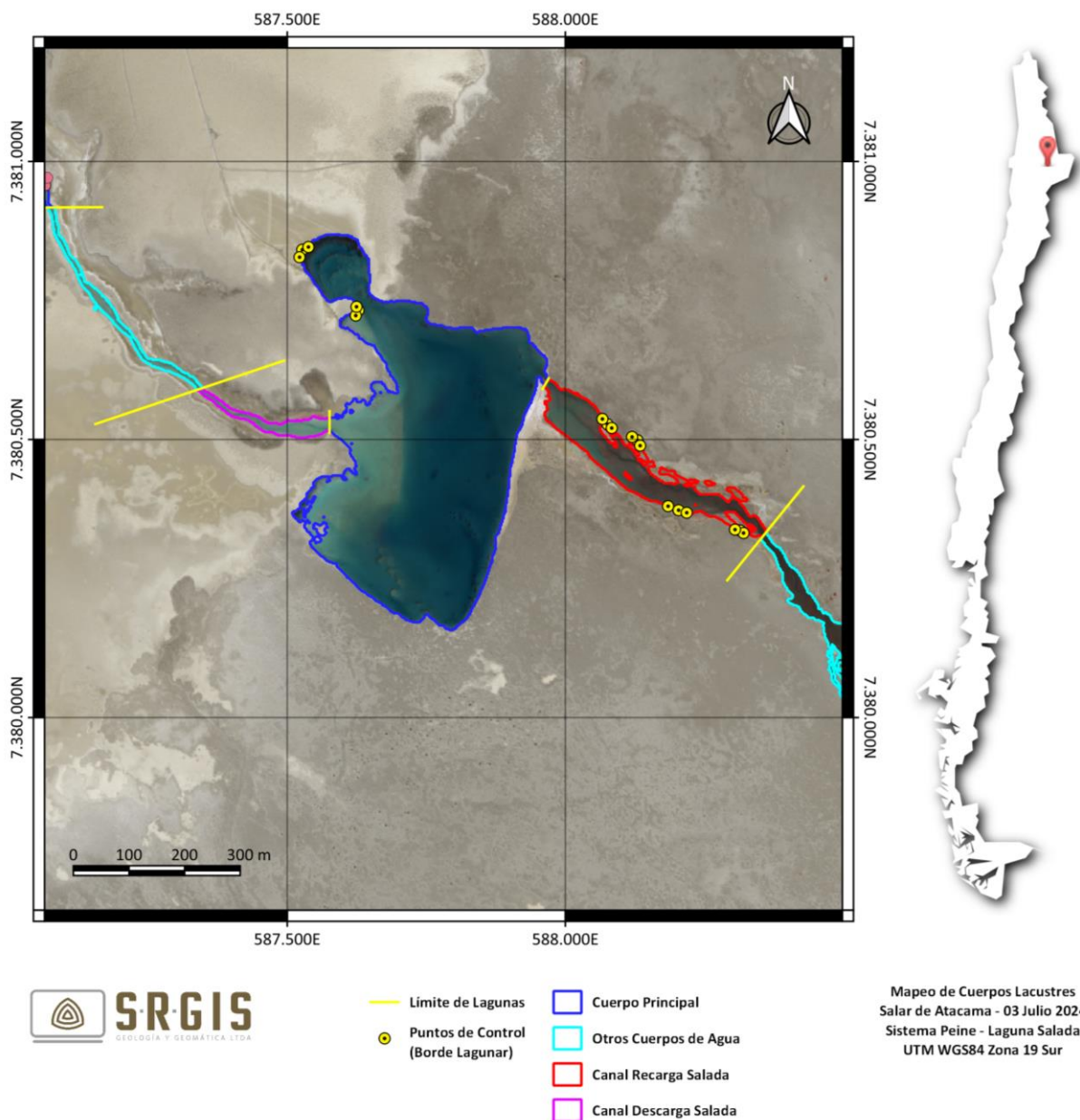


Figura 19: Mapeo de Cuerpos de Agua en la Laguna Salada.

### 6.2.2. Laguna Saladita

La laguna Saladita presenta contornos más difusos que la laguna Salada, aunque es posible diferenciar los límites de los cuerpos de agua, es el sector de la playa (al centro y al oeste) se vuelve complejo de delimitar por presencia de cuerpos muy someros de agua, para mejorar la delimitación en esta zona es importante la toma de puntos de control (Figura 20). Para esta campaña se pudieron obtener puntos de control de terreno y estacas perimetrales los cuales ayudan a depurar el mapeo de los cuerpos.

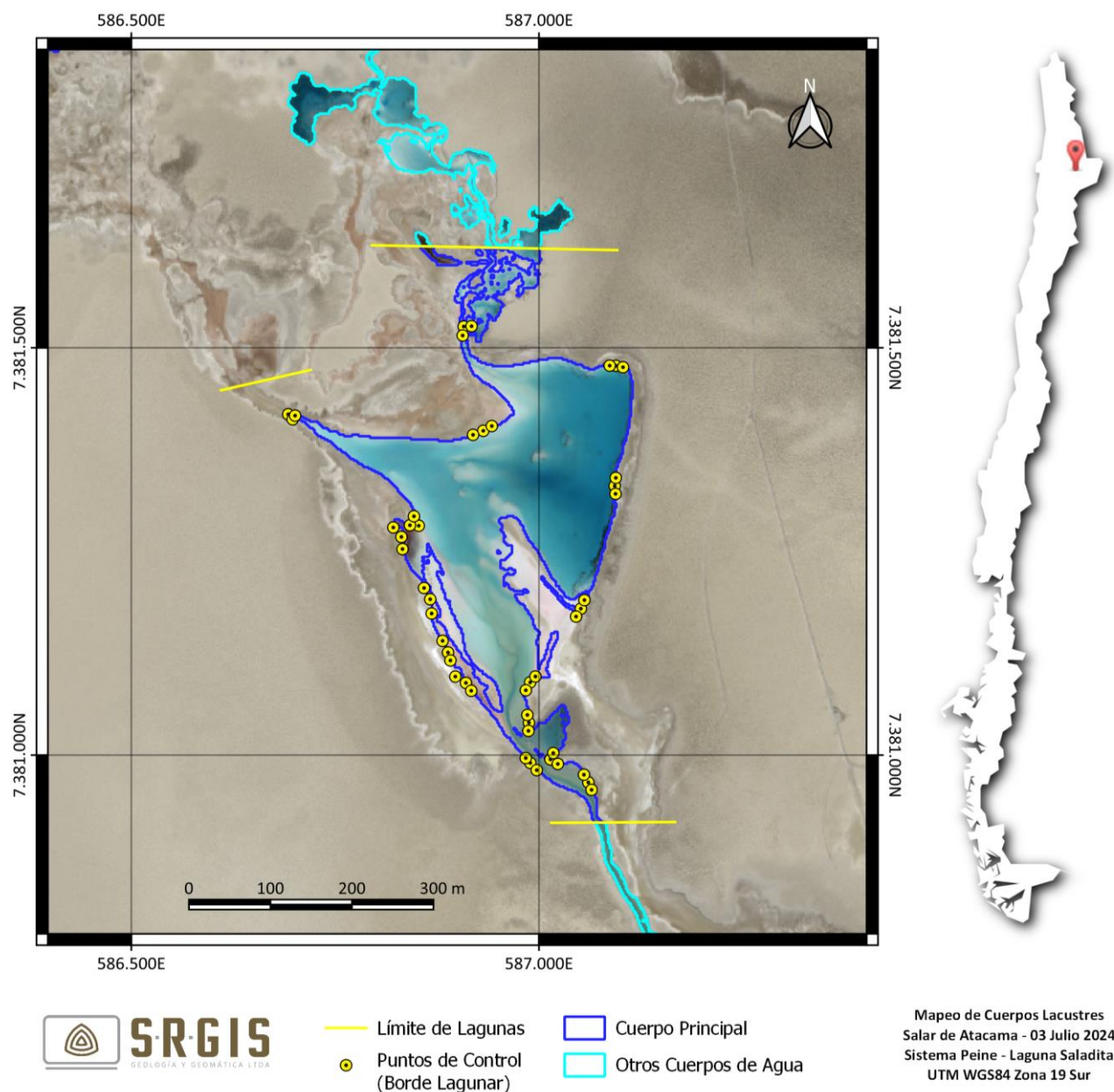


Figura 20: Mapeo de Cuerpos de Agua en la laguna Saladita.

### 6.2.3. Desborde Laguna Interna

A diferencia de las lagunas estudiadas anteriormente, el Desborde laguna Interna no conforma un cuerpo lacustre de superficie continua. Los índices facilitaron la delimitación de los límites de estos cuerpos de agua como se observa en la Figura 21. Es importante mencionar que, hacia la parte distal del sistema lagunar (NW), se identifican en terreno zonas con alta presencia de costra de sal recientemente formada. Para esta campaña se pudieron obtener puntos de control de terreno los cuales ayudan a depurar el mapeo de los cuerpos.

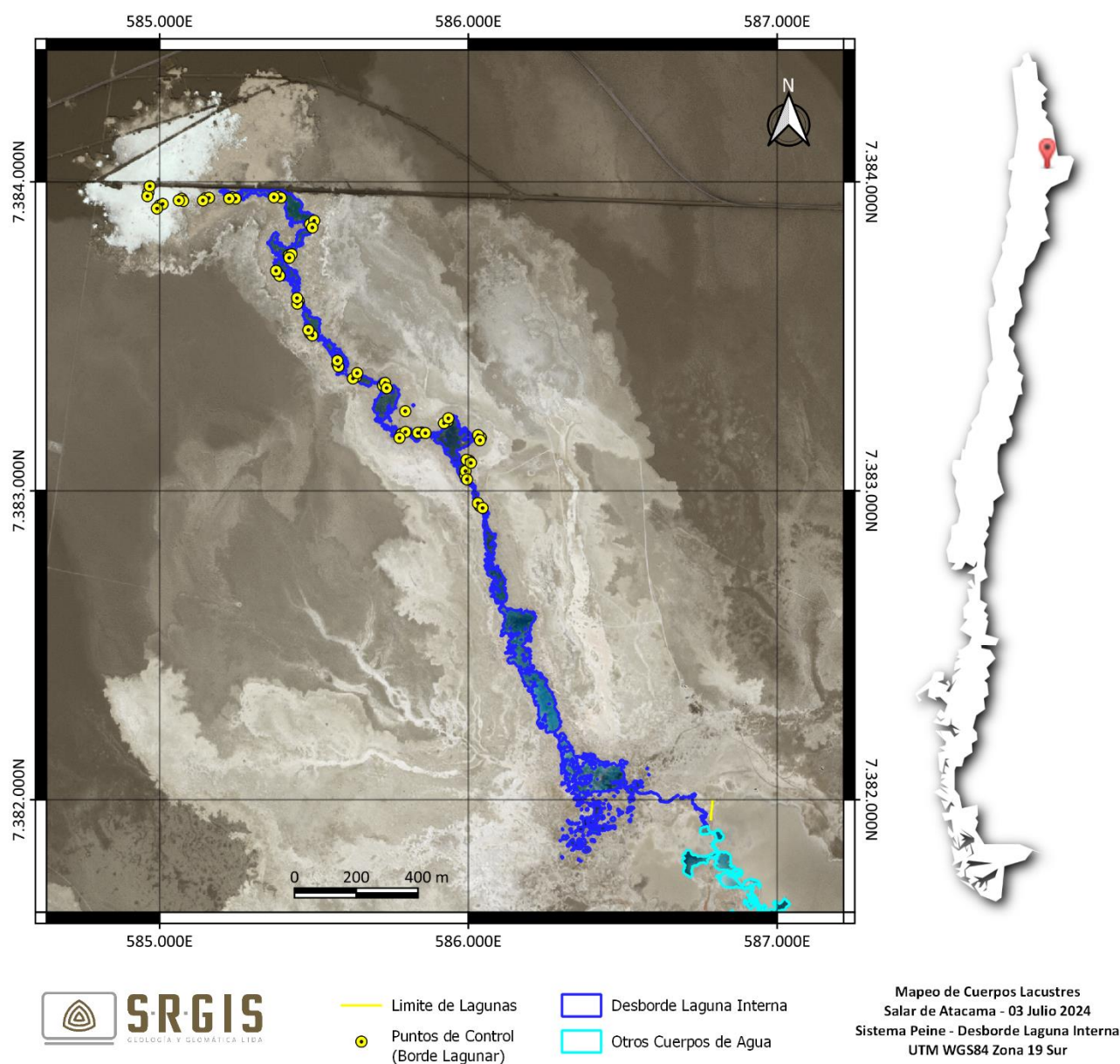


Figura 21: Mapeo de Cuerpos de Agua en la laguna Interna.

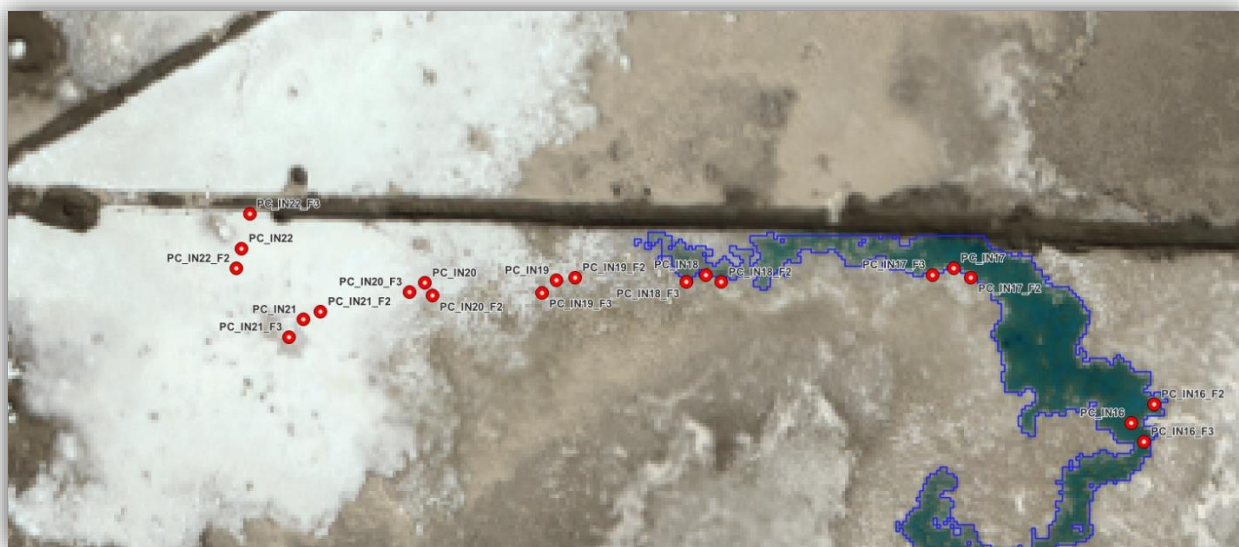


## 7. DISCUSIONES

Se ha realizado de manera correcta el mapeo de cuerpos de agua en los sistemas SONCOR y PEINE, la metodología utilizada delimita de manera correcta los cuerpos de agua y la obtención de puntos de control es importante en zonas donde los índices no delimitan bien los cuerpos, y ayudan a delimitar contornos con mejor precisión.

Es importante considerar que la imagen satelital fue capturada el día 3 de julio de 2024, y que los puntos de control fueron tomados tanto el mismo día como después (según campaña y lagunas) lo cual puede dificultar en algunos casos la interpretación por efectos de evaporación de cuerpos de agua someros o bien, por aparición de surgencias de nuevos cuerpos de agua.

La diferencia entre la fecha de captura y toma de puntos de control puede generar algunos conflictos en la interpretación, para esta campaña solo se notaron conflictos entre los puntos de control y la imagen satelital en el sector NW de los Desbordes de Laguna Interna donde los puntos de control indican bordes de cuerpos de agua, mas en la imagen no es posible observar la presencia de agua, esto puede deberse a surgencias ocurridas posterior a la fecha de captura de la imagen (3 de julio) ya que la toma de puntos se realizó el 11 de julio.



*Figura 22: Puntos de control de borde lagunar en Desborde Laguna Interna. Se puede apreciar que los puntos de control IN19, IN20 e IN21 marcan bordes de agua que en la imagen no se aprecian. Las fotos inferiores corresponden a vistas a los puntos IN19 e IN20 donde se aprecia el cuerpo de agua.*

Se puede evidenciar en imágenes de mediana resolución (Sentinel-2) que justo en esta zona hay un crecimiento del desborde hacia el oeste, al borde del camino (Figura 23). Es por esto que en la imagen satelital

con fecha 3 de Julio, no hay presencia de agua pero en la campaña de terreno con fecha 11 de Julio si se encontraba agua en el sector.

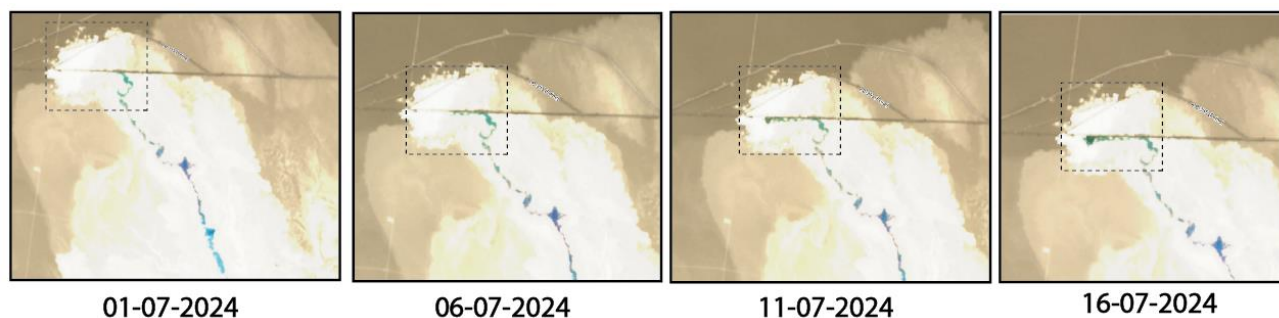


Figura 23: Evolución del Desborde Laguna Interna hacia el W en el extremo norte de este cuerpo. Imágenes Sentinel-2.

## 8. CONCLUSIONES

La extensión de los cuerpos de agua superficiales del sistema SONCOR corresponden a los siguientes:

- Laguna Chaxa : 290.781 m<sup>2</sup>
- Laguna Barros Negros (Cuerpo Principal) : 914.646 m<sup>2</sup>
- Puilar : 63.288 m<sup>2</sup>
- Desborde Sur : 373.686 m<sup>2</sup>

La extensión de los cuerpos de agua superficiales del sistema PEINE corresponden a los siguientes:

- Salada (Cuerpo Principal) : 173.536 m<sup>2</sup>
- Saladita : 86.003 m<sup>2</sup>
- Desborde Laguna Interna : 108.596 m<sup>2</sup>



## 9. REFERENCIAS

- Baret, F. (1989). TSAVI: a vegetation index which minimizes soil brightness effects on LAI and APAR estimation. *12th Canadian Symp. on Remote Sensing and IGARSS'90, Vancouver, Canada, 10-14 July 1989*.
- Chuvieco, E. (2008). *Teledetección ambiental: la observación de la Tierra desde el espacio*.
- Gilabert, M. A., González-Piqueras, J., & García-Haro, J. (1997). Acerca de los índices de vegetación. *Revista de Teledetección*, 8(1), 1–10.
- McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7), 1425–1432.
- Sun, W., Chen, B., & Messinger, D. W. (2014). Nearest-neighbor diffusion-based pan-sharpening algorithm for spectral images. *Optical Engineering*, 53(1), 13107.



srgis

srgisltda



info@srgis.cl

+56 993 498 303



www.srgis.net

Cálculo de superficies lacustres

Campaña octubre de 2024

---

**Plan de Seguimiento Ambiental, Proyecto Cambios y Mejoras  
de la Operación Minera en el Salar de Atacama  
Región de Antofagasta**



Octubre 2024

## INDICE

### Contenido

INDICE .....	2
1. RESUMEN .....	4
2. INTRODUCCIÓN .....	4
3. OBJETIVOS .....	5
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	5
4.1. ÁREA DE ESTUDIO .....	5
4.2. MATERIALES, SOFTWARE Y EQUIPOS UTILIZADOS .....	6
4.3. PARÁMETROS PARA CARACTERIZAR EL ESTADO Y EVOLUCIÓN DE LAS VARIABLES AMBIENTALES .	7
4.4. METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS .....	8
4.5.1. Análisis de Imágenes Satelitales.....	8
4.5.2. Contornos de las Lagunas .....	15
4.5.3. Límites Oficiales de las Lagunas para el Cálculo de Superficies .....	16
5. PUNTOS DE CONTROL .....	19
6. RESULTADOS.....	20
7. DISCUSIONES .....	29
8. CONCLUSIONES.....	29
9. REFERENCIAS .....	30

### INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Área de estudio y ubicación de los sistemas lagunares y lagunas (UTM WGS84 19S). Elaboración propia.....	6
Figura 2: Imagen WorldView-2 Color Real (izquierda) e Infrarrojo Color (derecha) del sistema SONCOR. ....	7
Figura 3: Metodología para la clasificación de cuerpos de Agua. Elaboración Propia. ....	8
Figura 4: Ubicación de Puntos de Amarre en SONCOR y PEINE .....	9
Figura 5: Formato de datos en imágenes satelitales y sus correcciones. Elaboración Propia. ....	11
Figura 6: <b>(a)</b> Combinación RGB Infrarrojo Color de las imagen multiespectral original (resolución de 2 metros), <b>(b)</b> Imagen Pancromática original con resolución de 0,5 metros y <b>(c)</b> Combinación RGB Infrarrojo Color de la imagen Multiespectral fusionada con la banda Pancromática. Elaboración Propia. ....	11
Figura 7: NDWI en Soncor (izquierda) y Peine (derecha). Elaboración Propia.....	12
Figura 8: Línea del Suelo y Diagrama de dispersión de los pixeles para las bandas NIR (eje X) y Roja (eje Y)..	13
Figura 9: Diagramas de dispersión para pixeles de suelo (Eje X: NIR; Eje Y: ROJO) para los sistemas SONCOR y PEINE.....	14
Figura 10: TSAVI en Soncor (izquierda) y Peine (derecha). Elaboración Propia. ....	14

Figura 11: Transformación HSI en RGB en Soncor (izquierda) y Peine (derecha). Elaboración Propia. ....	15
Figura 12: Límites de análisis ráster para cada laguna en los sistemas SONCOR y PEINE. ....	16
Figura 13: Límites de las lagunas en el sistema Soncor .....	18
Figura 14: Límites de las lagunas en el sistema Peine .....	19
Figura 15: Mapeo de Cuerpos de Agua en la laguna Chaxa. ....	21
Figura 16: Mapeo de Cuerpos de Agua en la laguna Barros Negros. ....	22
Figura 17: Mapeo de Cuerpos de Agua en la laguna Puilar. ....	23
Figura 18: Mapeo de Cuerpos de Agua en Desborde Sur. ....	24
Figura 19: Mapeo de Cuerpos de Agua en la Laguna Salada. ....	26
Figura 20: Mapeo de Cuerpos de Agua en la laguna Saladita. ....	27
Figura 21: Mapeo de Cuerpos de Agua en la laguna Interna. ....	28

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resumen de superficies lacustres, octubre 2024. Elaboración Propia.....	4
Tabla 2: Principales características de la imagen WorldView-2.....	7
Tabla 3: Factores a y b para el cálculo del TSAVI.....	14
Tabla 4: Umbrales utilizados con los índices NDWI, TSAVI e IHS. Elaboración Propia. ....	15
Tabla 5: Vértices de las líneas que delimitan los límites de cada laguna Enel sistema Soncor.....	17
Tabla 6: Vértices de las líneas que delimitan los límites de cada laguna en el sistema Peine.....	18
Tabla 7: Medición de superficies lagunares en el sistema SONCOR. ....	20
Tabla 8: Medición de superficies lagunares en el sistema PEINE.....	25

## 1. RESUMEN

El presente informe corresponde al monitoreo de superficies lacustres en los sistemas SONCOR y PEINE, presentes en el Borde Este del Salar de Atacama, Región de Antofagasta para el periodo de octubre 2024 representado en una imagen satelital capturada el día 05 de octubre del mismo año.

Este monitoreo se desarrolla en el contexto del Plan de Seguimiento Ambiental establecido en la RCA 226/2006 del Proyecto “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama” y sus alcances metodológicos acogen a lo establecido en la Resolución Exenta N°224/2010 de la Comisión Regional de Medio Ambiente, Región de Antofagasta.

En acuerdo a lo establecido en la Resolución Exenta N°224/2010, la medición del tamaño de las lagunas se realiza con el uso de imágenes satelitales de alta resolución espacial fusionadas, con el apoyo de índices alternativos (IHS, TSAVI, NDWI), y mediciones de terreno necesarias para la definición de límites difusos que representen una complejidad en la interpretación mediante la imagen satelital.

En el cuadro resumen (Tabla 1) a continuación se presentan las superficies lacustres calculadas para los sistemas Soncor y Peine en el período de monitoreo octubre 2024.

*Tabla 1: Resumen de superficies lacustres, octubre 2024. Elaboración Propia.*

Sistema	Nombre del Cuerpo de Agua	Superficie del espejo de agua (m <sup>2</sup> )
Soncor	Chaxa	283.784
	Barros Negros (Cuerpo Principal)	831.891
	Puilar	62.344
	Desborde Sur	256.650
Peine	Salada (Cuerpo Principal)	171.783
	Saladita	85.992
	Interna	117.104

## 2. INTRODUCCIÓN

La dinámica hídrica del Salar de Atacama requiere de un monitoreo constante de diversos elementos. Las imágenes satelitales multiespectrales nos ayudan con la observación superficial de los elementos que cubren la superficie de cualquier terreno, en este caso, nos evidencia la presencia de cuerpos de agua, así como vegetación, suelo, sales, entre otros. Mediante el procesamiento de imágenes satelitales de alta resolución espacial, se pueden mapear los cuerpos de agua presentes en el salar. Este trabajo enfoca ese análisis para los sistemas lagunares de SONCOR y PEINE.

SQM S.A. solicitó a SRGIS Geología y Geomática Ltd., el procesamiento de la imagen satelital de alta resolución de octubre 2024 para la obtención de la variable extensión lacustre. Esto en el contexto del Programa de Cumplimiento (PdC), aprobado el 29 de agosto de 2022 según la RES. EX. N°38/ROL F-041-2016. Esta actividad nace del hecho infraccional N° 1 “Extracción de salmuera por sobre lo autorizado, según se expone en el considerando N°27, durante el periodo entre agosto de 2013 y agosto del 2015” y, por tanto, da cumplimiento



a la Acción N° 19: Robustecer el monitoreo de la superficie lagunar mediante imágenes satelitales de alta resolución con una frecuencia trimestral.

El mapeo de las superficies lacustres también se realiza como parte de las actividades comprometidas en el Plan de Seguimiento Ambiental (PSA) del EIA “Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama”, aprobado ambientalmente por la resolución exenta N°226/2006 de la COREMA, Región de Antofagasta. Conforme a lo indicado, a partir del análisis de imágenes satelitales de alta resolución se establece la superficie lacustre de los sistemas SONCOR (lagunas Puilar, Chaxa y Barros Negros) y el sistema PEINE (lagunas Salada, Saladita y Desborde Laguna Interna), Considerando 10.2.2 y 10.2.4 de la RCA N°226/2006.

Posteriormente, mediante la Resolución Exenta N°244/2010 de la COREMA, Región de Antofagasta, se redefine la metodología para la medición de superficies lacustres, incorporando mejoras en el procesamiento de la imagen satelital como el uso de diversos índices espectrales para la delimitación de contornos y puntos de terreno para el control y corrección de límites, la cual fue implementada a partir de la temporada 2010. Asimismo, la medición considera los límites definidos por la CONAF para cada uno de los sistemas.

### **3. OBJETIVOS**

El objetivo de este informe es presentar los resultados obtenidos en el mapeo de las superficies de los cuerpos lacustres para el mes de octubre del año 2024. El mapeo se realiza mediante el procesamiento de imágenes satelitales de alta resolución espacial para determinar la superficie de las lagunas de los sistemas SONCOR y PEINE.

### **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **4.1. ÁREA DE ESTUDIO**

El área de estudio se encuentra en la II Región de Antofagasta, Chile, en el sector Este del Salar de Atacama donde se encuentran los sistemas SONCOR y PEINE identificado en la RCA 226/2006 (Figura 1).

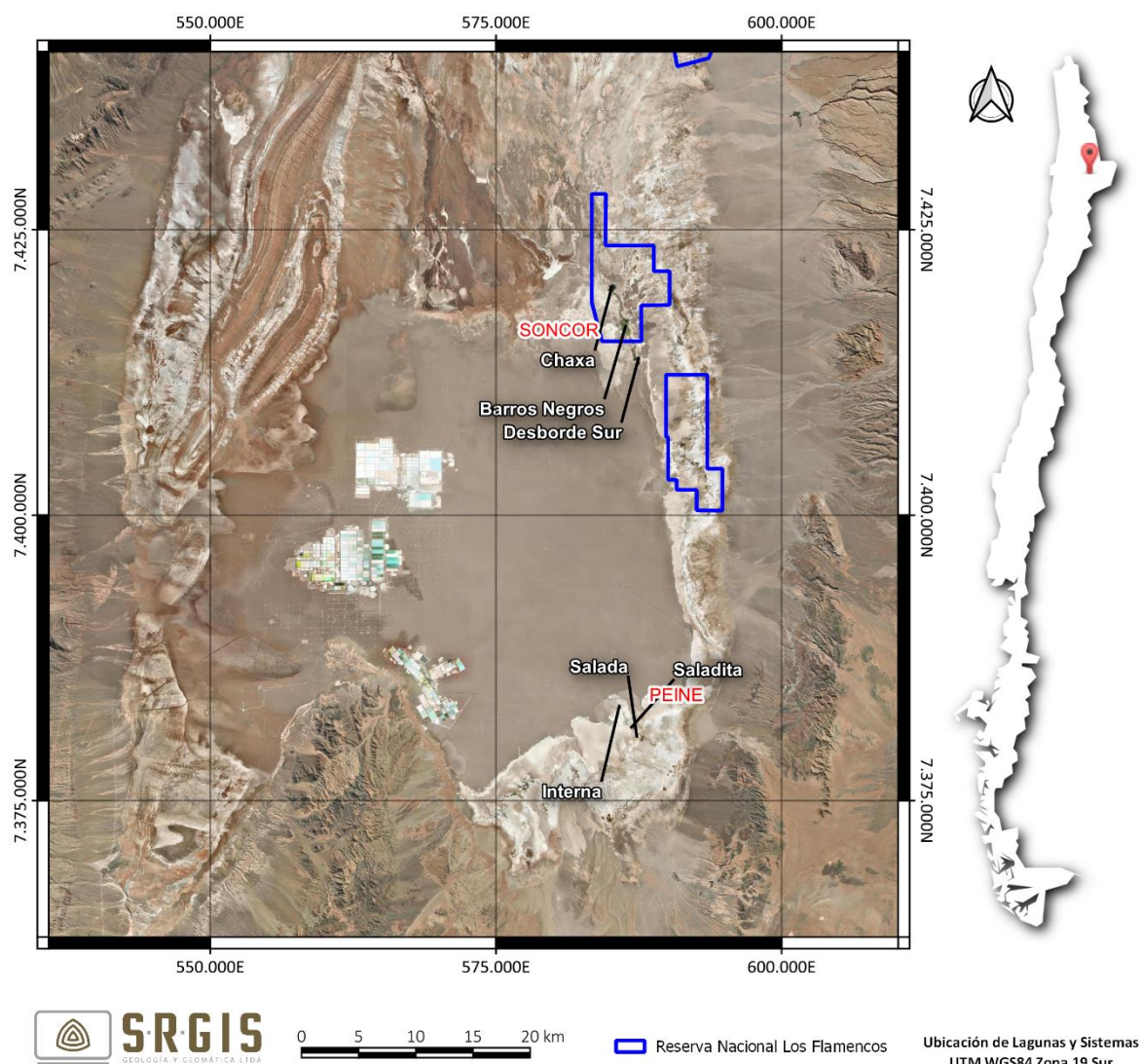


Figura 1: Área de estudio y ubicación de los sistemas lagunares y lagunas (UTM WGS84 19S). Elaboración propia.

El sistema SONCOR forma parte de la Reserva Nacional Los Flamencos y está compuesta por las lagunas Barros Negros, Chaxa y Puilar, además del Canal Burro Muerto. La laguna de mayor tamaño de este sistema es Barros Negros, que se extiende hacia el sur como una zona de inundación de gran extensión denominada “Desborde Sur”, considerada también para su mapeo. Barros Negros se conecta hacia el norte con la laguna Chaxa por medio del canal Burro Muerto. La Laguna Puilar se ubica al noreste de la de las lagunas mencionadas anteriormente.

El sistema PEINE está formado por dos lagunas distribuidas de sureste a noroeste y conectadas entre sí por un canal, denominadas Salada y Saladita, esta última tiene un desborde hacia el noroeste llamado Desborde Laguna Interna.

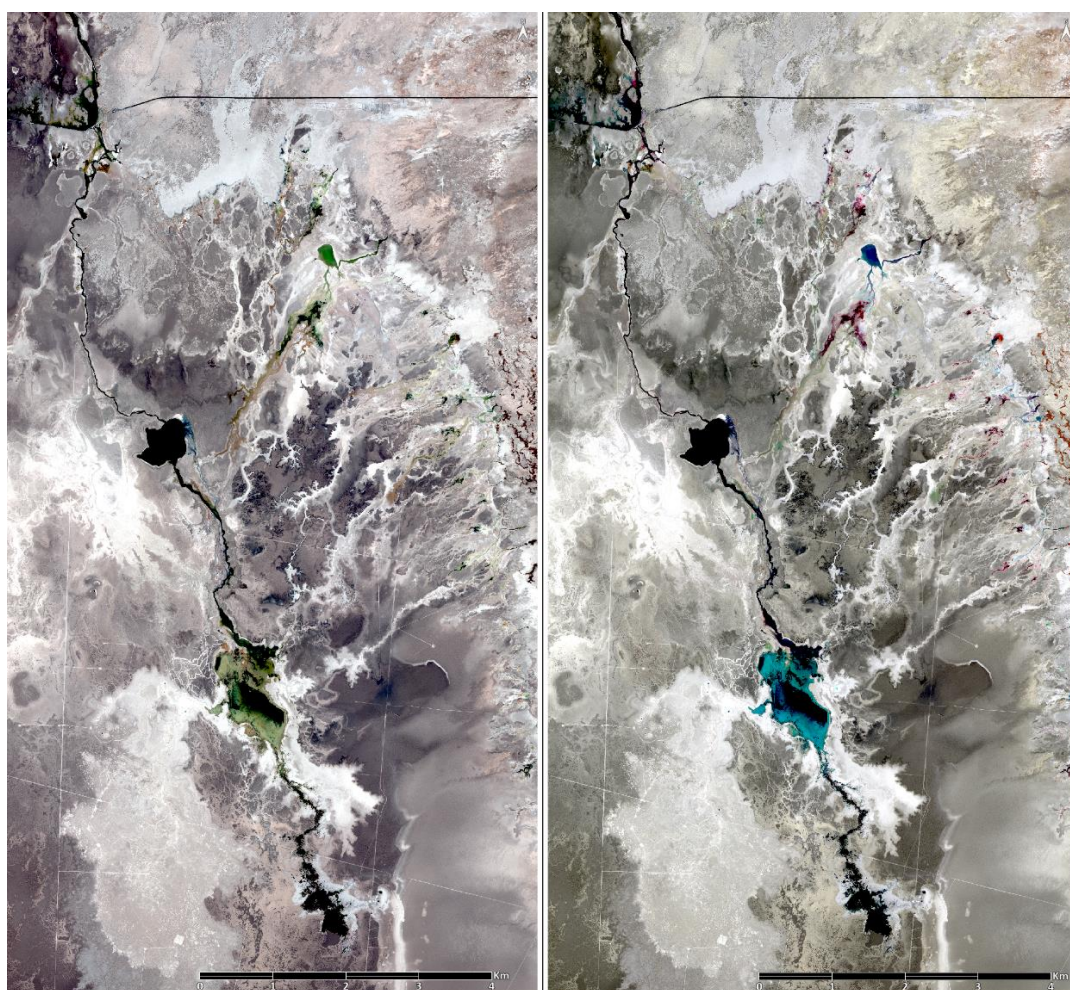
#### 4.2. MATERIALES, SOFTWARE Y EQUIPOS UTILIZADOS

Para este estudio se cuenta con una imagen satelital de alta resolución espacial que posee píxeles que cubren un área de 4 m<sup>2</sup> por píxel (2 x 2 m) para las bandas multispectrales y que además posee una banda pancromática que cubre un área de 0,25 m<sup>2</sup> por píxel (0,5 x 0,5 m). La imagen corresponde al sensor WorldView-2 y fue capturada el día 05 de octubre de 2024. El resumen de las características de esta imagen puede verse en la Tabla 2:

*Tabla 2: Principales características de la imagen WorldView-2.*

Rango Espectral	Banda	Resolución Espacial
Visible	Azul	2 m
Visible	Verde	2 m
Visible	Rojo	2 m
Infrarrojo Cercano	Infrarrojo Cercano	2 m
Visible + Infrarrojo Cercano	Pancromática	0,5 m

La Figura 2 muestra las combinaciones RGB Color Real e Infrarrojo Color de la imagen WorldView-2 en el sistema SONCOR.



*Figura 2: Imagen WorldView-2 Color Real (izquierda) e Infrarrojo Color (derecha) del sistema SONCOR.*

El procesamiento se realizó utilizando ENVI 6.0 (NV5 Geospatial), software especializado en procesamiento de imágenes aéreas y satelitales. La confección de mapas se realizó en el software QGIS 3.22.

#### **4.3. PARÁMETROS PARA CARACTERIZAR EL ESTADO Y EVOLUCIÓN DE LAS VARIABLES AMBIENTALES**

El parámetro considerado para caracterizar el estado y evolución de las lagunas es la medición de superficie. De acuerdo a lo señalado en la RCA N°226/2006, la superficie debe ser determinada sobre la base de imágenes



satelitales y según complementa la resolución N°244/2010, la delimitación de los bordes de cada laguna se apoyará en la información generada en terrenos sobre la base de puntos de control.

#### 4.4. METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS

La medición de las superficies lacustres se realizó según la metodología establecida en la Resolución exenta N°244/2010, a partir de imágenes de alta resolución espacial, aplicándose índices y transformaciones espectrales.

La Figura 3 resume la metodología del procesamiento de las imágenes satelitales. La fusión pancromática implica el remuestreo de la imagen multiespectral de 2 metros de resolución por píxel a 0,5 metros de resolución utilizando la banda Pancromática. En los siguientes apartados se detallará cada paso de la metodología utilizada. Debido a que se crean cuerpos de agua provenientes de diferentes índices (clasificación de umbrales) antes de vectorizarlos se realiza una fusión de clases para que unificar el nombre de la clase “agua”.

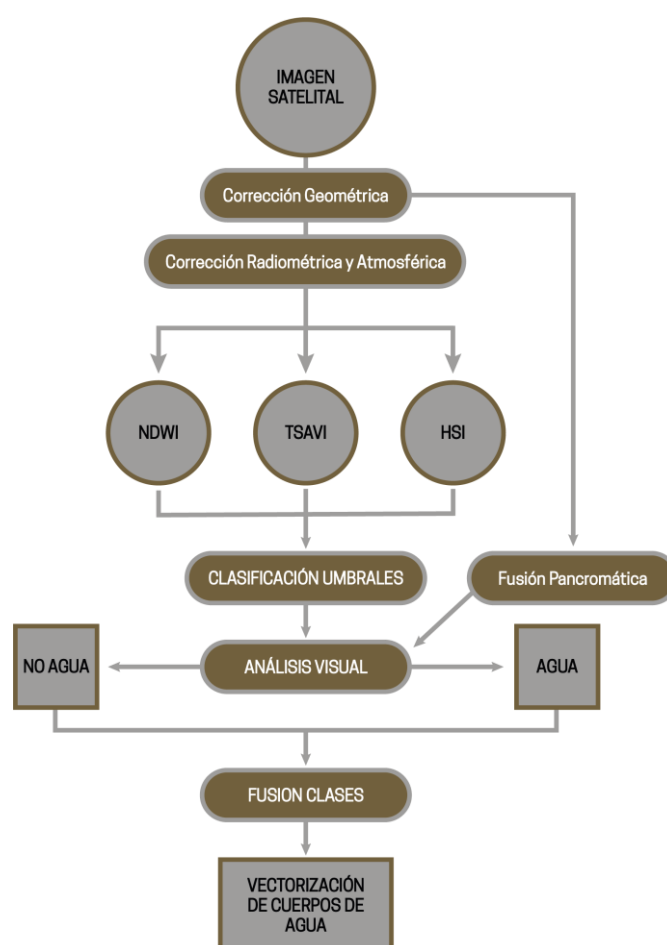


Figura 3: Metodología para la clasificación de cuerpos de Agua. Elaboración Propia.

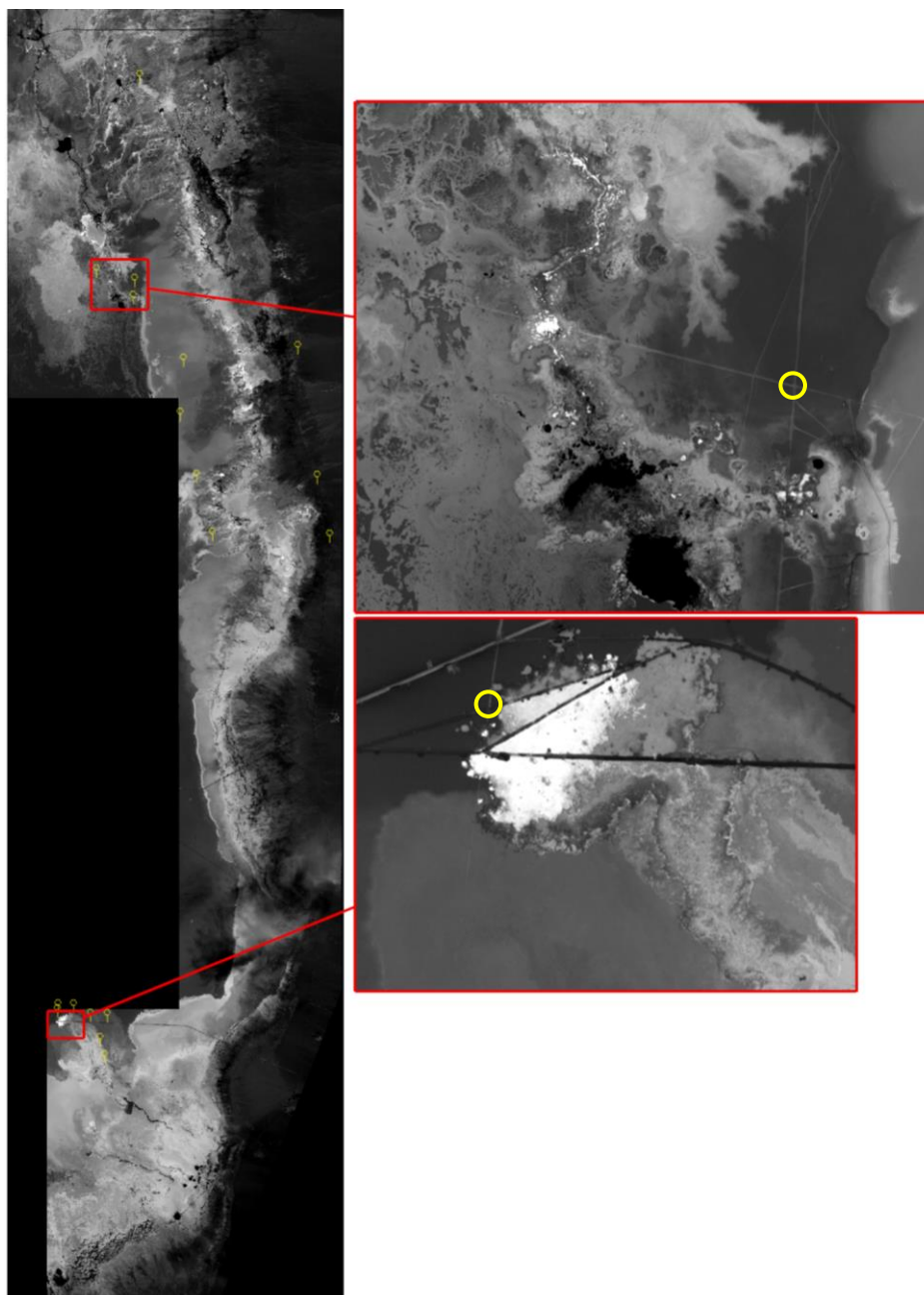
##### 4.5.1. Análisis de Imágenes Satelitales

Se realizó la solicitud de captura de una imagen satelital de alta resolución para el mes de octubre de 2024 por la constelación de satélites de la compañía MAXAR, obteniéndose una imagen WorldView-2 del día 05 de octubre. Las características de esta imagen se encuentran en la Tabla 2. La imagen satelital se procesó bajo el sistema de coordenadas UTM WGS84 Zona 19 Sur. Mediante el uso del software especializado (ENVI 6.0) se calcularon de índices espectrales NDWI y TSAVI además de la transformación IHS (Intensity Hue Saturation / Intensidad Tono Saturación).



#### 4.5.1.1 Corrección Geométrica

La corrección geométrica corresponde a la ortorectificación de la imagen satelital, lo cual corrige las deformaciones por sensor y por topografía, para llevar a cabo este proceso se utilizan parámetros de la imagen que vienen incluidos en su metadata y un modelo digital de elevación (para este preprocesamiento se empleó el DEM Alos-Palsar). Posterior a la ortorectificación se realiza un ajuste con un punto de amarre para mover la imagen a su posición correcta, este punto corresponde a un dato tomado en terreno que es fácilmente identificable en la imagen, para este ajuste se seleccionan intersección de caminos (Figura 4). Los puntos utilizados son 584818-E; 7384134-N para SONCOR y 587978-E, 7414080-N para PEINE, ambas coordenadas están en UTM WGS84 Zona 19 Sur.



*Figura 4: Ubicación de Puntos de Amarre en SONCOR y PEINE*

#### 4.5.1.2 Corrección Radiométrica y Atmosférica

Los índices espectrales son concebidos considerando la forma de la curva espectral obtenida en laboratorio mediante un espectro radiómetro que mide la reflectancia de dicho material en distintas longitudes de onda, es por esto, que la imagen satelital debe corregirse para convertir los datos originales a un formato de reflectancia a la superficie de la tierra.

##### a. Radiancia

Las imágenes satelitales vienen en un formato numérico denominado niveles “DN” (Digital Number). El valor del píxel en este formato contiene información del material en la superficie de la tierra (agua, vegetación, suelo u otro), la influencia de la atmósfera y de las compensaciones predefinidas por el sensor. Este dato debe transformarse a unidades de energía reflejada (radiancia) mediante una corrección radiométrica.

La corrección radiométrica elimina los parámetros preestablecidos de ganancia y pérdida del sensor, por lo tanto, se generan datos comparables entre distintos sensores. Tras esta corrección las imágenes se convierten de DN a Radianza (o Radiancia) que es el flujo radiante que se refleja desde el suelo hacia el sensor, se mide en  $W/(m^2 sr^1 \mu m)$  y es la magnitud que detecta el sensor.

La radiancia espectral se calcula a partir de los parámetros específicos entregados por el proveedor y que se encuentran en los metadatos de los archivos de la imagen satelital. Krauss (2003) definió la siguiente ecuación para aplicar estas correcciones:

$$L_{\lambda}(x, y) = \frac{K_{\lambda} \cdot ND_{\lambda}(x, y)}{\Delta_{\lambda}}$$

Donde:

$L_{\lambda}(x, y)$  : es la radiancia espectral recibida por el sensor ( $W/(m^2 sr \mu m)$ )

$K_{\lambda}$  : son los niveles digitales de pixeles de la imagen satelital.

$ND_{\lambda}(x, y)$  : es el factor absoluto de calibración radiométrica ( $W/m^2 sr$ )

$\Delta_{\lambda}$  : es el ancho de banda efectivo ( $\mu m$ )

##### b. Reflectancia

Adicionalmente, debido a que los datos radiométricos contienen información de la superficie terrestre como de la atmósfera, se requiere aplicar una corrección que minimice estos efectos de la energía reflejada e incidente en los valores de cada píxel para obtener una imagen de reflectancia superficial, este proceso se denomina corrección atmosférica.

La corrección atmosférica elimina los efectos de la atmósfera en los datos, en este formato los datos (curvas espectrales de los pixeles) son comparables con curvas espectrales de laboratorio. Tras esta corrección las imágenes se convierten de Radiancia a Reflectancia (o Reflectancia Relativa).

La Figura 5 resume el esquema de datos de la imagen y las correcciones necesarias.

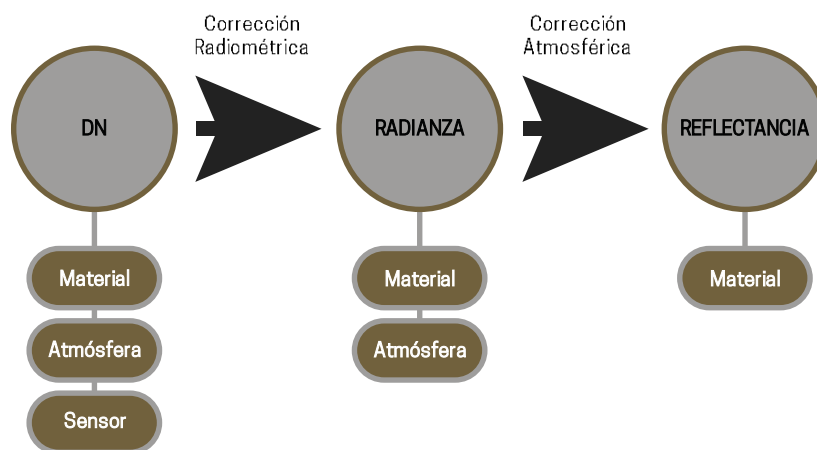


Figura 5: Formato de datos en imágenes satelitales y sus correcciones. Elaboración Propia.

#### 4.5.1.3 Fusión de la Imagen

Para mejorar la resolución espacial de la imagen multispectral obtenida desde el satélite y con el fin de obtener un mayor detalle de información se realiza un proceso denominado “Spectral PanSharpening” que mejora la resolución espacial de una imagen multispectral utilizando la banda pancromática. Este producto se utiliza como apoyo para el análisis visual (Figura 6). Para este proceso se utiliza la herramienta “NNDiffuse Pan Sharpening” disponible en ENVI 6.0 (Sun et al., 2014).

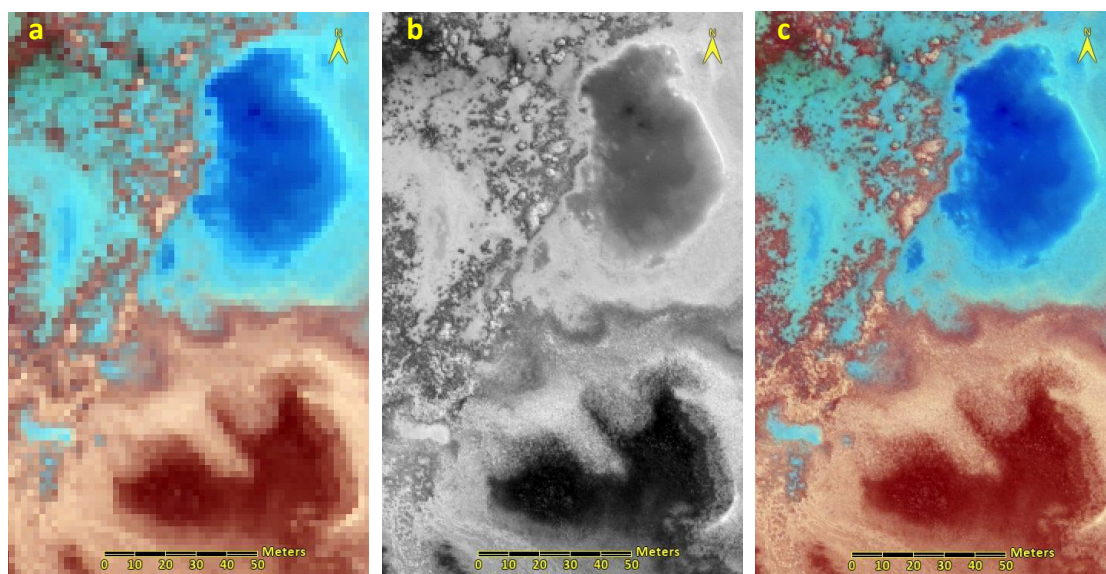


Figura 6: **(a)** Combinación RGB Infrarrojo Color de la imagen multispectral original (resolución de 2 metros), **(b)** Imagen Pancromática original con resolución de 0,5 metros y **(c)** Combinación RGB Infrarrojo Color de la imagen Multispectral fusionada con la banda Pancromática. Elaboración Propia.

#### 4.5.1.4 Índices Espectrales

Para el mapeo y delimitación de las superficies lacustres se utilizaron los siguientes índices espectrales: Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI), Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (TSAVI) y la transformación IHS, los que se detallan a continuación.

##### a. Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI)

El NDWI (Normalized Difference Water Index) (McFeeters, 1996) maximiza la respuesta de las características espectrales del agua al usar la longitud de onda correspondiente al verde (550 nm, valores de reflectancia

altos para el agua) y la baja reflectancia del agua en el NIR (850 nm, infrarrojo cercano). El algoritmo del NDWI es el siguiente:

$$NDWI = \frac{(VERDE - NIR)}{(VERDE + NIR)}$$

Donde:

VERDE : Reflectancia de la imagen en el rango espectral verde

NIR : Reflectancia de la imagen en el rango espectral infrarrojo cercano

Este índice normalizado entrega valores acotados para los píxeles entre -1 y 1 (Figura 7). Como la reflectancia del agua en la banda verde debe ser mayor a la de la banda NIR, los valores mayores a cero podrían ser considerados a la hora de clasificar el agua con este índice, sin embargo, debido a la mezcla de reflectancia del agua con el suelo en cuerpos más someros, podrían considerarse valores menores a cero (pero cercanos a cero) como coberturas de agua, en otras palabras, el agua al tener una reflectancia del verde mayor a la del infrarrojo cercano, el índice debería entregar valores positivos para el agua (por el algoritmo VERDE-NIR), pero las sales y el suelo tienen el infrarrojo cercano mayor al verde, entonces al mezclarlos espectralmente podemos considerar valores negativos para agua en zonas someras.

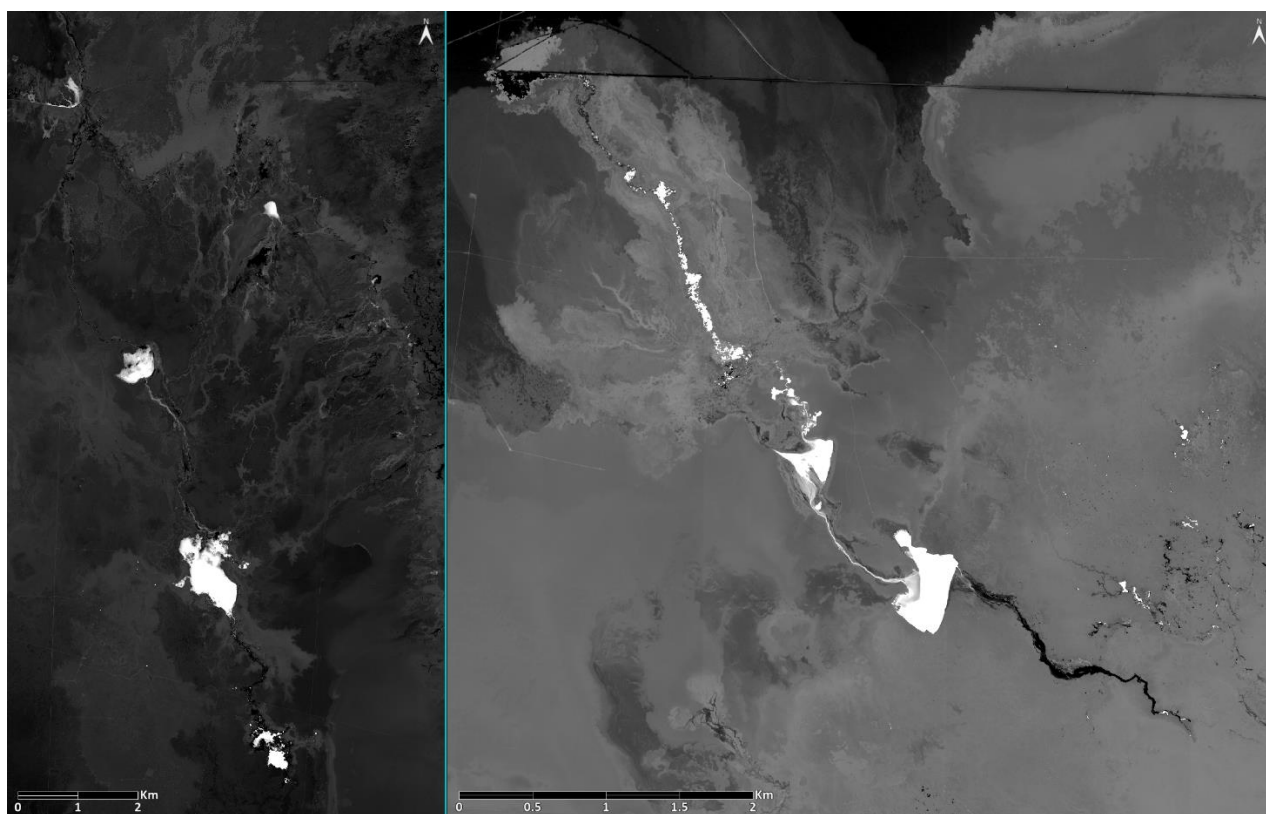


Figura 7: NDWI en Soncor (izquierda) y Peine (derecha). Elaboración Propia.

#### b. Índice de Vegetación Ajustado al Suelo Transformado (TSAVI)

El TSAVI (Transformed Soil Adjusted Vegetation Index) (Baret, 1989) pertenece a una familia de índices que modifican en Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI) cuyo objetivo es minimizar al máximo los efectos



del suelo sobre la vegetación utilizando valores relacionados a la línea del suelo en los píxeles de la imagen (Gilabert et al., 1997). El índice TSAVI se define por la siguiente ecuación:

$$TSAVI = \frac{a \cdot (NIR - a \cdot ROJO - b)}{ROJO + a \cdot NIR - ab + 0,08 \cdot (1 + a^2)}$$

Donde:

*ROJO* : es la reflectancia en el rango espectral del rojo

*NIR* : es la reflectancia en el rango espectral del infrarrojo cercano

*a* : es la pendiente de la línea del suelo

*b* : es la intersección de la línea del suelo con el eje Y

La Figura 8 muestra un ejemplo de un gráfico de dispersión de los píxeles al graficar en el eje X la banda NIR y en el eje Y la banda roja, la línea del suelo corresponde a la tendencia de los píxeles que corresponden a suelo (valores similares en X e Y). Conociendo la ecuación de esta línea se pueden obtener los valores a y b.

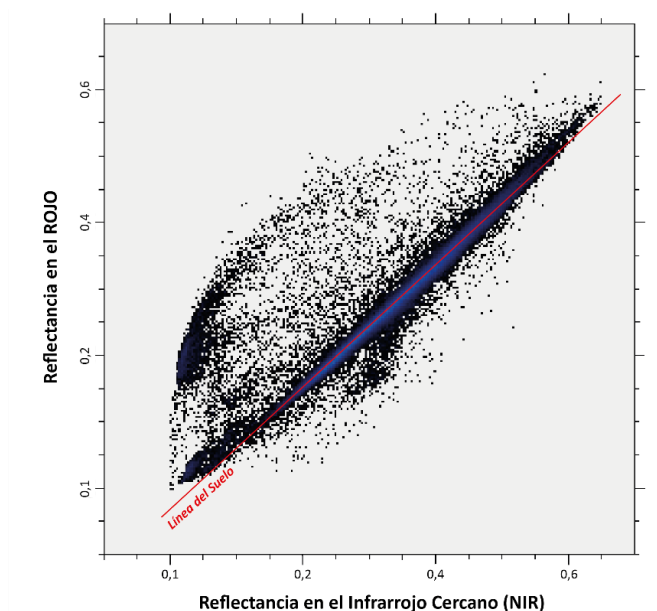


Figura 8: Línea del Suelo y Diagrama de dispersión de los píxeles para las bandas NIR (eje X) y Roja (eje Y)

La Figura 9 muestra los diagramas de dispersión del suelo en las bandas NIR (eje X) y ROJA (eje Y) para cada área de estudio (SONCOR y PEINE) a partir de los cuales se calcularon los valores de a y b para la generación del TSAVI.

Este índice se utiliza como complemento del método expuesto anteriormente en los sectores donde no se observa un borde definido de los cuerpos de agua, dado que para algunas configuraciones presenta un mejor contraste entre suelo y agua. Esto deriva en que no se define un valor específico para distinguir entre suelo y agua, sino que se utiliza como herramienta visual para la determinación de los bordes difusos.

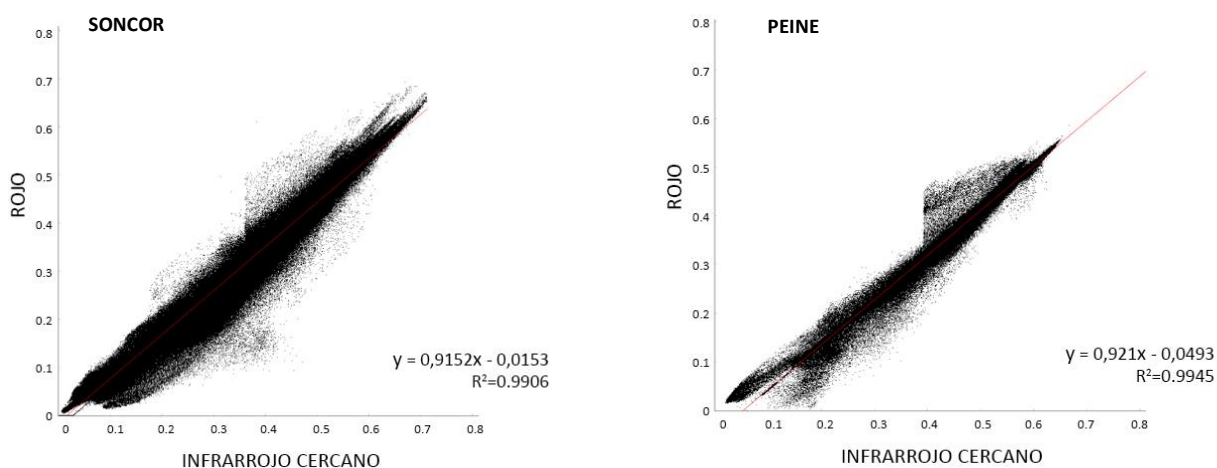


Figura 9: Diagramas de dispersión para pixeles de suelo (Eje X: NIR; Eje Y: ROJO) para los sistemas SONCOR y PEINE

Basado en la ecuación de la línea de tendencia (regresión lineal simple) de cada diagrama (Figura 9), se extraen los parámetros a y b para el cálculo del TSAVI para cada sistema (Tabla 3). La Figura 10 muestra los índices TSAVI para los dos sistemas.

Tabla 3: Factores a y b para el cálculo del TSAVI

SISTEMA	Factor a	Factor b
SONCOR	0.9152	- 0.0153
PEINE	0.9210	- 0.0493

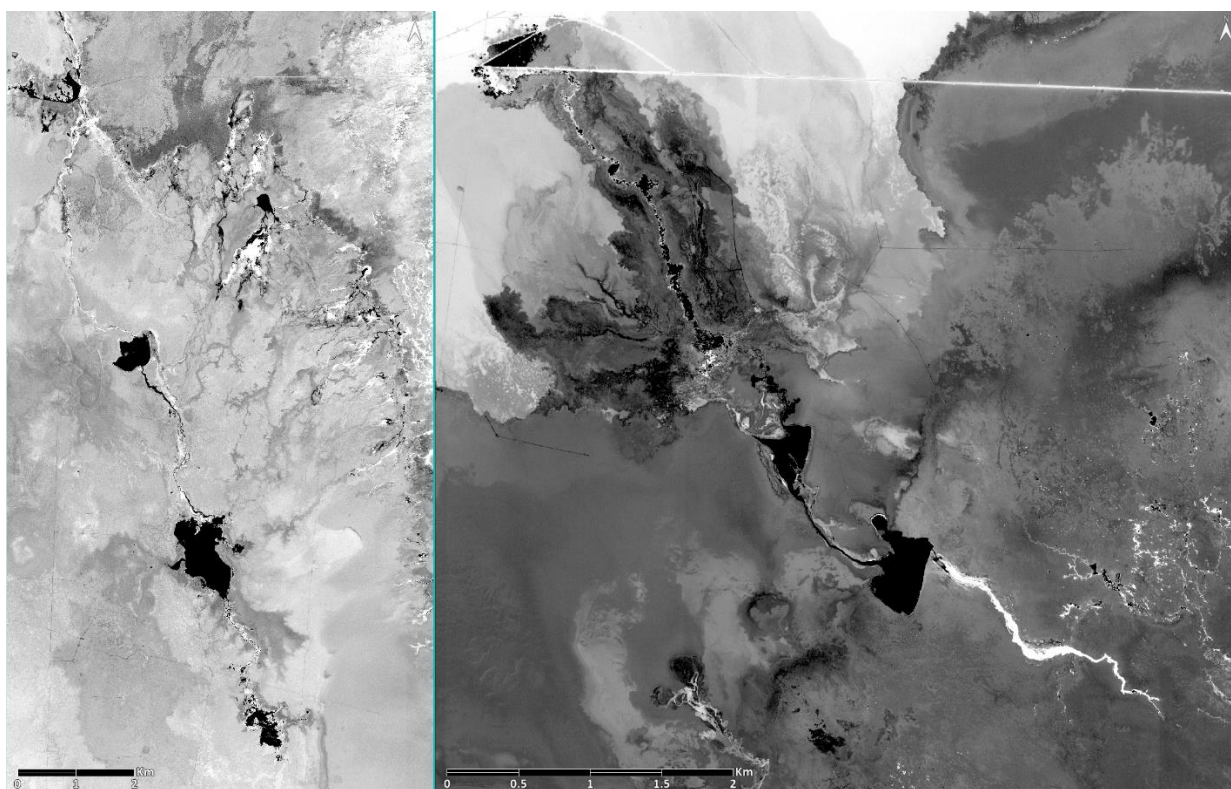


Figura 10: TSAVI en Soncor (izquierda) y Peine (derecha). Elaboración Propia.

### c. Transformación IHS

Este proceso transforma los valores de una composición de bandas RGB en una forma alternativa de representar el color, basado en sus propiedades de intensidad, tono y saturación (IHS por sus siglas en inglés: Intensity, Hue & Saturation). Su utilidad para la identificación se basa en su potencialidad para la discriminación de algunos rasgos de carácter cromático (Chuvienco, 2008). Al igual que el TSAVI, esta transformación se utiliza para complementar el mapeo con el índice NDWI en sectores donde el borde es difícil de determinar y donde esta transformación presenta una mayor diferencia entre suelo y agua.

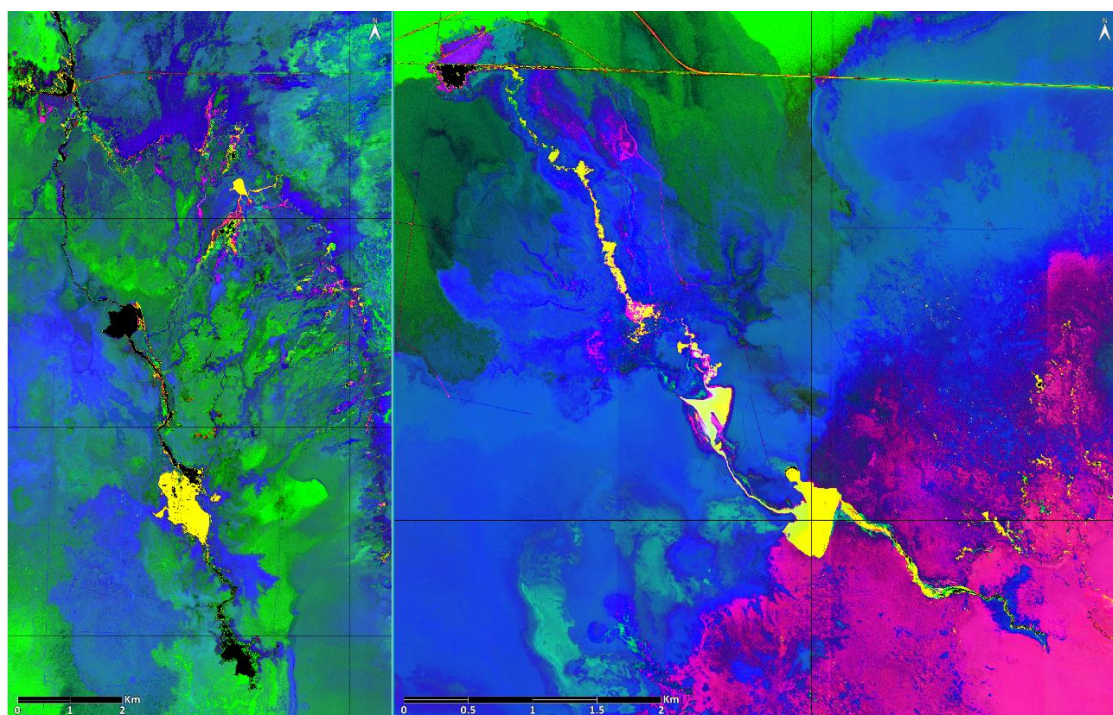


Figura 11: Transformación HSI en RGB en Soncor (izquierda) y Peine (derecha). Elaboración Propia.

#### 4.5.2. Contornos de las Lagunas

El mapeo de los cuerpos de agua se realizó mediante una reclasificación de los valores calculados para el índice NDWI, esta consiste en seleccionar un umbral dentro del histograma del índice que corresponda a superficies lacustres identificadas visualmente en la imagen satelital. El resultado de este mapeo obtiene un producto en formato ráster con una resolución de 2 x 2 metros. Posteriormente mediante inspección visual y con ayuda del índice TSAVI y la transformación IHS (Intensidad, Tono y Saturación) se ajusta la clasificación en los sectores con bordes poco definidos. De esta manera el índice TSAVI y las transformaciones IHS se utilizaron sólo donde el índice NDWI no fue suficiente para el mapeo de cuerpos de agua.

La Tabla 4 resume los umbrales utilizados para cada sistema de lagunas. La descripción N/A implica que no se utilizó el índice para el mapeo de las lagunas.

Tabla 4: Umbrales utilizados con los índices NDWI, TSAVI e IHS. Elaboración Propia.

SISTEMA		NDWI		TSAVI		SATURACIÓN		INTENSIDAD
SONCOR	≥	-0.075	≤	0.050	≤	N/A	≥	N/A
PEINE	≥	-0.150	≤	0.125	≤	N/A	≥	N/A



El análisis y procesamiento se genera para un área extensa de cada sistema, no obstante, el área para cada laguna entregada en el presente informe sólo considera los límites establecidos por CONAF. La Figura 12 muestra el corte realizado a la imagen satelital para el cálculo de los índices espectrales para SONCOR y PEINE.

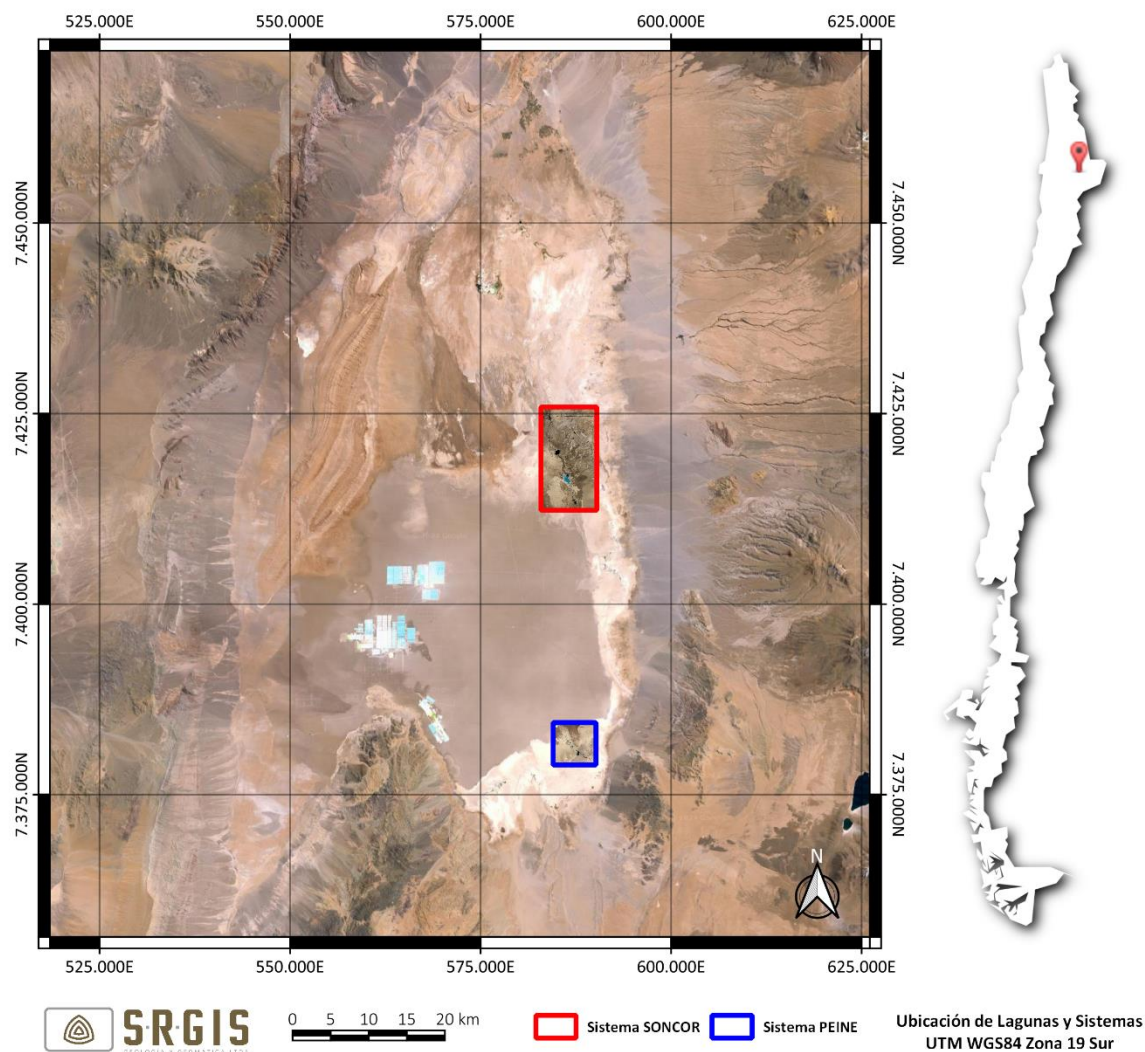


Figura 12: Límites de análisis ráster para cada laguna en los sistemas SONCOR y PEINE.

#### 4.5.3. Límites Oficiales de las Lagunas para el Cálculo de Superficies

Para efectos de la medición de las superficies, la delimitación consideró la definición de límites de cada laguna según criterios de la Corporación Nacional Forestal (CONAF), expuestos en los informes de monitoreo efectuados dentro del marco del convenio SQM-CONAF “Hábitat y Poblaciones de Avifauna del Salar de Atacama” y por límites presentados en informes previos (informe año 2009 y año 2010) que han sido aprobados mediante una mesa de trabajo compuesta por el titular y por distintas autoridades tales como CONAMA, CONAF, DGA y SAG y que se han mantenido hasta la fecha. Estos límites o zonas son empleados para diferenciar el cuerpo de la laguna, de los canales de entrada y salida por donde fluye el agua, con la finalidad de tener una superficie definida y comparable entre distintos años.

La Tabla 5 y la Tabla 6 muestran las coordenadas Este y Norte (WGS84 19 Sur) de los vértices de las líneas que limitan cada laguna, así como la entidad que definió dichos límites. La Figura 13 y la Figura 14 muestran los límites sobre la imagen.



Tabla 5: Vértices de las líneas que delimitan los límites de cada laguna Enel sistema Soncor

Sistema	Laguna	Vértice	Este	Norte	Definición
SONCOR	Chaxa	V 1.1	585.074	7.420.189	CONAF
		V 1.2	585.116	7.420.185	CONAF
		V 1.3	585.220	7.420.296	CONAF
		V 2.1	585.203	7.419.607	CONAF
		V 2.2	585.302	7.419.607	CONAF
	Barros Negros	V 1.1	585.821	7.417.181	CONAF
		V 1.2	586.146	7.417.405	CONAF
		V 2.1	586.497	7.415.766	CONAF
		V 2.2	586.740	7.415.795	CONAF
		V 3.1	586.784	7.416.689	Mesa de Trabajo 2010
		V 3.2	586.750	7.416.465	Mesa de Trabajo 2010
		V 4.1	585.751	7.416.340	Mesa de Trabajo 2010
		V 4.2	585.663	7.416.166	Mesa de Trabajo 2010
		V 5.1	586.438	7.415.838	Mesa de Trabajo 2010
		V 5.2	586.535	7.415.801	Mesa de Trabajo 2010
	Puilar	V 1.1	587.523	7.422.529	CONAF
		V 1.2	587.523	7.422.331	CONAF
		V 2.1	587.411	7.422.279	Mesa de Trabajo 2010
		V 2.2	587.534	7.422.278	Mesa de Trabajo 2010
		V 3.1	587.331	7.422.342	Mesa de Trabajo 2010
		V 3.2	587.369	7.422.340	Mesa de Trabajo 2010

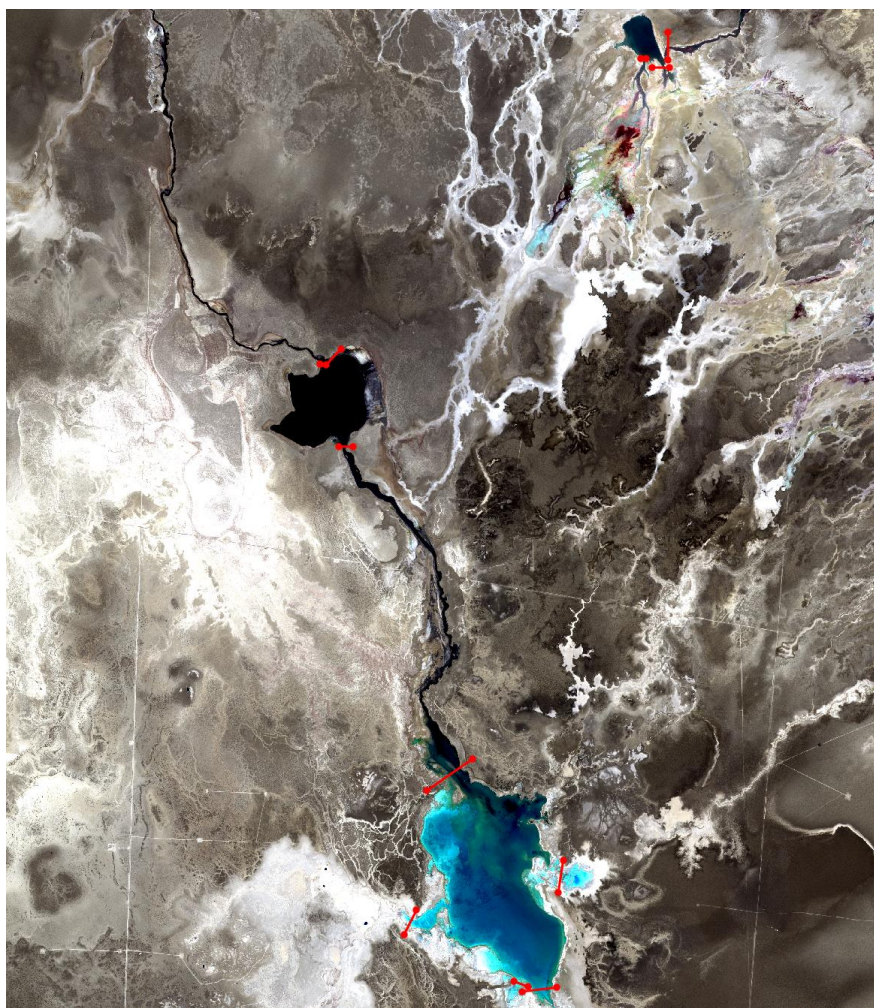
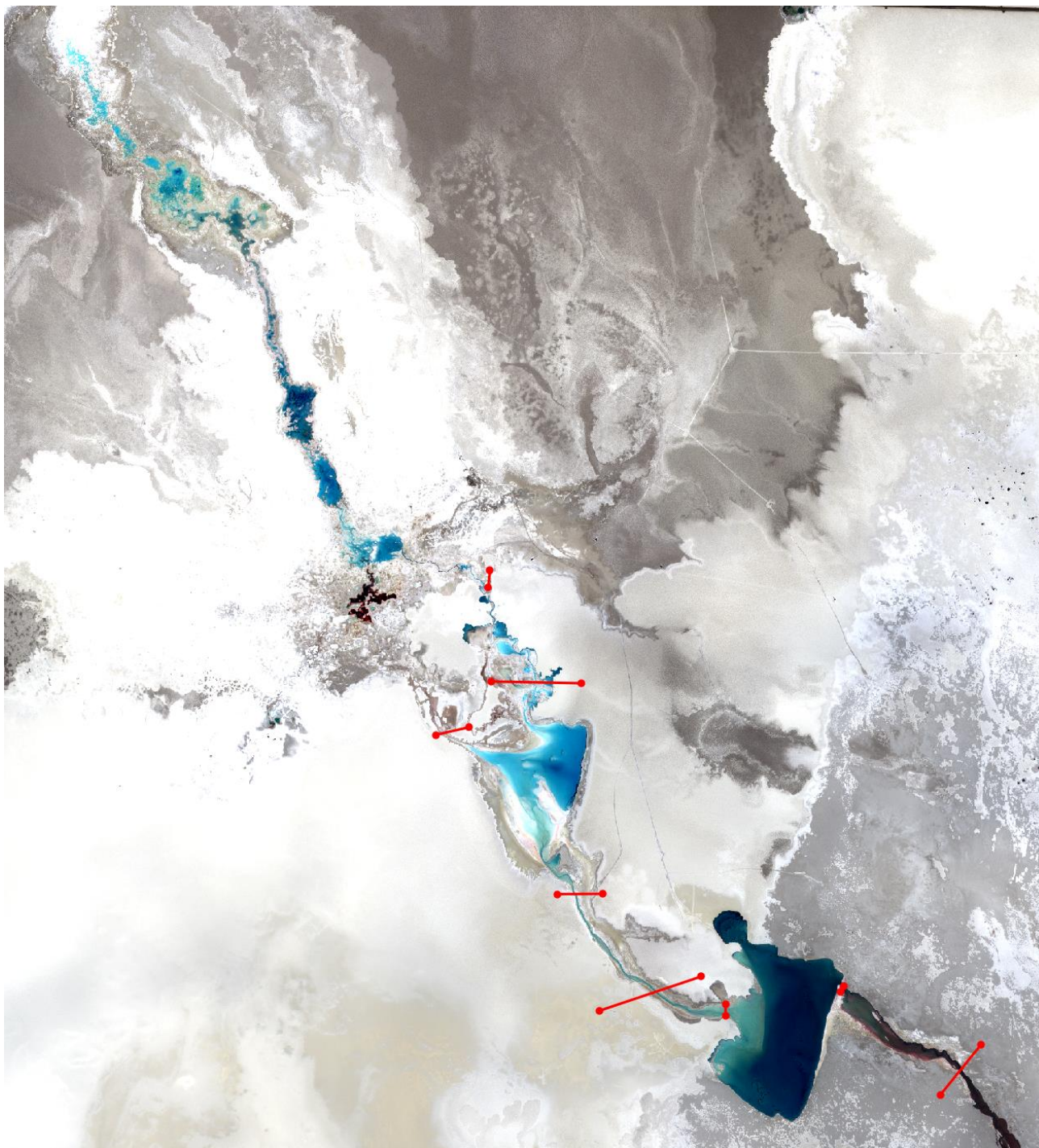


Figura 13: Límites de las lagunas en el sistema Soncor

Tabla 6: Vértices de las líneas que delimitan los límites de cada laguna en el sistema Peine

Sistema	Laguna	Vértice	Este	Norte	Definición
PEINE	Salada	V 1.1	587.155	7.380.528	CONAF
		V 1.2	587.494	7.380.642	CONAF
		V 2.1	588.291	7.380.247	CONAF
		V 2.2	588.428	7.380.416	CONAF
		V 3.1	587.959	7.380.591	Mesa de Trabajo 2010
		V 3.2	587.970	7.380.610	Mesa de Trabajo 2010
		V 4.1	587.576	7.380.512	Mesa de Trabajo 2010
		V 4.2	587.576	7.380.551	Mesa de Trabajo 2010
	Laguna	Vértice	Este	Norte	Definición
PEINE	Saladita	V 1.1	586.795	7.381.626	CONAF
		V 1.2	587.096	7.381.620	CONAF
		V 2.1	586.610	7.381.448	CONAF
		V 2.2	586.720	7.381.473	CONAF
		V 3.1	587.015	7.380.917	CONAF
		V 3.2	587.167	7.380.918	CONAF
	Interna	V 1.1	586.791	7.381.997	Mesa de Trabajo 2010
		V 1.2	586.785	7.381.938	Mesa de Trabajo 2010



*Figura 14: Límites de las lagunas en el sistema Peine*

## 5. PUNTOS DE CONTROL

El seguimiento de la variable cobertura lagunar que tiene comprometido SQM se basa en varias técnicas en base a la RCA 226/2006 y complementado posteriormente según la RES. EX. Nº244/2010 de la COREMA de la Región de Antofagasta. Una de ellas corresponde al análisis abordado en el presente informe y que se basa en el cálculo de índices mediante el uso de una imagen satelital de alta resolución. Pero también se realiza, en el marco del seguimiento ambiental recogido también en la RCA 226/2006, la medición mediante estacas perimetrales con frecuencia trimestral (según lo estipulado en el convenio SQM-CONAF de 2004) y el



levantamiento topográfico del perímetro lagunar de los bordes de los cuerpos lagunares, este último se realiza cada 5 años.

La metodología de la medición con estacas perimetrales consiste en medir desde la estaca la distancia más cercana hacia el cuerpo de agua en el caso de que la estaca se encuentre fuera del agua, o de manera inversa la distancia más cercana desde la estaca al contacto agua-salar. Para esta campaña no se realiza la medición de las estacas perimetrales y definición de bordes.

Para este período de estudio se realizó una campaña de toma de puntos de control de borde lagunar, esta se llevó a cabo por la consultora ATyGeo los días 2, 3 y 4 de octubre para Desborde Sur, no pudiendo realizar tomas de puntos de control en las otras lagunas.

## 6. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados del mapeo de las superficies lacustres de las lagunas de los sistemas SONCOR y PEINE para el período octubre 2024.

### 6.1. Sistema SONCOR

A partir del año 2016 se incorporó en las mediciones de superficie el área denominada “Desborde Sur”. Aunque no corresponde estrictamente a una laguna, al día de hoy se considera en la reportabilidad lagunar.

La Tabla 7 resume los resultados del mapeo de superficies de los cuerpos de agua en el Sistema SONCOR.

*Tabla 7: Medición de superficies lagunares en el sistema SONCOR.*

Cuerpo	Superficie (m <sup>2</sup> )
Laguna Chaxa	283.784
Laguna Barros Negros (Cuerpo Principal)	831.891
Área de Inundación I (Barros Negros)	2.043
Área de Inundación II (Barros Negros)	16.058
Área de Inundación III (Barros Negros)	315
Puilar	62.344
Desborde Sur	256.650



### 6.1.1. Laguna Chaxa

Chaxa se encuentra constituida por un cuerpo principal cuyo contorno se encuentra bien definido en la mayor parte de la laguna salvo en el borde este (Playa de Chaxa) donde mediante los índices no es posible una delimitación precisa por lo que los puntos de control se vuelven muy importantes para mejorar la delimitación (Figura 15). Para esta campaña no se pudieron obtener puntos de control de terreno para la laguna Chaxa.

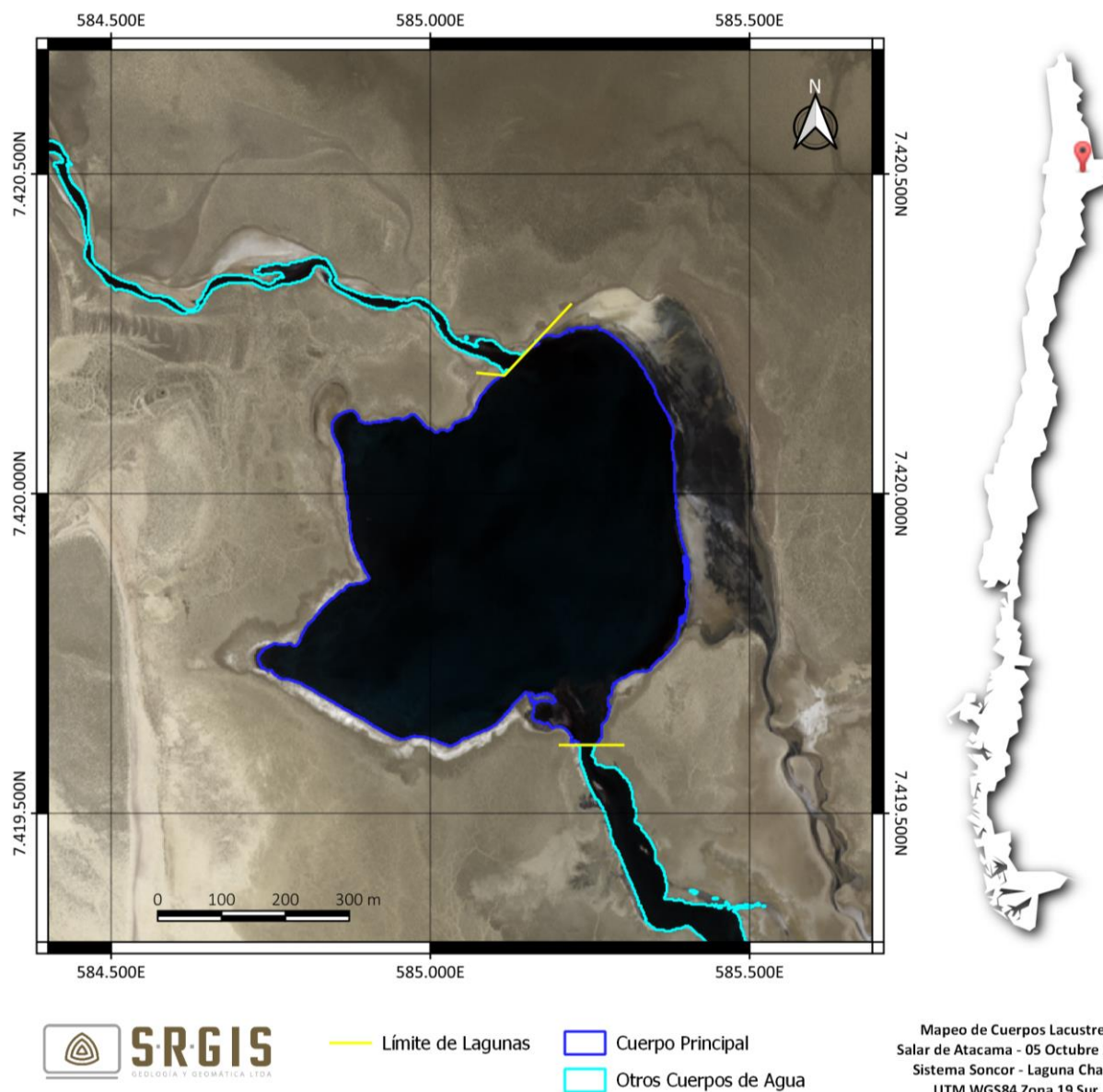


Figura 15: Mapeo de Cuerpos de Agua en la laguna Chaxa.

### 6.1.2. Laguna Barros Negros

La Laguna Barros Negros es el cuerpo de agua más grande del sistema SONCOR. Está constituido por un cuerpo principal y tres áreas de inundación, sin contar los cuerpos de agua en “Desborde Sur”. El perímetro del cuerpo principal está bien definido.

El área de inundación I, denominada “Cola de Pez”, se ubica al Oeste de la laguna y fue considerado a partir del límite establecido por la CONAF hacia el Oeste, este año presenta un área bastante acotada como cuerpos aislados y remanentes hacia el oeste de Barros Negros (Figura 16). Se consideraron también otras áreas de inundación que corresponden a las “Área de Inundación II”, al este de la laguna y “Área de Inundación III” al sur de la laguna. Es importante mencionar que, a la actualidad el área de inundación I o “Cola de pez” experimenta una migración activa hacia zona de Desborde Sur, la cual se ha manifestado en zonas del cuerpo principal, aledañas a cola de pez. Para esta campaña no se pudieron obtener puntos de control de terreno para esta laguna.

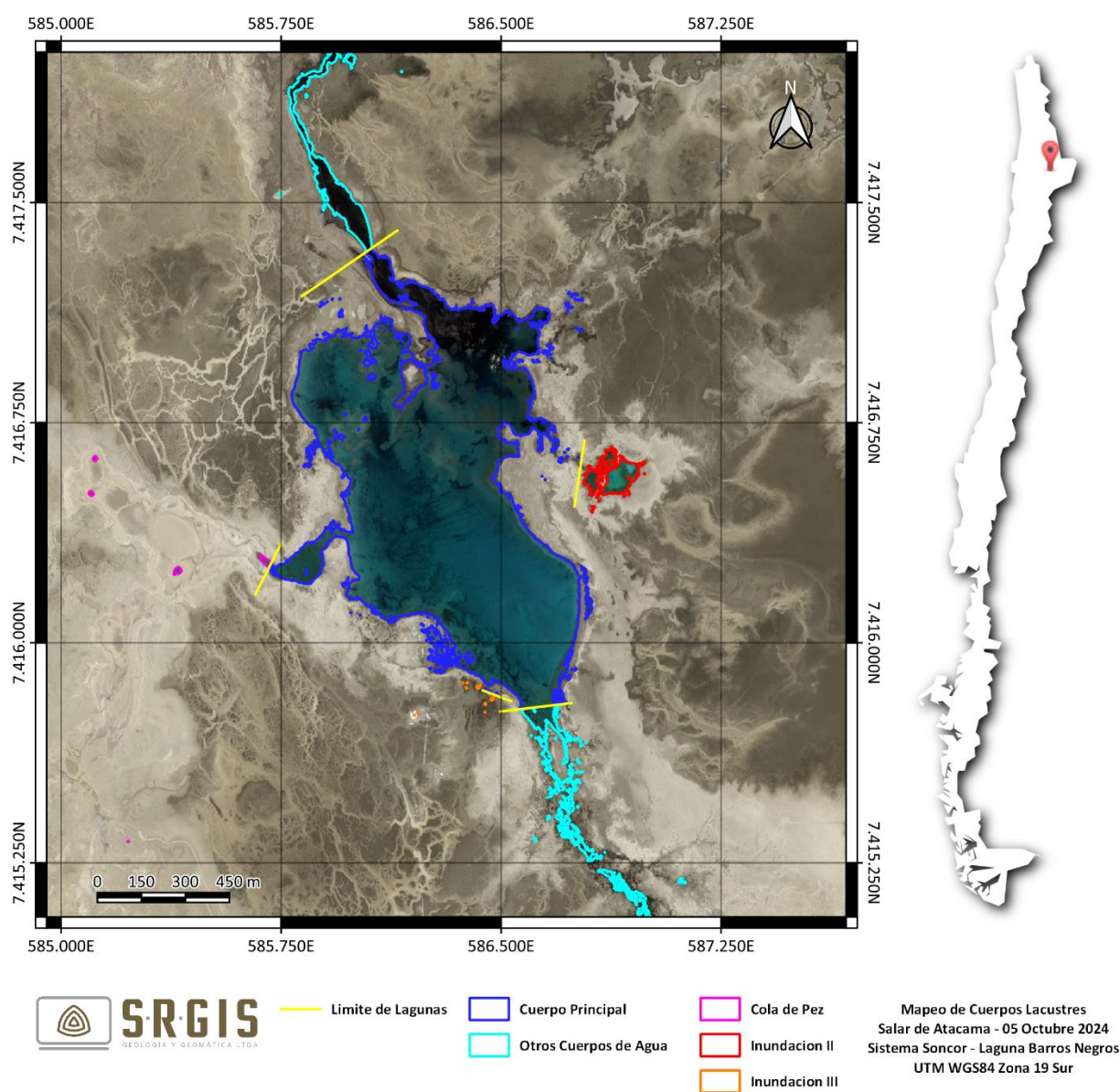


Figura 16: Mapeo de Cuerpos de Agua en la laguna Barros Negros.

### 6.1.3. Laguna Puilar

La laguna Puilar tiene un cuerpo principal bien definido pero su delimitación mediante los índices espectrales no es muy precisa, por lo que se vuelven importantes los puntos de control obtenidos en la laguna, así como por los puntos de control de las estacas del canal que se conecta por el Este al cuerpo principal. Mediante la observación de las tonalidades en las distintas combinaciones de banda se puede delimitar de mejor manera el cuerpo principal de esta laguna. (Figura 17). Para esta campaña no se pudieron obtener puntos de control de terreno.

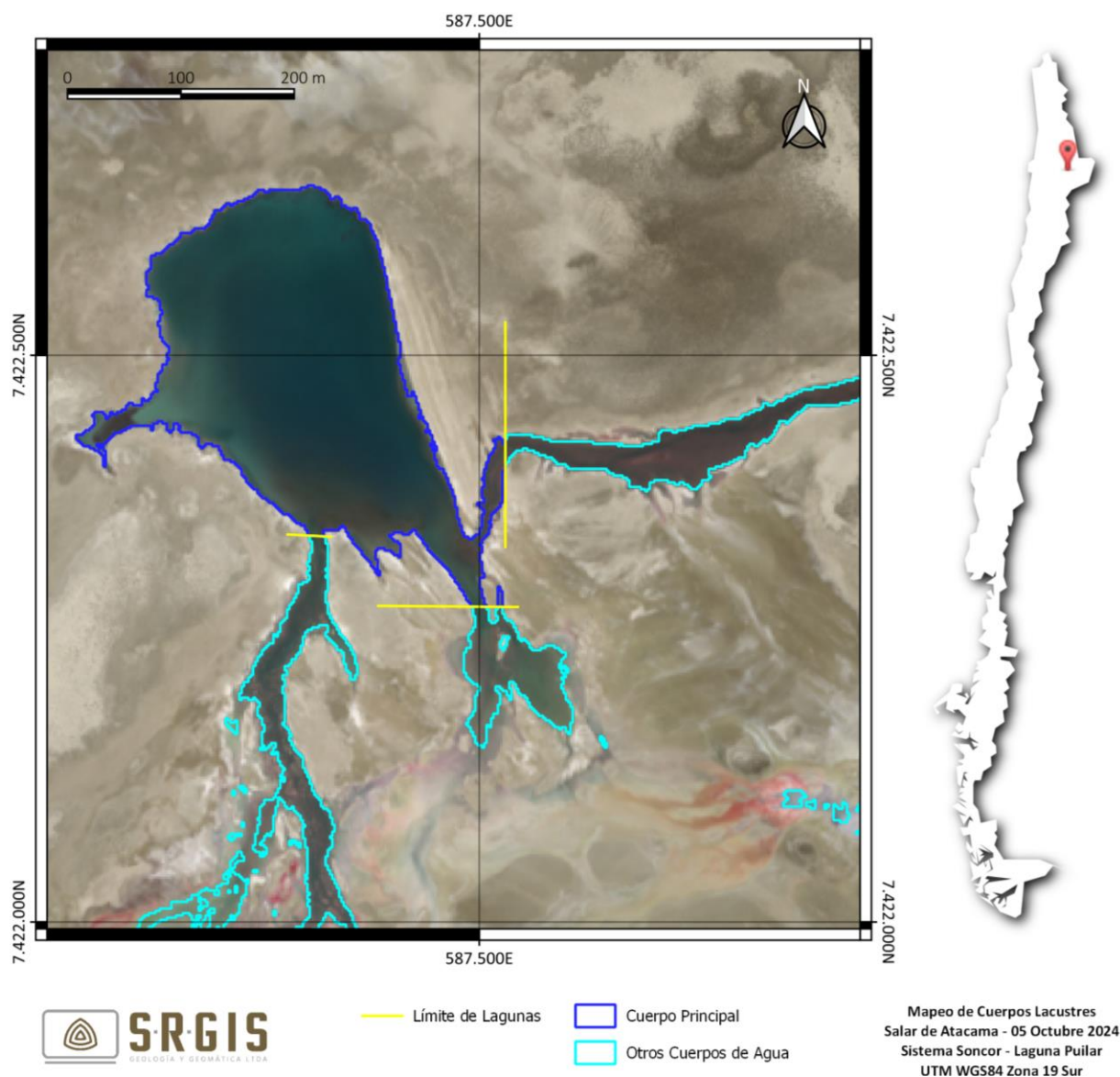


Figura 17: Mapeo de Cuerpos de Agua en la laguna Puilar.



#### 6.1.4. Desborde Sur

Este cuerpo de agua fue incorporado al control y monitoreo desde el año 2016, corresponde a un cuerpo que se origina como desborde de la laguna Barros Negros, aunque no corresponde a una unidad regular (permanente) como las lagunas Chaxa, Barros Negros y Puilar. En general se observan numerosos cuerpos bien definidos pero cuyo límite es de difícil determinación (Figura 18). Para esta campaña se pudieron obtener puntos de control de terreno los que ayudaron a depurar el mapeo de los cuerpos, esta campaña se realizó del 2 al 4 de octubre.

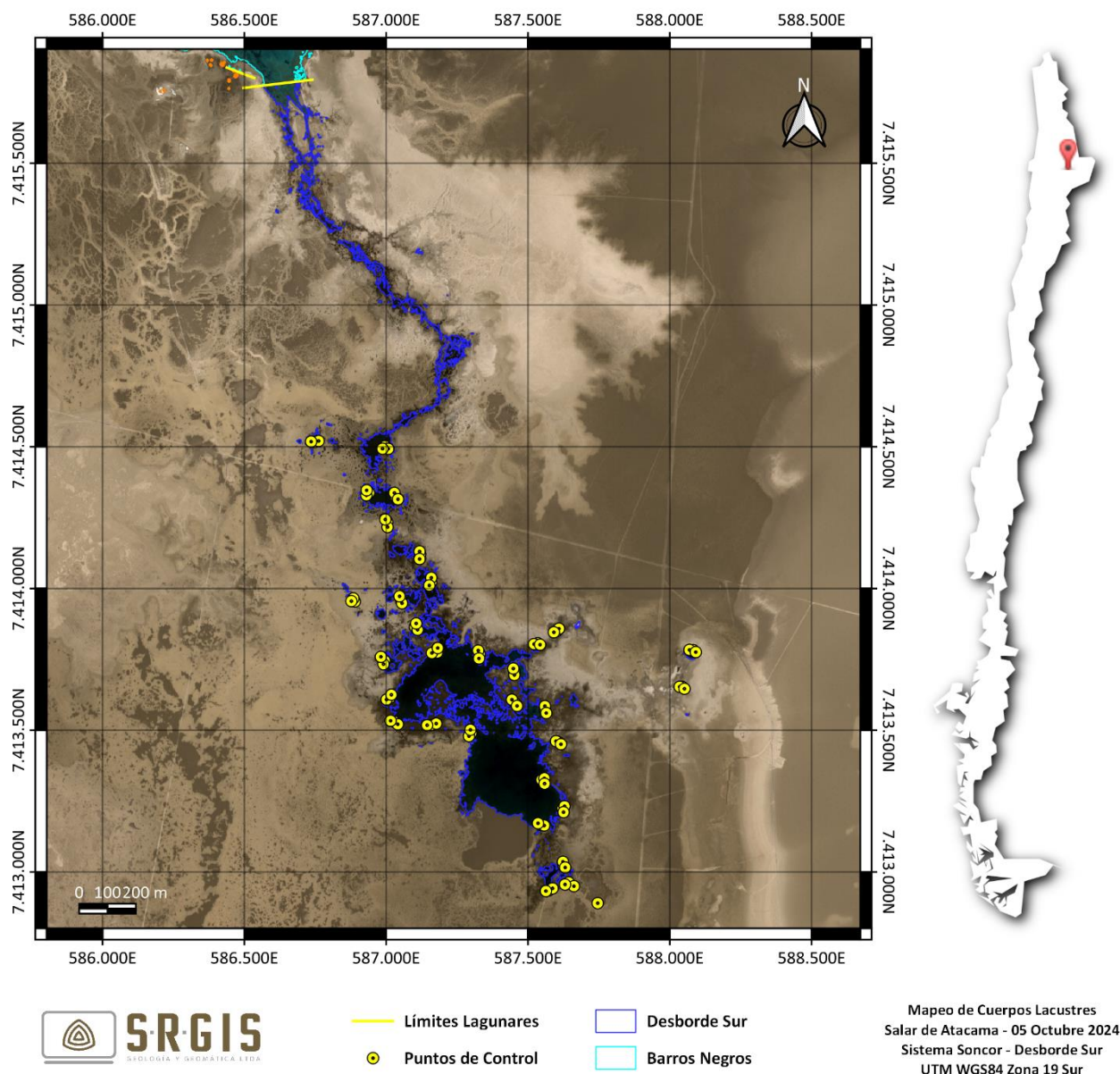


Figura 18: Mapeo de Cuerpos de Agua en Desborde Sur.



## 6.2. Sistema PEINE

El sistema PEINE está compuesto por las lagunas Salada, Saladita y Desborde Laguna Interna, la Tabla 8 presenta los resultados obtenidos para el mapeo de los cuerpos de agua en este sistema.

*Tabla 8: Medición de superficies lagunares en el sistema PEINE.*

<b>Cuerpo</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>
Salada	171.783
Canal de Recarga (Salada)	20.232
Canal de Descarga (Salada)	4.931
Saladita	85.992
Interna	117.104

### 6.2.1. Laguna Salada

La laguna Salada está compuesta por un cuerpo principal y 2 canales superficiales. El cuerpo principal muestra contornos bien definidos, a diferencia de los canales de recarga y descarga que tiene límites un poco más difusos (Figura 19). Para esta campaña no se pudieron obtener puntos de control de terreno.

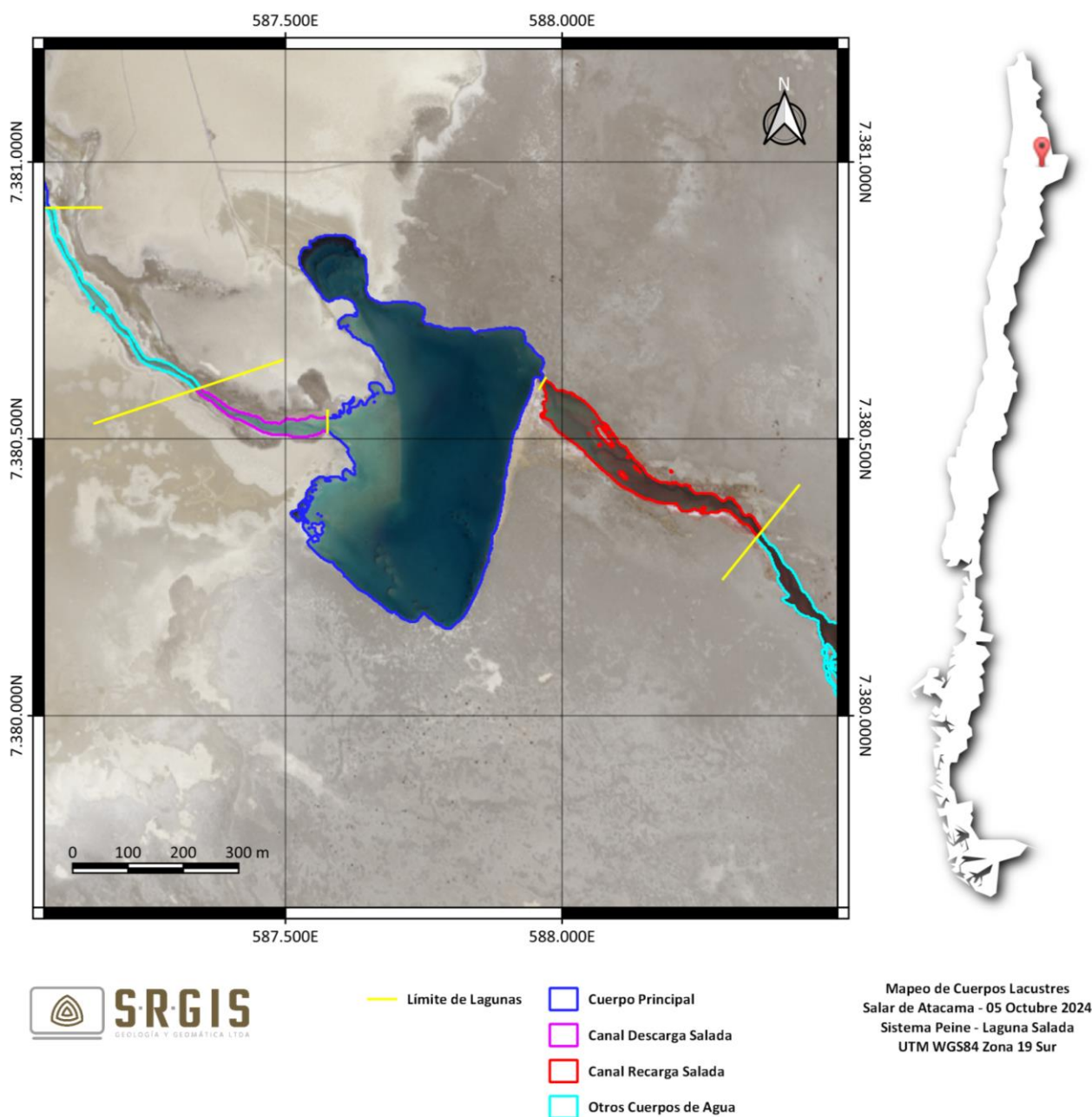


Figura 19: Mapeo de Cuerpos de Agua en la Laguna Salada.

### 6.2.2. Laguna Saladita

La laguna Saladita presenta contornos más difusos que la laguna Salada, aunque es posible diferenciar los límites de los cuerpos de agua, es el sector de la playa (al centro y al oeste) se vuelve complejo de delimitar por presencia de cuerpos muy someros de agua, para mejorar la delimitación en esta zona es importante la toma de puntos de control (Figura 20). Para esta campaña no se pudieron obtener puntos de control de terreno.

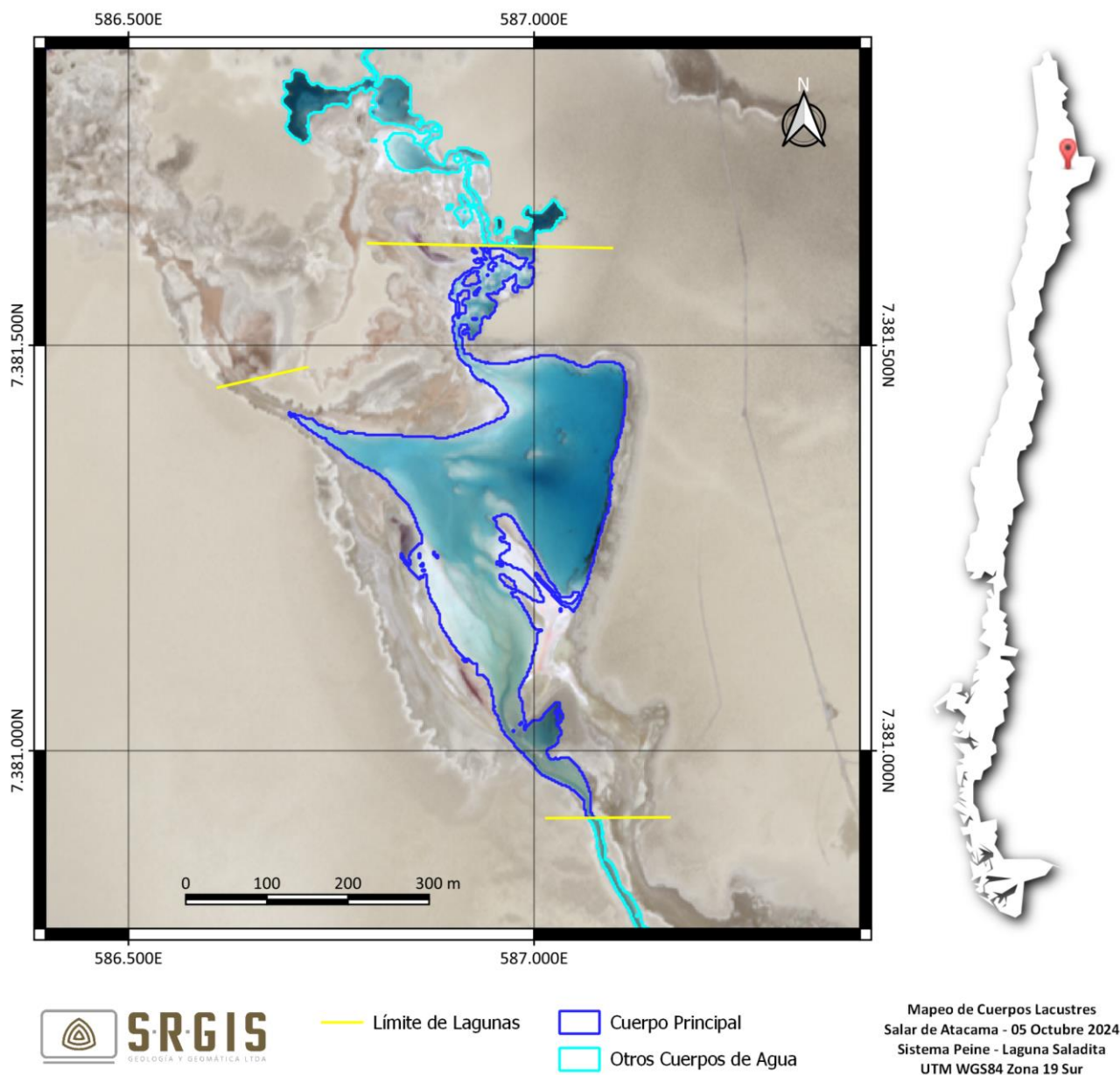


Figura 20: Mapeo de Cuerpos de Agua en la laguna Saladita.

### 6.2.3. Desborde Laguna Interna

A diferencia de las lagunas estudiadas anteriormente, el Desborde laguna Interna no conforma un cuerpo lacustre de superficie continua. Los índices facilitaron la delimitación de los límites de estos cuerpos de agua como se observa en la Figura 21. Es importante mencionar que, hacia la parte distal del sistema lagunar (NW), se identifican en terreno zonas con alta presencia de costra de sal recientemente formada. Para esta campaña se pudieron obtener puntos de control de terreno los cuales ayudan a depurar el mapeo de los cuerpos.

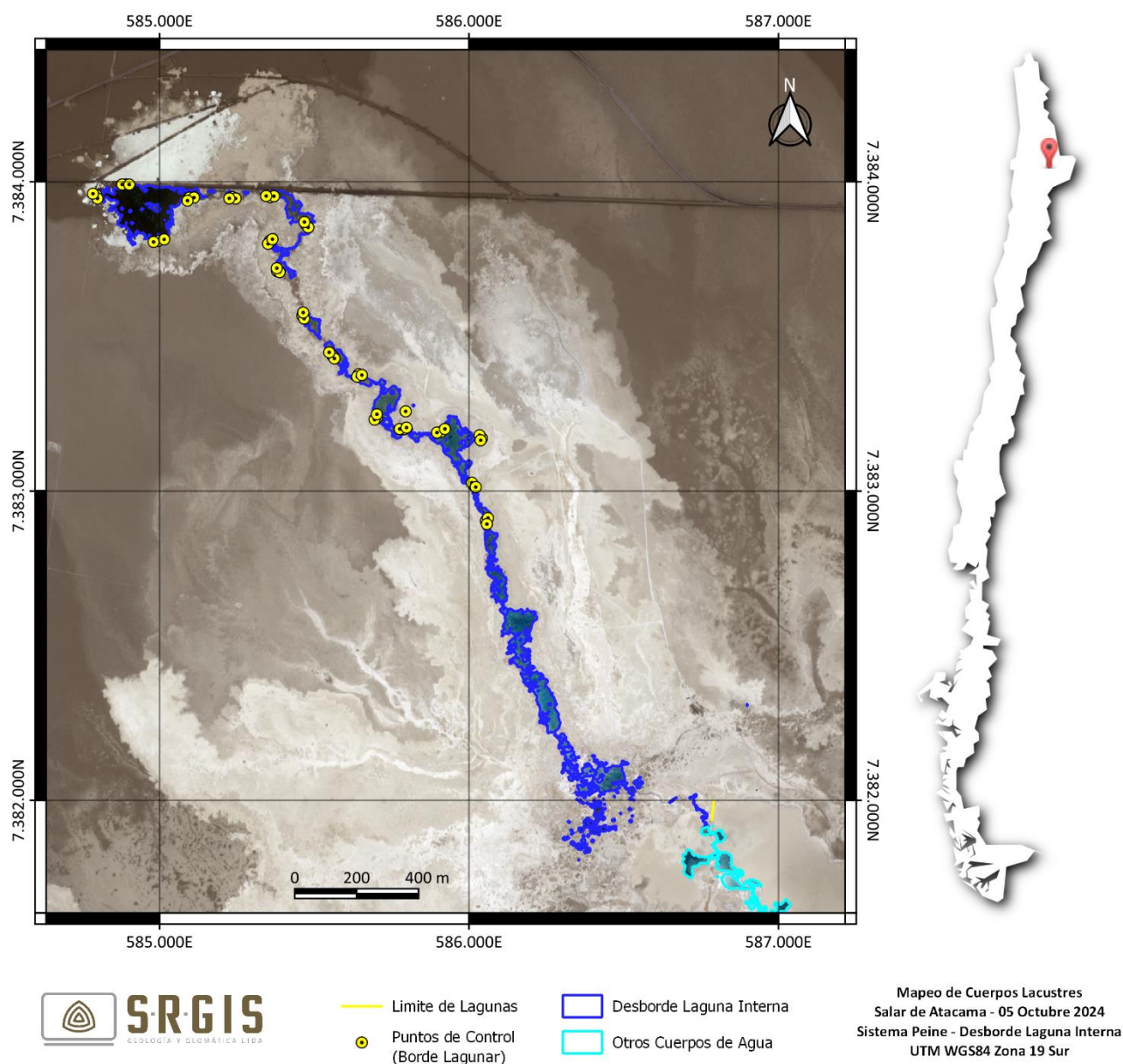


Figura 21: Mapeo de Cuerpos de Agua en la laguna Interna.



## 7. DISCUSIONES

Se ha realizado de manera correcta el mapeo de cuerpos de agua en los sistemas SONCOR y PEINE, la metodología utilizada delimita de manera correcta los cuerpos de agua y la obtención de puntos de control es importante en zonas donde los índices no delimitan bien los cuerpos, y ayudan a delimitar contornos con mejor precisión, sobre todo en cuerpos de agua someros.

## 8. CONCLUSIONES

La extensión de los cuerpos de agua superficiales del sistema SONCOR corresponden a los siguientes:

- Laguna Chaxa : 283.784 m<sup>2</sup>
- Laguna Barros Negros (Cuerpo Principal) : 831.891 m<sup>2</sup>
- Puilar : 62.344 m<sup>2</sup>
- Desborde Sur : 256.650 m<sup>2</sup>

La extensión de los cuerpos de agua superficiales del sistema PEINE corresponden a los siguientes:

- Salada (Cuerpo Principal) : 171.783 m<sup>2</sup>
- Saladita : 85.992 m<sup>2</sup>
- Desborde Laguna Interna : 117.104 m<sup>2</sup>

## 9. REFERENCIAS

- Baret, F. (1989). TSAVI: a vegetation index which minimizes soil brightness effects on LAI and APAR estimation. *12th Canadian Symp. on Remote Sensing and IGARSS'90, Vancouver, Canada, 10-14 July 1989*.
- Chuvieco, E. (2008). *Teledetección ambiental: la observación de la Tierra desde el espacio*.
- Gilabert, M. A., González-Piqueras, J., & García-Haro, J. (1997). Acerca de los índices de vegetación. *Revista de Teledetección*, 8(1), 1–10.
- McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 17(7), 1425–1432.
- Sun, W., Chen, B., & Messinger, D. W. (2014). Nearest-neighbor diffusion-based pan-sharpening algorithm for spectral images. *Optical Engineering*, 53(1), 13107.



srgis

srgisltda



info@srgis.cl

+56 993 498 303



www.srgis.net



## Anexo 10.2: Estacas perimetrales y puntos de control

## Informe Topográfico:

SL-00-IT-0020\_REV.0

### Levantamiento de Superficies Lacustres medición de estacas perimetrales periodo julio 2024

Salar de Atacama – SQM, Región de  
Antofagasta

Viernes, 02 de agosto de 2024

ATyGeo	ATyGeo	
Nombre: Cristian Trigo T.	Nombre: Verónica Villalobos R.	Nombre:
Fecha: 02-08-2024	Fecha: 02-08-2024	Fecha:
Firma: 	Firma: 	Firma:



## 1. RESUMEN

El Contrato Marco denominado “Servicios de Levantamiento de estacas perimetrales y toma de puntos de control de terreno, Salar de Atacama”, contempla el monitoreo de superficies lacustres en los sistemas Soncor, Peine y Aguas de Quelana.

El presente informe entrega los resultados de la medición de estacas perimetrales para el cálculo de superficies lacustres correspondiente al periodo julio 2024.

Este monitoreo es desarrollado con frecuencia trimestral, bajo el contexto del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico (PSAH) establecido en la RCA 226/2006 del proyecto “Cambios y mejoras de la operación minera en el Salar de Atacama”.

Se lleva a cabo la medición de las superficies lacustres en varias lagunas como parte del proceso de seguimiento ambiental. En el sistema lacustre de Soncor, se realizan mediciones en las lagunas Puilar, Chaxa y Barros Negros. En el sistema lacustre de Peine, se efectúan mediciones en las lagunas Salada y Saladita.

En esta ocasión, se midieron todas las estacas perimetrales en las lagunas Saladita, Barros Negros y Puilar. En la laguna Salada, el veedor de la Comunidad Atacameña de Peine terminó anticipadamente el trabajo por inicio del periodo reproductivo de los flamencos; y en la laguna Chaxa, el veedor de la Comunidad Atacameña de Toconao terminó anticipadamente los trabajos por la cantidad de flamencos en el sector. Como en ambas lagunas la medición de estacas perimetrales fue parcial, se presentan los datos tomados en esta campaña y se hace una estimación de área y perímetro, utilizando las mediciones de campañas julio 2022 y julio 2023 en Laguna Salada; y campaña julio 2023 en Laguna Chaxa, para complementar la información.

En la tabla N°1 se entrega la fecha de medición de las estacas perimetrales en cada laguna.

**Tabla N°1. Fecha de medición de las estacas perimetrales para el levantamiento de las superficies lacustres. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

MEDICIONES EN SUPERFICIES LACUSTRES		
LAGUNA	SECTOR	FECHA DE MEDICION
SALADITA	PEINE	12-07-2024
SALADA	PEINE	14-07-2024
BARROS NEGROS	SONCOR	18 y 19-07-2024
CHAXA	SONCOR	25-07-2024
PUILAR	SONCOR	26-07-2024

El cálculo de resultados para estas mediciones se procesa bajo dos metodologías de análisis, la metodología SQM y la metodología CONAF, las cuales se explican en este informe.

En la tabla N°2 se entrega un resumen de las mediciones y cálculos realizados según la metodología SQM.

**Tabla N°2. Resumen de la medición de las estacas perimetrales según la metodología de SQM. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

CALCULO DE PERIMETRO Y AREA METODOLOGIA SQM JULIO 2024				
LAGUNA	PERIMETRO (m)	PERIMETRO (km)	AREA (m2)	AREA (ha)
SALADA	3153.1	3.153	186802.6	18.680
SALADITA	1961.1	1.961	91658.6	9.166
PUILAR	1463.1	1.463	19803.8	1.980
CHAXA	2384.2	2.384	278634.8	27.863
BARROS NEGROS	5061.4	5.061	1033502.6	103.350

En la tabla N°3 se entrega un resumen de las mediciones y cálculos realizados según la metodología CONAF.

**Tabla N°3. Resumen de la medición de estacas perimetrales según la metodología de CONAF. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

CALCULO DE PERIMETRO Y AREA METODOLOGIA CONAF JULIO 2024				
LAGUNA	PERIMETRO (m)	PERIMETRO (km)	AREA (m2)	AREA (ha)
SALADA	3155.5	3.156	187059.7	18.706
SALADITA	1951.2	1.951	95118.2	9.512
PUILAR	1462.5	1.463	19228.7	1.923
CHAXA	2395.6	2.396	277044.7	27.704
BARROS NEGROS	5294.2	5.294	1034704.8	103.470

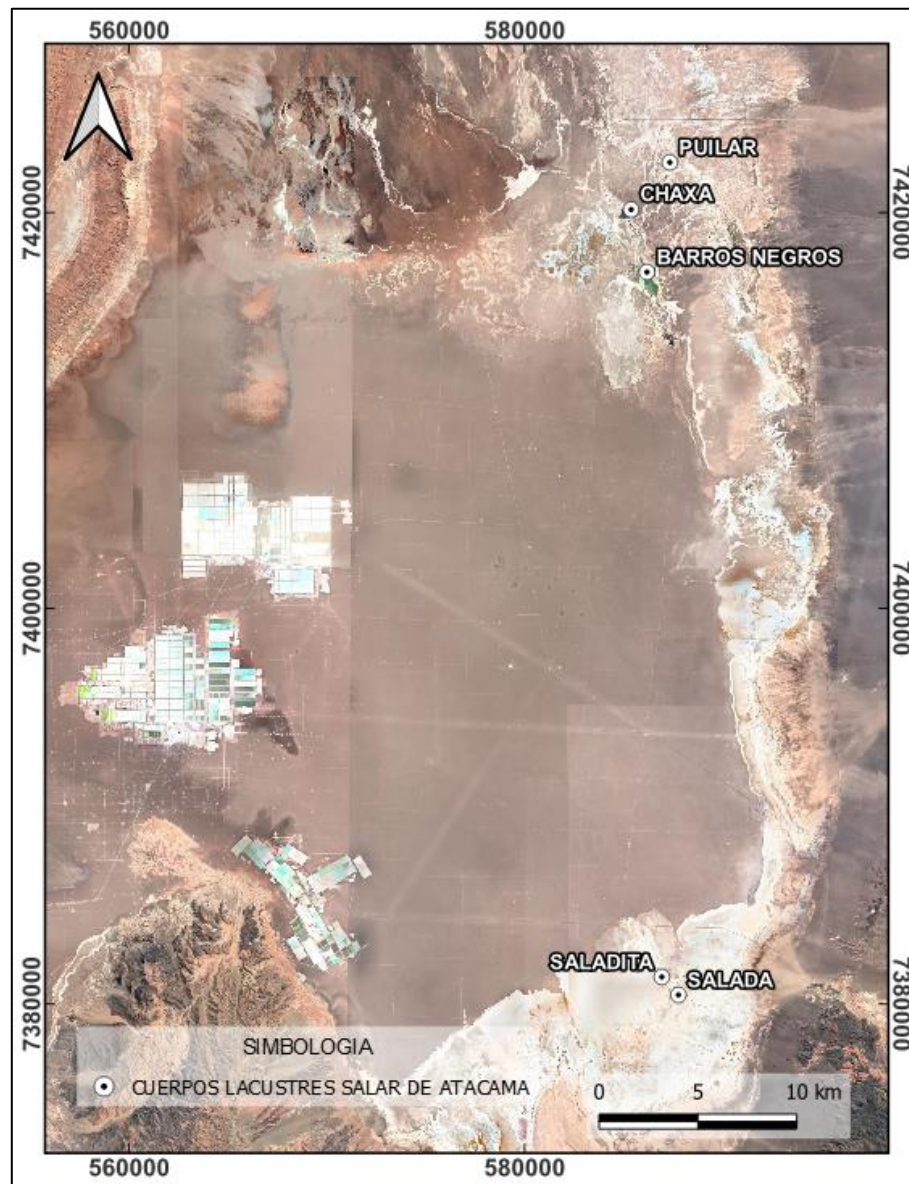
## 2. INTRODUCCIÓN

SQM solicitó a ATyGeo el cálculo de superficie lacustre mediante la metodología de estacas perimetrales para el periodo de julio 2024, en los sistemas de Soncor y Peine. Utilizando puntos demarcados por estacas alrededor de cada laguna, se realizan mediciones con las que se obtiene el área de las superficies lacustres. Hasta el 2013, estas mediciones fueron realizadas por el equipo técnico de CONAF, mientras que, a partir del 2014 la empresa consultora SEARCH, contratada por CONAF, implementó la metodología de cálculo de áreas lacustres vía estacas perimetrales.

SQM comenzó a realizar la medición de estacas perimetrales utilizando esta metodología a partir del año 2022.

El presente informe da cuenta de los resultados obtenidos mediante dos metodologías de análisis que entregan perímetro y superficie lacustre de las lagunas.

En la figura N°1 se muestra la ubicación general de las superficies lacustres.



**Figura N°1. Ubicación general de las superficies lacustres.**

**Fuente ATyGeo, julio 2024.**

### 3. OBJETIVO

Calcular superficie de cuerpos lagunares en los sistemas lacustres de Soncor y Peine, del Salar de Atacama, utilizando la metodología de estacas perimetrales.

### 4. MATERIALES Y METODOLOGIA

#### 4.1 MATERIALES

Los materiales, las herramientas y los equipos utilizados para esta labor se resumen en la tabla N°4.

**Tabla N°4. Materiales, herramientas y equipos.**

**Fuente ATyGeo, julio 2024.**

MATERIALES Y EQUIPOS		
ITEM	MATERIALES Y EQUIPOS	UTILIZACION
1	GNSS DIFERENCIAL MARCA TRIMBLE MODELO R12i	MEDICION DE PUNTOS DE BORDE DE LAGUNA MAS CERCANOS A LAS ESTACAS PERIMETRALES CON METODO PPK
2	TRIPODE DE FIBRA	SOPORTE GNSS BASE
3	JALON DE FIBRA MARCA TRIMBLE, PORTA GPS MOVIL, DE 2 METROS DE ALTURA	SOPORTE GNSS MOVIL
4	CAMIONETA 4X4	TRASLADO A SUPERFICIES LACUSTRES
5	JARDINERA CON BOTAS PVC	PROTECCION AL CAMINAR POR BORDE DE LAGUNAS
6	BALACLAVA, BANDANA, GORRO LEGIONARIO, GUANTES, LENTES, BLOQUEADOR SOLAR	PROTECCION SOLAR AL CAMINAR POR SUPERFICIES LACUSTRES
7	ROPA DE COLOR BEIGE	ROPA SOLICITADA PARA EVITAR AHUYENTAR A LAS AVES

#### 4.2 METODOLOGIA

El servicio consiste en realizar las mediciones de los puntos de borde lagunar más próximos a las estacas perimetrales.

La medición de los puntos de borde lagunar se realiza utilizando equipos GNSS diferencial marca Trimble, modelo R12i, a través del método PPK, en sistema coordinado UTM, Datum WGS-84, Zona 19 Sur.

En primer lugar, se instala equipo GNSS base en hito estación de la superficie lacustre que se va a medir. Luego, las mediciones se realizan caminando por el borde lagunar, buscando cada una de las estacas, realizando medición topográfica con equipo GNSS



móvil, midiendo el punto del borde lagunar más próximo a cada estaca perimetral, obteniendo las coordenadas de cada punto.

Como medidas de protección personal, se utilizan jardineras con botas de PVC, lentes con protección UV, guantes, polera manga larga, gorro ala ancha con cubrenuca, bandana y bloqueador solar, además de mantener una adecuada hidratación.

A continuación, en la tabla N°5 se indican las fechas de los trabajos realizados en cada laguna, el horario de encuentro y los asistentes.

**Tabla N°5. Mediciones de estacas perimetrales. Laguna, fecha, hora de encuentro y asistentes. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

MEDICIONES DE ESTACAS PERIMETRALES EN SUPERFICIES LACUSTRES				
LAGUNA	SECTOR	FECHA DE MEDICION	HORA ENCUENTRO	ASISTENTES
SALADITA	PEINE	12-07-2024	8:30	VEEDOR COMUNIDAD PEINE
				PERSONAL ATYGEO
SALADA	PEINE	14-07-2024	8:30	VEEDOR COMUNIDAD PEINE
				PERSONAL ATYGEO
BARROS NEGROS	SONCOR	18 y 19-07-2024	8:30	VEEDOR COMUNIDAD PEINE
				PERSONAL ATYGEO
CHAXA	SONCOR	25-07-2024	8:30	VEEDOR COMUNIDAD TOCONAO
				PERSONAL ATYGEO
PUILAR	SONCOR	26-07-2024	9:30	VEEDOR COMUNIDAD TOCONAO
				GUARDAPARQUES CONAF
				PERSONAL ATYGEO

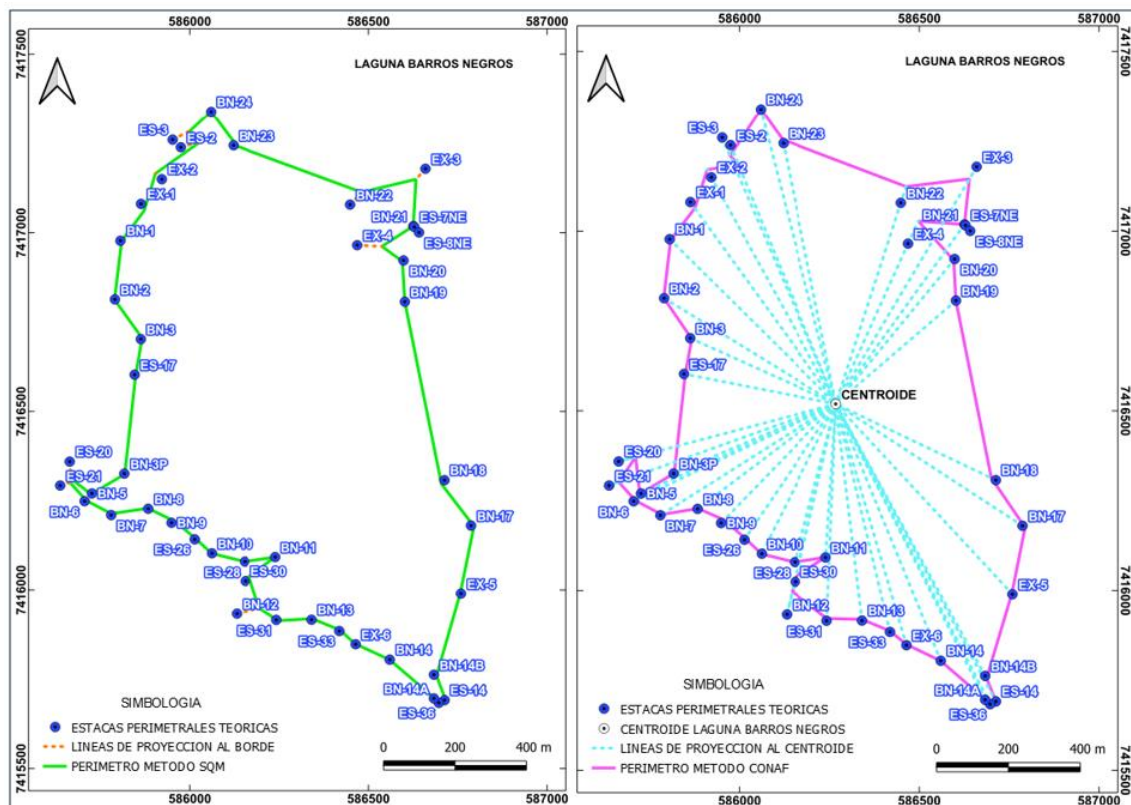
A partir de la información recopilada, se realiza el procesamiento de datos en gabinete, utilizando el software AutoCAD Civil 3D. Se lleva a cabo la delimitación y el cálculo del perímetro y área de cada laguna. Los resultados se exportan en formato DXF para su posterior análisis en el software QGIS, donde se genera el centroide, archivos SHAPE y KML. Con estos archivos, en Google Earth se genera archivo KMZ. Se debe indicar que las coordenadas de estacas perimetrales, centroide, puntos de borde de laguna y puntos proyectados al centroide, se encuentran referenciados en sistema de coordenadas UTM Datum WGS84 Zona 19 Sur.

Las unidades de medición utilizadas son:

- **Coordenadas** = metros
- **Distancia (m)** = metros lineales
- **Ángulo (°)** = grados sexagesimales

- **Perímetro (m)** = metros lineales
- **Perímetro (km)** = kilómetros lineales
- **Área (m<sup>2</sup>)** = metros cuadrados
- **Área (ha)** = hectáreas

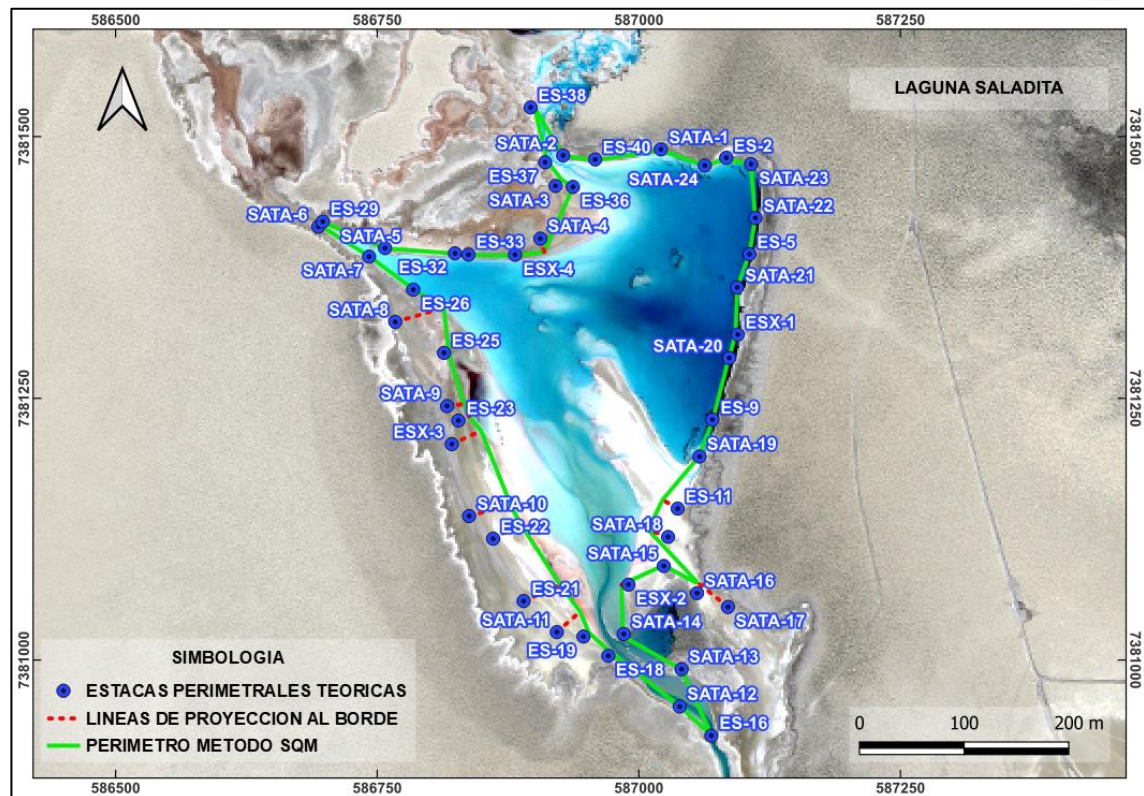
El trabajo de gabinete se realiza utilizando dos metodologías de análisis, la metodología de SQM y la metodología de CONAF. En la figura N°2 se muestran ambas metodologías, las cuales son explicadas a continuación.



**Figura N°2. Metodología SQM (imagen izquierda) y Metodología CONAF (imagen derecha). Fuente ATyGeo, julio 2024.**

### 4.3 METODOLOGIA SQM

Esta metodología implica que, con los datos de las mediciones topográficas realizadas en terreno, se genera un polígono uniendo todos los puntos del borde de laguna más cercano a las estacas, calculando perímetro y área. En la figura N°3 se muestran las líneas de proyección entre las estacas y el borde lagunar, y se visualizan como líneas punteadas de color rojo. Las líneas de las estacas que están más cercanas al borde no se visualizan por la escala de la figura.

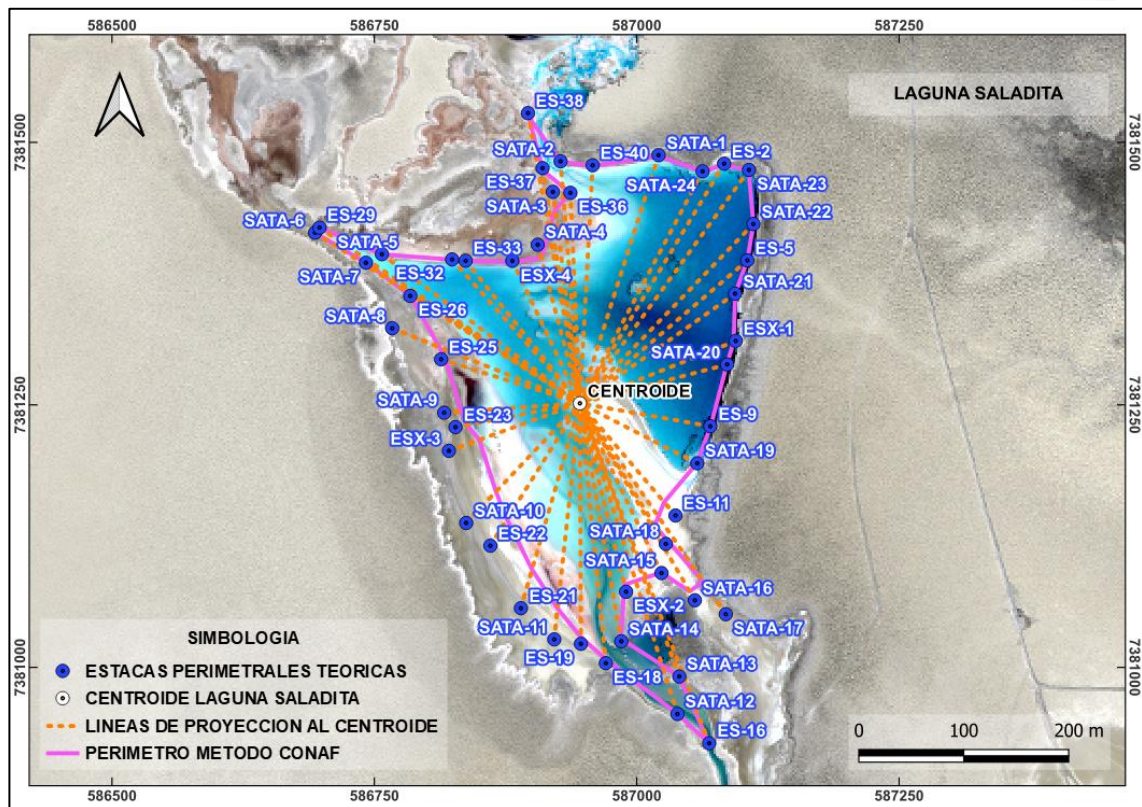


**Figura N°3. Líneas de proyección entre estacas perimetrales y borde de la laguna Saladita, metodología SQM. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

#### 4.4 METODOLOGIA CONAF

Para esta metodología, se deben unir todas las coordenadas de estacas teóricas de las lagunas, formando un polígono, para luego calcular su centroide. Este centroide servirá como eje central al cual se deben unir líneas rectas desde cada estaca. Luego, estas líneas se cortarán a la misma distancia resultante de la medición topográfica, entre las estacas perimetrales y el punto más próximo del borde lagunar, obteniendo puntos coordinados a esa distancia, pero en dirección al centroide. Estos nuevos puntos coordinados se unirán formando un polígono, del cual se obtendrá el perímetro y el área. En la figura N°4 se muestran las líneas de proyección entre las estacas y el centroide calculado.





**Figura N°4. Líneas de proyección entre estacas perimetrales y centroide calculado de la laguna Saladita, metodología CONAF.**

**Fuente ATyGeo, julio 2024.**

## 5. RESULTADOS

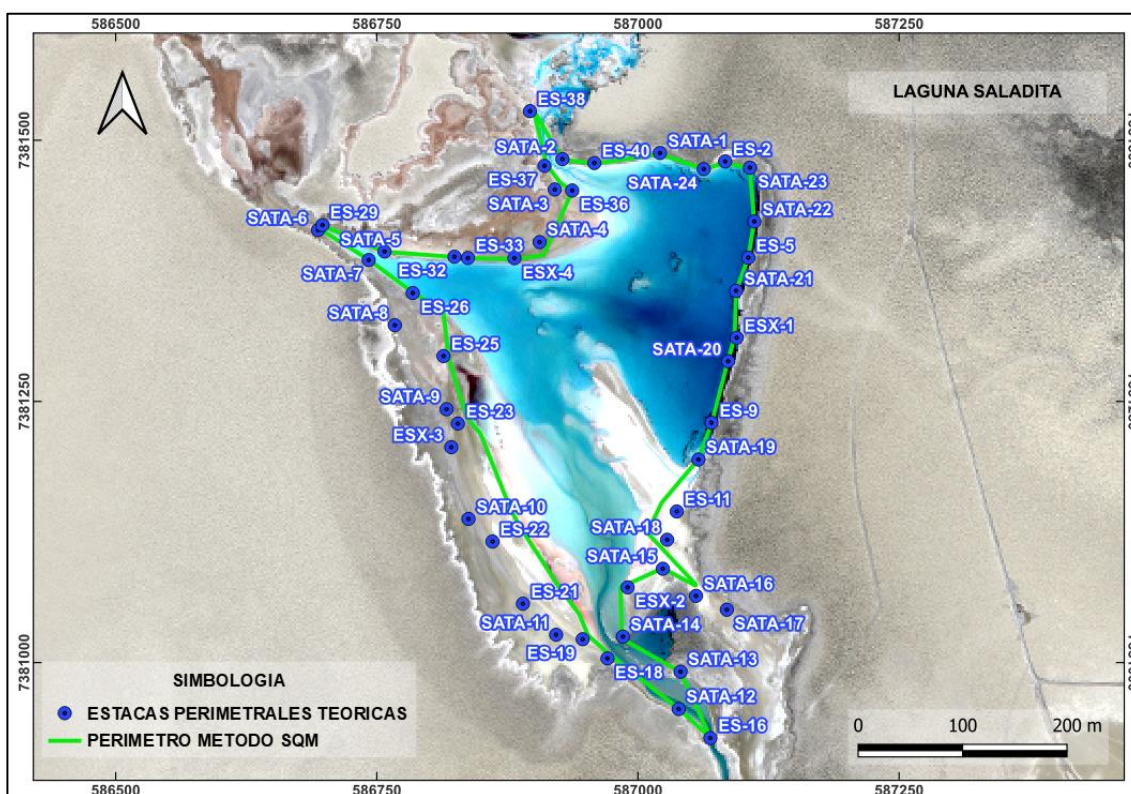
A continuación, se entregan los resultados obtenidos de las mediciones de estacas perimetrales de las lagunas Saladita, Salada, Barros Negros, Chaxa y Puilar. Las coordenadas de las estacas perimetrales utilizadas en las tablas y cálculo de centroide corresponden a las levantadas en terreno periodos 2021 y 2022, las cuales se entregan en Anexo N°1. Además, se debe indicar que para todas las figuras que muestran la ubicación de las estacas perimetrales y perímetros obtenidos, se han utilizado imágenes satelitales de fondo, de julio 2024, entregada por SQM.



## 5.1 METODOLOGÍA SQM

### 5.1.1 LAGUNA SALADITA

En la figura N°5 se muestra la ubicación de las estacas y el perímetro formado uniendo la proyección desde las estacas al borde de la laguna, según metodología seguida por SQM.



**Figura N°5. Estacas y perímetro de Laguna Saladita según la metodología SQM. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

En la tabla N°6 se entrega el perímetro y el área calculado con la metodología SQM.

**Tabla N°6. Cálculo de perímetro y área de Laguna Saladita según la metodología SQM. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

CALCULO DE PERIMETRO Y AREA METODOLOGIA SQM				
LAGUNA	PERIMETRO (m)	PERIMETRO (km)	AREA (m2)	AREA (ha)
SALADITA	1961.1	1.961	91658.6	9.166

En la tabla N°7 se entregan los resultados de las mediciones al borde más próximo de las estacas perimetrales de la Laguna Saladita utilizando metodología SQM. En cuanto a la columna posición, el término “AFUERA” significa que la estaca se

encuentra afuera del agua, y “ADENTRO” significa que la estaca está adentro del agua.

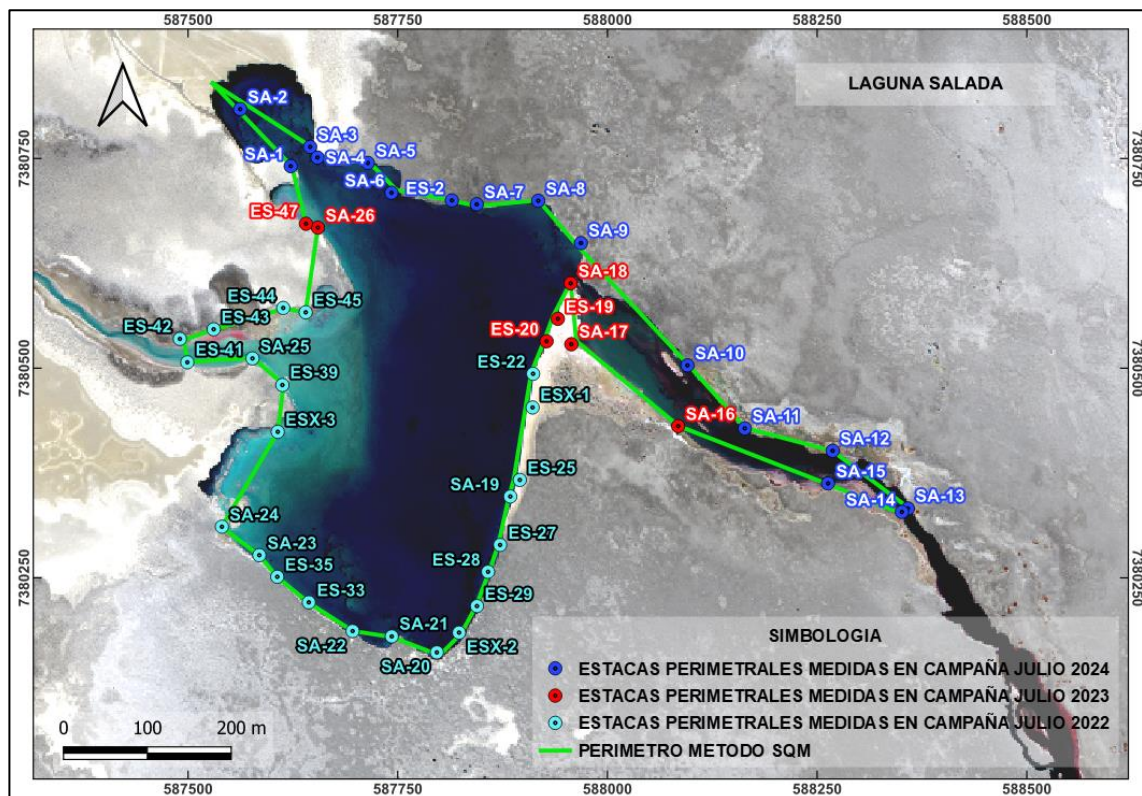
**Tabla N°7. Control de las estacas en la Laguna Saladita según la metodología SQM. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

CONTROL ESTACAS LAGUNA SALADITA METODOLOGIA SQM JULIO 2024								
ESTACA LISTADO	DH (m)	ANGULO (°)	POSICION	ESTACAS		PUNTO BORDE LAGUNA		CAMPAÑA
				NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	
SATA-2	0.39	198	AFUERA	7381482.22	586927.25	7381481.85	586927.13	JULIO 2024
ES-40	0.61	177	AFUERA	7381478.45	586957.87	7381477.84	586957.90	JULIO 2024
SATA-1	0.93	181	AFUERA	7381488.06	587020.67	7381487.13	587020.65	JULIO 2024
SATA-24	0.14	208	AFUERA	7381472.68	587062.59	7381472.56	587062.52	JULIO 2024
ES-2	1.58	188	AFUERA	7381479.99	587083.09	7381478.43	587082.89	JULIO 2024
SATA-23	0.28	230	AFUERA	7381474.01	587106.76	7381473.83	587106.55	JULIO 2024
SATA-22	0.11	258	AFUERA	7381422.53	587111.00	7381422.51	587110.89	JULIO 2024
ES-5	0.05	259	AFUERA	7381387.88	587105.27	7381387.87	587105.21	JULIO 2024
SATA-21	0.09	153	ADENTRO	7381356.17	587093.54	7381356.10	587093.58	JULIO 2024
ESX-1	2.08	286	AFUERA	7381311.18	587094.16	7381311.76	587092.16	JULIO 2024
SATA-20	0.28	270	AFUERA	7381288.77	587085.97	7381288.77	587085.68	JULIO 2024
ES-9	0.35	123	ADENTRO	7381229.93	587069.92	7381229.74	587070.21	JULIO 2024
SATA-19	0.35	280	AFUERA	7381194.65	587057.54	7381194.72	587057.19	JULIO 2024
ES-11	16.69	300	AFUERA	7381144.95	587036.76	7381153.33	587022.32	JULIO 2024
SATA-18	20.41	290	AFUERA	7381117.89	587027.57	7381124.84	587008.38	JULIO 2024
SATA-17	37.85	309	AFUERA	7381050.97	587084.72	7381074.79	587055.30	JULIO 2024
SATA-16	9.80	357	AFUERA	7381064.21	587055.22	7381073.99	587054.67	JULIO 2024
SATA-15	0.61	348	AFUERA	7381090.14	587023.45	7381090.73	587023.32	JULIO 2024
ESX-2	6.91	269	AFUERA	7381072.33	586989.69	7381072.22	586982.78	JULIO 2024
SATA-14	2.41	200	AFUERA	7381025.19	586985.20	7381022.93	586984.36	JULIO 2024
SATA-13	0.25	212	AFUERA	7380991.64	587040.39	7380991.43	587040.25	JULIO 2024
ES-16	0.25	80	ADENTRO	7380928.10	587068.85	7380928.14	587069.09	JULIO 2024
SATA-12	0.36	16	AFUERA	7380955.88	587038.62	7380956.23	587038.71	JULIO 2024
ES-18	3.94	46	AFUERA	7381004.33	586970.39	7381007.07	586973.23	JULIO 2024
ES-19	6.41	53	AFUERA	7381022.72	586946.67	7381026.57	586951.79	JULIO 2024
SATA-11	29.59	49	AFUERA	7381026.96	586921.22	7381046.46	586943.48	JULIO 2024
ES-21	38.32	67	AFUERA	7381056.65	586889.48	7381071.84	586924.66	JULIO 2024
ES-22	29.77	61	AFUERA	7381116.20	586860.37	7381130.45	586886.52	JULIO 2024
SATA-10	41.15	75	AFUERA	7381137.85	586837.36	7381148.79	586877.03	JULIO 2024
ESX-3	30.79	65	AFUERA	7381206.51	586820.89	7381219.33	586848.89	JULIO 2024
ES-23	11.19	69	AFUERA	7381229.09	586827.18	7381233.17	586837.60	JULIO 2024
SATA-9	16.45	83	AFUERA	7381242.84	586816.38	7381244.91	586832.71	JULIO 2024
ES-25	5.06	109	AFUERA	7381293.71	586813.47	7381292.05	586818.25	JULIO 2024
SATA-8	48.30	74	AFUERA	7381323.26	586766.89	7381336.64	586813.30	JULIO 2024

ES-26	0.52	29	AFUERA	7381354.05	586784.07	7381354.50	586784.33	JULIO 2024
SATA-7	0.30	30	AFUERA	7381385.62	586741.85	7381385.87	586742.00	JULIO 2024
SATA-6	2.36	72	AFUERA	7381414.22	586693.34	7381414.96	586695.58	JULIO 2024
ES-29	0.47	213	AFUERA	7381419.10	586697.66	7381418.71	586697.41	JULIO 2024
SATA-5	0.29	210	AFUERA	7381393.77	586757.05	7381393.52	586756.90	JULIO 2024
ES-32	0.23	187	AFUERA	7381388.78	586823.93	7381388.55	586823.91	JULIO 2024
ES-33	0.11	154	AFUERA	7381387.52	586836.81	7381387.42	586836.86	JULIO 2024
ESX-4	1.03	173	AFUERA	7381387.41	586881.33	7381386.39	586881.46	JULIO 2024
SATA-4	13.10	164	AFUERA	7381402.80	586905.50	7381390.24	586909.20	JULIO 2024
SATA-3	8.29	43	AFUERA	7381453.14	586920.01	7381459.17	586925.70	JULIO 2024
ES-36	0.24	102	AFUERA	7381452.19	586936.65	7381452.14	586936.88	JULIO 2024
ES-37	2.29	60	AFUERA	7381475.74	586910.11	7381476.89	586912.09	JULIO 2024
ES-38	3.68	83	AFUERA	7381528.13	586896.23	7381528.57	586899.88	JULIO 2024

### 5.1.2 LAGUNA SALADA

En la figura N°6 se muestra la ubicación de las estacas y el perímetro formado uniendo la proyección desde las estacas al borde de la laguna, según metodología seguida por SQM.



**Figura N°6. Estacas y perímetro de la Laguna Salada según la metodología SQM. Fuente ATyGeo, julio 2024.**



En la tabla N°8 se entrega el perímetro y el área calculado con la metodología SQM.

**Tabla N°8. Cálculo de perímetro y área de la Laguna Salada según la metodología SQM. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

CALCULO DE PERIMETRO Y AREA METODOLOGIA SQM				
LAGUNA	PERIMETRO (m)	PERIMETRO (km)	AREA (m2)	AREA (ha)
SALADA	3153.1	3.153	186802.6	18.680

En la tabla N°9 se entregan los resultados de las mediciones al borde más próximo de las estacas perimetrales de la Laguna Salada utilizando metodología SQM. En cuanto a la columna posición, el término “AFUERA” significa que la estaca se encuentra afuera del agua, y “ADENTRO” significa que la estaca está adentro del agua.

**Tabla N°9. Control de las estacas de la Laguna Salada según la metodología SQM. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

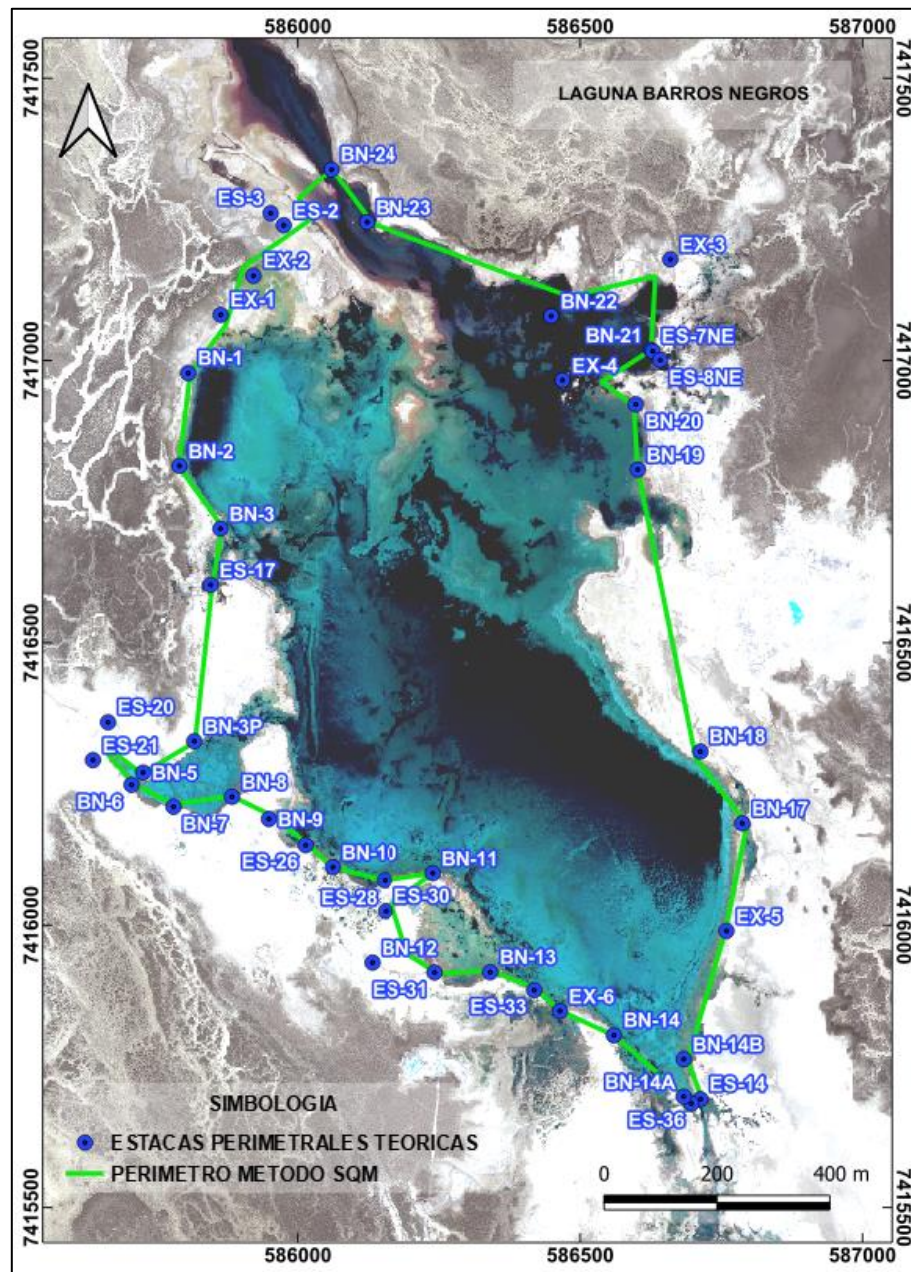
CONTROL ESTACAS LAGUNA SALADA METODOLOGIA SQM JULIO 2024								
ESTACA LISTADO	DH (m)	ANGULO (°)	POSICION	ESTACAS		PUNTO BORDE LAGUNA		CAMPAÑA
				NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	
SA-26	0.10	330	AFUERA	7380667.97	587654.36	7380668.06	587654.31	JULIO 2023
ES-47	0.58	24	AFUERA	7380672.53	587640.11	7380673.06	587640.35	JULIO 2023
SA-1	1.23	93	AFUERA	7380741.24	587621.94	7380741.18	587623.17	JULIO 2024
SA-2	47.40	313	ADENTRO	7380809.21	587561.74	7380841.52	587527.06	JULIO 2024
SA-3	1.05	81	ADENTRO	7380764.20	587645.08	7380764.36	587646.11	JULIO 2024
SA-4	2.47	45	ADENTRO	7380751.50	587653.84	7380753.26	587655.58	JULIO 2024
SA-5	2.07	9	ADENTRO	7380745.08	587713.86	7380747.13	587714.18	JULIO 2024
SA-6	6.85	61	ADENTRO	7380709.50	587742.07	7380712.83	587748.05	JULIO 2024
ES-2	0.21	182	AFUERA	7380700.41	587814.05	7380700.21	587814.04	JULIO 2024
SA-7	2.34	158	AFUERA	7380695.77	587843.68	7380693.60	587844.53	JULIO 2024
SA-8	0.69	19	ADENTRO	7380699.89	587916.97	7380700.55	587917.19	JULIO 2024
SA-9	5.29	231	AFUERA	7380649.51	587967.86	7380646.16	587963.77	JULIO 2024
SA-10	1.12	39	ADENTRO	7380503.73	588094.88	7380504.60	588095.58	JULIO 2024
SA-11	0.69	37	ADENTRO	7380428.60	588163.18	7380429.14	588163.59	JULIO 2024
SA-12	0.19	171	AFUERA	7380401.85	588267.96	7380401.67	588267.99	JULIO 2024
SA-13	1.25	70	ADENTRO	7380333.13	588357.60	7380333.56	588358.78	JULIO 2024
SA-14	2.60	241	ADENTRO	7380328.96	588350.47	7380327.70	588348.20	JULIO 2024
SA-15	0.96	178	ADENTRO	7380363.00	588262.46	7380362.04	588262.48	JULIO 2024
SA-16	0.34	41	AFUERA	7380431.29	588083.79	7380431.55	588084.01	JULIO 2023
SA-17	7.07	57	AFUERA	7380528.90	587956.48	7380532.70	587962.44	JULIO 2023
SA-18	0.70	354	AFUERA	7380601.63	587955.66	7380602.32	587955.59	JULIO 2023
ES-19	6.52	299	AFUERA	7380559.23	587940.34	7380562.40	587934.64	JULIO 2023



ES-20	2.91	294	AFUERA	7380532.50	587926.95	7380533.67	587924.29	JULIO 2023
ES-22	2.53	300	AFUERA	7380493.69	587910.85	7380494.95	587908.66	JULIO 2022
ESX-1	8.65	295	AFUERA	7380453.55	587910.28	7380457.20	587902.44	JULIO 2022
ES-25	7.50	267	AFUERA	7380367.15	587895.06	7380366.76	587887.57	JULIO 2022
SA-19	1.50	263	AFUERA	7380347.43	587883.68	7380347.25	587882.20	JULIO 2022
ES-27	2.55	255	AFUERA	7380289.64	587871.54	7380288.98	587869.08	JULIO 2022
ES-28	1.30	130	ADENTRO	7380257.63	587857.16	7380256.79	587858.16	JULIO 2022
ES-29	1.30	253	AFUERA	7380216.78	587843.97	7380216.40	587842.72	JULIO 2022
ESX-2	2.65	120	ADENTRO	7380185.16	587822.63	7380183.83	587824.92	JULIO 2022
SA-20	4.90	135	ADENTRO	7380161.55	587796.13	7380158.08	587799.59	JULIO 2022
SA-21	0.75	185	ADENTRO	7380180.61	587742.39	7380179.87	587742.33	JULIO 2022
SA-22	0.05	25	AFUERA	7380186.98	587695.73	7380187.02	587695.75	JULIO 2022
ES-33	0.60	250	ADENTRO	7380221.25	587643.50	7380221.04	587642.94	JULIO 2022
ES-35	0.30	200	ADENTRO	7380251.69	587605.91	7380251.41	587605.81	JULIO 2022
SA-23	0.32	225	ADENTRO	7380277.44	587584.52	7380277.21	587584.29	JULIO 2022
SA-24	0.45	235	ADENTRO	7380311.38	587539.94	7380311.12	587539.57	JULIO 2022
ESX-3	0.18	255	AFUERA	7380424.50	587606.49	7380424.55	587606.66	JULIO 2022
ES-39	1.53	62	AFUERA	7380480.29	587612.01	7380481.01	587613.36	JULIO 2022
SA-25	0.85	18	AFUERA	7380512.01	587576.37	7380512.81	587576.63	JULIO 2022
ES-41	0.30	5	AFUERA	7380507.36	587498.70	7380507.66	587498.73	JULIO 2022
ES-42	5.06	105	AFUERA	7380535.26	587489.80	7380533.98	587494.70	JULIO 2022
ES-43	0.42	220	AFUERA	7380546.73	587530.14	7380546.41	587529.87	JULIO 2022
ES-44	1.35	120	AFUERA	7380572.19	587613.02	7380571.52	587614.19	JULIO 2022
ES-45	0.23	225	AFUERA	7380566.98	587639.82	7380566.81	587639.66	JULIO 2022

### 5.1.3 LAGUNA BARROS NEGROS

En la figura N°7 se muestra la ubicación de las estacas y el perímetro formado uniendo la proyección desde las estacas al borde de la laguna, según la metodología seguida por SQM.



**Figura N°7. Estacas y perímetro de la Laguna Barros Negros según la metodología SQM. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

En la tabla N°10 se entrega el perímetro y el área calculado con la metodología SQM.

**Tabla N°10. Cálculo del perímetro y el área de la Laguna Barros Negros según la metodología SQM. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

CALCULO DE PERIMETRO Y AREA METODOLOGIA SQM				
LAGUNA	PERIMETRO (m)	PERIMETRO (km)	AREA (m2)	AREA (ha)
BARROS NEGROS	5061.4	5.061	1033502.6	103.350

En la tabla N°11 se entrega los resultados de las mediciones al borde más próximo de las estacas perimetrales de Laguna Barros Negros utilizando metodología SQM. En cuanto a la columna posición, el término “AFUERA” significa que la estaca se encuentra afuera del agua, y “ADENTRO” significa que la estaca está adentro del agua.

**Tabla N°11. Control de las estacas de la Laguna Barros Negros según la metodología SQM. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

CONTROL ESTACAS LAGUNA BARROS NEGROS METODOLOGIA SQM JULIO 2024								
ESTACA LISTADO	DH (m)	AZIMUT (°)	POSICION	ESTACAS		PUNTO BORDE LAGUNA		CAMPAÑA
				NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	
BN-1	3.62	91	AFUERA	7416975.71	585803.92	7416975.67	585807.53	JULIO 2024
EX-1	20.70	154	AFUERA	7417078.99	585861.62	7417060.31	585870.53	JULIO 2024
EX-2	23.89	311	ADENTRO	7417148.13	585919.89	7417163.95	585901.99	JULIO 2024
ES-2	57.50	74	AFUERA	7417237.76	585973.18	7417253.65	586028.44	JULIO 2024
ES-3	55.12	63	AFUERA	7417259.06	585950.22	7417284.38	585999.18	JULIO 2024
BN-24	0.48	242	AFUERA	7417339.14	586058.14	7417338.92	586057.72	JULIO 2024
BN-23	10.36	104	ADENTRO	7417243.28	586121.08	7417240.71	586131.11	JULIO 2024
BN-22	47.59	43	ADENTRO	7417076.96	586449.92	7417111.50	586482.65	JULIO 2024
EX-3	39.57	222	AFUERA	7417177.45	586661.06	7417148.00	586634.63	JULIO 2024
BN-21	0.38	248	AFUERA	7417016.89	586627.26	7417016.75	586626.91	JULIO 2024
ES-7NE	-	-	-	7417014.39	586629.85	-	-	JULIO 2024
ES-8NE	-	-	-	7416998.87	586643.11	-	-	JULIO 2024
EX-4	69.06	93	ADENTRO	7416963.36	586470.01	7416959.87	586538.98	JULIO 2024
BN-20	3.96	235	AFUERA	7416920.51	586599.77	7416918.27	586596.51	JULIO 2024
BN-19	0.23	227	AFUERA	7416804.83	586603.42	7416804.67	586603.24	JULIO 2024
BN-18	13.71	218	AFUERA	7416305.10	586714.40	7416294.36	586705.89	JULIO 2024
BN-17	8.52	105	ADENTRO	7416177.92	586788.67	7416175.73	586796.9	JULIO 2024
EX-5	2.31	307	AFUERA	7415987.38	586760.58	7415988.76	586758.73	JULIO 2024
BN-14B	7.81	115	ADENTRO	7415760.16	586684.88	7415756.86	586691.96	JULIO 2024
ES-14	2.97	62	ADENTRO	7415689.03	586714.79	7415690.43	586717.41	JULIO 2024
ES-36	2.95	24	AFUERA	7415681.31	586698.54	7415684.01	586699.73	JULIO 2024
BN-14A	1.77	28	AFUERA	7415693.75	586684.66	7415695.31	586685.5	JULIO 2024
BN-14	0.75	266	ADENTRO	7415802.29	586561.13	7415802.24	586560.39	JULIO 2024

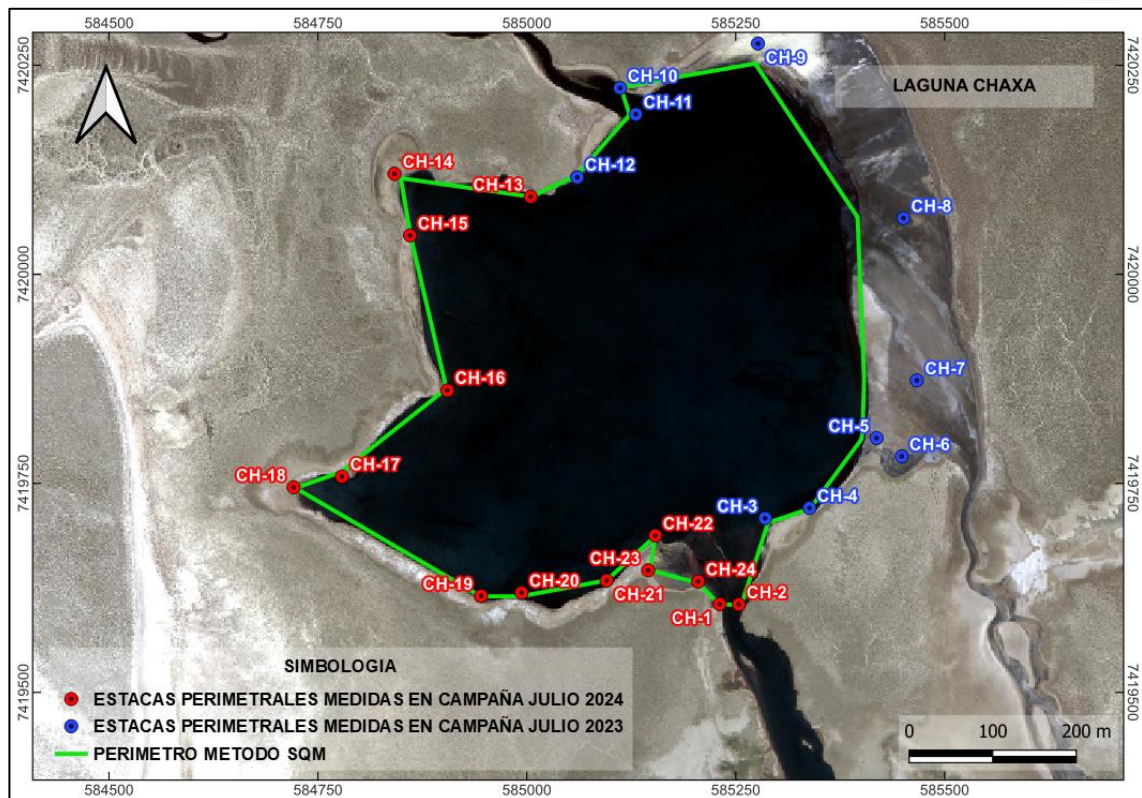
EX-6	2.71	307	AFUERA	7415845.53	586465.58	7415847.15	586463.4	JULIO 2024
ES-33	3.14	36	AFUERA	7415882.50	586419.87	7415885.04	586421.71	JULIO 2024
BN-13	3.55	26	AFUERA	7415914.07	586341.92	7415917.27	586343.46	JULIO 2024
ES-31	6.45	109	AFUERA	7415913.67	586243.15	7415911.57	586249.25	JULIO 2024
BN-12	65.44	76	AFUERA	7415931.24	586130.68	7415946.6	586194.3	JULIO 2024
ES-30	16.36	43	AFUERA	7416022.39	586154.80	7416034.33	586165.98	JULIO 2024
BN-11	0.75	261	AFUERA	7416089.66	586240.16	7416089.55	586239.41	JULIO 2024
ES-28	0.37	160	ADENTRO	7416076.98	586153.12	7416076.63	586153.25	JULIO 2024
BN-10	1.01	245	ADENTRO	7416100.24	586060.49	7416099.82	586059.58	JULIO 2024
ES-26	4.10	3	AFUERA	7416139.20	586012.06	7416143.29	586012.31	JULIO 2024
BN-9	11.94	76	AFUERA	7416185.64	585947.06	7416188.46	585958.66	JULIO 2024
BN-8	1.61	330	AFUERA	7416225.03	585881.64	7416226.42	585880.83	JULIO 2024
BN-7	3.91	6	AFUERA	7416207.30	585778.09	7416211.19	585778.52	JULIO 2024
BN-6	5.07	74	AFUERA	7416246.23	585703.62	7416247.65	585708.48	JULIO 2024
ES-21	28.57	72	AFUERA	7416290.10	585635.19	7416299.12	585662.29	JULIO 2024
ES-20	48.59	175	AFUERA	7416357.05	585661.92	7416308.65	585666.22	JULIO 2024
BN-5	3.21	227	AFUERA	7416267.93	585724.08	7416265.76	585721.72	JULIO 2024
BN-3P	1.94	136	AFUERA	7416323.52	585814.81	7416322.11	585816.15	JULIO 2024
ES-17	3.67	132	ADENTRO	7416600.63	585843.70	7416598.18	585846.43	JULIO 2024
BN-3	4.43	50	AFUERA	7416700.12	585861.16	7416702.96	585864.57	JULIO 2024
BN-2	1.32	240	ADENTRO	7416811.52	585788.49	7416810.86	585787.35	JULIO 2024

Nota: Estacas perimetrales ES-7NE y ES-8NE no han sido encontradas en terreno.

#### 5.1.4 LAGUNA CHAXA

En la figura N°8 se muestra la ubicación de las estacas y el perímetro formado uniendo la proyección desde las estacas al borde de la laguna, según la metodología seguida por SQM.





**Figura N°8. Estacas y perímetro de la Laguna Chaxa según la metodología SQM. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

En la tabla N°12 se entrega el perímetro y el área calculado con la metodología SQM.

**Tabla N°12. Cálculo de perímetro y área de la Laguna Chaxa según la metodología SQM. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

CALCULO DE PERIMETRO Y AREA METODOLOGIA SQM				
LAGUNA	PERIMETRO (m)	PERIMETRO (km)	AREA (m2)	AREA (ha)
CHAXA	2384.2	2.384	278634.8	27.863

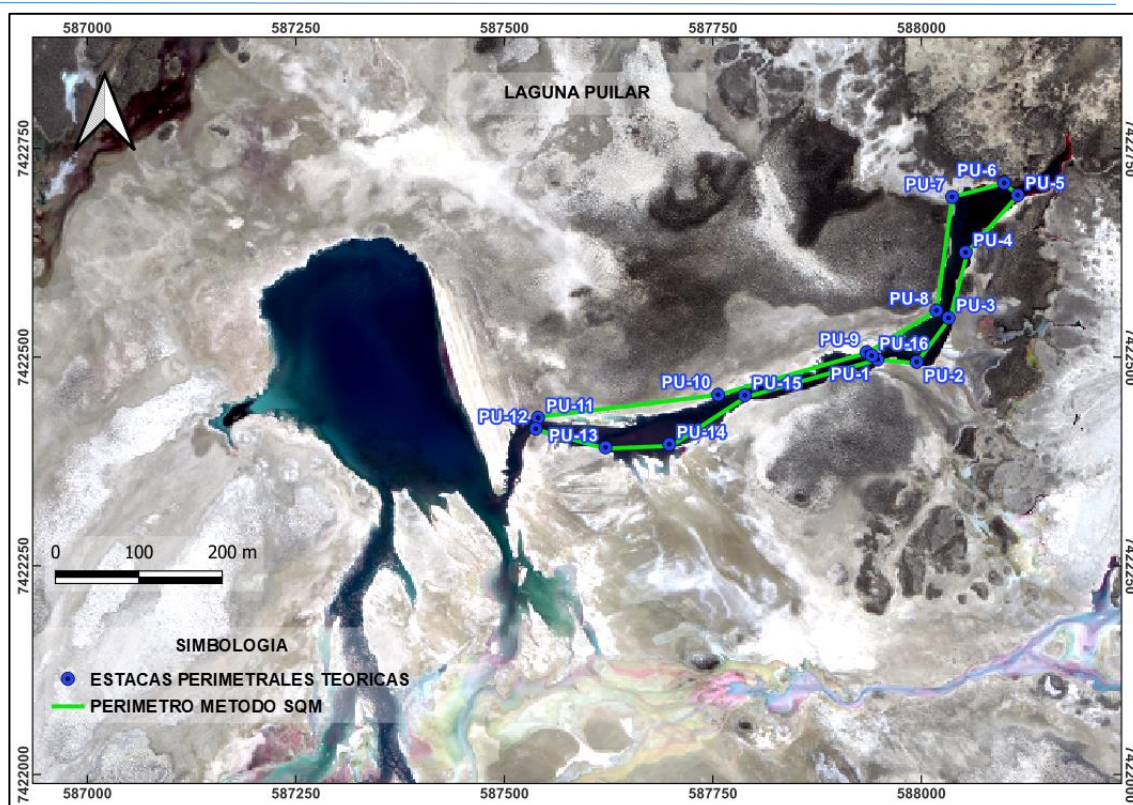
En la tabla N°13 se entregan los resultados de las mediciones al borde más próximo de las estacas perimetrales de la Laguna Chaxa utilizando metodología SQM. En cuanto a la columna posición, el término “AFUERA” significa que la estaca se encuentra afuera del agua, y “ADENTRO” significa que la estaca está adentro del agua.

**Tabla N°13. Control de las estacas de la Laguna Chaxa según la metodología SQM. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

CONTROL ESTACAS LAGUNA CHAXA METODOLOGIA SQM JULIO 2024								
ESTACA LISTADO	DH (m)	AZIMUT (°)	POSICION	ESTACAS		PUNTO BORDE LAGUNA		CAMPAÑA
				NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	
CH-1	0.51	258	ADENTRO	7419606.01	585230.96	7419605.90	585230.46	JULIO 2024
CH-2	3.03	109	ADENTRO	7419605.65	585253.96	7419604.68	585256.83	JULIO 2024
CH-3	6.52	148	ADENTRO	7419708.68	585285.30	7419703.14	585288.75	JULIO 2023
CH-4	0.97	144	ADENTRO	7419721.00	585338.47	7419720.21	585339.04	JULIO 2023
CH-5	17.78	289	AFUERA	7419804.57	585418.64	7419810.34	585401.81	JULIO 2023
CH-6	52.42	292	AFUERA	7419782.67	585448.77	7419802.66	585400.32	JULIO 2023
CH-7	63.08	271	AFUERA	7419873.45	585466.80	7419874.62	585403.73	JULIO 2023
CH-8	54.99	271	AFUERA	7420067.52	585450.86	7420068.82	585395.88	JULIO 2023
CH-9	24.12	188	AFUERA	7420276.24	585276.73	7420252.35	585273.44	JULIO 2023
CH-10	1.39	34	ADENTRO	7420223.15	585111.66	7420224.30	585112.45	JULIO 2023
CH-11	7.50	265	ADENTRO	7420191.74	585130.58	7420191.08	585123.11	JULIO 2023
CH-12	2.14	319	ADENTRO	7420116.30	585060.55	7420117.92	585059.14	JULIO 2023
CH-13	0.08	342	ADENTRO	7420093.13	585004.84	7420093.20	585004.82	JULIO 2024
CH-14	9.19	125	AFUERA	7420120.50	584841.84	7420115.28	584849.41	JULIO 2024
CH-15	0.48	75	AFUERA	7420046.84	584860.47	7420046.96	584860.93	JULIO 2024
CH-16	2.40	333	ADENTRO	7419861.51	584905.13	7419863.65	584904.05	JULIO 2024
CH-17	5.62	357	ADENTRO	7419758.66	584778.89	7419764.26	584778.57	JULIO 2024
CH-18	2.65	111	AFUERA	7419745.69	584721.09	7419744.73	584723.56	JULIO 2024
CH-19	0.54	202	ADENTRO	7419615.77	584945.34	7419615.27	584945.14	JULIO 2024
CH-20	4.36	196	ADENTRO	7419619.52	584993.88	7419615.34	584992.64	JULIO 2024
CH-21	0.10	342	AFUERA	7419634.28	585095.65	7419634.38	585095.62	JULIO 2024
CH-22	1.01	194	ADENTRO	7419688.00	585153.88	7419687.02	585153.64	JULIO 2024
CH-23	2.55	89	AFUERA	7419646.44	585145.37	7419646.46	585147.93	JULIO 2024
CH-24	1.71	202	ADENTRO	7419633.05	585205.17	7419631.46	585204.54	JULIO 2024

### 5.1.5 LAGUNA PUILAR

En la figura N°9 se muestra la ubicación de las estacas y el perímetro formado uniendo la proyección desde las estacas al borde de la laguna, según la metodología seguida por SQM.



**Figura N°9. Estacas y perímetro de la Laguna Puilar según la metodología SQM. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

En la tabla N°14 se entrega el perímetro y el área calculado con la metodología SQM.

**Tabla N°14. Cálculo de perímetro y área de Laguna Puilar según la metodología SQM. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

CALCULO DE PERIMETRO Y AREA METODOLOGIA SQM				
LAGUNA	PERIMETRO (m)	PERIMETRO (km)	AREA (m2)	AREA (ha)
PUILAR	1463.1	1.463	19803.8	1.980

En la tabla N°15 se entregan los resultados de las mediciones al borde más próximo de las estacas perimetrales de la Laguna Puilar utilizando metodología SQM. En cuanto a la columna posición, el término “AFUERA” significa que la estaca se encuentra afuera del agua, y “ADENTRO” significa que la estaca está adentro del agua.

**Tabla N°15. Control de las estacas de la Laguna Puilar según la metodología SQM. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

CONTROL ESTACAS LAGUNA PUILAR METODOLOGIA SQM JULIO 2024								
ESTACA LISTADO	DH (m)	ANGULO (°)	POSICION	ESTACAS		PUNTO BORDE LAGUNA		CAMPAÑA
				NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	
PU-1	0.19	161	ADENTRO	7422497.72	587947.65	7422497.54	587947.71	JULIO 2024
PU-2	1.54	187	ADENTRO	7422494.93	587994.41	7422493.40	587994.22	JULIO 2024
PU-3	1.84	108	ADENTRO	7422547.65	588032.68	7422547.08	588034.43	JULIO 2024
PU-4	2.72	71	ADENTRO	7422626.13	588053.15	7422627.04	588055.71	JULIO 2024
PU-5	0.67	122	ADENTRO	7422694.71	588115.53	7422694.36	588116.10	JULIO 2024
PU-6	0.48	182	AFUERA	7422709.26	588099.32	7422708.78	588099.31	JULIO 2024
PU-7	0.04	258	ADENTRO	7422692.44	588037.12	7422692.43	588037.07	JULIO 2024
PU-8	0.36	138	AFUERA	7422556.39	588018.17	7422556.13	588018.41	JULIO 2024
PU-9	1.03	175	AFUERA	7422506.60	587934.50	7422505.58	587934.59	JULIO 2024
PU-10	0.22	161	AFUERA	7422455.54	587756.37	7422455.32	587756.45	JULIO 2024
PU-11	0.97	9	ADENTRO	7422428.01	587540.56	7422428.96	587540.70	JULIO 2024
PU-12	0.79	171	ADENTRO	7422414.79	587537.82	7422414.01	587537.94	JULIO 2024
PU-13	1.46	193	ADENTRO	7422392.49	587621.46	7422391.07	587621.12	JULIO 2024
PU-14	3.31	127	ADENTRO	7422396.30	587697.82	7422394.29	587700.45	JULIO 2024
PU-15	2.51	158	ADENTRO	7422454.95	587788.39	7422452.62	587789.33	JULIO 2024
PU-16	3.55	350	ADENTRO	7422502.36	587940.65	7422505.85	587940.04	JULIO 2024

## 5.2 METODOLOGÍA CONAF

### 5.2.1 LAGUNA SALADITA

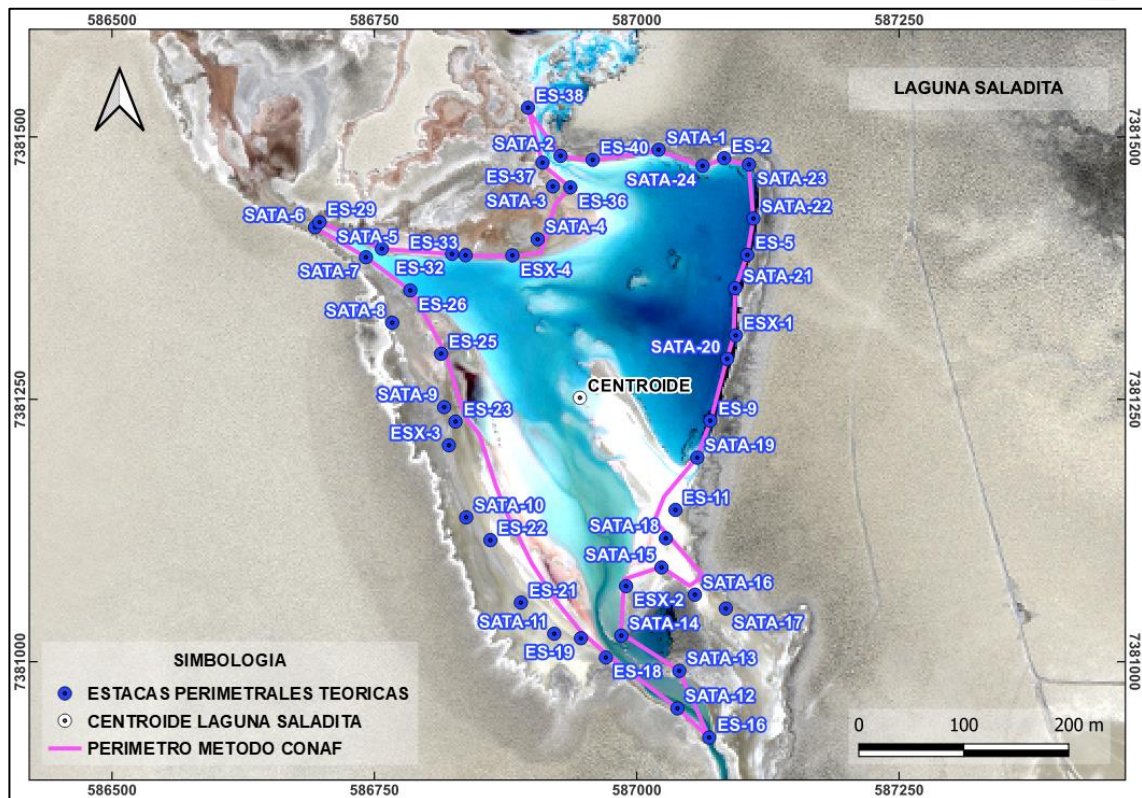
Las coordenadas calculadas para el centroide de la Laguna Saladita se entregan en la tabla N°16.

**Tabla N°16. Coordenadas de centroide calculadas para la Laguna Saladita. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

COORDENADAS CALCULADAS DE CENTROIDE		
LAGUNA	NORTE	ESTE
SALADITA	7381251.800	586945.700

En la Figura N°10 se muestra la ubicación de las estacas perimetrales de la Laguna Saladita y el perímetro formado uniendo la proyección desde las estacas al centroide de la laguna, manteniendo la medida con respecto al borde más cercano.





**Figura N°10. Estacas y perímetro de la Laguna Saladita según la metodología CONAF. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

En la tabla N°17 se entrega el cálculo del perímetro y el área obtenida con la metodología CONAF.

**Tabla N°17. Cálculo del perímetro y del área de la Laguna Saladita según la metodología CONAF. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

CALCULO DE PERIMETRO Y AREA METODOLOGIA CONAF				
LAGUNA	PERIMETRO (m)	PERIMETRO (km)	AREA (m2)	AREA (ha)
SALADITA	1951.2	1.951	95118.2	9.512

En la tabla N°18 se entregan los resultados de las mediciones al borde más próximo de las estacas perimetrales de la Laguna Saladita utilizando la metodología CONAF. En cuanto a la columna posición, el término “AFUERA” significa que la estaca se encuentra afuera del agua, y “ADENTRO” significa que la estaca está adentro del agua.

**Tabla N°18. Control de las estacas perimetrales en la Laguna Saladita según la metodología CONAF. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

CONTROL ESTACAS LAGUNA SALADITA METODOLOGIA CONAF JULIO 2024							
ESTACA LISTADO	DH (m)	POSICION	ESTACAS		PUNTO AL CENTROIDE		CAMPAÑA
			NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	
SATA-2	0.39	AFUERA	7381482.22	586927.25	7381481.83	586927.29	JULIO 2024
ES-40	0.61	AFUERA	7381478.45	586957.87	7381477.84	586957.84	JULIO 2024
SATA-1	0.93	AFUERA	7381488.06	587020.67	7381487.17	587020.39	JULIO 2024
SATA-24	0.14	AFUERA	7381472.68	587062.59	7381472.56	587062.53	JULIO 2024
ES-2	1.58	AFUERA	7381479.99	587083.09	7381478.64	587082.28	JULIO 2024
SATA-23	0.28	AFUERA	7381474.01	587106.76	7381473.79	587106.60	JULIO 2024
SATA-22	0.11	AFUERA	7381422.53	587111.00	7381422.45	587110.92	JULIO 2024
ES-5	0.05	AFUERA	7381387.88	587105.27	7381387.85	587105.23	JULIO 2024
SATA-21	0.09	ADENTRO	7381356.17	587093.54	7381356.23	587093.61	JULIO 2024
ESX-1	2.08	AFUERA	7381311.18	587094.16	7381310.41	587092.23	JULIO 2024
SATA-20	0.28	AFUERA	7381288.77	587085.97	7381288.70	587085.70	JULIO 2024
ES-9	0.35	ADENTRO	7381229.93	587069.92	7381229.87	587070.27	JULIO 2024
SATA-19	0.35	AFUERA	7381194.65	587057.54	7381194.81	587057.23	JULIO 2024
ES-11	16.69	AFUERA	7381144.95	587036.76	7381157.65	587025.93	JULIO 2024
SATA-18	20.41	AFUERA	7381117.89	587027.57	7381135.30	587016.92	JULIO 2024
SATA-17	37.85	AFUERA	7381050.97	587084.72	7381082.10	587063.17	JULIO 2024
SATA-16	9.80	AFUERA	7381064.21	587055.22	7381072.67	587050.28	JULIO 2024
SATA-15	0.61	AFUERA	7381090.14	587023.45	7381090.69	587023.18	JULIO 2024
ESX-2	6.91	AFUERA	7381072.33	586989.69	7381079.04	586988.04	JULIO 2024
SATA-14	2.41	AFUERA	7381025.19	586985.20	7381027.56	586984.78	JULIO 2024
SATA-13	0.25	AFUERA	7380991.64	587040.39	7380991.88	587040.30	JULIO 2024
ES-16	0.25	ADENTRO	7380928.10	587068.85	7380927.87	587068.94	JULIO 2024
SATA-12	0.36	AFUERA	7380955.88	587038.62	7380956.23	587038.51	JULIO 2024
ES-18	3.94	AFUERA	7381004.33	586970.39	7381008.26	586970.00	JULIO 2024
ES-19	6.41	AFUERA	7381022.72	586946.67	7381029.13	586946.64	JULIO 2024
SATA-11	29.59	AFUERA	7381026.96	586921.22	7381056.38	586924.42	JULIO 2024
ES-21	38.32	AFUERA	7381056.65	586889.48	7381093.47	586900.09	JULIO 2024
ES-22	29.77	AFUERA	7381116.20	586860.37	7381141.40	586876.23	JULIO 2024
SATA-10	41.15	AFUERA	7381137.85	586837.36	7381167.67	586865.71	JULIO 2024
ESX-3	30.79	AFUERA	7381206.51	586820.89	7381217.02	586849.83	JULIO 2024
ES-23	11.19	AFUERA	7381229.09	586827.18	7381231.20	586838.17	JULIO 2024
SATA-9	16.45	AFUERA	7381242.84	586816.38	7381243.98	586832.79	JULIO 2024
ES-25	5.06	AFUERA	7381293.71	586813.47	7381292.18	586818.29	JULIO 2024
SATA-8	48.30	AFUERA	7381323.26	586766.89	7381305.33	586811.74	JULIO 2024
ES-26	0.52	AFUERA	7381354.05	586784.07	7381353.77	586784.51	JULIO 2024
SATA-7	0.30	AFUERA	7381385.62	586741.85	7381385.45	586742.10	JULIO 2024

SATA-6	2.36	AFUERA	7381414.22	586693.34	7381412.94	586695.33	JULIO 2024
ES-29	0.47	AFUERA	7381419.10	586697.66	7381418.84	586698.05	JULIO 2024
SATA-5	0.29	AFUERA	7381393.77	586757.05	7381393.60	586757.28	JULIO 2024
ES-32	0.23	AFUERA	7381388.78	586823.93	7381388.61	586824.09	JULIO 2024
ES-33	0.11	AFUERA	7381387.52	586836.81	7381387.43	586836.88	JULIO 2024
ESX-4	1.03	AFUERA	7381387.41	586881.33	7381386.48	586881.77	JULIO 2024
SATA-4	13.10	AFUERA	7381402.80	586905.50	7381390.15	586908.87	JULIO 2024
SATA-3	8.29	AFUERA	7381453.14	586920.01	7381436.37	586922.15	JULIO 2024
ES-36	0.24	AFUERA	7381452.19	586936.65	7381451.95	586936.66	JULIO 2024
ES-37	2.29	AFUERA	7381475.74	586910.11	7381473.47	586910.47	JULIO 2024
ES-38	3.68	AFUERA	7381528.13	586896.23	7381524.51	586896.88	JULIO 2024

## 5.2.2 LAGUNA SALADA

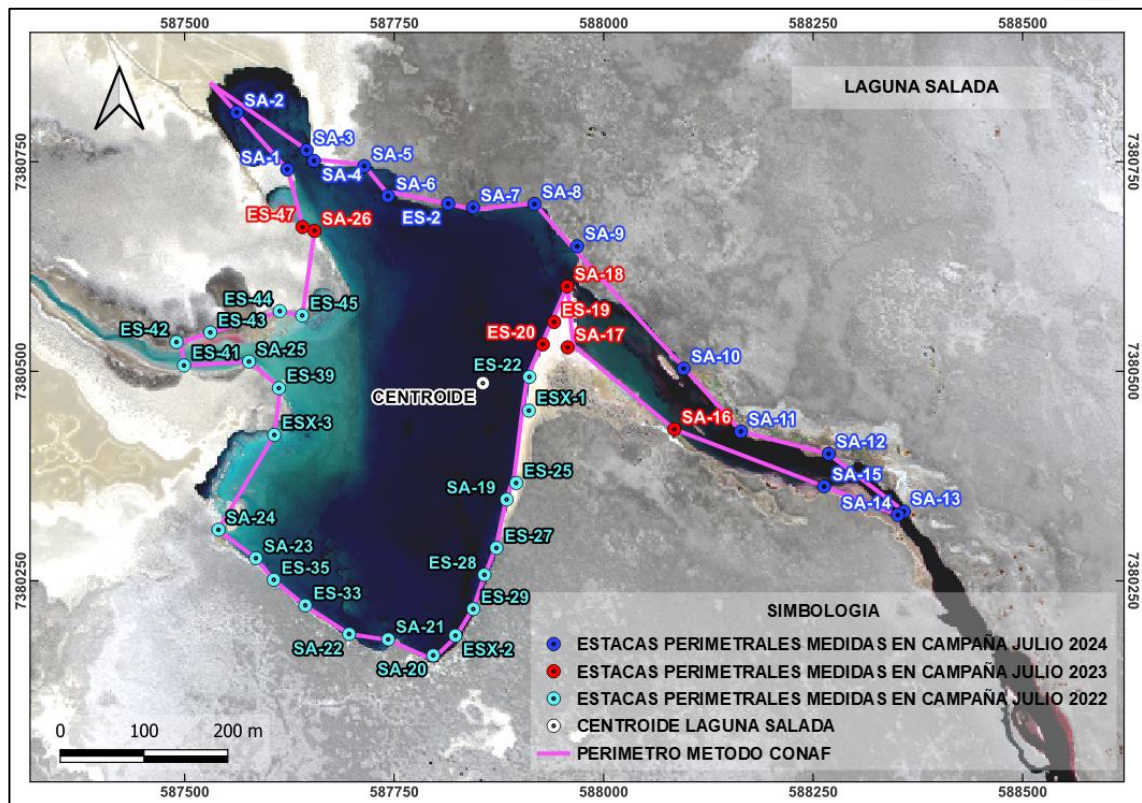
Las coordenadas calculadas para el centroide de la Laguna Salada se entregan en la tabla N°19.

**Tabla N°19. Coordenadas de centroide calculadas para la Laguna Salada.**

**Fuente ATyGeo, julio 2024.**

COORDENADAS CALCULADAS DE CENTROIDE		
LAGUNA	NORTE	ESTE
SALADA	7380486.250	587855.380

En la Figura N°11 se muestra la ubicación de las estacas perimetrales de la Laguna Salada y el perímetro formado uniendo la proyección desde las estacas al centroide de la laguna, manteniendo la medida con respecto al borde más cercano.



**Figura N°11. Estacas y perímetro de la Laguna Salada según la metodología CONAF. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

En la tabla N°20 se entrega el cálculo del perímetro y el área obtenida con la metodología CONAF.

**Tabla N°20. Cálculo del perímetro y el área de la Laguna Salada según la metodología CONAF. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

CALCULO DE PERIMETRO Y AREA METODOLOGIA CONAF				
LAGUNA	PERIMETRO (m)	PERIMETRO (km)	AREA (m2)	AREA (ha)
SALADA	3155.5	3.156	187059.7	18.706

En la tabla N°21 se entregan los resultados de las mediciones al borde más próximo de las estacas perimetrales de la Laguna Salada utilizando la metodología CONAF. En cuanto a la columna posición, el término “AFUERA” significa que la estaca se encuentra afuera del agua, y “ADENTRO” significa que la estaca está adentro del agua.



**Tabla N°21. Control de las estacas perimetrales en la Laguna Salada según la metodología CONAF. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

CONTROL ESTACAS LAGUNA SALADA METODOLOGIA CONAF JULIO 2024							
ESTACA LISTADO	DH (m)	POSICION	ESTACAS		PUNTO AL CENTROIDE		CAMPAÑA
			NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	
SA-26	0.10	AFUERA	7380667.97	587654.36	7380667.90	587654.43	JULIO 2023
ES-47	0.58	AFUERA	7380672.53	587640.11	7380672.15	587640.55	JULIO 2023
SA-1	1.23	AFUERA	7380741.24	587621.94	7380740.33	587622.77	JULIO 2024
SA-2	47.40	ADENTRO	7380809.21	587561.74	7380844.28	587529.86	JULIO 2024
SA-3	1.05	ADENTRO	7380764.20	587645.08	7380765.03	587644.44	JULIO 2024
SA-4	2.47	ADENTRO	7380751.50	587653.84	7380753.47	587652.35	JULIO 2024
SA-5	2.07	ADENTRO	7380745.08	587713.86	7380746.89	587712.87	JULIO 2024
SA-6	6.85	ADENTRO	7380709.50	587742.07	7380715.61	587738.97	JULIO 2024
ES-2	0.21	AFUERA	7380700.41	587814.05	7380700.21	587814.09	JULIO 2024
SA-7	2.34	AFUERA	7380695.77	587843.68	7380693.44	587843.81	JULIO 2024
SA-8	0.69	ADENTRO	7380699.89	587916.97	7380700.55	587917.16	JULIO 2024
SA-9	5.29	AFUERA	7380649.51	587967.86	7380645.15	587964.86	JULIO 2024
SA-10	1.12	ADENTRO	7380503.73	588094.88	7380503.82	588095.99	JULIO 2024
SA-11	0.69	ADENTRO	7380428.60	588163.18	7380428.47	588163.85	JULIO 2024
SA-12	0.19	AFUERA	7380401.85	588267.96	7380401.89	588267.77	JULIO 2024
SA-13	1.25	ADENTRO	7380333.13	588357.60	7380332.76	588358.80	JULIO 2024
SA-14	2.60	ADENTRO	7380328.96	588350.47	7380328.17	588352.95	JULIO 2024
SA-15	0.96	ADENTRO	7380363.00	588262.46	7380362.72	588263.37	JULIO 2024
SA-16	0.34	AFUERA	7380431.29	588083.79	7380431.37	588083.46	JULIO 2023
SA-17	7.07	AFUERA	7380528.90	587956.48	7380531.65	587962.99	JULIO 2023
SA-18	0.70	AFUERA	7380601.63	587955.66	7380602.16	587956.12	JULIO 2023
ES-19	6.52	AFUERA	7380559.23	587940.34	7380554.99	587935.39	JULIO 2023
ES-20	2.91	AFUERA	7380532.50	587926.95	7380530.92	587924.50	JULIO 2023
ES-22	2.53	AFUERA	7380493.69	587910.85	7380493.35	587908.34	JULIO 2022
ESX-1	8.65	AFUERA	7380453.55	587910.28	7380457.97	587902.85	JULIO 2022
ES-25	7.50	AFUERA	7380367.15	587895.06	7380374.27	587892.69	JULIO 2022
SA-19	1.50	AFUERA	7380347.43	587883.68	7380348.90	587883.38	JULIO 2022
ES-27	2.55	AFUERA	7380289.64	587871.54	7380292.18	587871.33	JULIO 2022
ES-28	1.30	ADENTRO	7380257.63	587857.16	7380256.33	587857.17	JULIO 2022
ES-29	1.30	AFUERA	7380216.78	587843.97	7380218.07	587844.02	JULIO 2022
ESX-2	2.65	ADENTRO	7380185.16	587822.63	7380182.52	587822.34	JULIO 2022
SA-20	4.90	ADENTRO	7380161.55	587796.13	7380156.73	587795.25	JULIO 2022
SA-21	0.75	ADENTRO	7380180.61	587742.39	7380179.91	587742.13	JULIO 2022
SA-22	0.05	AFUERA	7380186.98	587695.73	7380187.02	587695.75	JULIO 2022
ES-33	0.60	ADENTRO	7380221.25	587643.50	7380220.78	587643.13	JULIO 2022
ES-35	0.30	ADENTRO	7380251.69	587605.91	7380251.49	587605.69	JULIO 2022

SA-23	0.32	ADENTRO	7380277.44	587584.52	7380277.25	587584.27	JULIO 2022
SA-24	0.45	ADENTRO	7380311.38	587539.94	7380311.16	587539.54	JULIO 2022
ESX-3	0.18	AFUERA	7380424.50	587606.49	7380424.55	587606.66	JULIO 2022
ES-39	1.53	AFUERA	7380480.29	587612.01	7380480.33	587613.54	JULIO 2022
SA-25	0.85	AFUERA	7380512.01	587576.37	7380511.93	587577.22	JULIO 2022
ES-41	0.30	AFUERA	7380507.36	587498.70	7380507.35	587499.00	JULIO 2022
ES-42	5.06	AFUERA	7380535.26	587489.80	7380534.59	587494.81	JULIO 2022
ES-43	0.42	AFUERA	7380546.73	587530.14	7380546.65	587530.55	JULIO 2022
ES-44	1.35	AFUERA	7380572.19	587613.02	7380571.74	587614.29	JULIO 2022
ES-45	0.23	AFUERA	7380566.98	587639.82	7380566.89	587640.03	JULIO 2022

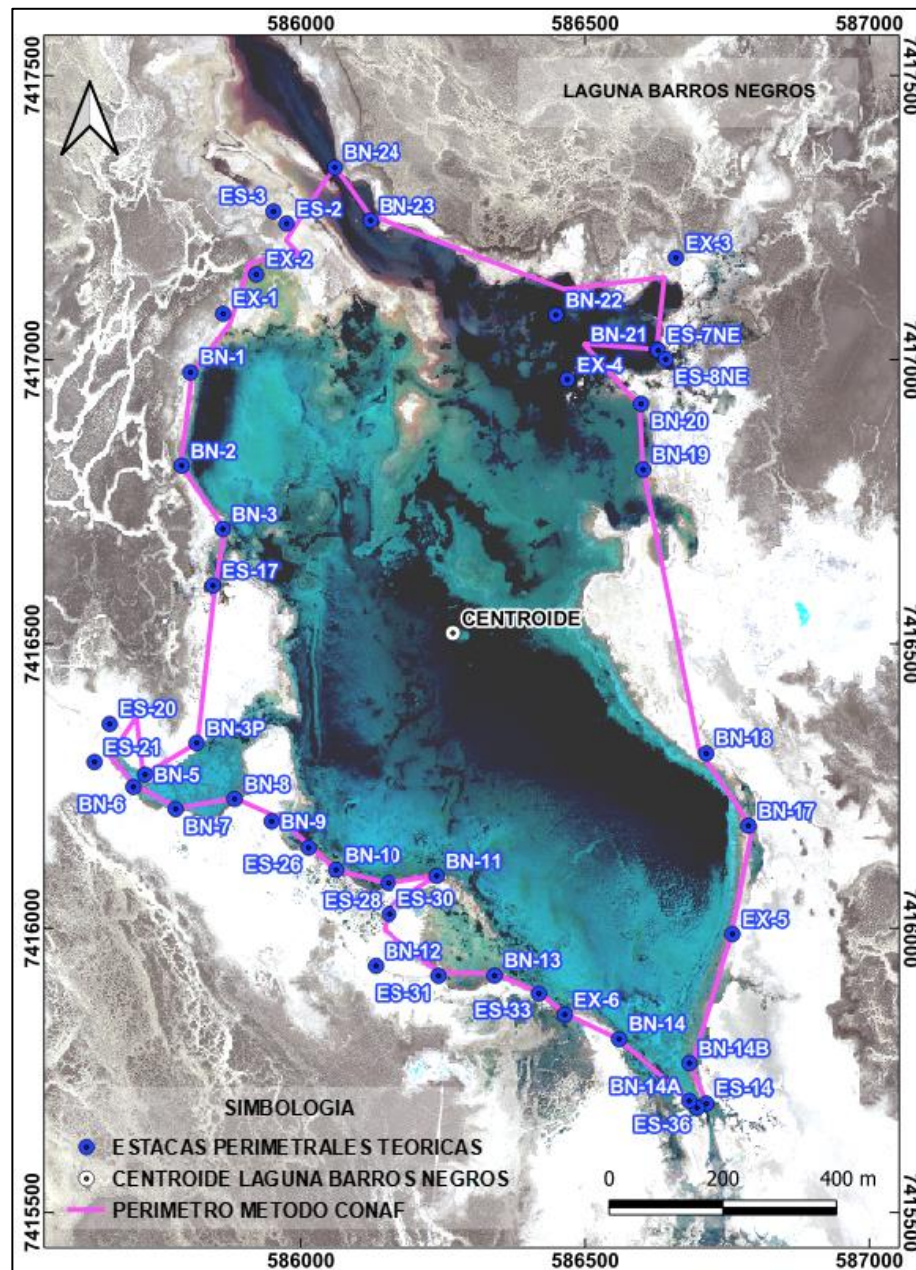
### 5.2.3 LAGUNA BARROS NEGROS

Las coordenadas calculadas para el centroide de la laguna Barros Negros se entregan en la tabla N°22.

**Tabla N°22. Coordenadas del centroide calculadas para la Laguna Barros Negros. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

COORDENADAS CALCULADAS DE CENTROIDE		
LAGUNA	NORTE	ESTE
BARROS NEGROS	7416517.06	586268.71

En la figura N°12 se muestra la ubicación de las estacas perimetrales de la Laguna Barros Negros y el perímetro formado uniendo la proyección desde las estacas al centroide de la laguna, manteniendo la medida con respecto al borde más cercano.



**Figura N°12. Estacas y perímetro de la Laguna Barros Negros según la metodología CONAF. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

En la tabla N°23 se entrega el cálculo del perímetro y el área obtenido según la metodología CONAF.

**Tabla N°23. Cálculo del perímetro y el área de la Laguna Barros Negros según la metodología CONAF. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

CALCULO DE PERIMETRO Y AREA METODOLOGIA CONAF				
LAGUNA	PERIMETRO (m)	PERIMETRO (km)	AREA (m2)	AREA (ha)
BARROS NEGROS	5294.2	5.294	1034704.8	103.470

En la tabla N°24 se entregan los resultados de las mediciones al borde más próximo de las estacas perimetrales de la Laguna Barros Negros utilizando metodología CONAF. En cuanto a la columna posición, el término “AFUERA” significa que la estaca se encuentra afuera del agua, y “ADENTRO” significa que la estaca está adentro del agua.

**Tabla N°24. Control estacas en la Laguna Barros Negros según la metodología CONAF. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

CONTROL ESTACAS LAGUNA BARROS NEGROS METODOLOGIA CONAF JULIO 2024							
ESTACA LISTADO	DH (m)	POSICION	ESTACAS		PUNTO AL CENTROIDE		CAMPAÑA
			NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	
BN-1	3.62	AFUERA	7416975.71	585803.92	7416973.17	585806.49	JULIO 2024
EX-1	20.70	AFUERA	7417078.99	585861.62	7417062.23	585873.76	JULIO 2024
EX-2	23.89	ADENTRO	7417148.13	585919.89	7417169.04	585908.33	JULIO 2024
ES-2	57.50	AFUERA	7417237.76	585973.18	7417184.56	585995.00	JULIO 2024
ES-3	55.12	AFUERA	7417259.06	585950.22	7417208.40	585971.96	JULIO 2024
BN-24	0.48	AFUERA	7417339.14	586058.14	7417338.68	586058.26	JULIO 2024
BN-23	10.36	ADENTRO	7417243.28	586121.08	7417253.44	586119.02	JULIO 2024
BN-22	47.59	ADENTRO	7417076.96	586449.92	7417122.24	586464.57	JULIO 2024
EX-3	39.57	AFUERA	7417177.45	586661.06	7417143.43	586640.85	JULIO 2024
BN-21	0.38	AFUERA	7417016.89	586627.26	7417016.58	586627.04	JULIO 2024
ES-7NE	-	-	7417014.39	586629.85	-	-	JULIO 2024
ES-8NE	-	-	7416998.87	586643.11	-	-	JULIO 2024
EX-4	69.06	ADENTRO	7416963.36	586470.01	7417026.31	586498.40	JULIO 2024
BN-20	3.96	AFUERA	7416920.51	586599.77	7416917.45	586597.26	JULIO 2024
BN-19	0.23	AFUERA	7416804.83	586603.42	7416804.68	586603.24	JULIO 2024
BN-18	13.71	AFUERA	7416305.10	586714.40	7416310.99	586702.02	JULIO 2024
BN-17	8.52	ADENTRO	7416177.92	586788.67	7416173.26	586795.81	JULIO 2024
EX-5	2.31	AFUERA	7415987.38	586760.58	7415989.08	586759.01	JULIO 2024
BN-14B	7.81	ADENTRO	7415760.16	586684.88	7415753.32	586688.64	JULIO 2024
ES-14	2.97	ADENTRO	7415689.03	586714.79	7415686.41	586716.20	JULIO 2024
ES-36	2.95	AFUERA	7415681.31	586698.54	7415683.94	586697.19	JULIO 2024
BN-14A	1.77	AFUERA	7415693.75	586684.66	7415695.33	586683.86	JULIO 2024
BN-14	0.75	ADENTRO	7415802.29	586561.13	7415801.59	586561.42	JULIO 2024



EX-6	2.71	AFUERA	7415845.53	586465.58	7415848.13	586464.82	JULIO 2024
ES-33	3.14	AFUERA	7415882.50	586419.87	7415885.55	586419.14	JULIO 2024
BN-13	3.55	AFUERA	7415914.07	586341.92	7415917.59	586341.50	JULIO 2024
ES-31	6.45	AFUERA	7415913.67	586243.15	7415920.11	586243.42	JULIO 2024
BN-12	65.44	AFUERA	7415931.24	586130.68	7415994.94	586145.69	JULIO 2024
ES-30	16.36	AFUERA	7416022.39	586154.80	7416038.33	586158.47	JULIO 2024
BN-11	0.75	AFUERA	7416089.66	586240.16	7416090.41	586240.21	JULIO 2024
ES-28	0.37	ADENTRO	7416076.98	586153.12	7416076.63	586153.03	JULIO 2024
BN-10	1.01	ADENTRO	7416100.24	586060.49	7416099.34	586060.04	JULIO 2024
ES-26	4.10	AFUERA	7416139.20	586012.06	7416142.59	586014.37	JULIO 2024
BN-9	11.94	AFUERA	7416185.64	585947.06	7416194.21	585955.38	JULIO 2024
BN-8	1.61	AFUERA	7416225.03	585881.64	7416226.00	585882.92	JULIO 2024
BN-7	3.91	AFUERA	7416207.30	585778.09	7416209.39	585781.40	JULIO 2024
BN-6	5.07	AFUERA	7416246.23	585703.62	7416248.42	585708.19	JULIO 2024
ES-21	28.57	AFUERA	7416290.10	585635.19	7416299.73	585662.08	JULIO 2024
ES-20	48.59	AFUERA	7416357.05	585661.92	7416369.44	585708.91	JULIO 2024
BN-5	3.21	AFUERA	7416267.93	585724.08	7416266.60	585721.16	JULIO 2024
BN-3P	1.94	AFUERA	7416323.52	585814.81	7416324.28	585816.60	JULIO 2024
ES-17	3.67	ADENTRO	7416600.63	585843.70	7416599.92	585847.30	JULIO 2024
BN-3	4.43	AFUERA	7416700.12	585861.16	7416698.31	585865.20	JULIO 2024
BN-2	1.32	ADENTRO	7416811.52	585788.49	7416812.21	585787.37	JULIO 2024

Nota: Estacas perimetrales ES-7NE y ES-8NE no han sido encontradas en terreno.

#### 5.2.4 LAGUNA CHAXA

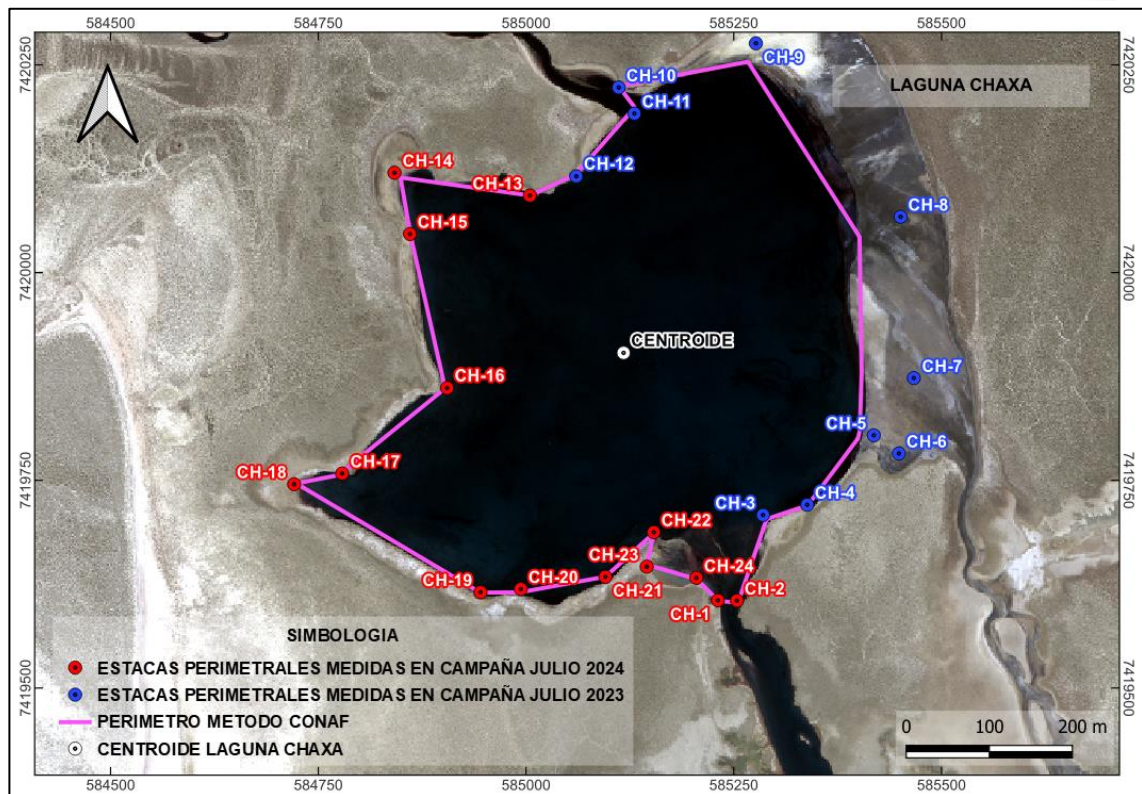
Las coordenadas calculadas para el centroide de la Laguna Chaxa se entregan en la tabla N°25.

**Tabla N°25. Coordenadas de centroide calculadas para la Laguna Chaxa.**

**Fuente ATyGeo, julio 2024.**

COORDENADAS CALCULADAS DE CENTROIDE		
LAGUNA	NORTE	ESTE
CHAXA	7419903.79	585117.51

En la Figura N°13 se muestra la ubicación de las estacas perimetrales de la Laguna Chaxa y el perímetro formado uniendo la proyección desde las estacas al centroide de la laguna, manteniendo la medida con respecto al borde más cercano.



**Figura N°13. Estacas y perímetro de la Laguna Chaxa según la metodología CONAF. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

En la tabla N°26 se entrega el cálculo del perímetro y el área obtenida con la metodología CONAF.

**Tabla N°26. Cálculo del perímetro y el área de la Laguna Chaxa según la metodología CONAF. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

CALCULO DE PERIMETRO Y AREA METODOLOGIA CONAF				
LAGUNA	PERIMETRO (m)	PERIMETRO (km)	AREA (m2)	AREA (ha)
CHAXA	2395.6	2.396	277044.7	27.704

En la tabla N°27 se entregan los resultados de las mediciones al borde más próximo de las estacas perimetrales de la Laguna Chaxa utilizando metodología CONAF. En cuanto a la columna posición, el término “AFUERA” significa que la estaca se encuentra afuera del agua, y “ADENTRO” significa que la estaca está adentro del agua.

**Tabla N°27. Control de las estacas perimetrales en la Laguna Chaxa según la metodología CONAF. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

CONTROL ESTACAS LAGUNA CHAXA METODOLOGIA CONAF JULIO 2024							
ESTACA LISTADO	DH (m)	POSICION	ESTACAS		PUNTO AL CENTROIDE		CAMPAÑA
			NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	
CH-1	0.51	ADENTRO	7419606.01	585230.96	7419605.53	585231.14	JULIO 2024
CH-2	3.03	ADENTRO	7419605.65	585253.96	7419602.90	585255.22	JULIO 2024
CH-3	6.52	ADENTRO	7419708.68	585285.30	7419703.74	585289.55	JULIO 2023
CH-4	0.97	ADENTRO	7419721.00	585338.47	7419720.38	585339.21	JULIO 2023
CH-5	17.78	AFUERA	7419804.57	585418.64	7419810.14	585401.75	JULIO 2023
CH-6	52.42	AFUERA	7419782.67	585448.77	7419800.67	585399.54	JULIO 2023
CH-7	63.08	AFUERA	7419873.45	585466.80	7419878.91	585403.96	JULIO 2023
CH-8	54.99	AFUERA	7420067.52	585450.86	7420043.28	585401.50	JULIO 2023
CH-9	24.12	AFUERA	7420276.24	585276.73	7420254.07	585267.25	JULIO 2023
CH-10	1.39	ADENTRO	7420223.15	585111.66	7420224.54	585111.64	JULIO 2023
CH-11	7.50	ADENTRO	7420191.74	585130.58	7420199.23	585130.92	JULIO 2023
CH-12	2.14	ADENTRO	7420116.30	585060.55	7420118.37	585060.00	JULIO 2023
CH-13	0.08	ADENTRO	7420093.13	585004.84	7420093.20	585004.80	JULIO 2024
CH-14	9.19	AFUERA	7420120.50	584841.84	7420114.82	584849.07	JULIO 2024
CH-15	0.48	AFUERA	7420046.84	584860.47	7420046.61	584860.89	JULIO 2024
CH-16	2.40	ADENTRO	7419861.51	584905.13	7419861.04	584902.78	JULIO 2024
CH-17	5.62	ADENTRO	7419758.66	584778.89	7419756.44	584773.73	JULIO 2024
CH-18	2.65	AFUERA	7419745.69	584721.09	7419746.67	584723.55	JULIO 2024
CH-19	0.54	ADENTRO	7419615.77	584945.34	7419615.31	584945.06	JULIO 2024
CH-20	4.36	ADENTRO	7419619.52	584993.88	7419615.52	584992.14	JULIO 2024
CH-21	0.10	AFUERA	7419634.28	585095.65	7419634.38	585095.66	JULIO 2024
CH-22	1.01	ADENTRO	7419688.00	585153.88	7419687.00	585154.05	JULIO 2024
CH-23	2.55	AFUERA	7419646.44	585145.37	7419648.97	585145.10	JULIO 2024
CH-24	1.71	ADENTRO	7419633.05	585205.17	7419631.42	585205.70	JULIO 2024

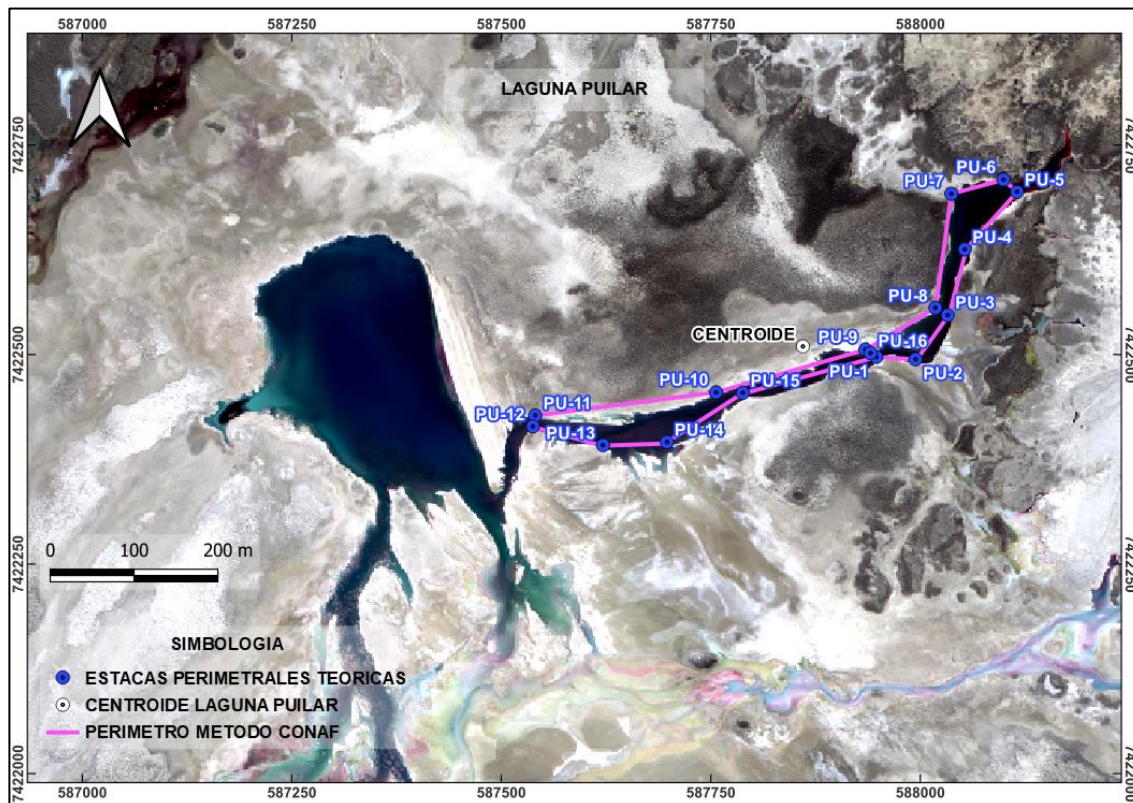
## 5.2.5 LAGUNA PUILAR

Las coordenadas calculadas para el centroide de la Laguna Puilar se entregan en la tabla N°28.

**Tabla N°28. Coordenadas de centroide calculadas para la Laguna Puilar. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

COORDENADAS CALCULADAS DE CENTROIDE		
LAGUNA	NORTE	ESTE
PUILAR	7422510.320	587860.050

En la Figura N°14 se muestra la ubicación de las estacas perimetrales de la Laguna Puilar y el perímetro formado uniendo la proyección desde las estacas al centroide de la laguna, manteniendo la medida con respecto al borde más cercano.



**Figura N°14. Estacas y perímetro de la Laguna Puilar según metodología CONAF. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

En la tabla N°29 se entrega el cálculo del perímetro y el área obtenida con la metodología CONAF.

**Tabla N°29. Cálculo del perímetro y el área de la Laguna Puilar metodología CONAF. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

CALCULO DE PERIMETRO Y AREA METODOLOGIA CONAF				
LAGUNA	PERIMETRO (m)	PERIMETRO (km)	AREA (m2)	AREA (ha)
PUILAR	1462.5	1.463	19228.7	1.923

En la tabla N°30 se entregan los resultados de las mediciones al borde más próximo de las estacas perimetrales de la Laguna Puilar utilizando la metodología CONAF. En cuanto a la columna posición, el término “AFUERA” significa que la estaca se



encuentra afuera del agua, y “ADENTRO” significa que la estaca está adentro del agua.

**Tabla N°30. Control de las estacas perimetrales en la Laguna Puilar según la metodología CONAF. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

CONTROL ESTACAS LAGUNA PUILAR METODOLOGIA CONAF JULIO 2024							
ESTACA LISTADO	DH (m)	POSICION	ESTACAS		PUNTO AL CENTROIDE		CAMPAÑA
			NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	
PU-1	0.19	ADENTRO	7422497.72	587947.65	7422497.69	587947.84	JULIO 2024
PU-2	1.54	ADENTRO	7422494.93	587994.41	7422494.75	587995.94	JULIO 2024
PU-3	1.84	ADENTRO	7422547.65	588032.68	7422548.04	588034.48	JULIO 2024
PU-4	2.72	ADENTRO	7422626.13	588053.15	7422627.53	588055.48	JULIO 2024
PU-5	0.67	ADENTRO	7422694.71	588115.53	7422695.10	588116.07	JULIO 2024
PU-6	0.48	AFUERA	7422709.26	588099.32	7422708.95	588098.96	JULIO 2024
PU-7	0.04	ADENTRO	7422692.44	588037.12	7422692.47	588037.14	JULIO 2024
PU-8	0.36	AFUERA	7422556.39	588018.17	7422556.50	588018.52	JULIO 2024
PU-9	1.03	AFUERA	7422506.60	587934.50	7422506.55	587935.53	JULIO 2024
PU-10	0.22	AFUERA	7422455.54	587756.37	7422455.43	587756.18	JULIO 2024
PU-11	0.97	ADENTRO	7422428.01	587540.56	7422427.77	587539.62	JULIO 2024
PU-12	0.79	ADENTRO	7422414.79	587537.82	7422414.57	587537.07	JULIO 2024
PU-13	1.46	ADENTRO	7422392.49	587621.46	7422391.85	587620.15	JULIO 2024
PU-14	3.31	ADENTRO	7422396.30	587697.82	7422394.40	587695.11	JULIO 2024
PU-15	2.51	ADENTRO	7422454.95	587788.39	7422453.41	587786.41	JULIO 2024
PU-16	3.55	ADENTRO	7422502.36	587940.65	7422502.01	587944.19	JULIO 2024

### 5.3 REGISTRO FOTOGRAFICO

Durante la ejecución de las mediciones se realizó un registro fotográfico de las actividades, algunas de las cuales se observan a continuación:



**Fotografía N°1. Medición del borde más próximo a la estaca SATA-9 de laguna Saladita. Las coordenadas indicadas en la foto corresponden al punto del borde lagunar medido. Fuente ATyGeo, julio 2024.**



**Fotografía N°2. Medición del borde más próximo a la estaca SA-5 de laguna Salada. Las coordenadas indicadas en la foto corresponden al punto del borde lagunar medido. Fuente ATyGeo, julio 2024.**



ESTACA: BN-3  
NORTE: 7416702.960  
ESTE: 585864.565  
ELEVACION: 2299.930  
AZIMUT: 118°  
FECHA: 19-07-2024  
HORA: 10:51:52  
COORDENADAS UTM  
WGS 84 19 SUR

**Fotografía N°3. Medición del borde más próximo a la estaca BN-3 de laguna Barros Negros. Las coordenadas indicadas en la foto corresponden al punto del borde lagunar medido. Fuente ATyGeo, julio 2024.**



ESTACA: CH-16  
NORTE: 7419863.653  
ESTE: 584904.051  
ELEVACION: 2300.180  
AZIMUT: 87°  
FECHA: 25-07-2024  
HORA: 12:32:10  
COORDENADAS UTM  
WGS 84 19 SUR

**Fotografía N°4. Medición del borde más próximo a la estaca CH-16 de laguna Chaxa. Las coordenadas indicadas en la foto corresponden al punto del borde lagunar medido. Fuente ATyGeo, julio 2024.**





**Fotografía N°5. Medición del borde más próximo a la estaca PU-4 de laguna Puilar. Las coordenadas indicadas en la foto corresponden al punto del borde lagunar medido. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

## 6. DISCUSIONES

De acuerdo con las actividades programadas, en la laguna Salada, el veedor de la Comunidad Atacameña de Peine terminó anticipadamente el trabajo por inicio del periodo reproductivo de los flamencos; y en la laguna Chaxa, el veedor de la Comunidad Atacameña de Toconao terminó anticipadamente los trabajos por la cantidad de flamencos en el sector, en ambas lagunas la medición de estacas perimetrales fue parcial. Por tal motivo, se presentan los datos tomados en esta campaña y se hace una estimación de área y perímetro, utilizando las mediciones de campañas julio 2022 y 2023 en Laguna Salada, y campaña julio 2023 en Laguna Chaxa, para complementar la información.

A continuación, se hace una comparación entre las metodologías para los cálculos utilizadas:

### 6.1 COMPARACION ENTRE METODOLOGÍAS

Las metodologías utilizadas forman polígonos diferentes, lo que resulta en valores distintos del perímetro y el área calculada. Si bien, se usa la misma medida de distancia entre las estacas perimetrales y el borde de la laguna, el ángulo formado es

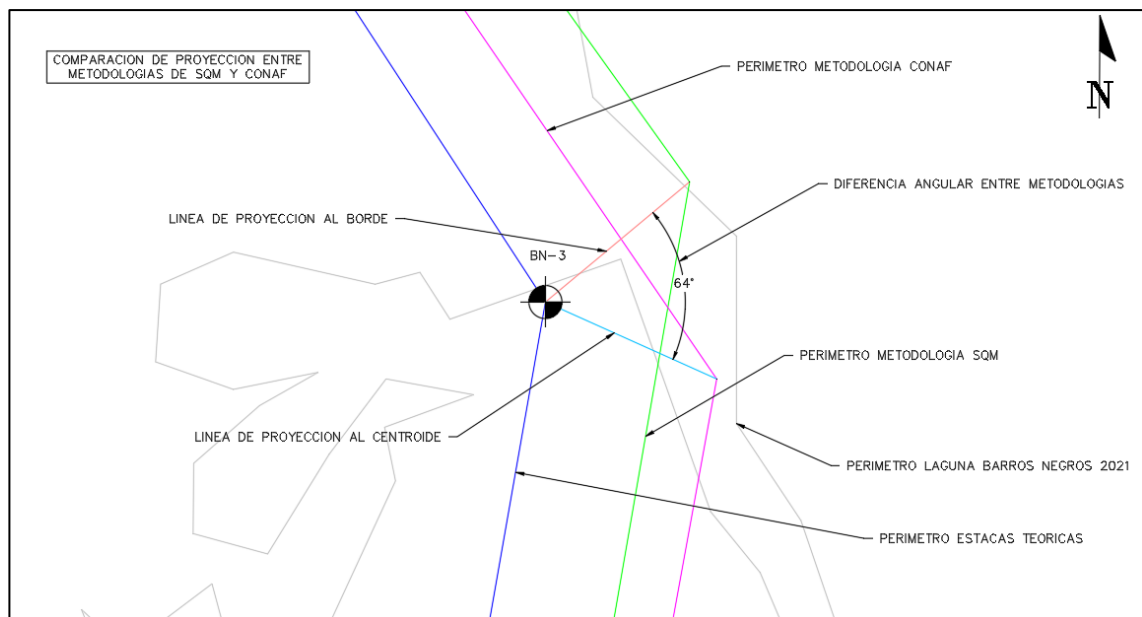


distinto. La metodología de SQM se ajusta más al borde de la laguna, mientras que la metodología de CONAF proyecta la misma distancia al centroide calculado.

En ambos casos no se cubre la totalidad de la superficie. Se debe tener en cuenta que los resultados obtenidos dependen del número de estacas perimetrales, lo que significa que a mayor cantidad de estacas mayor será la correspondencia con la superficie real lagunar.

Sin embargo, este método es importante para hacer seguimiento y establecer comparaciones de rango amplio, pero con diferencias al compararla con otros métodos, como lo es el levantamiento topográfico de perímetro lagunar con equipos GNSS diferencial en método RTK o PPK, que aporta información más ajustada al perímetro real de la laguna, así como el cálculo de superficie lacustre con métodos satelitales.

En la figura N°15 se muestra un ejemplo de líneas de proyección de las estacas al borde y al centroide, indicando la diferencia angular entre ellos.



**Figura N°15. Comparación de línea de proyección desde estaca BN-3 hasta borde de laguna (metodología SQM), con línea de proyección desde estaca BN-3 al centroide (metodología CONAF) en la laguna Barros Negros.**

**Fuente ATyGeo, julio 2024.**

## 7. CONCLUSIONES

A partir de las mediciones realizadas en las superficies lacustres del Salar de Atacama se puede indicar que:

- Se midieron las estacas perimetrales en lagunas Saladita, Salada, Barros Negros, Chaxa y Puilar.
- La medición de estacas perimetrales en las lagunas Salada y Chaxa se realizaron de forma parcial, por término anticipado de las actividades, decisión adoptada por los veedores de las Comunidades Atacameñas.
- Con respecto a las metodologías de SQM y CONAF utilizadas para estas mediciones, se debe señalar que no representan fielmente el perímetro de las lagunas, ya que no cubre la totalidad de la superficie.
- En las tablas entregadas en este informe y para el cálculo de centroide se utilizaron las coordenadas de estacas levantadas en terreno periodos 2021 y 2022.
- Se debe indicar que para el cálculo de perímetro y área utilizando la metodología SQM, los resultados se entregan en la siguiente tabla:

CALCULO DE PERIMETRO Y AREA METODOLOGIA SQM JULIO 2024				
LAGUNA	PERIMETRO (m)	PERIMETRO (km)	AREA (m2)	AREA (ha)
SALADA	3153.1	3.153	186802.6	18.680
SALADITA	1961.1	1.961	91658.6	9.166
PUILAR	1463.1	1.463	19803.8	1.980
CHAXA	2384.2	2.384	278634.8	27.863
BARROS NEGROS	5061.4	5.061	1033502.6	103.350

- Para realizar los cálculos con la metodología CONAF, se obtuvieron las siguientes coordenadas del centroide:

COORDENADAS CALCULADAS DE CENTROIDE		
LAGUNA	NORTE	ESTE
SALADA	7380486.250	587855.380
SALADITA	7381251.800	586945.700
PUILAR	7422510.320	587860.050
CHAXA	7419903.790	585117.510
BARROS NEGROS	7416517.060	586268.710

- Además, para el cálculo de perímetro y área utilizando la metodología CONAF, los resultados se entregan en la siguiente tabla:

CALCULO DE PERIMETRO Y AREA METODOLOGIA CONAF JULIO 2024				
LAGUNA	PERIMETRO (m)	PERIMETRO (km)	AREA (m2)	AREA (ha)
SALADA	3155.5	3.156	187059.7	18.706
SALADITA	1951.2	1.951	95118.2	9.512
PUILAR	1462.5	1.463	19228.7	1.923
CHAXA	2395.6	2.396	277044.7	27.704
BARROS NEGROS	5294.2	5.294	1034704.8	103.470

## 8. REFERENCIAS

Como referencias para la confección de este informe se utilizaron los siguientes documentos:

- RESOL EXENTA N 223 SMA
- SL-00-IT-0002\_REV.1
- SL-00-IT-0003\_REV.0
- SL-00-IT-0004\_REV.0
- SL-00-IT-0008\_REV.0
- SL-00-IT-0011\_REV.0
- SL-00-IT-0014\_REV.0
- SL-00-IT-0017\_REV.0

## 9. ANEXOS

El informe de Levantamiento de Superficies Lacustres contempla archivos digitales, los cuales fueron cargados en carpeta compartida de plataforma SQM denominada "1 Mediciones Lacustres", en "10 Campaña ATyGeo - Julio 2024", y "03 Estacas Perimetrales Julio 2024". Estos archivos digitales contienen toda la información del trabajo realizado, los cuales son:

- 1\_Informe
- 2\_Planilla
- 3\_Fotos
- 4\_Shape
- 5\_Kmz
- 6\_Csv
- 7\_Referencias

Además, se adjunta Anexo N°1 con el listado de coordenadas de estacas perimetrales teóricas utilizadas.

## 9.1 ANEXO 1 COORDENADAS TEORICAS DE ESTACAS PERIMETRALES

ESTACAS TEORICAS LAGUNA CHAXA		
ID	NORTE	ESTE
CH-1	7419606.01	585230.96
CH-2	7419605.65	585253.96
CH-3	7419708.68	585285.30
CH-4	7419721.00	585338.47
CH-5	7419804.57	585418.64
CH-6	7419782.67	585448.77
CH-7	7419873.45	585466.80
CH-8	7420067.52	585450.86
CH-9	7420276.24	585276.73
CH-10	7420223.15	585111.66
CH-11	7420191.74	585130.58
CH-12	7420116.30	585060.55
CH-13	7420093.13	585004.84
CH-14	7420120.50	584841.84
CH-15	7420046.84	584860.47
CH-16	7419861.51	584905.13
CH-17	7419758.66	584778.89
CH-18	7419745.69	584721.09
CH-19	7419615.77	584945.34
CH-20	7419619.52	584993.88
CH-21	7419634.28	585095.65
CH-22	7419688.00	585153.88
CH-23	7419646.44	585145.37
CH-24	7419633.05	585205.17

ESTACAS TEORICAS LAGUNA PUILAR		
ID	NORTE	ESTE
PU-1	7422497.72	587947.65
PU-2	7422494.93	587994.41
PU-3	7422547.65	588032.68
PU-4	7422626.13	588053.15
PU-5	7422694.71	588115.53
PU-6	7422709.26	588099.32
PU-7	7422692.44	588037.12
PU-8	7422556.39	588018.17
PU-9	7422506.60	587934.50
PU-10	7422455.54	587756.37
PU-11	7422428.01	587540.56
PU-12	7422414.79	587537.82
PU-13	7422392.49	587621.46
PU-14	7422396.30	587697.82
PU-15	7422454.95	587788.39
PU-16	7422502.36	587940.65



ESTACAS TEORICAS LAGUNA BARROS NEGROS		
ID	NORTE	ESTE
BN-1	7416975.71	585803.92
EX-1	7417078.99	585861.62
EX-2	7417148.13	585919.89
ES-2	7417237.76	585973.18
ES-3	7417259.06	585950.22
BN-24	7417339.14	586058.14
BN-23	7417243.28	586121.08
BN-22	7417076.96	586449.92
EX-3	7417177.45	586661.06
BN-21	7417016.89	586627.26
ES-7NE	7417014.39	586629.85
ES-8NE	7416998.87	586643.11
EX-4	7416963.36	586470.01
BN-20	7416920.51	586599.77
BN-19	7416804.83	586603.42
BN-18	7416305.10	586714.40
BN-17	7416177.92	586788.67
EX-5	7415987.38	586760.58
BN-14B	7415760.16	586684.88
ES-14	7415689.03	586714.79
ES-36	7415681.31	586698.54
BN-14A	7415693.75	586684.66
BN-14	7415802.29	586561.13
EX-6	7415845.53	586465.58
ES-33	7415882.50	586419.87
BN-13	7415914.07	586341.92
ES-31	7415913.67	586243.15
BN-12	7415931.24	586130.68
ES-30	7416022.39	586154.80
BN-11	7416089.66	586240.16
ES-28	7416076.98	586153.12
BN-10	7416100.24	586060.49
ES-26	7416139.20	586012.06
BN-9	7416185.64	585947.06
BN-8	7416225.03	585881.64
BN-7	7416207.30	585778.09
BN-6	7416246.23	585703.62
ES-21	7416290.10	585635.19
ES-20	7416357.05	585661.92
BN-5	7416267.93	585724.08
BN-3P	7416323.52	585814.81
ES-17	7416600.63	585843.70
BN-3	7416700.12	585861.16
BN-2	7416811.52	585788.49

ESTACAS TEORICAS LAGUNA SALADA		
ID	NORTE	ESTE
SA-1	7380741.24	587621.94
SA-2	7380809.21	587561.74
SA-3	7380764.20	587645.08
SA-4	7380751.50	587653.84
SA-5	7380745.08	587713.86
SA-6	7380709.50	587742.07
ES-2	7380700.41	587814.05
SA-7	7380695.77	587843.68
SA-8	7380699.89	587916.97
SA-9	7380649.51	587967.86
SA-10	7380503.73	588094.88
SA-11	7380428.60	588163.18
SA-12	7380401.85	588267.96
SA-13	7380333.13	588357.60
SA-14	7380328.96	588350.47
SA-15	7380363.00	588262.46
SA-16	7380431.29	588083.79
SA-17	7380528.90	587956.48
SA-18	7380601.63	587955.66
ES-19	7380559.23	587940.34
ES-20	7380532.50	587926.95
ES-22	7380493.69	587910.85
ESX-1	7380453.55	587910.28
ES-25	7380367.15	587895.06
SA-19	7380347.43	587883.68
ES-27	7380289.64	587871.54
ES-28	7380257.63	587857.16
ES-29	7380216.78	587843.97
ESX-2	7380185.16	587822.63
SA-20	7380161.55	587796.13
SA-21	7380180.61	587742.39
SA-22	7380186.98	587695.73
ES-33	7380221.25	587643.50
ES-35	7380251.69	587605.91
SA-23	7380277.44	587584.52
SA-24	7380311.38	587539.94
ESX-3	7380424.50	587606.49
ES-39	7380480.29	587612.01
SA-25	7380512.01	587576.37
ES-41	7380507.36	587498.70
ES-42	7380535.26	587489.80
ES-43	7380546.73	587530.14
ES-44	7380572.19	587613.02
ES-45	7380566.98	587639.82
SA-26	7380667.97	587654.36
ES-47	7380672.53	587640.11

ESTACAS TEORICAS LAGUNA SALADITA		
ID	NORTE	ESTE
SATA-1	7381488.06	587020.67
ES-2	7381479.99	587083.09
SATA-23	7381474.01	587106.76
SATA-22	7381422.53	587111.00
ES-5	7381387.88	587105.27
SATA-21	7381356.17	587093.54
SATA-20	7381288.77	587085.97
ES-9	7381229.93	587069.92
SATA-19	7381194.65	587057.54
ES-11	7381144.95	587036.76
SATA-18	7381117.89	587027.57
SATA-15	7381090.14	587023.45
SATA-14	7381025.19	586985.20
SATA-13	7380991.64	587040.39
ES-16	7380928.10	587068.85
SATA-12	7380955.88	587038.62
ES-18	7381004.33	586970.39
ES-19	7381022.72	586946.67
SATA-11	7381026.96	586921.22
ES-21	7381056.65	586889.48
ES-22	7381116.20	586860.37
ES-23	7381229.09	586827.18
SATA-9	7381242.84	586816.38
ES-25	7381293.71	586813.47
ES-26	7381354.05	586784.07
SATA-7	7381385.62	586741.85
SATA-6	7381414.22	586693.34
ES-29	7381419.10	586697.66
SATA-5	7381393.77	586757.05
ES-32	7381388.78	586823.93
ES-33	7381387.52	586836.81
SATA-4	7381402.80	586905.50
SATA-3	7381453.14	586920.01
ES-36	7381452.19	586936.65
ES-37	7381475.74	586910.11
ES-38	7381528.13	586896.23
SATA-2	7381482.22	586927.25
ES-40	7381478.45	586957.87
SATA-24	7381472.68	587062.59
SATA-8	7381323.26	586766.89
SATA-10	7381137.85	586837.36
SATA-16	7381064.21	587055.22
SATA-17	7381050.97	587084.72
ESX-1	7381311.18	587094.16
ESX-2	7381072.33	586989.69
ESX-3	7381206.51	586820.89
ESX-4	7381387.41	586881.33

# Informe Topográfico:

SL-00-IT-0021\_REV.1



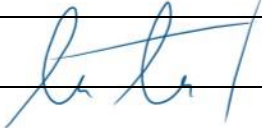
## Levantamiento de Superficies Lacustres

### Medición de puntos de control

periodo julio 2024

## Salar de Atacama – SQM, Región de Antofagasta

Viernes, 09 de agosto de 2024

<b>ATyGeo</b>	<b>ATyGeo</b>	
Nombre: Cristian Trigo T.	Nombre: Verónica Villalobos R.	Nombre: Gustavo Muñoz C.
Fecha: 09-08-2024	Fecha: 09-08-2024	Fecha:
Firma: 	Firma: 	Firma:



## 1. RESUMEN

El Contrato Marco denominado “Servicios de Levantamiento de estacas perimetrales y toma de puntos de control de terreno, Salar de Atacama”, contempla el monitoreo de las superficies lacustres en los sistemas Soncor, Peine y Aguas de Quelana.

El presente informe entrega los resultados de la toma de Puntos de Control como apoyo al cálculo de cuerpos de agua superficial vía imagen satelital para el periodo julio 2024.

Este monitoreo es desarrollado bajo el contexto del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico (PSAH) establecido en la RCA 226/2006 del proyecto “Cambios y mejoras de la operación minera en el Salar de Atacama”. Los puntos de control responden a la metodología establecida en la RES-EX 244/2010.

El trabajo se realizó entre los días 03 y 26 de julio, ejecutando la toma de puntos de control en los sectores denominados Desborde Sur, Aguas de Quelana, Desborde Laguna Interna, Laguna Saladita, Laguna Salada, Laguna Barros Negros, Laguna Chaxa y Laguna Puilar.

En la laguna Salada, el veedor de la Comunidad Atacameña de Peine finalizó anticipadamente el trabajo por inicio del periodo reproductivo de los flamencos; en la laguna Chaxa, el veedor de la Comunidad Atacameña de Toconao terminó anticipadamente los trabajos por la cantidad de flamencos en el sector; y en la Laguna Puilar, el Guardaparques de CONAF y el veedor de la Comunidad Atacameña de Toconao indicaron que la actividad debía terminar a las 15:00 saliendo por barrera, lo cual limitó la cantidad de puntos de control medidos.

En la Tabla N°1 se entrega una lista de las lagunas y la fecha de mediciones.

**Tabla N°1. Lista de las lagunas y su fecha de medición.**  
**Fuente ATyGeo, julio 2024.**

TABLA RESUMEN SUPERFICIES LACUSTRES			
LAGUNA	SECTOR	FECHA DE MEDICION	OBSERVACION
DESBORDE SUR	SONCOR	03, 04 Y 10-07-2024	ACTIVIDAD REALIZADA
AGUAS DE QUELANA	AGUAS DE QUELANA	08 y 09-07-2024	ACTIVIDAD REALIZADA
DESBORDE INTERNA	PEINE	11-07-2024	ACTIVIDAD REALIZADA
SALADITA	PEINE	12-07-2024	ACTIVIDAD REALIZADA
SALADA	PEINE	14-07-2024	ACTIVIDAD REALIZADA
BARROS NEGROS	SONCOR	18 y 19-07-2024	ACTIVIDAD REALIZADA
CHAXA	SONCOR	25-07-2024	ACTIVIDAD REALIZADA
PUILAR	SONCOR	26-07-2024	ACTIVIDAD REALIZADA

En la Tabla N°2 se entrega un resumen de los puntos de control medidos en este periodo.

**Tabla N°2. Resumen de medición de puntos de control.**

**Fuente ATyGeo, julio 2024**

PUNTOS DE CONTROL JULIO 2024	
LAGUNA	CANTIDAD
DESBORDE SUR	31
AGUAS DE QUELANA	38
DESBORDE INTERNA	22
SALADITA	16
SALADA	6
BARROS NEGROS	24
CHAXA	10
PUILAR	8
<b>TOTAL</b>	<b>155</b>

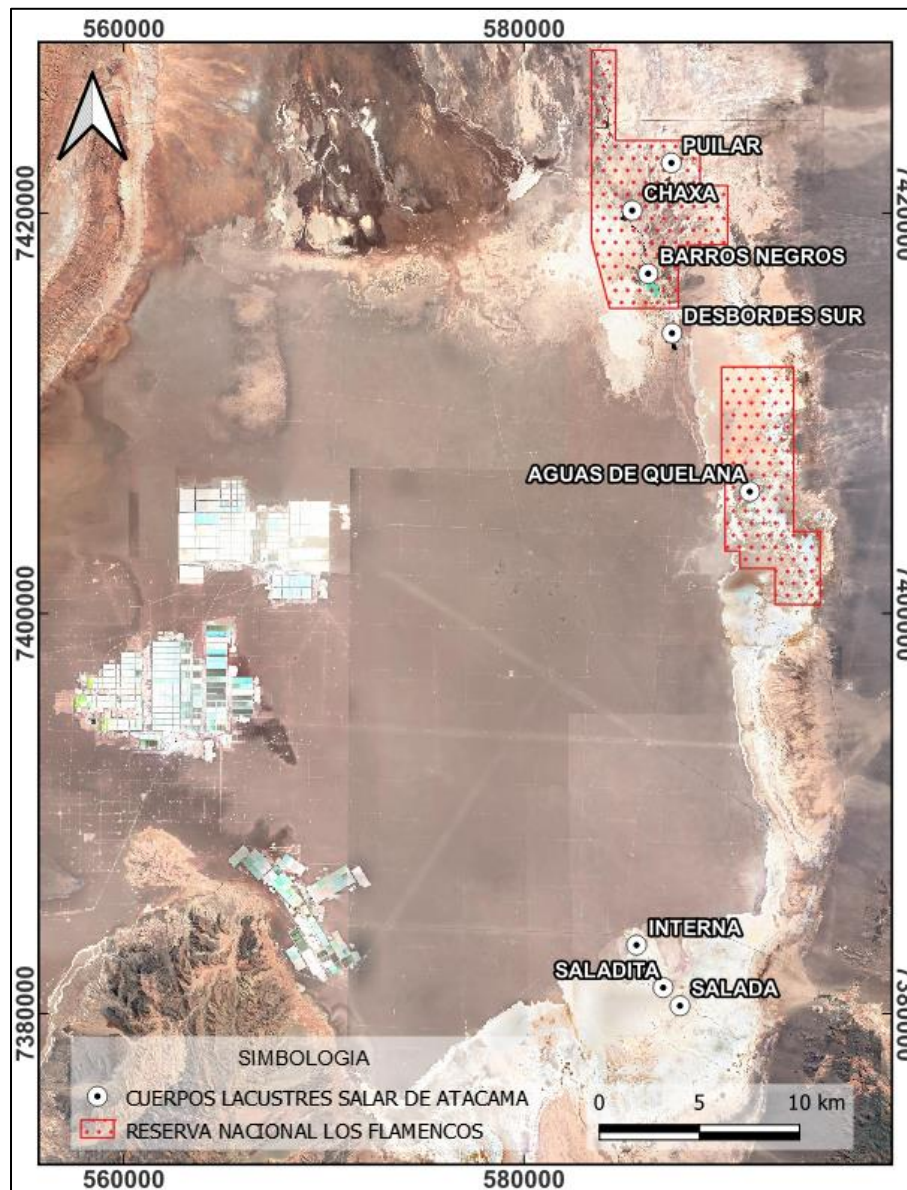
## 2. INTRODUCCION

SQM solicitó a ATyGeo el levantamiento topográfico de puntos de control en superficies lacustres del Salar de Atacama para el periodo julio 2024, en los sistemas de Soncor, Peine y Aguas de Quelana. Esto en el contexto del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico (PSAH) establecido en la RCA 226/2006 del proyecto “Cambios y mejoras de la operación minera en el Salar de Atacama”.

Los puntos de control responden a la metodología establecida en la RES-EX 244/2010.

En este informe se entregan los resultados del servicio de toma de puntos de control en las superficies lacustres, donde se obtienen datos de la posición, las características generales del suelo, la existencia de vegetación y la profundidad de los cuerpos de agua.

En la Figura N°1 se entrega la ubicación general de las superficies lacustres del Salar de Atacama.



**Figura N°1. Ubicación de las superficies lacustres.**  
**Sistema coordinado UTM, Datum WGS84, Zona 19S**  
**Fuente ATyGeo, julio 2024.**

### 3. OBJETIVOS

- Medir puntos de control de superficies lacustres en el Salar de Atacama, entregando información relevante de la posición con coordenadas precisas, las características generales o fisionómicas del suelo, la presencia de vegetación y la profundidad de cuerpos de agua, para apoyar al cálculo de extensión lacustre con imágenes satelitales de alta resolución.

### 4. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 4.1 MATERIALES

Los materiales y equipos utilizados para esta labor se resumen en la Tabla N°3.

**Tabla N°3. Materiales y equipos.**

**Fuente ATyGeo, julio 2024.**

MATERIALES Y EQUIPOS		
ITEM	MATERIALES Y EQUIPOS	UTILIZACION
1	GPS DIFERENCIAL MARCA TRIMBLE MODELO R12i	MEDICION DE PUNTOS DE CONTROL CON METODO PPK
2	TRIPODE DE FIBRA	SOPORTE GPS BASE
3	JALON DE FIBRA MARCA TRIMBLE, PORTA GPS MOVIL, DE 2 METROS DE ALTURA	UTILIZADO COMO ESCALA GRAFICA EN FOTOGRAFIAS
4	CAMIONETA 4X4	TRASLADO A SUPERFICIES LACUSTRES
5	JARDINERA CON BOTAS PVC	PROTECCION AL CAMINAR POR BORDE DE LAGUNAS
6	BALACLAVA, BANDANA, GORRO LEGIONARIO, GUANTES, LENTES, BLOQUEADOR SOLAR	PROTECCION SOLAR AL CAMINAR POR SUPERFICIES LACUSTRES
7	ROPA DE COLOR BEIGE	ROPA SOLICITADA PARA EVITAR AHUYENTAR A LAS AVES

#### 4.2 MÉTODOS

El servicio consiste en realizar mediciones de puntos de control de las superficies lacustres en los sectores Aguas de Quelana, Laguna Chaxa, Laguna Puilar, Laguna Barros Negros, Desborde Sur, Laguna Salada, Laguna Saladita y Desborde Laguna Interna.

La medición de puntos de control se debe realizar en el sistema coordinado UTM, Datum WGS-84, Zona 19 Sur, EGM96, incluyendo la elevación ortométrica (m.s.n.m.).

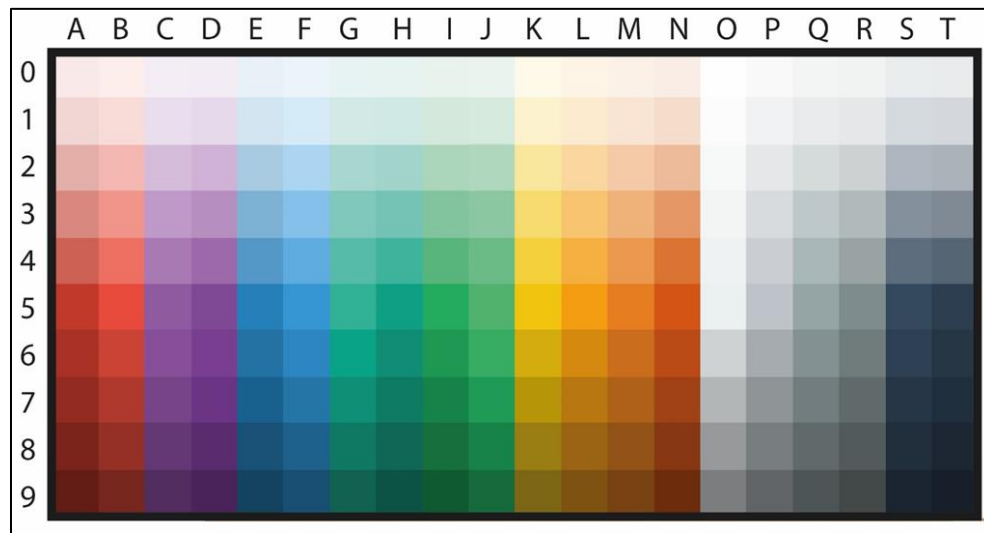


Se deben indicar las características del suelo como el color, la textura y el tamaño de clastos, así como la vegetación y la fauna existente. Además, es necesario registrar el espesor de columna de agua, generando respaldos fotográficos orientados y videos en 360°. Toda esta información debe ser observada en el borde de los cuerpos lacustres, donde se mide cada punto de control. Estos lugares generalmente presentan condiciones secas, blandas o lodosas, o una combinación de ellas.

Para las características del suelo, se tomarán en cuenta tanto cualidades generales de tipo cualitativas como cuantitativas. Tales como el aspecto, el color de referencia, el tipo de textura, la presencia o no de vegetación y la profundidad de columna de agua a 1.2m. A continuación, se describe en detalle cada una de estas características.

#### 4.2.1 COLOR

El color del suelo debe ser escogido en referencia a la matriz de colores de la Figura N°2.

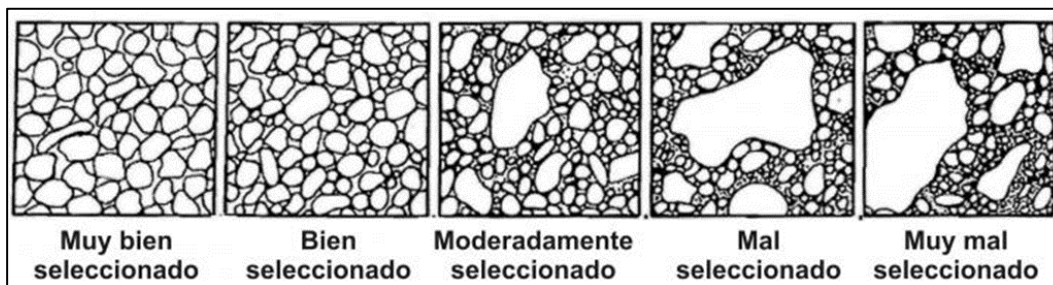


**Figura N°2. Matriz de colores de referencia para indicar color del suelo.**

**Fuente “Toma de puntos de control en terreno” SQM 2023.**

#### 4.2.2 TEXTURA

La textura del suelo debe ser escogida en relación con las imágenes de referencia indicadas en la Figura N°3.



**Figura N°3. Imágenes de referencia para indicar textura del suelo.**

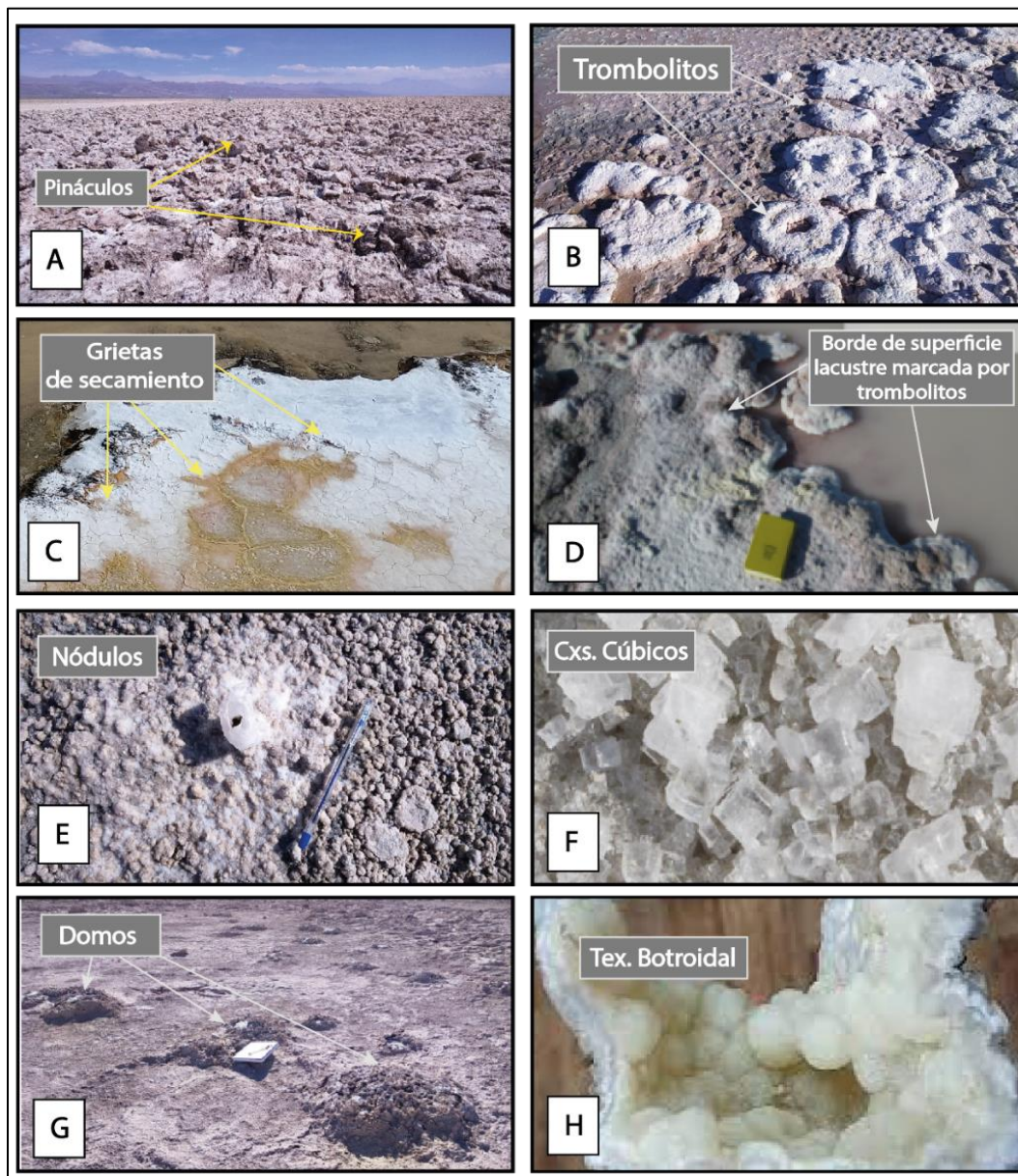
**Fuente “Toma de puntos de control en terreno” SQM 2023.**

Por otro lado, es necesario utilizar descripciones texturales de las costras salinas y los depósitos sedimentarios evaporíticos, los cuales son predominantes en el Salar, así como declarar ciertas morfologías típicas en estos ambientes. En este contexto, se entiende por textura al “aspecto” que corresponde a la forma y distribución de granos minerales, lo que permite, en primer lugar, comprender las condiciones fisicoquímicas y/o ambientales de su formación.

Dentro de las principales formas y morfologías observadas en terreno, se han compilado y seleccionados las cercanas a cuerpos de agua. En la Figura N°4, se muestran diferentes fotografías de apoyo para la descripción en terreno de un punto de control. En estas fotografías se puede observar:

- A: Pináculos, formados por evaporación intensa en ambientes áridos, pueden ser caracterizados por su geometría o tamaño relativo.
- B: Trombolitos, formas circulares formadas producto de actividad biológica en ambientes dulces o mixtos.
- C: Grietas de secamiento, geometrías poligonales formadas por la pérdida de agua o humedad.
- D: Trombolitos como morfología delimitadora de superficie lacustre.
- E: Costra con textura nodular, a menudo dispuestos en patrones repetitivos.
- F: Cristales cúbicos de halita, indica condiciones de alta salinidad y precipitación lenta.
- G: Domos, formados por dilución adyacente.
- H: Textura botroidal o en almohadilla

Estas características son evidenciadas en la columna de textura, no obstante, algunos parámetros como estructuras sedimentarias o aspectos relevantes encontrados en el punto de control son especificadas en el apartado de “Descripción General”.



**Figura N°4: Descripciones texturales de costras salinas.**

**Fuente “Toma de puntos de control en terreno” SQM 2023.**

#### 4.2.3 TAMAÑO

El tamaño de las partículas de terreno se escogerá de acuerdo con lo indicado en la Figura N°5.

El tamaño seleccionado hace referencia al sedimento o partículas observables en el punto de control y, en particular, a la zona próxima del mismo con presencia de agua.

Clastos sedimentarios		Tamaño del clasto en mm.
G R A V A	Bloques	256
	Grava	64
	Guijarro	4
	Granos	2
A R E N A	Arena muy gruesa	1
	Arena gruesa	0.5
	Arena media	0.25
	Arena fina	0.125
	Arena muy fina	0.032
L O D O	Limo	0.004
	Arcilla	

**Figura N°5: Escala granulométrica para tamaño de las partículas del suelo.**

**Fuente “Toma de puntos de control en terreno” SQM 2023.**

#### 4.2.4 ESPESOR COLUMNA DE AGUA

Se refiere a la medición que comprende la longitud desde la base o fondo del cuerpo de agua a la superficie. El espesor de columna de agua se debe medir de acuerdo con lo indicado en la Figura N°6.



**Figura N°6: Medición de espesor de la columna de agua.**

**Fuente “Toma de puntos de control en terreno” SQM 2023.**

#### 4.2.5 REGISTRO FOTOGRÁFICO ORIENTADO

Junto con todos los datos del suelo obtenidos, se debe entregar un registro fotográfico de los puntos de control. Este registro debe incluir una fotografía del suelo donde se midió el punto de control, fotografías orientadas donde se entregue su azimut, incluir un elemento



que pueda ser utilizado como escala de medida y videos en 360°. Los elementos incluidos en las fotografías para ser utilizados como escala son:

- En las fotografías del suelo donde se tomó el punto de control se utiliza un plumón destacadador de color verde de 0.12 m de largo.
- En las fotografías orientadas y los videos se usa el jalón de fibra donde se posiciona el equipo GNSS móvil, el cual tiene una altura fija de 2 metros.

De manera adicional, se registra la presencia de vegetación y aves, la cual se indica bajo el siguiente criterio:

- **VEGETACIÓN:**

SI = vegetación en el mismo lugar o cercana al Punto de Control.

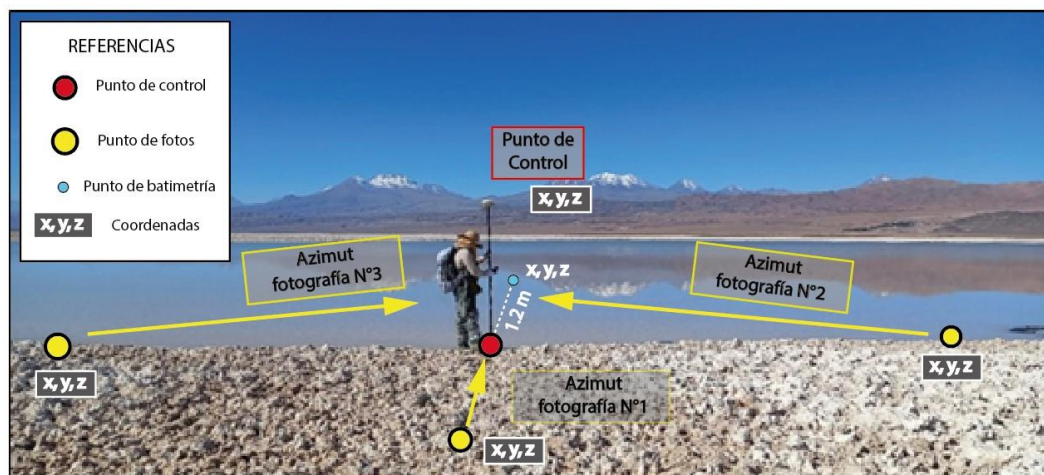
NO = sin vegetación en el lugar o en las cercanías.

- **AVES:**

SI = aves en el sector o cerca del Punto de Control.

NO = no se ven aves en el sector ni en las cercanías.

En la Figura N°7 se muestra una fotografía referencial donde se detallan los datos obtenidos de terreno en cuanto a las posiciones de fotografías, la ubicación del punto de control y el punto de batimetría ubicado 1.2 m dentro del agua siguiendo el azimut de la fotografía N°1.



**Figura N°7. Fotografía referencial donde se observa posición de las fotografías, el punto de control y el punto de batimetría. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

---

#### **4.3 PROCEDIMIENTO PARA LA TOMA DE PUNTOS DE CONTROL**

**i) Posicionamiento inicial:**

- El Operador 1 se ubica en el punto de control (marcado como un círculo rojo en la Figura N°7) y realiza la medición utilizando el equipo GNSS.

**ii) Fotografía y video inicial:**

- El Operador 2 se posiciona frente al Operador 1, mirando en dirección a la laguna. Toma la Fotografía 1 y el video en 360°. Deja un plumón en el lugar como referencia.

**iii) Cambio de posición - Fotografía 2:**

- El Operador 2 se desplaza al borde de la laguna, situándose frente al Operador 1 con la laguna a su derecha. Toma la Fotografía 2 y deja un plumón en el lugar como referencia.

**iv) Cambio de posición - Fotografía 3:**

- El Operador 2 se mueve al borde de la laguna, quedando frente al Operador 1 con la laguna a su izquierda. Toma la Fotografía 3 y espera en esa posición.

**v) Fotografía del suelo:**

- El Operador 1 coloca un plumón destacadador en el lugar donde midió el punto de control. Toma la fotografía del suelo y luego retira el plumón.

**vi) Medición en la laguna:**

- El Operador 1 mide 1.2 m hacia el interior de la laguna, siguiendo el azimut de la Fotografía 1 (marcado como un círculo celeste en la Figura N°7). Luego mide la profundidad de la capa de lodo y la altura del agua usando un flexómetro.

**vii) Registro de datos:**

- El Operador 2 registra en una libreta los datos dictados por el Operador 1.

**viii) Mediciones adicionales con GNSS:**

- El Operador 1 se desplaza al lugar donde el Operador 2 tomó la Fotografía 2 (ubicado por el plumón de referencia), mide el punto con el equipo GNSS y retira el plumón.
- Luego, el Operador 1 se desplaza al lugar donde el Operador 2 tomó la Fotografía 1, mide el punto con el equipo GNSS y retira el plumón.

- Finalmente, el Operador 1 se mueve al lugar donde el Operador 2 tomó la Fotografía 3 y mide el punto con el equipo GNSS.

**ix) Registro final de datos:**

- El Operador 2 registra en una libreta los datos de suelo, vegetación y aves del sector.

**x) Preparación para el siguiente punto:**

- Ambos operadores se dirigen al siguiente punto de control.

Las unidades de medición utilizadas son:

- **Coordenadas (m)** = metros
- **Elevaciones (m)** = metros
- **Distancias (m)** = metros
- **Ángulo y Azimut (°)** = grados sexagesimales (0° a 359°)

#### **4.4 TÉCNICA DE MEDICIÓN**

Para este trabajo se utilizaron equipos GNSS diferencial marca Trimble modelo R12i, midiendo con técnica Cinemática Postprocesada (PPK), la cual se detalla a continuación:

##### **4.4.1 PPK (POST PROCESSED KINEMATIC)**

Cinemática postprocesada. Esta técnica permite obtener coordenadas precisas mediante el procesamiento de datos en etapa de gabinete. Se requiere un equipo GNSS diferencial modo base, ubicado en un punto de referencia conocido, que recibe la señal satelital, guardando los datos en la memoria. Además, se utiliza un equipo GNSS diferencial en modo móvil, que se desplaza en terreno midiendo los puntos, recibiendo la señal satelital y guardando los datos en la memoria. Posteriormente, en la etapa de gabinete, se procesan los datos almacenados para obtener coordenadas y elevaciones con precisiones centimétricas.

Las características de precisión y confiabilidad de los equipos GNSS utilizados se entregan en Tabla N°4 y han sido obtenidas del documento “Trimble R12i GNSS Hoja de datos”

**Tabla N°4. Características de equipos GNSS Trimble R12i.**

**Fuente ATyGeo, julio 2024.**

CARACTERISTICA	VALORES
PRECISION HORIZONTAL	8 mm + 1 ppm RMS
PRECISION VERTICAL	15 mm + 1 ppm RMS

Notas:

PPM = Partes por millón.

RMS = Error aleatorio que degrada la exactitud de la posición en cualquier dirección.

## 5. RESULTADOS

Se presentan los resultados obtenidos de las mediciones de puntos de control en las superficies lacustres del Salar de Atacama, periodo julio 2024.

Se debe indicar que, para todas las figuras que muestran la ubicación de los puntos de control medidos en terreno, se han utilizado imágenes satelitales de fondo, de julio 2024, entregadas por SQM.

A continuación, se detallan los trabajos realizados:

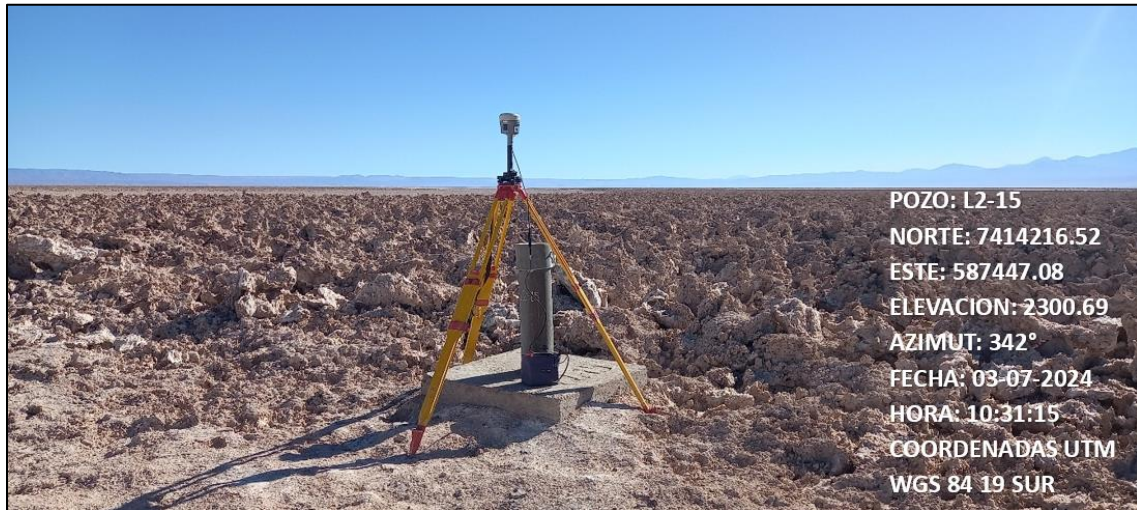
### 5.1 DESBORDE SUR

#### 5.1.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO

El trabajo de medición de puntos de control en el sector Desborde Sur se llevó a cabo los días 03, 04 y 10 de julio de 2024, utilizando como punto de referencia el Pozo L2-15.

Cada día, el personal de ATyGeo instaló un equipo GNSS base en el Pozo L2-15, empleando la técnica PPK (Post-Processed Kinematic) para realizar las mediciones. En la Fotografía N°1 se muestra el equipo GNSS base instalado en el Pozo L2-15. El primer día se midieron 7 puntos de control, el segundo día se midieron 15 puntos de control y el tercer día se midieron 9 puntos de control. En total se midieron 31 puntos de control en el sector Desborde Sur.



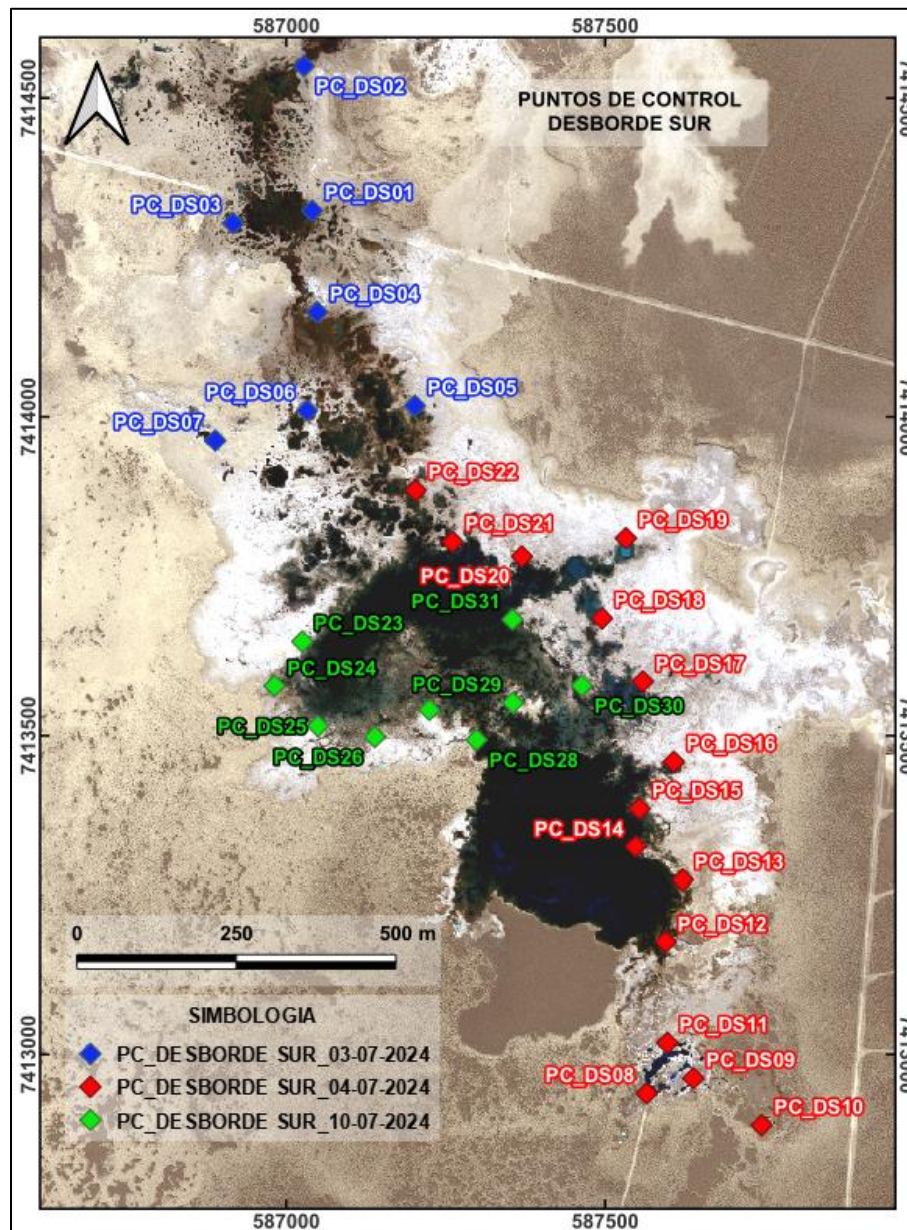


**Fotografía N°1. Pozo L2-15 con el equipo GNSS base instalado.**

**Fuente ATyGeo, julio 2024.**

### **5.1.2 RESULTADOS DE MEDICIONES**

En la Figura N°8 se entrega la ubicación de los puntos de control medidos en el sector de Desborde Sur, indicando la fecha de medición de cada punto.



**Figura N°8. Ubicación de los Puntos de control en el sector Desborde Sur y su fecha de medición. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

En la Tabla N°5 se presenta la información recopilada durante la medición topográfica de los puntos de control, la cual incluye el ID, las coordenadas norte y este, la elevación, el espesor de columna de agua medido a 1.2 m desde el punto de control hacia el interior del cuerpo lacustre siguiendo el azimut de fotografía N°1 y la fecha de medición.

**Tabla N°5. Información de ubicación, espesor columna de agua y fecha de medición. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

ID	NORTE (m)	ESTE (m)	ELEVACION (m)	ESPESOR COLUMNA DE AGUA A 1.2m DEL BORDE	FECHA
PC_DS01	7414323.15	587040.95	2299.46	0.08	03-07-2024
PC_DS02	7414550.12	587027.81	2299.48	0.20	03-07-2024
PC_DS03	7414303.37	586916.86	2299.45	0.23	03-07-2024
PC_DS04	7414163.80	587048.73	2299.34	0.09	03-07-2024
PC_DS05	7414017.05	587201.95	2299.15	0.10	03-07-2024
PC_DS06	7414009.59	587032.84	2299.16	0.25	03-07-2024
PC_DS07	7413962.58	586888.76	2298.91	0.15	03-07-2024
PC_DS08	7412940.64	587565.48	2298.74	0.25	04-07-2024
PC_DS09	7412964.28	587639.03	2298.67	0.21	04-07-2024
PC_DS10	7412890.63	587745.90	2298.67	0.58	04-07-2024
PC_DS11	7413019.87	587598.10	2298.72	0.25	04-07-2024
PC_DS12	7413178.31	587595.54	2299.09	0.13	04-07-2024
PC_DS13	7413273.94	587622.20	2299.10	0.03	04-07-2024
PC_DS14	7413325.53	587548.36	2299.10	0.22	04-07-2024
PC_DS15	7413384.76	587554.27	2299.10	0.10	04-07-2024
PC_DS16	7413458.46	587608.28	2299.10	0.11	04-07-2024
PC_DS17	7413584.54	587559.64	2299.10	0.07	04-07-2024
PC_DS18	7413683.44	587495.51	2299.10	0.06	04-07-2024
PC_DS19	7413809.30	587533.01	2299.09	0.05	04-07-2024
PC_DS20	7413780.51	587369.82	2299.10	0.30	04-07-2024
PC_DS21	7413803.62	587261.00	2299.09	0.10	04-07-2024
PC_DS22	7413884.46	587203.12	2299.11	0.07	04-07-2024
PC_DS23	7413647.11	587025.30	2299.09	0.14	10-07-2024
PC_DS24	7413577.71	586981.81	2299.09	0.06	10-07-2024
PC_DS25	7413514.41	587049.86	2299.08	0.15	10-07-2024
PC_DS26	7413497.41	587139.26	2299.09	0.12	10-07-2024
PC_DS27	7413539.91	587224.62	2299.14	0.13	10-07-2024
PC_DS28	7413492.81	587298.76	2299.10	0.14	10-07-2024
PC_DS29	7413550.94	587355.66	2299.12	0.16	10-07-2024
PC_DS30	7413577.91	587463.92	2299.15	0.29	10-07-2024
PC_DS31	7413681.60	587355.05	2299.13	0.13	10-07-2024

En la Tabla N°6 se presenta la información del suelo para los puntos de control medidos, la cual incluye el ID, la ubicación, el color, la textura y el tamaño de clastos.

**Tabla N°6. Información relacionada con el suelo, ID, ubicación, color, textura y tamaño. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

ID	UBICACIÓN	COLOR	TEXTURA	TAMAÑO
PC_DS01	BORDE DEL AGUA	L6-P2	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS02	BORDE DEL AGUA	M9-R2	MAL SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_DS03	BORDE DEL AGUA	K7-P1	MAL SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_DS04	BORDE DEL AGUA	L1-M5	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GRANOS
PC_DS05	BORDE DEL AGUA	L3-N1	MAL SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_DS06	BORDE DEL AGUA	L4-P1	MAL SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_DS07	BORDE DEL AGUA	L2-P1	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS08	BORDE DEL AGUA	M1-S1	BIEN SELECCIONADO	GRANOS
PC_DS09	BORDE DEL AGUA	L8-N1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GRANOS
PC_DS10	BORDE DEL AGUA	L2-M8	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GRANOS
PC_DS11	BORDE DEL AGUA	L1-L7	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GRANOS
PC_DS12	BORDE DEL AGUA	K6-L3	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS13	BORDE DEL AGUA	L6-M1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_DS14	BORDE DEL AGUA	L6-M1	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS15	BORDE DEL AGUA	L1-L6	MAL SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_DS16	BORDE DEL AGUA	K7-L3	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS17	BORDE DEL AGUA	K8-M1	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS18	BORDE DEL AGUA	M8-T1	MAL SELECCIONADO	GRANOS
PC_DS19	BORDE DEL AGUA	M8-P1	MAL SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_DS20	BORDE DEL AGUA	L3-M1	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS21	BORDE DEL AGUA	L3-MN1	MAL SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_DS22	BORDE DEL AGUA	L1-M6	MAL SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_DS23	BORDE DEL AGUA	L1-T1	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS24	BORDE DEL AGUA	L3-M7	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS25	BORDE DEL AGUA	L8-R1	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS26	BORDE DEL AGUA	L8-N0	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS27	BORDE DEL AGUA	M9-R1	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS28	BORDE DEL AGUA	L7-R1	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS29	BORDE DEL AGUA	L1-M9	MAL SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_DS30	BORDE DEL AGUA	M7-P3	MAL SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_DS31	BORDE DEL AGUA	M7-P2	MAL SELECCIONADO	GRAVA

En la Tabla N°7 se presenta la información de cada punto de control, la cual incluye el ID y la descripción general del sector donde se realizó la medición.



**Tabla N°7. ID y descripción general del sector donde se midieron los puntos de control. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

ID	DESCRIPCION GENERAL
PC_DS01	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON TEXTURA BOTROIDAL Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.10m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA BLANDA COLOR CAFE COBRIZO
PC_DS02	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.10m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES LODOSO COLOR CAFE COBRIZO
PC_DS03	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON TEXTURA BOTROIDAL Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.15m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA BLANDA COLOR CAFE PLOMIZO
PC_DS04	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.15m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO COLOR CAFE COBRIZO
PC_DS05	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASA LOS 0.15m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO COLOR CAFE CLARO
PC_DS06	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.25m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES LODOSO COLOR CAFE COBRIZO
PC_DS07	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.25m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE LODOSO COLOR CAFE CLARO
PC_DS08	FUERA DEL AGUA EL SUELO TIENE UNA CAPA DE CORTEZA DURA CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA BLANDA Y TIENE UNA CAPA DE ESPUMA DE COLOR CAFE EN LA SUPERFICIE
PC_DS09	FUERA DEL AGUA EL SUELO TIENE UNA CAPA DE CORTEZA DURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA BLANDA DE COLOR CAFE
PC_DS10	FUERA DEL AGUA EL SUELO TIENE UNA CAPA DE CORTEZA DURA CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE
PC_DS11	FUERA DEL AGUA EL SUELO TIENE UNA CAPA DE CORTEZA DURA CON TROMBOLITOS EN EL BORDE Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE
PC_DS12	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.25m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO COLOR CAFE COBRIZO
PC_DS13	FUERA DEL AGUA EL SUELO TIENE UNA CAPA DE CORTEZA DURA CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE COBRIZO
PC_DS14	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.15m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA BLANDA COLOR CAFE COBRIZO
PC_DS15	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.15m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA BLANDA COLOR CAFE COBRIZO
PC_DS16	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.20m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA BLANDA COLOR CAFE CLARO
PC_DS17	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.30m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA BLANDA COLOR CAFE CLARO
PC_DS18	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.15m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA BLANDA COLOR CAFE
PC_DS19	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.20m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA BLANDA COLOR CAFE
PC_DS20	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.25m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA BLANDA COLOR CAFE COBRIZO
PC_DS21	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.20m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA BLANDA COLOR CAFE
PC_DS22	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.20m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA BLANDA COLOR CAFE COBRIZO

PC_DS23	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.15m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA BLANDA COLOR CAFE CLARO
PC_DS24	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.25m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA BLANDA COLOR CAFE CLARO
PC_DS25	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.15m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA BLANDA COLOR CAFE CLARO
PC_DS26	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.20m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA BLANDA COLOR CAFE CLARO
PC_DS27	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.20m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA BLANDA COLOR CAFE
PC_DS28	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.20m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA BLANDA COLOR CAFE CLARO
PC_DS29	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.20m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA BLANDA COLOR CAFE
PC_DS30	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.15m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA BLANDA COLOR CAFE PLOMIZO
PC_DS31	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.20m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA BLANDA COLOR CAFE CLARO

### 5.1.3 RESPALDO FOTOGRÁFICO



**Fotografía N°2. Punto de control PC\_DS06.**

**Fuente ATyGeo, julio 2024.**



**Fotografías N°3 y 4. Punto de control PC\_DS21. De las dos fotografías entregadas, la superior es la original y la inferior es una interpretación de terreno.**

**Fuente ATyGeo, julio 2024.**



## 5.2 AGUAS DE QUELANA

### 5.2.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO

El trabajo de medición de puntos de control en el sector Aguas de Quelana se realizó los días 08 y 09 de julio del 2024, utilizando como puntos de referencia los Pozos L4-5 y L5-13. Es importante destacar que todos los puntos de control medidos se encuentran dentro de la Reserva Nacional Los Flamencos.

El día 08 de julio, a las 8:30 de la mañana, personal de ATyGeo se reunió con el Veedor de Comunidad Atacameña de Toconao, para coordinar el inicio del trabajo.

Posteriormente, el equipo se dirigió al sector donde se ubica el Pozo L4-5, utilizado como Hito de referencia, donde se procedió a instalar un equipo GNSS base, empleando la técnica PPK (Post-Processed Kinematic) para realizar las mediciones. En la Fotografía N°5 se muestra el equipo GNSS base instalado en el Pozo L4-5. Este día se midieron 20 puntos de control.



**Fotografía N°5. Pozo L4-5 con el equipo GNSS base instalado.**

**Fuente ATyGeo, julio 2024.**

El día 09 de julio, a las 8:30 de la mañana, el personal de ATyGeo se reunió con el Veedor de Comunidad Atacameña de Toconao para coordinar el inicio del trabajo.

Luego, el equipo se dirigió al sector donde se ubica el Pozo L5-13, utilizado como hito de referencia, y se procedió a instalar un equipo GNSS base, usando la técnica PPK. En la Fotografía N°6 se muestra el equipo GNSS base instalado en el Pozo L5-13. Este día se midieron 18 puntos de control. En total se midieron 38 puntos de control en el sector Aguas de Quelana.



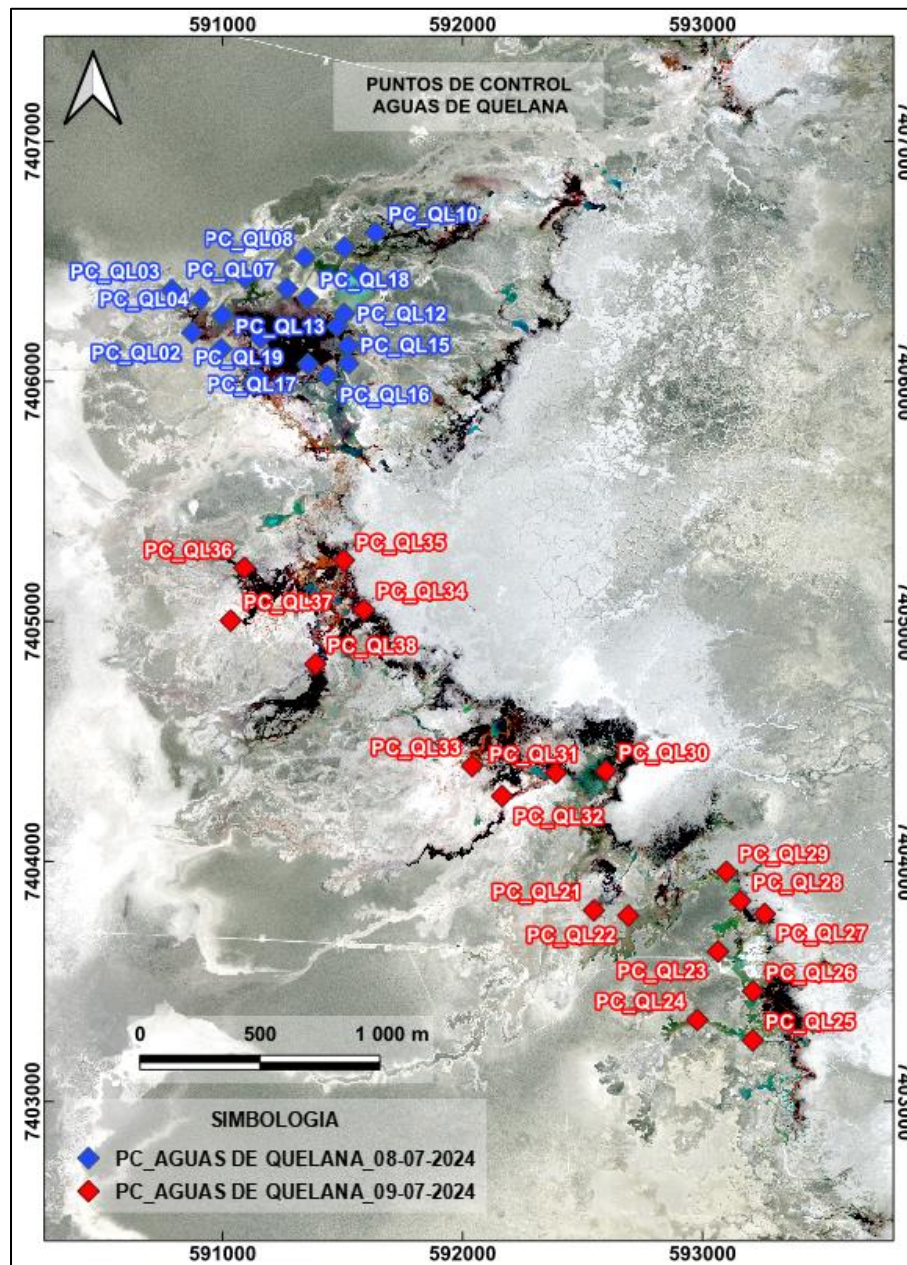


**Fotografía N°6. Pozo L5-13 con el equipo GNSS base instalado.**

**Fuente ATyGeo, julio 2024.**

### **5.2.2 RESULTADOS DE MEDICIONES**

En la Figura N°9 se entrega la ubicación de los puntos de control medidos en el sector de Aguas de Quelana, indicando la fecha de medición de los puntos.



**Figura N°9. Ubicación de los Puntos de control en el sector Aguas de Quelana y su fecha de medición. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

En la Tabla N°8 se presenta la información recopilada durante la medición topográfica de los puntos de control, la cual incluye el ID, las coordenadas norte y este, la elevación, el espesor de columna de agua medido a 1.2 m desde el punto de control hacia el interior del cuerpo lacustre siguiendo el azimut de fotografía N°1 y la fecha de medición.

**Tabla N°8. Información de ubicación, espesor columna de agua y fecha de medición. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

ID	NORTE (m)	ESTE (m)	ELEVACION (m)	ESPESOR COLUMNA DE AGUA A 1.2m DEL BORDE	FECHA
PC_QL01	7406132.14	590996.08	2300.25	0.01	08-07-2024
PC_QL02	7406200.37	590868.22	2300.18	0.01	08-07-2024
PC_QL03	7406378.23	590784.06	2300.11	0.02	08-07-2024
PC_QL04	7406341.15	590905.05	2300.13	0.01	08-07-2024
PC_QL05	7406271.86	591000.09	2300.23	0.02	08-07-2024
PC_QL06	7406428.10	591096.39	2300.23	0.23	08-07-2024
PC_QL07	7406384.69	591270.51	2300.26	0.01	08-07-2024
PC_QL08	7406513.59	591343.95	2300.29	0.02	08-07-2024
PC_QL09	7406555.05	591508.90	2300.29	0.01	08-07-2024
PC_QL10	7406617.11	591639.87	2300.31	0.01	08-07-2024
PC_QL11	7406447.96	591580.10	2300.30	0.03	08-07-2024
PC_QL12	7406279.92	591508.61	2300.31	0.01	08-07-2024
PC_QL13	7406227.69	591478.69	2300.33	0.03	08-07-2024
PC_QL14	7406146.00	591524.95	2300.37	0.02	08-07-2024
PC_QL15	7406071.19	591526.09	2300.41	0.01	08-07-2024
PC_QL16	7406021.52	591438.11	2300.47	0.03	08-07-2024
PC_QL17	7406069.63	591357.31	2300.38	0.01	08-07-2024
PC_QL18	7406343.39	591355.28	2300.28	0.01	08-07-2024
PC_QL19	7406178.30	591159.29	2300.26	0.01	08-07-2024
PC_QL20	7406010.79	591145.99	2300.40	0.01	08-07-2024
PC_QL21	7403791.87	592549.50	2300.62	0.01	09-07-2024
PC_QL22	7403769.95	592692.96	2300.65	0.01	09-07-2024
PC_QL23	7403620.28	593067.15	2300.63	0.01	09-07-2024
PC_QL24	7403335.14	592980.68	2300.62	0.01	09-07-2024
PC_QL25	7403250.13	593212.19	2300.63	0.03	09-07-2024
PC_QL26	7403454.47	593213.52	2300.64	0.01	09-07-2024
PC_QL27	7403776.97	593261.78	2300.93	0.01	09-07-2024
PC_QL28	7403831.24	593159.74	2300.72	0.08	09-07-2024
PC_QL29	7403952.71	593102.48	2300.72	0.10	09-07-2024
PC_QL30	7404372.61	592600.59	2300.71	0.01	09-07-2024
PC_QL31	7404365.26	592391.59	2300.73	0.02	09-07-2024
PC_QL32	7404268.45	592166.75	2300.60	0.10	09-07-2024
PC_QL33	7404393.70	592042.04	2300.66	0.01	09-07-2024
PC_QL34	7405044.86	591591.09	2300.76	0.01	09-07-2024
PC_QL35	7405251.45	591507.61	2300.81	0.01	09-07-2024
PC_QL36	7405219.56	591092.59	2300.33	0.02	09-07-2024
PC_QL37	7404999.90	591035.65	2300.23	0.02	09-07-2024
PC_QL38	7404818.59	591389.06	2300.46	0.11	09-07-2024



En la Tabla N°9 se presenta la información del suelo para los puntos de control medidos, la cual incluye el ID, la ubicación, el color, la textura y el tamaño de clastos.

**Tabla N°9. Información relacionada con el suelo, ID, ubicación, color, textura y tamaño. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

ID	UBICACIÓN	COLOR	TEXTURA	TAMAÑO
PC_QL01	BORDE DEL AGUA	K7-L8	BIEN SELECCIONADO	ARENA MUY GRUESA
PC_QL02	BORDE DEL AGUA	L8-M1	BIEN SELECCIONADO	ARENA GRUESA
PC_QL03	BORDE DEL AGUA	K7-M7	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GRANOS
PC_QL04	BORDE DEL AGUA	K8-M1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL05	BORDE DEL AGUA	K8-L1	MAL SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL06	BORDE DEL AGUA	K7-N1	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_QL07	BORDE DEL AGUA	L9-M1	BIEN SELECCIONADO	GRANOS
PC_QL08	BORDE DEL AGUA	L8-M1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL09	BORDE DEL AGUA	L7-P2	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_QL10	BORDE DEL AGUA	L8-M1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL11	BORDE DEL AGUA	L8-R1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL12	BORDE DEL AGUA	K8-L8	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GRANOS
PC_QL13	BORDE DEL AGUA	K7-M1	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_QL14	BORDE DEL AGUA	M1-N5	MAL SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL15	BORDE DEL AGUA	K6-N1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL16	BORDE DEL AGUA	K7-M8	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GRANOS
PC_QL17	BORDE DEL AGUA	K8-M1	MAL SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL18	BORDE DEL AGUA	K8-P2	BIEN SELECCIONADO	ARENA MUY GRUESA
PC_QL19	BORDE DEL AGUA	K8-L2	BIEN SELECCIONADO	ARENA MUY GRUESA
PC_QL20	BORDE DEL AGUA	K7-L1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL21	BORDE DEL AGUA	L8-R1	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_QL22	BORDE DEL AGUA	L8-M1	MAL SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL23	BORDE DEL AGUA	M7-N1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL24	BORDE DEL AGUA	L1-M7	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GRANOS
PC_QL25	BORDE DEL AGUA	K6-M7	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GRANOS
PC_QL26	BORDE DEL AGUA	L6-K5	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL27	BORDE DEL AGUA	L7-T5	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL28	BORDE DEL AGUA	M6-N1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL29	BORDE DEL AGUA	K1-L5	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL30	BORDE DEL AGUA	K7-M1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GRANOS
PC_QL31	BORDE DEL AGUA	M1-T1	BIEN SELECCIONADO	GRANOS
PC_QL32	BORDE DEL AGUA	K8-L3	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL33	BORDE DEL AGUA	K8-L1	BIEN SELECCIONADO	ARENA MEDIA
PC_QL34	BORDE DEL AGUA	K6-N1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL35	BORDE DEL AGUA	K8-R2	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GRANOS



PC_QL36	BORDE DEL AGUA	K9-P2	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_QL37	BORDE DEL AGUA	K8-R2	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL38	BORDE DEL AGUA	K7-T2	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS

En la Tabla N°10 se entrega la información de cada punto de control, la cual incluye el ID y la descripción general del sector donde se realizó la medición.

**Tabla N°10. ID y descripción general del sector donde se midieron los puntos de control. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

ID	DESCRIPCION GENERAL
PC_QL01	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON HUMEDAD NOTORIA AL PISAR CON NODULOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES LODOSO DE COLOR CAFE
PC_QL02	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON HUMEDAD NOTORIA AL PISAR CON NODULOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES LODOSO DE COLOR CAFE
PC_QL03	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y A 1m DEL BORDE COSTRA DURA CON PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.20m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CLARO
PC_QL04	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y A 1m DEL BORDE COSTRA DURA CON PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.15m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CLARO
PC_QL05	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.15m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CLARO
PC_QL06	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.25m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA BLANDA DE COLOR CAFE CLARO
PC_QL07	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE
PC_QL08	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.15m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CLARO
PC_QL09	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.30m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CLARO
PC_QL10	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.15m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CLARO TAMBIEN SE OBSERVAN GRIETAS DE SECAMIENTO DENTRO DEL AGUA
PC_QL11	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA DURA CON GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA DE COLOR CAFE
PC_QL12	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS TROMBOLITOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE
PC_QL13	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.25m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA DE COLOR CAFE CLARO
PC_QL14	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.35m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA DE COLOR CAFE COBRIZO
PC_QL15	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.25m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA DE COLOR CAFE COBRIZO
PC_QL16	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS TROMBOLITOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE
PC_QL17	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON TROMBOLITOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CLARO
PC_QL18	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CLARO

PC_QL19	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE CLARO
PC_QL20	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA DE COLOR CAFE PLOMIZO
PC_QL21	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.15m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE CLARO
PC_QL22	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS TROMBOLITOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE
PC_QL23	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAF Y TAMBIEN SE OBSERVAN GRIETAS DE SECAMIENTO
PC_QL24	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE
PC_QL25	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE
PC_QL26	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE COBRIZO
PC_QL27	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS TROMBOLITOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CLARO
PC_QL28	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE COBRIZO
PC_QL29	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE COBRIZO
PC_QL30	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE
PC_QL31	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS TROMBOLITOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES LODOSO DE COLOR CAFE CLARO
PC_QL32	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CON GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS
PC_QL33	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CON GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS
PC_QL34	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE Y AMARILLO
PC_QL35	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE Y AMARILLO
PC_QL36	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DURA CON NODULOS TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.25m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE CON GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS
PC_QL37	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE
PC_QL38	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CLARO

### 5.2.3 RESPALDO FOTOGRÁFICO



**Fotografía N°7. Punto de control PC\_QL09.**

**Fuente ATyGeo, julio 2024.**



**Fotografía N°8. Punto de control PC\_QL29.**

**Fuente ATyGeo, julio 2024.**



### 5.3 DESBORDE LAGUNA INTERNA

#### 5.3.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO

El trabajo de medición de puntos de control en el sector Desborde Laguna Interna se llevó a cabo el día 11 de julio del 2024, utilizando como punto de referencia oficial el Hito Interna Estación, cuyo certificado de coordenadas fue proporcionado por SQM.

A las 8:30 de la mañana, el personal de ATyGeo se reunió con el Veedor de la Comunidad Atacameña de Peine para coordinar el inicio del trabajo.

Posteriormente, el equipo se dirigió al sector donde se encuentra el Hito Interna Estación usado como hito de referencia para este trabajo, donde se procedió a instalar GPS base, utilizando técnica PPK para realizar las mediciones. En Fotografía N°9 se muestra GPS base instalado en Hito Interna Estación. En total se midieron 22 puntos de control en el sector Desborde Laguna Interna.



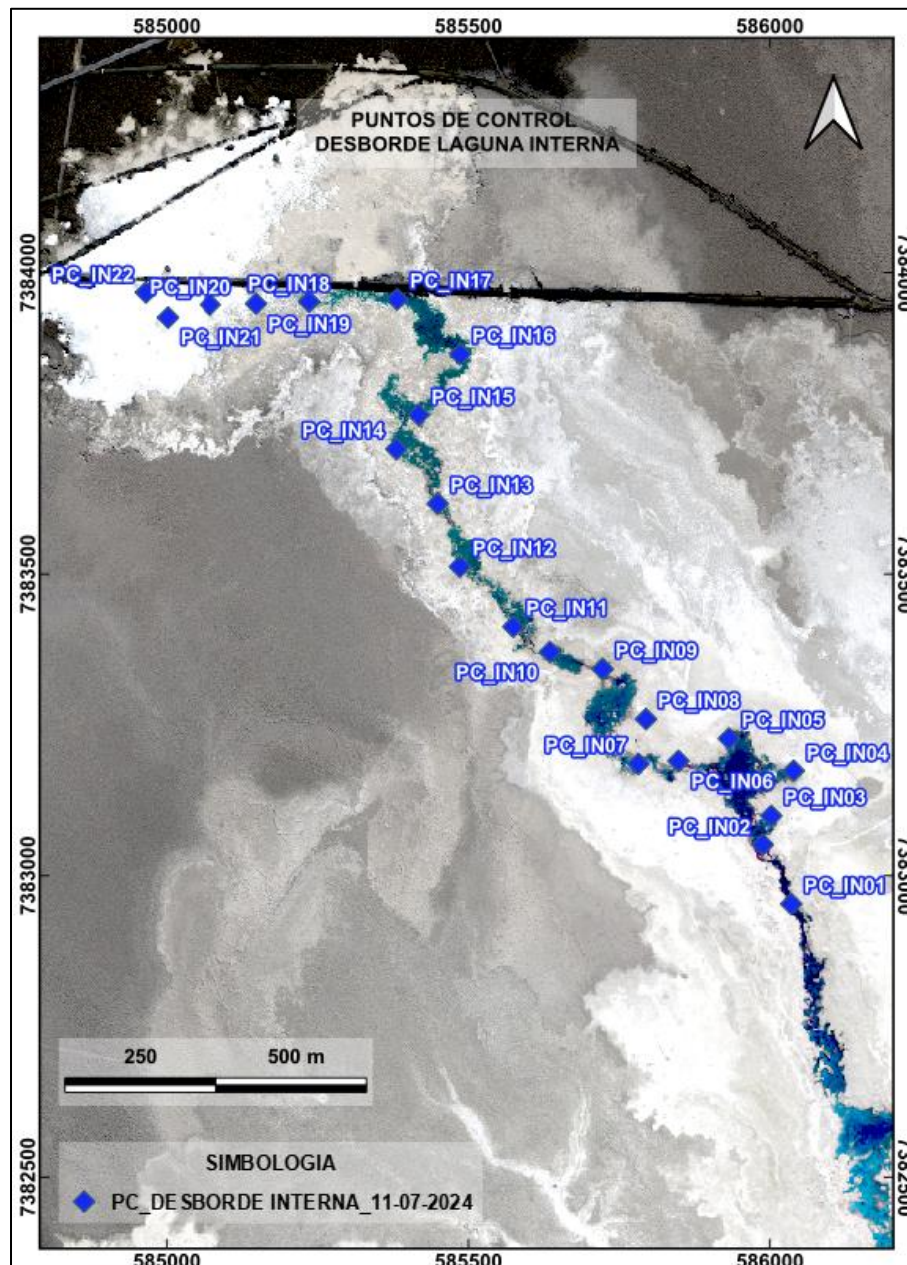
**Fotografía N°9. Hito Interna Estación con equipo GPS base instalado.**

**Fuente ATyGeo, julio 2024.**

#### 5.3.2 RESULTADOS DE MEDICIONES

En la Figura N°10 se entrega la ubicación de los puntos de control medidos en el sector Desborde Laguna Interna, indicando la fecha de medición de cada uno.





**Figura N°10. Ubicación de los Punto de control en el sector Desborde Laguna Interna y su fecha de medición. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

En la Tabla N°11 se presenta la información recopilada durante la medición topográfica de los puntos de control, la cual incluye el ID, las coordenadas norte y este, la elevación, el espesor de columna de agua medido a 1.2 m desde el punto de control hacia el interior del cuerpo lacustre siguiendo el azimut de fotografía N°1 y la fecha de medición.

**Tabla N°11. Información de ubicación, espesor columna de agua y fecha de medición. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

ID	NORTE (m)	ESTE (m)	ELEVACION (m)	ESPESOR COLUMNA DE AGUA A 1.2m DEL BORDE	FECHA
PC_IN01	7382951.17	586036.70	2299.69	0.05	11-07-2024
PC_IN02	7383049.77	585989.43	2299.59	0.04	11-07-2024
PC_IN03	7383097.47	586003.44	2299.58	0.05	11-07-2024
PC_IN04	7383172.28	586040.55	2299.57	0.04	11-07-2024
PC_IN05	7383225.71	585933.20	2299.56	0.04	11-07-2024
PC_IN06	7383188.66	585849.50	2299.57	0.04	11-07-2024
PC_IN07	7383183.86	585783.04	2299.56	0.04	11-07-2024
PC_IN08	7383257.99	585795.54	2299.42	0.10	11-07-2024
PC_IN09	7383341.07	585723.73	2299.51	0.03	11-07-2024
PC_IN10	7383369.50	585636.23	2299.47	0.05	11-07-2024
PC_IN11	7383411.27	585575.48	2299.44	0.06	11-07-2024
PC_IN12	7383510.83	585486.74	2299.43	0.04	11-07-2024
PC_IN13	7383615.42	585449.99	2299.37	0.03	11-07-2024
PC_IN14	7383706.04	585381.46	2299.32	0.13	11-07-2024
PC_IN15	7383762.81	585418.48	2299.31	0.06	11-07-2024
PC_IN16	7383863.36	585487.45	2299.30	0.12	11-07-2024
PC_IN17	7383954.39	585382.83	2299.30	0.16	11-07-2024
PC_IN18	7383950.52	585236.64	2299.25	0.10	11-07-2024
PC_IN19	7383947.20	585148.69	2299.24	0.06	11-07-2024
PC_IN20	7383945.73	585071.44	2299.25	0.06	11-07-2024
PC_IN21	7383924.21	585000.01	2299.26	0.08	11-07-2024
PC_IN22	7383965.99	584963.38	2299.24	0.05	11-07-2024

En la Tabla N°12 se presenta la información del suelo para los puntos de control medidos, la cual incluye el ID, la ubicación, el color, la textura y el tamaño de clastos.

**Tabla N°12. Información relacionada con el suelo, ID, ubicación, color, textura y tamaño. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

ID	UBICACIÓN	COLOR	TEXTURA	TAMAÑO
PC_IN01	BORDE DEL AGUA	L7-M1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_IN02	BORDE DEL AGUA	K7-L2	MODERADAMENTE SELECCIONADO	ARENA GRUESA
PC_IN03	BORDE DEL AGUA	L3-N2	BIEN SELECCIONADO	ARENA GRUESA
PC_IN04	BORDE DEL AGUA	K6-L1	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_IN05	BORDE DEL AGUA	K7-M1	BIEN SELECCIONADO	ARENA MUY GRUESA
PC_IN06	BORDE DEL AGUA	K6-M1	BIEN SELECCIONADO	GRANOS
PC_IN07	BORDE DEL AGUA	K6-M1	MAL SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_IN08	BORDE DEL AGUA	L6-M1	MAL SELECCIONADO	GRAVA

PC_IN09	BORDE DEL AGUA	L5-M2	BIEN SELECCIONADO	GRANOS
PC_IN10	BORDE DEL AGUA	L6-M1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_IN11	BORDE DEL AGUA	K7-N1	BIEN SELECCIONADO	ARENA GRUESA
PC_IN12	BORDE DEL AGUA	L3-M1	BIEN SELECCIONADO	ARENA MUY GRUESA
PC_IN13	BORDE DEL AGUA	L2-M1	MAL SELECCIONADO	GRANOS
PC_IN14	BORDE DEL AGUA	L3-M2	MAL SELECCIONADO	GRANOS
PC_IN15	BORDE DEL AGUA	L2-M5	MAL SELECCIONADO	ARENA MUY GRUESA
PC_IN16	BORDE DEL AGUA	K6-M1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_IN17	BORDE DEL AGUA	L2-N1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GRANOS
PC_IN18	BORDE DEL AGUA	K6-L7	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GRANOS
PC_IN19	BORDE DEL AGUA	L3-M1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_IN20	BORDE DEL AGUA	L7-M1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_IN21	BORDE DEL AGUA	L8-P1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_IN22	BORDE DEL AGUA	K6-L8	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS

En la Tabla N°13 se presenta la información de cada punto de control, la cual incluye el ID y la descripción general del sector donde se realizó la medición.

**Tabla N°13. ID y descripción general del sector donde se midieron los puntos de control. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

ID	DESCRIPCION GENERAL
PC_IN01	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CLARO
PC_IN02	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CLARO
PC_IN03	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CLARO
PC_IN04	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CLARO
PC_IN05	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CLARO CON GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS
PC_IN06	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS TROMBOLITOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CLARO
PC_IN07	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CLARO
PC_IN08	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS TROMBOLITOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CLARO
PC_IN09	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CLARO
PC_IN10	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE CLARO
PC_IN11	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE CLARO CON GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS
PC_IN12	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE COBRIZO
PC_IN13	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.10m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CON GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS

PC_IN14	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.10m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CON GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS
PC_IN15	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.10m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE
PC_IN16	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.10m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CON GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS
PC_IN17	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA DURA CON NODULOS TROMBOLITOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CLARO CON GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS
PC_IN18	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA DURA CON NODULOS TROMBOLITOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE CLARO
PC_IN19	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA DURA CON NODULOS TROMBOLITOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CON GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS
PC_IN20	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA DURA CON NODULOS TROMBOLITOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CON GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS
PC_IN21	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA DURA CON TROMBOLITOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CON GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS
PC_IN22	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA DURA CON TROMBOLITOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CON GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS

### 5.3.3 RESPALDO FOTOGRÁFICO



Fotografía N°10. Punto de control PC\_IN03.

Fuente ATyGeo, julio 2024.





**Fotografía N°11. Punto de control PC\_IN21.**

**Fuente ATyGeo, julio 2024.**

## **5.4 LAGUNA SALADITA**

### **5.4.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO**

El trabajo de medición de puntos de control en la Laguna Saladita se llevó a cabo el día 12 de julio del 2024, utilizando como punto de referencia oficial el Hito Saladita Estación, cuyo certificado de coordenadas fue proporcionado por SQM.

A las 8:30 de la mañana, el personal de ATyGeo se reunió con el Veedor de la Comunidad Atacameña de Peine para coordinar el inicio del trabajo.

Posteriormente, el equipo se dirigió al sector donde se ubica el Hito Saladita Estación utilizado como hito de referencia para este trabajo, donde se procedió a instalar GNSS base, empleando técnica PPK (Post-Processed Kinematic) para realizar las mediciones. En Fotografía N°12 se muestra equipo GNSS base instalado en Hito Saladita Estación. En total se midieron 16 puntos de control en esta laguna.

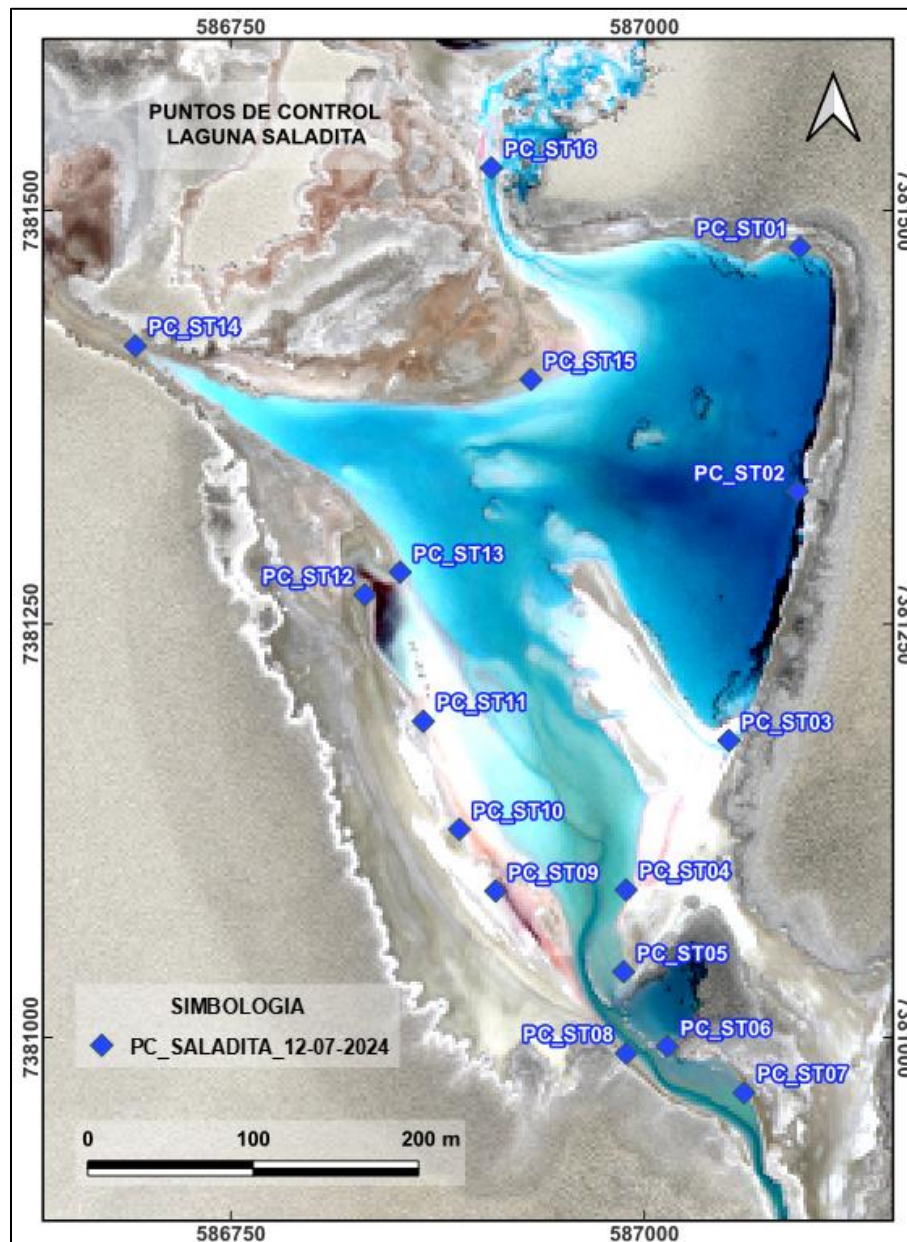


**Fotografía N°12. Hito Saladita Estación con equipo GPS base instalado.**

**Fuente ATyGeo, julio 2024.**

#### **5.4.2 RESULTADOS DE MEDICIONES**

En la Figura N°11 se entrega la ubicación de los puntos de control medidos en la Laguna Saladita, indicando la fecha de medición de cada uno.



**Figura N°11. Ubicación de los Punto de control en la Laguna Saladita y su fecha de medición. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

En la Tabla N°14 se presenta la información recopilada durante la medición topográfica de los puntos de control, la cual incluye el ID, las coordenadas norte y este, la elevación, el espesor de columna de agua medido a 1.2 m desde el punto de control hacia el interior del cuerpo lacustre siguiendo el azimut de fotografía N°1 y la fecha de medición.



**Tabla N°14. Información de ubicación, espesor columna de agua y fecha de medición. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

ID	NORTE (m)	ESTE (m)	ELEVACION (m)	ESPESOR COLUMNA DE AGUA A 1.2m DEL BORDE	FECHA
PC_ST01	7381478.10	587094.30	2300.94	0.05	12-07-2024
PC_ST02	7381330.60	587092.88	2300.94	0.17	12-07-2024
PC_ST03	7381179.90	587051.34	2300.94	0.04	12-07-2024
PC_ST04	7381089.45	586989.19	2300.99	0.01	12-07-2024
PC_ST05	7381039.99	586987.68	2300.99	0.03	12-07-2024
PC_ST06	7380994.86	587014.06	2301.01	0.06	12-07-2024
PC_ST07	7380966.67	587060.52	2301.01	0.03	12-07-2024
PC_ST08	7380990.57	586989.31	2301.01	0.03	12-07-2024
PC_ST09	7381088.80	586910.38	2300.96	0.01	12-07-2024
PC_ST10	7381126.14	586888.43	2300.97	0.01	12-07-2024
PC_ST11	7381191.44	586866.60	2300.94	0.01	12-07-2024
PC_ST12	7381267.99	586831.27	2300.92	0.01	12-07-2024
PC_ST13	7381281.67	586852.53	2300.93	0.01	12-07-2024
PC_ST14	7381418.50	586692.42	2300.93	0.01	12-07-2024
PC_ST15	7381398.21	586931.68	2300.92	0.02	12-07-2024
PC_ST16	7381526.23	586907.75	2300.89	0.23	12-07-2024

En la Tabla N°15 se presenta la información del suelo para los puntos de control medidos, la cual incluye el ID, la ubicación, el color, la textura y el tamaño de clastos.

**Tabla N°15. Información relacionada con el suelo, ID, ubicación, color, textura y tamaño. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

ID	UBICACIÓN	COLOR	TEXTURA	TAMAÑO
PC_ST01	BORDE DEL AGUA	L1-R1	BIEN SELECCIONADO	ARENA MEDIA
PC_ST02	BORDE DEL AGUA	M1-T1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_ST03	BORDE DEL AGUA	L1-R2	BIEN SELECCIONADO	ARENA GRUESA
PC_ST04	BORDE DEL AGUA	K1-T1	BIEN SELECCIONADO	ARENA MEDIA
PC_ST05	BORDE DEL AGUA	M1-P2	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GRANOS
PC_ST06	BORDE DEL AGUA	M1-R2	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_ST07	BORDE DEL AGUA	L2-N1	BIEN SELECCIONADO	ARENA MEDIA
PC_ST08	BORDE DEL AGUA	K6-M1	BIEN SELECCIONADO	ARENA MUY GRUESA
PC_ST09	BORDE DEL AGUA	M1-R2	BIEN SELECCIONADO	ARENA FINA
PC_ST10	BORDE DEL AGUA	M1-P2	BIEN SELECCIONADO	ARENA FINA
PC_ST11	BORDE DEL AGUA	L1-M1	BIEN SELECCIONADO	ARENA MEDIA
PC_ST12	BORDE DEL AGUA	M1-P2	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_ST13	BORDE DEL AGUA	L2-M1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GRANOS
PC_ST14	BORDE DEL AGUA	L1-P2	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS



PC_ST15	BORDE DEL AGUA	L2-R2	BIEN SELECCIONADO	ARENA MUY GRUESA
PC_ST16	BORDE DEL AGUA	M1-P2	BIEN SELECCIONADO	GRANOS

En la Tabla N°16 se presenta la información de cada punto de control, la cual incluye el ID y la descripción general del sector donde se realizó la medición.

**Tabla N°16. ID y descripción general del sector donde se midieron los puntos de control. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

ID	DESCRIPCION GENERAL
PC_ST01	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES LODOSO DE COLOR PLOMIZO CON VEGETACION
PC_ST02	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES LODOSO DE COLOR PLOMIZO CON VEGETACION
PC_ST03	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES LODOSO DE COLOR PLOMIZO
PC_ST04	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES LODOSO DE COLOR PLOMIZO
PC_ST05	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES LODOSO DE COLOR PLOMIZO
PC_ST06	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.15m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES LODOSO DE COLOR PLOMIZO
PC_ST07	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES LODOSO DE COLOR CAFE
PC_ST08	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES LODOSO DE COLOR CAFE
PC_ST09	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES LODOSO DE COLOR PLOMIZO Y SE VEN DOMOS CERCANOS
PC_ST10	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES LODOSO DE COLOR PLOMIZO
PC_ST11	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES LODOSO DE COLOR CAFE PLOMIZO Y SE VEN DOMOS CERCANOS
PC_ST12	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES LODOSO DE COLOR CAFE PLOMIZO Y SE VEN DOMOS CERCANOS
PC_ST13	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES LODOSO DE COLOR CAFE PLOMIZO Y SE VEN DOMOS CERCANOS
PC_ST14	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES LODOSO DE COLOR CAFE PLOMIZO
PC_ST15	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES LODOSO DE COLOR CAFE PLOMIZO
PC_ST16	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES LODOSO DE COLOR CAFE PLOMIZO CON VEGETACION

### 5.4.3 RESPALDO FOTOGRÁFICO



**Fotografía N°13. Punto de control PC\_ST02.**

**Fuente ATyGeo, julio 2024.**



**Fotografía N°14. Punto de control PC\_ST13.**

**Fuente ATyGeo, julio 2024.**

## 5.5 LAGUNA SALADA

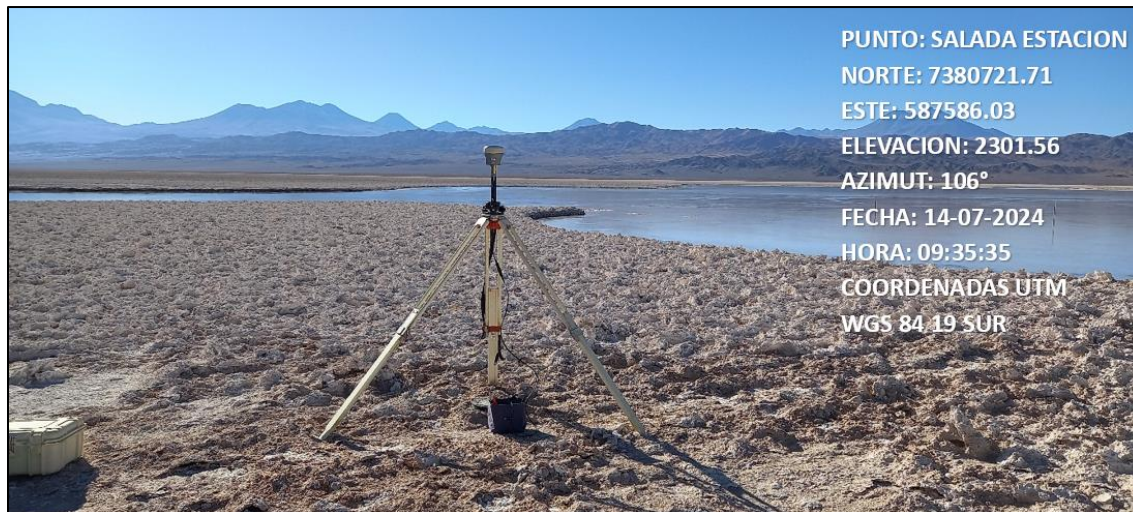
### 5.5.1 DESCRIPCION DEL TRABAJO REALIZADO

El trabajo de medición de puntos de control en la Laguna Salada se llevó a cabo el día 14 de julio del 2024, utilizando como punto de referencia oficial el Hito Salada Estación, cuyo certificado de coordenadas fue proporcionado por SQM.

A las 8:30 de la mañana, el personal de ATyGeo se reunió con el Veedor de la Comunidad Atacameña de Peine para coordinar el inicio del trabajo.

Posteriormente, el equipo se dirigió al sector donde se ubica el Hito Salada Estación utilizado como Hito de referencia para este trabajo, donde se procedió a instalar GPS base, empleando técnica PPK (Post-Processed Kinematic) para realizar las mediciones. En Fotografía N°15 se muestra GPS base instalado en Hito Salada Estación. En total se midieron 06 puntos de control en la Laguna Salada.

Después de medir el punto de control PC\_SA06, el Veedor de la Comunidad Atacameña de Peine finalizó anticipadamente el trabajo por inicio del periodo reproductivo de los flamencos.



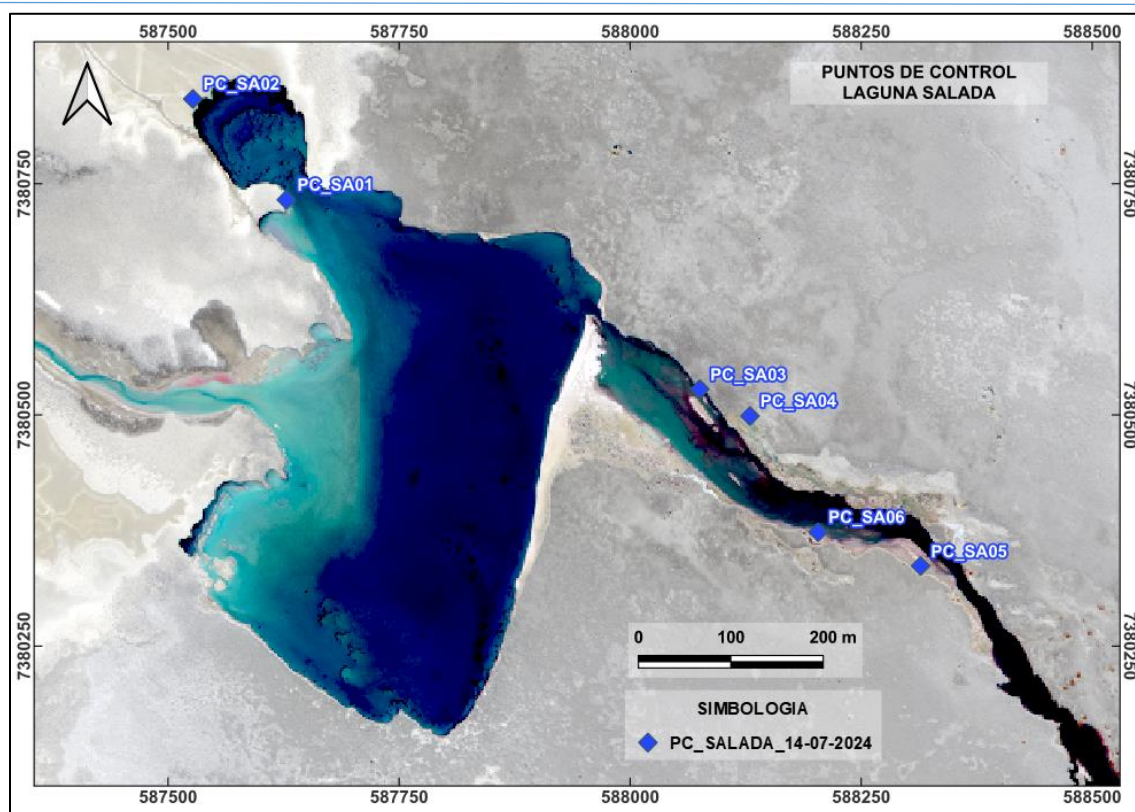
**Fotografía N°15. Hito Salada Estación con equipo GPS base instalado.**

**Fuente ATyGeo, julio 2024.**

### 5.5.2 RESULTADOS DE MEDICIONES

En la Figura N°12 se presenta la ubicación de los puntos de control medidos en la Laguna Salada, indicando la fecha de medición de cada uno.





**Figura N°12. Ubicación de los Punto de control en la Laguna Salada y su fecha de medición. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

En la Tabla N°17 se presenta la información recopilada durante la medición topográfica de los puntos de control, la cual incluye el ID, las coordenadas norte y este, la elevación, el espesor de columna de agua medido a 1.2 m desde el punto de control hacia el interior del cuerpo lacustre siguiendo el azimut de la fotografía N°1 y la fecha de medición.

**Tabla N°17. Información de ubicación, espesor columna de agua y fecha de medición. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

ID	NORTE (m)	ESTE (m)	ELEVACION (m)	ESPESOR COLUMNA DE AGUA A 1.2m DEL BORDE	FECHA
PC_SA01	7380732.43	587628.18	2301.14	0.04	14-07-2024
PC_SA02	7380841.52	587527.06	2301.14	0.15	14-07-2024
PC_SA03	7380527.71	588075.68	2301.21	0.06	14-07-2024
PC_SA04	7380498.62	588129.82	2301.25	0.01	14-07-2024
PC_SA05	7380336.48	588314.49	2301.35	0.01	14-07-2024
PC_SA06	7380373.03	588203.61	2301.29	0.01	14-07-2024



En la Tabla N°18 se presenta la información del suelo para los puntos de control medidos, la cual incluye el ID, la ubicación, el color, la textura y el tamaño de clastos.

**Tabla N°18. Información relacionada con el suelo, ID, ubicación, color, textura y tamaño. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

ID	UBICACIÓN	COLOR	TEXTURA	TAMAÑO
PC_SA01	BORDE DEL AGUA	L2-M1	MAL SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_SA02	BORDE DEL AGUA	K7-L2	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_SA03	BORDE DEL AGUA	K8-M1	BIEN SELECCIONADO	GRANOS
PC_SA04	BORDE DEL AGUA	L3-N1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GRANOS
PC_SA05	BORDE DEL AGUA	M1-R2	BIEN SELECCIONADO	ARENA GRUESA
PC_SA06	BORDE DEL AGUA	L1-R2	BIEN SELECCIONADO	ARENA MEDIA

En la Tabla N°19 se presenta la información de cada punto de control, la cual incluye el ID y la descripción general del sector donde se realizó la medición.

**Tabla N°19. ID y descripción general del sector donde se midieron los puntos de control. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

ID	DESCRIPCION GENERAL
PC_SA01	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SUPERAN LOS 0.15m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE PLOMIZO
PC_SA02	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA Y EL BORDE SE PRESNTA DESMORONADO HACIA EL AGUA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE PLOMIZO CON VEGETACION
PC_SA03	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SUPERAN LOS 0.25m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE
PC_SA04	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SUPERAN LOS 0.20m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE
PC_SA05	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS TROMBOLITOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE
PC_SA06	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE PLOMIZO

### 5.5.3 RESPALDO FOTOGRÁFICO



**Fotografía N°16. Punto de control PC\_SA01.**

**Fuente ATyGeo, julio 2024.**



**Fotografía N°17. Punto de control PC\_SA04.**

**Fuente ATyGeo, julio 2024.**

## 5.6 LAGUNA BARROS NEGROS

### 5.6.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO

El trabajo de medición de puntos de control en la Laguna Barros Negros se llevó a cabo entre los días 18 y 19 de julio del 2024, utilizando como punto de referencia oficial el Hito Barros Negros Estación, cuyo certificado de coordenadas fue proporcionado por SQM.

El primer día, a las 8:30 de la mañana, el personal de ATyGeo se reunió con el Veedor de Comunidad Atacameña de Toconao para coordinar el inicio del trabajo.

Posteriormente, el equipo se dirigió al sector donde se ubica el Hito Barros Negros Estación utilizado como hito de referencia para este trabajo, donde se procedió a instalar GNSS base, empleando técnica PPK (Post-Processed Kinematic) para realizar las mediciones. En Fotografía N°18 se muestra GPS base instalado en Hito Barros Negros Estación. En esta ocasión, se midieron 11 puntos de control.

El segundo día, utilizando el mismo punto de referencia y la misma técnica de medición, se continuó el levantamiento topográfico obteniendo 13 puntos de control.

En total se midieron 24 puntos de control en la Laguna Barros Negros.

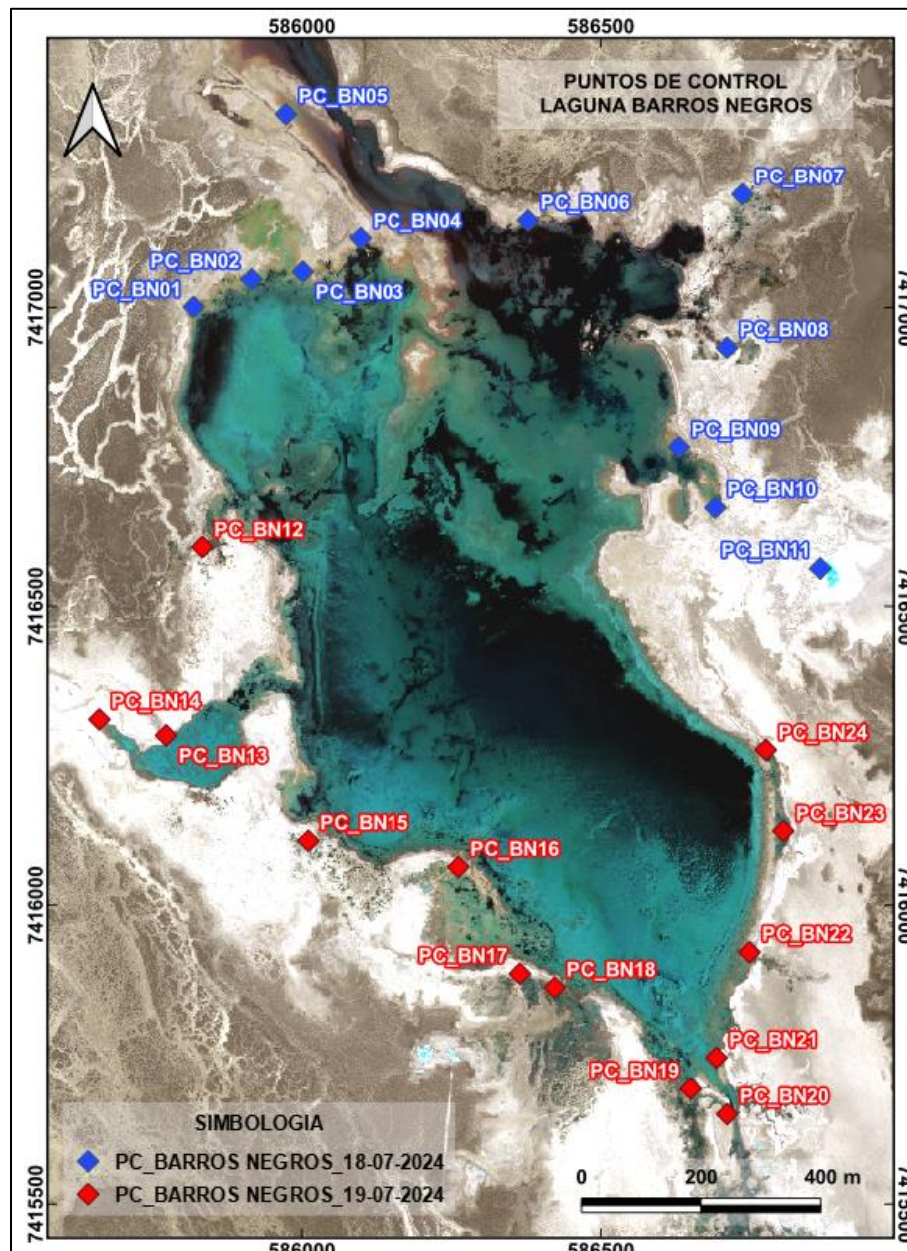


**Fotografía N°18. Hito Barros Negros Estación con equipo GPS base instalado. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

### 5.6.2 RESULTADOS DE MEDICIONES

En la Figura N°13 se entrega la ubicación de los puntos de control medidos en la Laguna Barros Negros, indicando la fecha de medición de cada uno.





**Figura N°13. Ubicación de los Puntos de control en la Laguna Barros Negros y su fecha de medición. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

En la Tabla N°20 se presenta la información recopilada durante la medición topográfica de los puntos de control, la cual incluye el ID, las coordenadas norte y este, la elevación, el espesor de columna de agua medido a 1.2 m desde el punto de control hacia el interior del cuerpo lacustre siguiendo el azimut de fotografía N°1 y la fecha de medición.



**Tabla N°20. Información de ubicación, espesor columna de agua y fecha de medición. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

ID	NORTE (m)	ESTE (m)	ELEVACION (m)	ESPESOR COLUMNA DE AGUA A 1.2m DEL BORDE	FECHA
PC_BN01	7416999.20	585817.30	2299.92	0.05	18-07-2024
PC_BN02	7417045.65	585914.36	2299.94	0.13	18-07-2024
PC_BN03	7417058.42	586000.08	2299.92	0.03	18-07-2024
PC_BN04	7417114.38	586097.10	2299.92	0.06	18-07-2024
PC_BN05	7417324.35	585971.70	2299.93	0.01	18-07-2024
PC_BN06	7417144.00	586379.23	2299.92	0.05	18-07-2024
PC_BN07	7417188.40	586738.24	2299.89	0.10	18-07-2024
PC_BN08	7416930.68	586712.49	2299.91	0.12	18-07-2024
PC_BN09	7416764.38	586631.91	2299.93	0.07	18-07-2024
PC_BN10	7416663.46	586693.14	2299.91	0.04	18-07-2024
PC_BN11	7416561.31	586868.45	2299.56	0.12	18-07-2024
PC_BN12	7416597.36	585831.86	2299.94	0.11	19-07-2024
PC_BN13	7416281.94	585771.07	2299.94	0.03	19-07-2024
PC_BN14	7416308.58	585659.56	2299.94	0.02	19-07-2024
PC_BN15	7416105.40	586009.16	2299.87	0.09	19-07-2024
PC_BN16	7416061.46	586262.82	2299.94	0.05	19-07-2024
PC_BN17	7415882.71	586365.70	2299.93	0.10	19-07-2024
PC_BN18	7415859.43	586424.19	2299.94	0.06	19-07-2024
PC_BN19	7415691.18	586651.56	2299.95	0.09	19-07-2024
PC_BN20	7415648.20	586712.78	2299.93	0.09	19-07-2024
PC_BN21	7415741.67	586694.86	2299.92	0.02	19-07-2024
PC_BN22	7415919.00	586749.88	2299.94	0.07	19-07-2024
PC_BN23	7416122.01	586806.68	2299.93	0.09	19-07-2024
PC_BN24	7416257.51	586777.36	2299.94	0.02	19-07-2024

En la Tabla N°21 se presenta la información del suelo para los puntos de control medidos, la cual incluye el ID, la ubicación, el color, la textura y el tamaño de clastos.

**Tabla N°21. Información relacionada con el suelo, ID, ubicación, color, textura y tamaño. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

ID	UBICACIÓN	COLOR	TEXTURA	TAMAÑO
PC_BN01	BORDE DEL AGUA	L1-M5	BIEN SELECCIONADO	GRANOS
PC_BN02	BORDE DEL AGUA	M2-R1	BIEN SELECCIONADO	GRANOS
PC_BN03	BORDE DEL AGUA	L2-M5	BIEN SELECCIONADO	GRANOS
PC_BN04	BORDE DEL AGUA	M1-P2	BIEN SELECCIONADO	GRANOS
PC_BN05	BORDE DEL AGUA	L2-M4	BIEN SELECCIONADO	ARENA GRUESA
PC_BN06	BORDE DEL AGUA	K7-M1	BIEN SELECCIONADO	GRANOS

PC_BN07	BORDE DEL AGUA	L6-M1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_BN08	BORDE DEL AGUA	K6-L2	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_BN09	BORDE DEL AGUA	L6-M1	BIEN SELECCIONADO	GRANOS
PC_BN10	BORDE DEL AGUA	K6-L7	BIEN SELECCIONADO	ARENA GRUESA
PC_BN11	BORDE DEL AGUA	M1-R1	BIEN SELECCIONADO	ARENA MUY GRUESA
PC_BN12	BORDE DEL AGUA	K6-N1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_BN13	BORDE DEL AGUA	K8-L1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_BN14	BORDE DEL AGUA	L1-M5	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_BN15	BORDE DEL AGUA	A2-L1	MAL SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_BN16	BORDE DEL AGUA	L5-M1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GRANOS
PC_BN17	BORDE DEL AGUA	K7-L2	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_BN18	BORDE DEL AGUA	K6-M1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_BN19	BORDE DEL AGUA	K7-N1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_BN20	BORDE DEL AGUA	K6-M2	BIEN SELECCIONADO	GRANOS
PC_BN21	BORDE DEL AGUA	L6-M3	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GRANOS
PC_BN22	BORDE DEL AGUA	L6-M4	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GRANOS
PC_BN23	BORDE DEL AGUA	K7-M2	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_BN24	BORDE DEL AGUA	K6-N1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GRANOS

En la Tabla N°22 se presenta la información de cada punto de control, la cual incluye el ID y la descripción general del sector donde se realizó la medición.

**Tabla N°22. ID y descripción general del sector donde se midieron los puntos de control. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

ID	DESCRIPCION GENERAL
PC_BN01	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE COBRIZO
PC_BN02	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE
PC_BN03	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE COBRIZO
PC_BN04	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CLARO
PC_BN05	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE COBRIZO
PC_BN06	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE PLOMIZO
PC_BN07	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE COBRIZO
PC_BN08	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE COBRIZO
PC_BN09	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE
PC_BN10	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CON UNA CAPA DE ESPUMA BLANCA EN LA SUPERFICIE
PC_BN11	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA DURA CON NODULOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA DE COLOR BLANCO

PC_BN12	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SUPERAN LOS 0.15m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE PLOMIZO CON UNA CAPA DE ESPUMA BLANCA
PC_BN13	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE
PC_BN14	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE COBRIZO
PC_BN15	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE ROJIZO
PC_BN16	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE COBRIZO
PC_BN17	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA DURA CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA BLANDA DE COLOR CAFE CLARO
PC_BN18	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA DURA CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE COSTRA BLANDA DE COLOR CAFE CLARO
PC_BN19	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE CLARO
PC_BN20	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE CLARO
PC_BN21	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE COBRIZO
PC_BN22	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE COBRIZO
PC_BN23	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE CLARO
PC_BN24	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE

### 5.6.3 RESPALDO FOTOGRÁFICO



Fotografía N°19. Punto de control PC\_BN11.

Fuente ATyGeo, julio 2024.



**Fotografía N°20. Punto de control PC\_BN19.**

**Fuente ATyGeo, julio 2024.**

## **5.7 LAGUNA CHAXA**

### **5.7.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO**

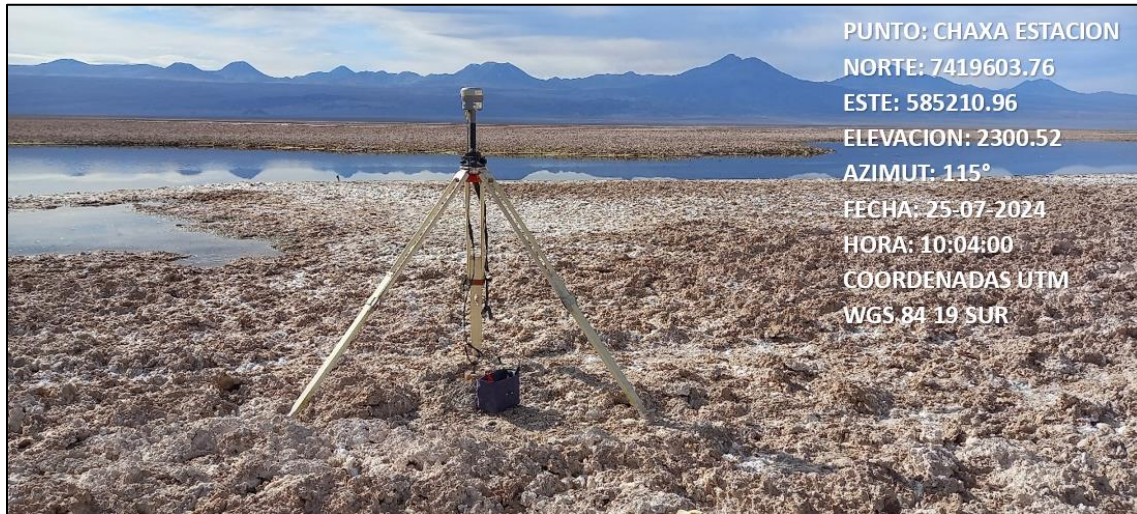
El trabajo de medición de puntos de control en la Laguna Chaxa se llevó a cabo el día 25 de julio del 2024, utilizando como punto de referencia oficial el Hito Chaxa Estación, cuyo certificado de coordenadas fue proporcionado por SQM.

A las 8:30 de la mañana, el personal de ATyGeo se reunió con el Veedor de la Comunidad Atacameña de Toconao para coordinar el inicio del trabajo.

Posteriormente, el equipo se dirigió al sector donde se ubica el Hito Chaxa Estación usado como hito de referencia para este trabajo, donde se procedió a instalar GNSS base, empleando la técnica PPK (Post-Processed Kinematic) para realizar las mediciones. En Fotografía N°21 se muestra GNSS base instalado en Hito Chaxa Estación. En total se midieron 10 puntos de control en la Laguna Chaxa.

Después de medir el punto de control PC\_CH10, el Veedor de la Comunidad Atacameña de Toconao finalizó anticipadamente los trabajos por la cantidad de flamencos en el sector.





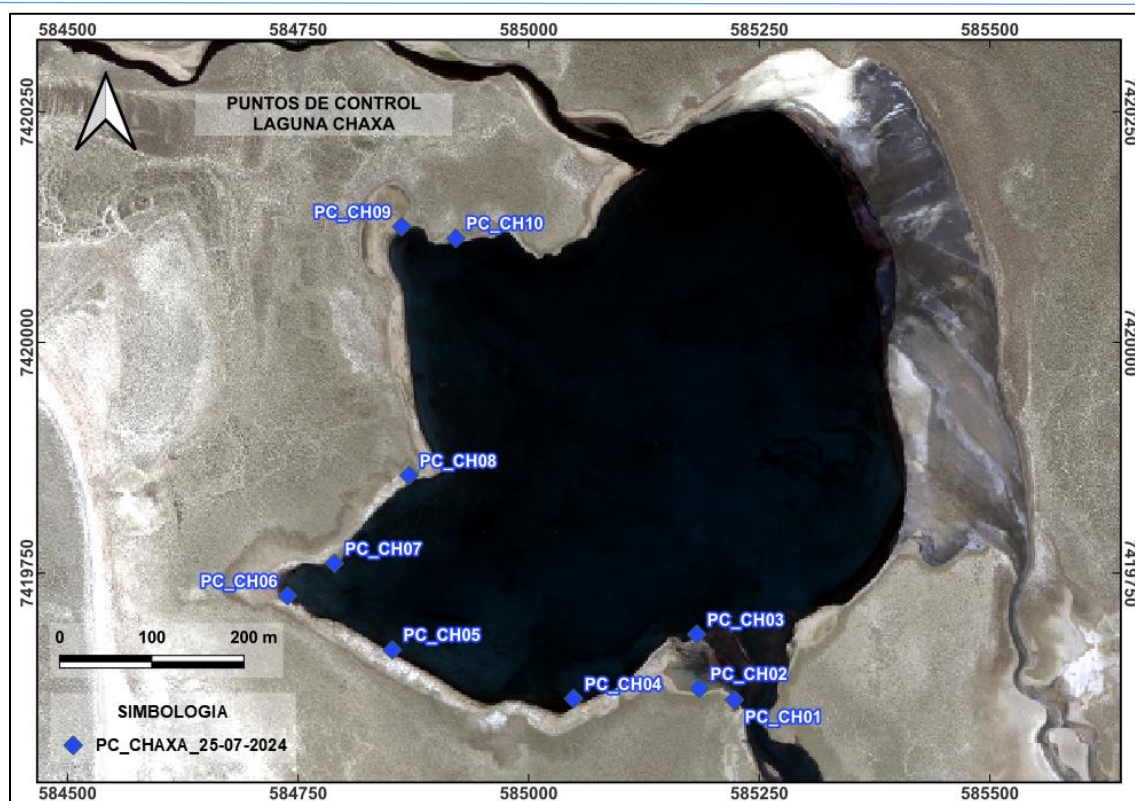
PUNTO: CHAXA ESTACION  
NORTE: 7419603.76  
ESTE: 585210.96  
ELEVACION: 2300.52  
AZIMUT: 115°  
FECHA: 25-07-2024  
HORA: 10:04:00  
COORDENADAS UTM  
WGS 84 19 SUR

**Fotografía N°21. Hito Chaxa Estación con equipo GPS base instalado.**

**Fuente ATyGeo, julio 2024.**

### **5.7.2 RESULTADOS DE MEDICIONES**

En la Figura N°14 se presenta la ubicación de los puntos de control medidos en la Laguna Chaxa, indicando la fecha de medición de cada uno.



**Figura N°14. Ubicación de los Punto de control en la Laguna Chaxa y su fecha de medición. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

En la Tabla N°23 se presenta la información recopilada durante la medición topográfica de los puntos de control, la cual incluye el ID, las coordenadas norte y este, la elevación, el espesor de columna de agua medido a 1.2 m desde el punto de control hacia el interior del cuerpo lacustre siguiendo el azimut de fotografía N°1 y la fecha de medición.

**Tabla N°23. Información de ubicación, espesor columna de agua y fecha de medición. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

ID	NORTE (m)	ESTE (m)	ELEVACION (m)	ESPESOR COLUMNA DE AGUA A 1.2m DEL BORDE	FECHA
PC_CH01	7419613.36	585222.94	2300.19	0.05	25-07-2024
PC_CH02	7419625.62	585184.81	2300.18	0.02	25-07-2024
PC_CH03	7419684.37	585182.05	2300.20	0.05	25-07-2024
PC_CH04	7419614.63	585048.52	2300.19	0.10	25-07-2024
PC_CH05	7419667.43	584851.95	2300.19	0.05	25-07-2024
PC_CH06	7419724.92	584738.32	2300.19	0.03	25-07-2024
PC_CH07	7419760.08	584789.25	2300.18	0.09	25-07-2024
PC_CH08	7419855.34	584870.21	2300.19	0.09	25-07-2024

PC_CH09	7420124.92	584862.02	2300.18	0.04	25-07-2024
PC_CH10	7420112.12	584920.82	2300.20	0.14	25-07-2024

En la Tabla N°24 se presenta la información del suelo para los puntos de control medidos, la cual incluye el ID, la ubicación, el color, la textura y el tamaño de clastos.

**Tabla N°24. Información relacionada con el suelo, ID, ubicación, color, textura y tamaño. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

ID	UBICACIÓN	COLOR	TEXTURA	TAMAÑO
PC_CH01	BORDE DEL AGUA	L2-R3	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_CH02	BORDE DEL AGUA	L7-M2	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_CH03	BORDE DEL AGUA	K2-R2	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_CH04	BORDE DEL AGUA	K2-T2	BIEN SELECCIONADO	LIMO
PC_CH05	BORDE DEL AGUA	K2-T4	BIEN SELECCIONADO	GRANOS
PC_CH06	BORDE DEL AGUA	K1-S3	BIEN SELECCIONADO	ARENA MEDIA
PC_CH07	BORDE DEL AGUA	L1-S3	BIEN SELECCIONADO	LIMO
PC_CH08	BORDE DEL AGUA	M1-S2	MODERADAMENTE SELECCIONADO	LIMO
PC_CH09	BORDE DEL AGUA	K2-S2	BIEN SELECCIONADO	LIMO
PC_CH10	BORDE DEL AGUA	K6-M1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS

En la Tabla N°25 se presenta la información de cada punto de control, la cual incluye el ID y la descripción general del sector donde se realizó la medición.

**Tabla N°25. ID y descripción general del sector donde se midieron los puntos de control. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

ID	DESCRIPCION GENERAL
PC_CH01	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR PLOMIZO
PC_CH02	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SUPERAN LOS 0.25m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE PLOMIZO CON GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS
PC_CH03	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR PLOMIZO CON UNA DE COSTRA DURA POR CAPAS EN EL BORDE
PC_CH04	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR PLOMIZO CON UNA DE COSTRA DURA POR CAPAS EN EL BORDE
PC_CH05	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLORES ENTRE PLOMO Y NEGRO
PC_CH06	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLORES ENTRE PLOMO Y NEGRO
PC_CH07	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLORES ENTRE PLOMO Y NEGRO
PC_CH08	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLORES ENTRE PLOMO Y NEGRO
PC_CH09	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLORES ENTRE PLOMO Y NEGRO
PC_CH10	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLORES ENTRE PLOMO Y NEGRO CON UNA DE COSTRA DURA POR CAPAS EN EL BORDE



### 5.7.3 RESPALDO FOTOGRÁFICO



**Fotografía N°22. Punto de control PC\_CH04.**

**Fuente ATyGeo, julio 2024.**



**Fotografía N°23. Punto de control PC\_CH08.**

**Fuente ATyGeo, julio 2024.**

## 5.8 LAGUNA PUILAR

### 5.8.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO

El trabajo de medición de puntos de control en la Laguna Puilar se llevó a cabo el día 26 de julio del 2024, utilizando como punto de referencia oficial el Hito Puilar Estación, cuyo certificado de coordenadas fue proporcionado por SQM.



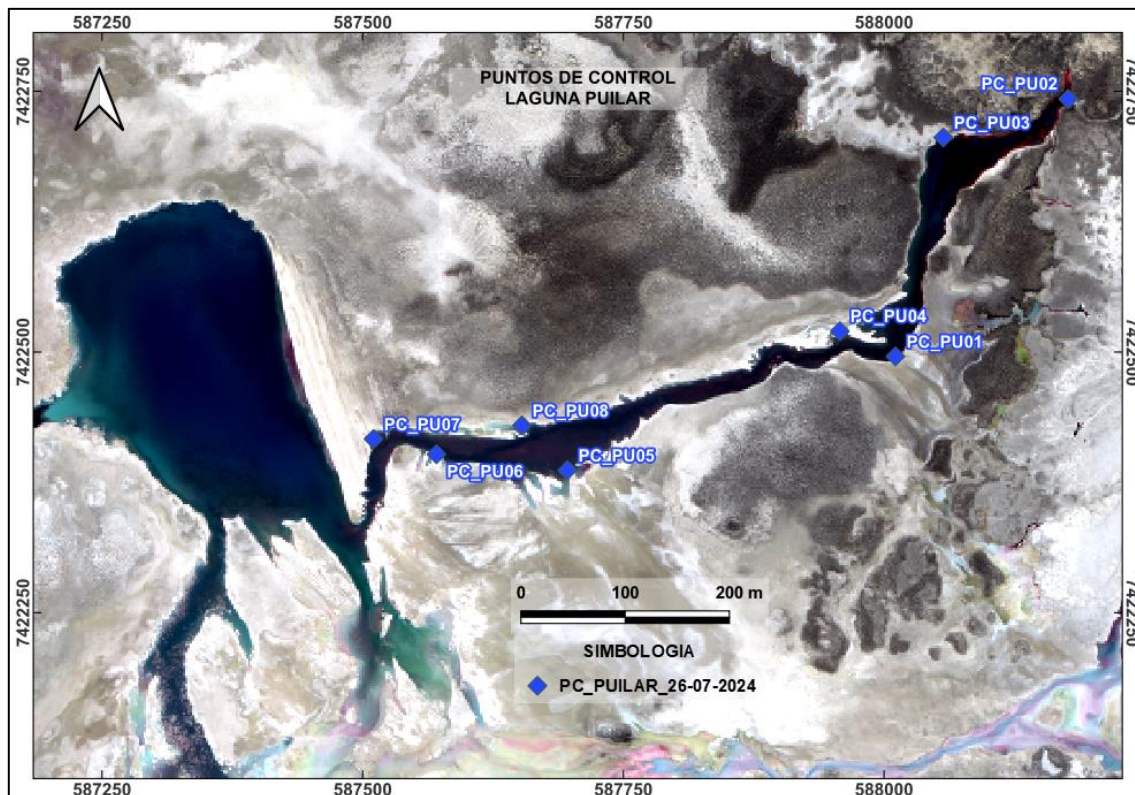
A las 9:30 de la mañana, el personal de ATyGeo se reunió con el Guardaparque de CONAF y el Veedor de la Comunidad Atacameña de Toconao para coordinar el inicio del trabajo, momento en el que ellos indicaron que la actividad debía terminar a las 15:00 saliendo por barrera.

Posteriormente, el equipo se dirigió al sector donde se ubica el Hito Puilar Estación utilizado como hito de referencia para este trabajo, donde se procedió a instalar GPS base, empleando técnica PPK (Post-Processed Kinematic) para realizar las mediciones.

En total se midieron 8 puntos de control en la laguna Puilar, cuya cantidad estuvo limitada por el horario de término de la actividad.

### 5.8.2 RESULTADOS DE MEDICIONES

En la Figura N°15 se entrega la ubicación de los puntos de control medidos en la Laguna Puilar, indicando la fecha de medición de cada uno.



**Figura N°15. Ubicación de los Punto de control en la Laguna Puilar y su fecha de medición. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

En la Tabla N°26 se presenta la información recopilada durante la medición topográfica de los puntos de control, la cual incluye el ID, las coordenadas norte y este, la elevación, el espesor de columna de agua medido a 1.2 m desde el punto de control hacia el interior del cuerpo lacustre siguiendo el azimut de fotografía N°1 y la fecha de medición.

**Tabla N°26. Información de ubicación, espesor columna de agua y fecha de medición. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

ID	NORTE (m)	ESTE (m)	ELEVACION (m)	ESPEJOR COLUMNA DE AGUA A 1.2m DEL BORDE	FECHA
PC_PU01	7422495.36	588011.15	2301.12	0.03	26-07-2024
PC_PU02	7422742.31	588176.71	2301.14	0.01	26-07-2024
PC_PU03	7422705.38	588057.04	2301.13	0.06	26-07-2024
PC_PU04	7422519.52	587957.80	2301.11	0.02	26-07-2024
PC_PU05	7422386.24	587696.43	2301.06	0.01	26-07-2024
PC_PU06	7422401.52	587570.89	2301.04	0.05	26-07-2024
PC_PU07	7422416.16	587510.52	2301.01	0.05	26-07-2024
PC_PU08	7422429.18	587652.84	2301.06	0.02	26-07-2024

En la Tabla N°27 se presenta la información del suelo para los puntos de control medidos, la cual incluye el ID, la ubicación, el color, la textura y el tamaño de clastos.

**Tabla N°27. Información relacionada con el suelo, ID, ubicación, color, textura y tamaño. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

ID	UBICACIÓN	COLOR	TEXTURA	TAMAÑO
PC_PU01	BORDE DEL AGUA	A2-L8	BIEN SELECCIONADO	ARENA MEDIA
PC_PU02	BORDE DEL AGUA	K6-L1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_PU03	BORDE DEL AGUA	K2-L8	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_PU04	BORDE DEL AGUA	L7-M1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_PU05	BORDE DEL AGUA	L1-R1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_PU06	BORDE DEL AGUA	K8-L1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_PU07	BORDE DEL AGUA	K6-L7	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_PU08	BORDE DEL AGUA	K6-L1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS

En la Tabla N°28 se presenta la información de cada punto de control, la cual incluye el ID y la descripción general del sector donde se realizó la medición.

**Tabla N°28. ID y descripción general del sector donde se midieron los puntos de control. Fuente ATyGeo, julio 2024.**

ID	DESCRIPCION GENERAL
PC_PU01	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE
PC_PU02	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SUPERAN LOS 0.35m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE AMARILLENTO
PC_PU03	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE CON VEGETACION
PC_PU04	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE
PC_PU05	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS TROMBOLITOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE
PC_PU06	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE
PC_PU07	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE
PC_PU08	FUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE

### 5.8.3 RESPALDO FOTOGRÁFICO



**Fotografía N°24. Punto de control PC\_PU02.  
Fuente ATyGeo, julio 2024.**



**Fotografía N°25. Punto de control PC\_PU07.**

**Fuente ATyGeo, julio 2024.**

## 6. CONCLUSIÓN

A partir de las mediciones realizadas en las superficies lacustres en el Salar de Atacama se debe destacar lo siguiente:

Se midieron 155 puntos de control en total. En la Tabla N°29 se entrega un resumen de la cantidad de puntos de control medidos por cada laguna.

**Tabla N°29. Resumen de los puntos de control medidos.**

**Fuente ATyGeo, julio 2024.**

PUNTOS DE CONTROL JULIO 2024	
LAGUNA	CANTIDAD
DESBORDE SUR	31
AGUAS DE QUELANA	38
DESBORDE INTERNA	22
SALADITA	16
SALADA	6
BARROS NEGROS	24
CHAXA	10
PUILAR	8
<b>TOTAL</b>	<b>155</b>

El tipo de suelo es variado, presentando diversas características en cuanto a colores, texturas y tamaños de clastos, lo que refleja una elevada heterogeneidad superficial.



En cuanto al espesor de la columna de agua, esta fue medida a 1.2m desde cada Punto de Control hacia el interior del cuerpo lacustre, siguiendo el azimut de fotografía N°1, con distintas profundidades, las cuales fluctúan entre 0.005m y 0.580m, obteniendo como promedio 0.071m.

En la Laguna Salada, el veedor de la Comunidad Atacameña de Peine finalizó anticipadamente el trabajo por inicio del periodo reproductivo de los flamencos. En la Laguna Chaxa, el veedor de la Comunidad Atacameña de Toconao también concluyó los trabajos antes de lo previsto debido a la cantidad de flamencos en el sector. Por último, en la Laguna Puillar, el Guardaparques de CONAF y el veedor de la Comunidad Atacameña de Toconao indicaron que la actividad debía terminar a las 15:00 saliendo por barrera, lo cual limitó la cantidad de puntos de control medidos.

## 7. REFERENCIAS

Para confeccionar este informe se utilizaron como referencias los siguientes documentos:

- RCA 226/2006: "Cambios y Mejoras en la Operación Minera en el Salar de Atacama".
- Resolución Exenta N° 223, Superintendente de Medioambiente, 26 de marzo del 2015.
- Resolución Exenta N°244, Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Antofagasta, 10 de agosto del 2010.
- Toma de puntos de control en terreno, Memorando SQM 2023.
- Trimble R12i GNSS Hoja de datos español, Trimble, 2020.

## 8. ANEXOS

El informe de Levantamiento de Superficies Lacustres contempla archivos digitales, los cuales fueron cargados en carpeta compartida de plataforma SQM denominada "1 Mediciones Lacustres", en "10 Campaña ATyGeo - Julio 2024", y "02 Puntos de Control Julio 2024". Estos archivos digitales contienen toda la información del trabajo realizado, los cuales son:

- 1\_Informe
- 2\_Planilla
- 3\_Fotos y videos
- 4\_Shape

---

5\_Kmz

6\_Csv

7\_Referencias



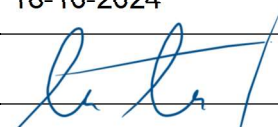
**Informe Topográfico:**  
**SL-00-IT-0024\_REV.0**

**Levantamiento de Superficies Lacustres**  
**Medición de puntos de control**  
**periodo octubre 2024**

**Salar de Atacama – SQM, Región de**  
**Antofagasta**

---

Viernes, 18 de octubre de 2024

<b>ATyGeo</b>	<b>ATyGeo</b>	
Nombre: Cristian Trigo T.	Nombre: Verónica Villalobos R.	Nombre: Gustavo Muñoz C.
Fecha: 18-10-2024	Fecha: 18-10-2024	Fecha:
Firma: 	Firma: 	Firma:

## 1. RESUMEN

El Contrato Marco denominado “Servicios de Levantamiento de estacas perimetrales y toma de puntos de control de terreno, Salar de Atacama”, contempla el monitoreo de las superficies lacustres en los sistemas Soncor, Peine y Aguas de Quelana.

El presente informe entrega los resultados de la toma de Puntos de Control como apoyo al cálculo de cuerpos de agua superficial vía imagen satelital para el periodo octubre 2024.

Este monitoreo es desarrollado bajo el contexto del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico (PSAH) establecido en la RCA 226/2006 del proyecto “Cambios y mejoras de la operación minera en el Salar de Atacama”. Los puntos de control responden a la metodología establecida en la RES-EX 244/2010.

El trabajo se realizó entre los días 30 de septiembre y 10 de octubre, ejecutando la medición de puntos de control en los sectores denominados Desborde Laguna Interna, Desborde Sur y Aguas de Quelana.

En esta campaña no fue posible realizar las mediciones en las lagunas Barros Negros, Chaxa y Puilar del Sistema Soncor, y en las lagunas Salada y Saladita del Sistema Peine, debido al inicio del periodo reproductivo de los flamencos.

En la Tabla N°1 se entrega una lista de las lagunas y la fecha de mediciones.

**Tabla N°1. Lista de las lagunas y su fecha de medición.**

**Fuente ATyGeo, octubre 2024.**

TABLA RESUMEN SUPERFICIES LACUSTRES			
LAGUNA	SECTOR	FECHA MEDICION	OBSERVACION
DESBORDE LAGUNA INTERNA	PEINE	30-09-2024	ACTIVIDAD REALIZADA
DESBORDE SUR	SONCOR	02 AL 04-10-2024	ACTIVIDAD REALIZADA
AGUAS DE QUELANA	AGUAS DE QUELANA	07 AL 10-10-2024	ACTIVIDAD REALIZADA

En la Tabla N°2 se entrega un resumen de los puntos de control medidos en este periodo.

**Tabla N°2. Resumen de medición de puntos de control.**

**Fuente ATyGeo, octubre 2024**

PUNTOS DE CONTROL OCTUBRE 2024	
LAGUNA	CANTIDAD
DESBORDE LAGUNA INTERNA	19
DESBORDE SUR	32
AGUAS DE QUELANA	44
<b>TOTAL</b>	<b>95</b>



---

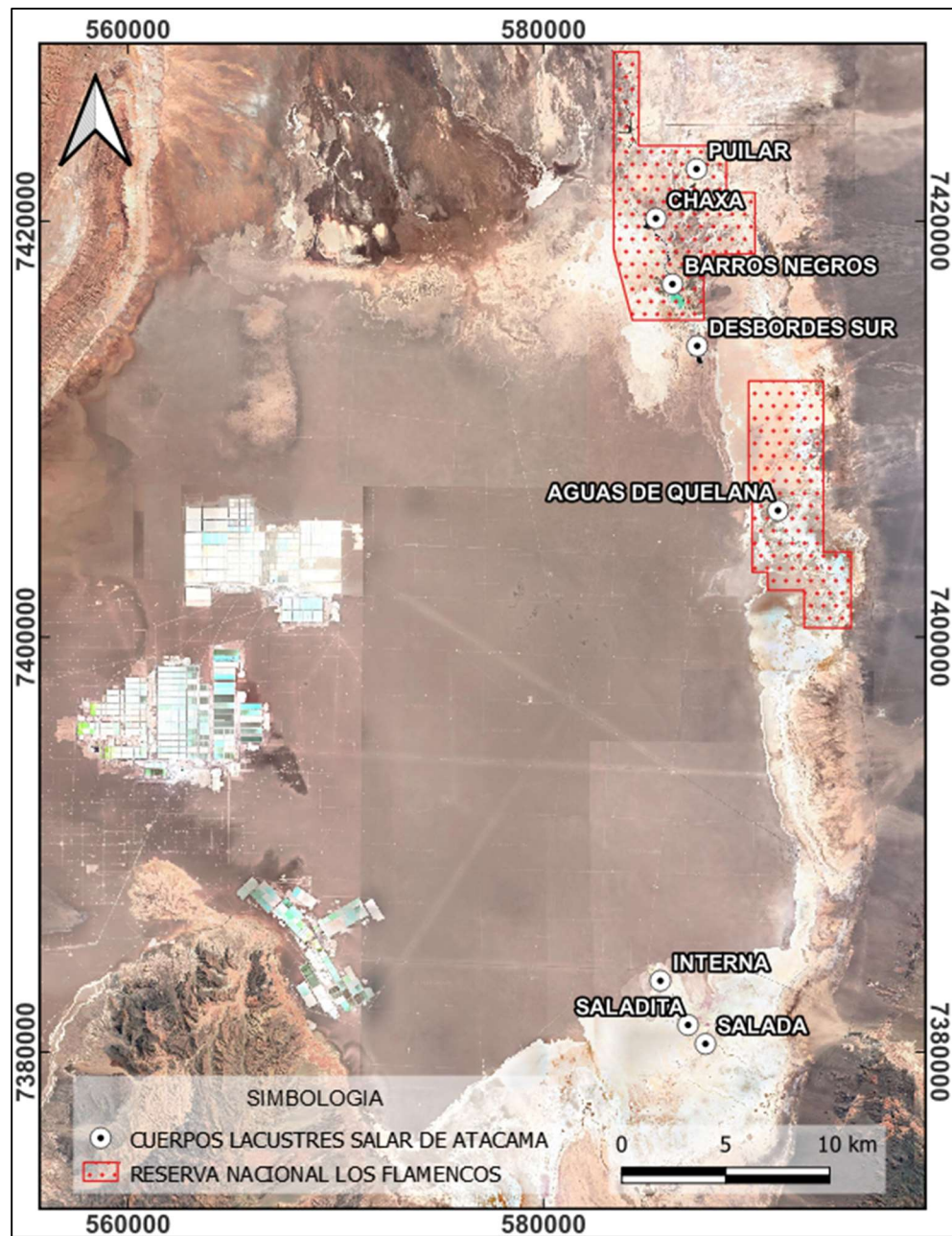
## 2. INTRODUCCION

SQM solicitó a ATyGeo el levantamiento topográfico de puntos de control en superficies lacustres del Salar de Atacama para el periodo octubre 2024, en los sistemas de Soncor, Peine y Aguas de Quelana. Esto en el contexto del Plan de Seguimiento Ambiental Hidrogeológico (PSAH) establecido en la RCA 226/2006 del proyecto “Cambios y mejoras de la operación minera en el Salar de Atacama” y, en particular, en función del Programa de Cumplimiento (PdC), aprobado el 29 de agosto de 2022 según la RES. EX. N°38/ROL F-041-2016. Esta actividad nace del hecho Infraccional N°1 “Extracción de salmuera por sobre lo autorizado, según se expone en el considerando N°27, durante el periodo entre agosto de 2013 y agosto del 2015” y, por tanto, da cumplimiento a la Acción N° 19: Robustecer el monitoreo de la superficie lagunar mediante imágenes satelitales de alta resolución con una frecuencia trimestral.

Los puntos de control responden a la metodología establecida en la RES-EX 244/2010.

En este informe se entregan los resultados del servicio de toma de puntos de control en las superficies lacustres, donde se obtienen datos de la posición, las características generales del suelo, la existencia de vegetación y la profundidad de los cuerpos de agua.

En la Figura N°1 se entrega la ubicación general de las superficies lacustres del Salar de Atacama.



**Figura N°1. Ubicación de las superficies lacustres.**  
**Sistema coordinado UTM, Datum WGS84, Zona 19S**  
**Fuente ATyGeo, octubre 2024.**

### 3. OBJETIVOS

- Medir puntos de control de superficies lacustres en el Salar de Atacama, entregando información de la posición con coordenadas precisas, las características generales o fisionómicas del suelo, la presencia de vegetación y la profundidad de cuerpos de agua, para apoyar al cálculo de extensión lacustre con imágenes satelitales de alta resolución.

### 4. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 4.1 MATERIALES

Los materiales y equipos utilizados para esta labor se resumen en la Tabla N°3.

**Tabla N°3. Materiales y equipos.**

**Fuente ATyGeo, octubre 2024.**

MATERIALES Y EQUIPOS		
ITEM	MATERIALES Y EQUIPOS	UTILIZACION
1	GPS DIFERENCIAL MARCA TRIMBLE MODELO R12i	MEDICION DE PUNTOS DE CONTROL CON METODO PPK
2	TRIPODE DE FIBRA	SOPORTE GPS BASE
3	JALON DE FIBRA MARCA TRIMBLE, PORTA GPS MOVIL, DE 2 METROS DE ALTURA	UTILIZADO COMO ESCALA GRAFICA EN FOTOGRAFIAS
4	CAMIONETA 4X4	TRASLADO A SUPERFICIES LACUSTRES
5	JARDINERA CON BOTAS PVC	PROTECCION AL CAMINAR POR BORDE DE LAGUNAS
6	BALACLAVA, BANDANA, GORRO LEGIONARIO, GUANTES, LENTES, BLOQUEADOR SOLAR	PROTECCION SOLAR AL CAMINAR POR SUPERFICIES LACUSTRES
7	ROPA DE COLOR BEIGE	ROPA SOLICITADA PARA EVITAR AHUYENTAR A LAS AVES

#### 4.2 MÉTODOS

El servicio consiste en realizar mediciones de puntos de control de las superficies lacustres en los sectores Aguas de Quelana, Laguna Chaxa, Laguna Puilar, Laguna Barros Negros, Desborde Sur, Laguna Salada, Laguna Saladita y Desborde Laguna Interna.

La medición de puntos de control se debe realizar en el sistema coordinado UTM, Datum WGS-84, Zona 19 Sur, EGM96, incluyendo la elevación ortométrica (m.s.n.m.).

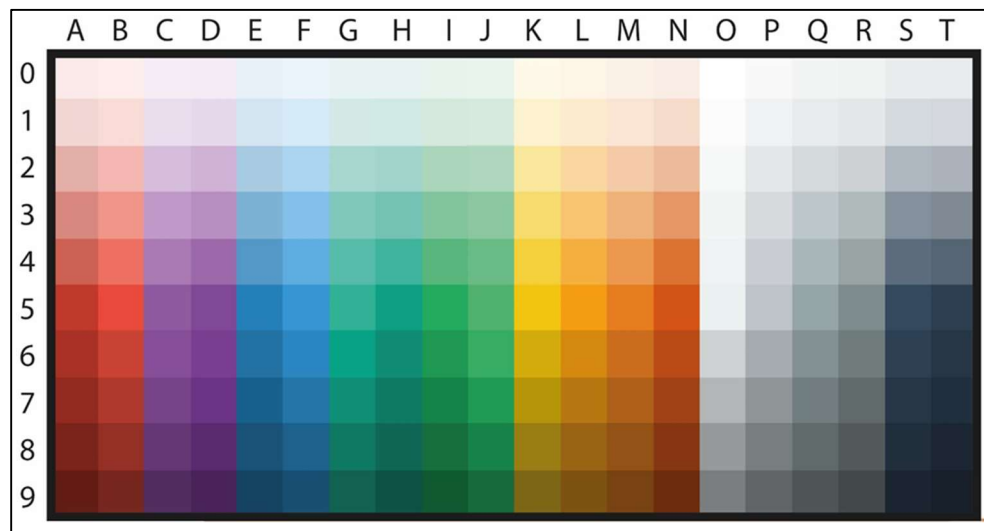
Se deben indicar las características del suelo como el color, la textura y el tamaño de clastos, así como la vegetación y la fauna existente. Además, es necesario registrar el

espesor de columna de agua, generando respaldos fotográficos orientados y videos en 360°. Toda esta información debe ser observada en el borde de los cuerpos lacustres, donde se mide cada punto de control. Estos lugares generalmente presentan condiciones secas, blandas o lodosas, o una combinación de ellas.

Para las características del suelo, se tomarán en cuenta tanto cualidades generales de tipo cualitativas como cuantitativas. Tales como el aspecto, el color de referencia, el tipo de textura, la presencia o no de vegetación y la profundidad de columna de agua a 1.2m. A continuación, se describe en detalle cada una de estas características.

#### 4.2.1 COLOR

El color del suelo debe ser escogido en referencia a la matriz de colores de la Figura N°2.



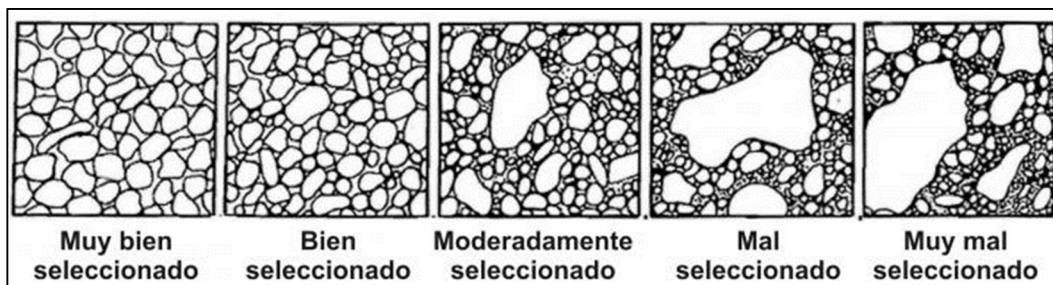
**Figura N°2. Matriz de colores de referencia para indicar color del suelo.**

**Fuente “Toma de puntos de control en terreno” SQM 2023.**

#### 4.2.2 TEXTURA

La textura del suelo debe ser escogida en relación con las imágenes de referencia indicadas en la Figura N°3.





**Figura N°3. Imágenes de referencia para indicar textura del suelo.**

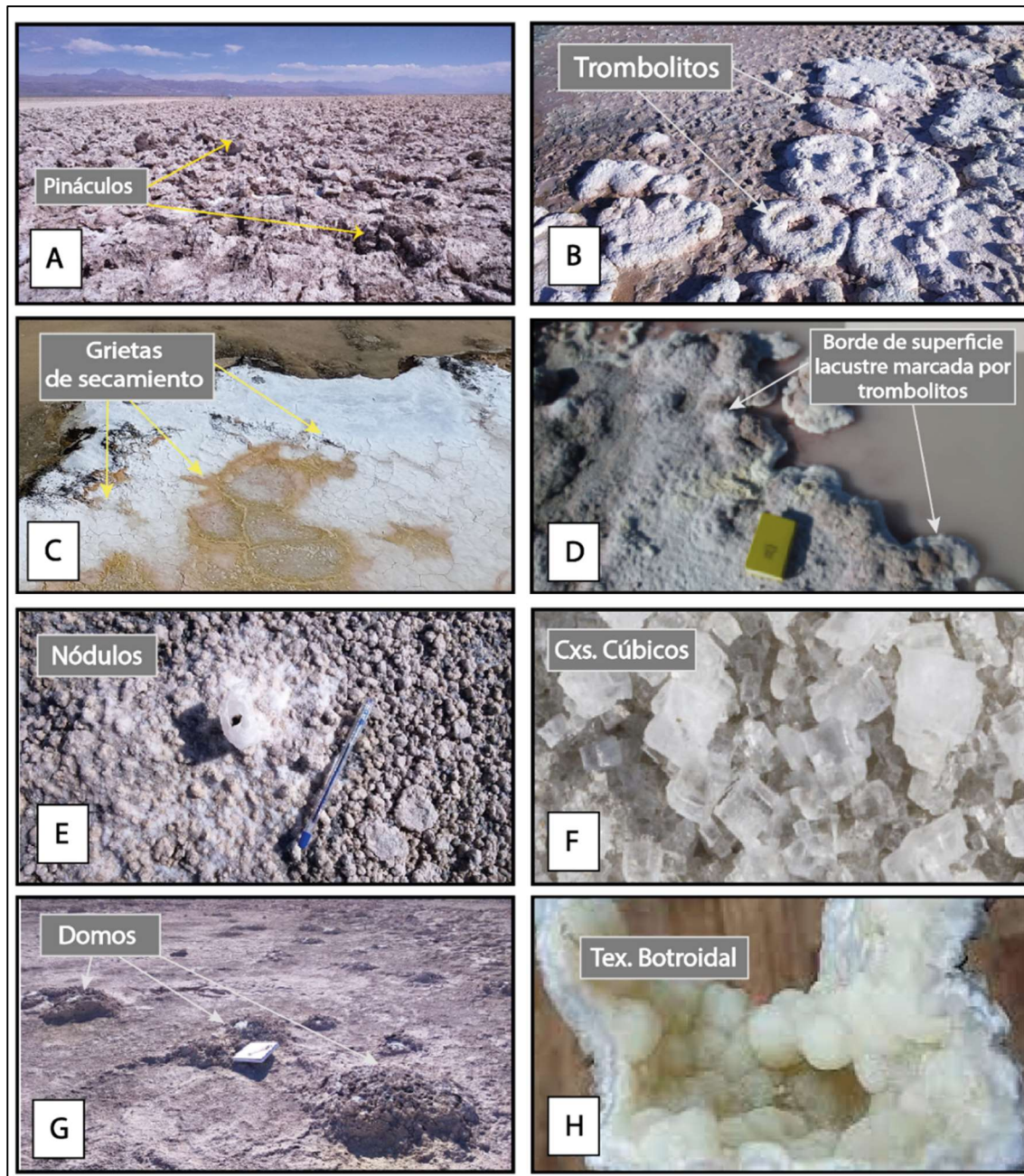
**Fuente “Toma de puntos de control en terreno” SQM 2023.**

Por otro lado, es necesario utilizar descripciones texturales de las costras salinas y los depósitos sedimentarios evaporíticos, los cuales son predominantes en el Salar, así como declarar ciertas morfologías típicas en estos ambientes. En este contexto, se entiende por textura al “aspecto” que corresponde a la forma y distribución de granos minerales, lo que permite, en primer lugar, comprender las condiciones fisicoquímicas y/o ambientales de su formación.

Dentro de las principales formas y morfologías observadas en terreno, se han compilado y seleccionados las cercanas a cuerpos de agua. En la Figura N°4, se muestran diferentes fotografías de apoyo para la descripción en terreno de un punto de control. En estas fotografías se puede observar:

- A: Pináculos, formados por evaporación intensa en ambientes áridos, pueden ser caracterizados por su geometría o tamaño relativo.
- B: Trombolitos, formas circulares formadas producto de actividad biológica en ambientes dulces o mixtos.
- C: Grietas de secamiento, geometrías poligonales formadas por la pérdida de agua o humedad.
- D: Trombolitos como morfología delimitadora de superficie lacustre.
- E: Costra con textura nodular, a menudo dispuestos en patrones repetitivos.
- F: Cristales cúbicos de halita, indica condiciones de alta salinidad y precipitación lenta.
- G: Domos, formados por dilución adyacente.
- H: Textura botroidal o en almohadilla

Estas características son evidenciadas en la columna de textura, no obstante, algunos parámetros como estructuras sedimentarias o aspectos relevantes encontrados en el punto de control son especificadas en el apartado de “Descripción General”.



**Figura N°4: Descripciones texturales de costras salinas.**

**Fuente “Toma de puntos de control en terreno” SQM 2023.**

### 4.2.3 TAMAÑO

El tamaño de las partículas de terreno se escogerá de acuerdo con lo indicado en la Figura N°5.

El tamaño seleccionado hace referencia al sedimento o partículas observables en el punto de control y, en particular, a la zona próxima del mismo con presencia de agua.

Clastos sedimentarios		Tamaño del clasto en mm.
G R A V A	Bloques	256
	Grava	64
	Guijarro	4
	Granos	2
A R E N A	Arena muy gruesa	1
	Arena gruesa	0.5
	Arena media	0.25
	Arena fina	0.125
	Arena muy fina	0.032
L O D O	Limo	0.004
	Arcilla	

**Figura N°5: Escala granulométrica para tamaño de las partículas del suelo.**

**Fuente “Toma de puntos de control en terreno” SQM 2023.**

### 4.2.4 ESPESOR COLUMNA DE AGUA

Se refiere a la medición que comprende la longitud desde la base o fondo del cuerpo de agua a la superficie. El espesor de columna de agua se debe medir de acuerdo con lo indicado en la Figura N°6.



**Figura N°6: Medición de espesor de la columna de agua.**

**Fuente “Toma de puntos de control en terreno” SQM 2023.**

---

#### 4.2.5 REGISTRO FOTOGRÁFICO ORIENTADO

Junto con todos los datos del suelo obtenidos, se debe entregar un registro fotográfico de los puntos de control. Este registro debe incluir una fotografía del suelo donde se midió el punto de control, fotografías orientadas donde se entregue su azimut, incluir un elemento que pueda ser utilizado como escala de medida y videos en 360°. Los elementos incluidos en las fotografías para ser utilizados como escala son:

- En las fotografías del suelo donde se tomó el punto de control se utiliza un plumón destacadador de color verde de 0.12 m de largo.
- En las fotografías orientadas y los videos se usa el jalón de fibra donde se posiciona el equipo GNSS móvil, el cual tiene una altura fija de 2 metros.

De manera adicional, se registra la presencia de vegetación y aves, la cual se indica bajo el siguiente criterio:

- VEGETACIÓN:

SI = vegetación en el mismo lugar o cercana al Punto de Control.

NO = sin vegetación en el lugar o en las cercanías.

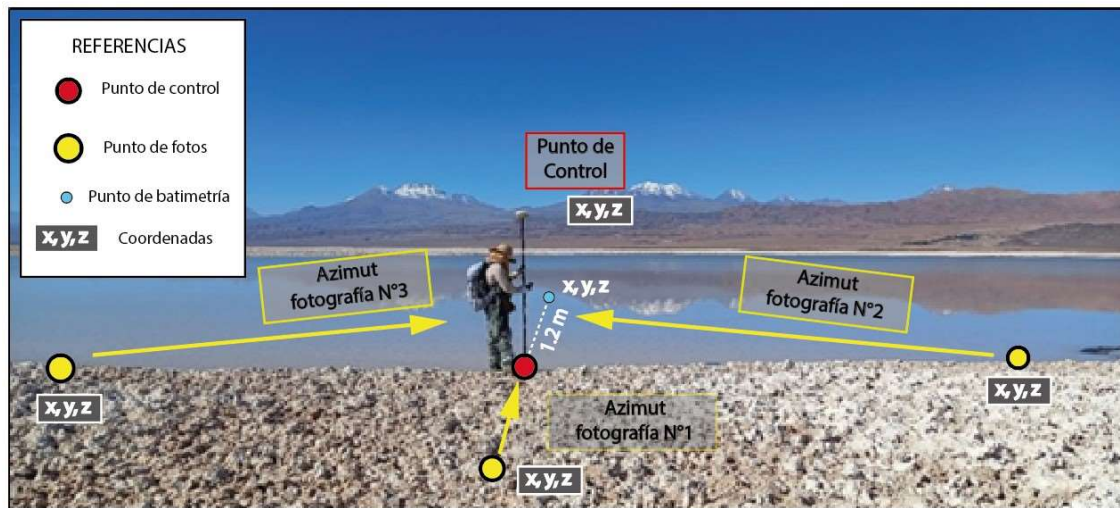
- AVES:

SI = aves en el sector o cerca del Punto de Control.

NO = no se ven aves en el sector ni en las cercanías.

En la Figura N°7 se muestra una fotografía referencial donde se detallan los datos obtenidos de terreno en cuanto a las posiciones de fotografías, la ubicación del punto de control y el punto de batimetría ubicado 1.2 m dentro del agua siguiendo el azimut de la fotografía N°1.





**Figura N°7. Fotografía referencial donde se observa posición de las fotografías, el punto de control y el punto de batimetría. Fuente ATyGeo, octubre 2024.**

#### **4.3 PROCEDIMIENTO PARA LA TOMA DE PUNTOS DE CONTROL**

##### **i) Posicionamiento inicial:**

- El Operador 1 se ubica en el punto de control (marcado como un círculo rojo en la Figura N°7) y realiza la medición utilizando el equipo GNSS.

##### **ii) Fotografía y video inicial:**

- El Operador 2 se posiciona frente al Operador 1, mirando en dirección a la laguna. Toma la Fotografía 1 y el video en 360°. Deja un plumón en el lugar como referencia.

##### **iii) Cambio de posición - Fotografía 2:**

- El Operador 2 se desplaza al borde de la laguna, situándose frente al Operador 1 con la laguna a su derecha. Toma la Fotografía 2 y deja un plumón en el lugar como referencia.

##### **iv) Cambio de posición - Fotografía 3:**

- El Operador 2 se mueve al borde de la laguna, quedando frente al Operador 1 con la laguna a su izquierda. Toma la Fotografía 3 y espera en esa posición.

##### **v) Fotografía del suelo:**

- El Operador 1 coloca un plumón destacador en el lugar donde midió el punto de control. Toma la fotografía del suelo y luego retira el plumón.

**vi) Medición en la laguna:**

- El Operador 1 mide 1.2 m hacia el interior de la laguna, siguiendo el azimut de la Fotografía 1 (marcado como un círculo celeste en la Figura N°7).  
Luego mide la profundidad de la capa de lodo y la altura del agua usando un flexómetro.

**vii) Registro de datos:**

- El Operador 2 registra en una libreta los datos dictados por el Operador 1.

**viii) Mediciones adicionales con GNSS:**

- El Operador 1 se desplaza al lugar donde el Operador 2 tomó la Fotografía 2 (ubicado por el plumón de referencia), mide el punto con el equipo GNSS y retira el plumón.
- Luego, el Operador 1 se desplaza al lugar donde el Operador 2 tomó la Fotografía 1, mide el punto con el equipo GNSS y retira el plumón.
- Finalmente, el Operador 1 se mueve al lugar donde el Operador 2 tomó la Fotografía 3 y mide el punto con el equipo GNSS.

**ix) Registro final de datos:**

- El Operador 2 registra en una libreta los datos de suelo, vegetación y aves del sector.

**x) Preparación para el siguiente punto:**

- Ambos operadores se dirigen al siguiente punto de control.

Las unidades de medición utilizadas son:

- Coordenadas (m) = metros
- Elevaciones (m) = metros
- Distancias (m) = metros
- Ángulo y Azimut (°) = grados sexagesimales (0° a 359°)

#### **4.4 TÉCNICA DE MEDICIÓN**

Para este trabajo se utilizaron equipos GNSS diferencial marca Trimble modelo R12i, midiendo con técnica Cinemática Postprocesada (PPK), la cual se detalla a continuación:

#### 4.4.1 PPK (POST PROCESSED KINEMATIC)

Cinemática postprocesada. Esta técnica permite obtener coordenadas precisas mediante el procesamiento de datos en etapa de gabinete. Se requiere un equipo GNSS diferencial modo base, ubicado en un punto de referencia conocido, que recibe la señal satelital, guardando los datos en la memoria. Además, se utiliza un equipo GNSS diferencial en modo móvil, que se desplaza en terreno midiendo los puntos, recibiendo la señal satelital y guardando los datos en la memoria. Posteriormente, en la etapa de gabinete, se procesan los datos almacenados para obtener coordenadas y elevaciones con precisiones centimétricas.

Las características de precisión y confiabilidad de los equipos GNSS utilizados se entregan en Tabla N°4 y han sido obtenidas del documento "Trimble R12i GNSS Hoja de datos"

**Tabla N°4. Características de equipos GNSS Trimble R12i.**

**Fuente ATyGeo, octubre 2024.**

CARACTERISTICA	VALORES
PRECISION HORIZONTAL	8 mm + 1 ppm RMS
PRECISION VERTICAL	15 mm + 1 ppm RMS

Notas:

PPM = Partes por millón.

RMS = Error aleatorio que degrada la exactitud de la posición en cualquier dirección.

## 5. RESULTADOS

Se presentan los resultados obtenidos de las mediciones de puntos de control en las superficies lacustres del Salar de Atacama, periodo octubre 2024.

Se debe indicar que, para todas las figuras que muestran la ubicación de los puntos de control medidos en terreno, se ha utilizado una imagen satelital de fondo, de octubre 2024, entregada por SQM.

A continuación, se detallan los trabajos realizados:

## 5.1 DESBORDE LAGUNA INTERNA

### 5.1.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO

El trabajo de medición de puntos de control en el sector Desborde Laguna Interna se llevó a cabo el día 30 de septiembre del 2024, utilizando como punto de referencia oficial el Hito Interna Estación, cuyo certificado de coordenadas fue proporcionado por SQM.

En el hito indicado se procedió a instalar equipo GNSS base, utilizando técnica PPK para realizar las mediciones. En Fotografía N°1 se muestra equipo GNSS base instalado en Hito Interna Estación. En total se midieron 19 puntos de control en el sector Desborde Laguna Interna.



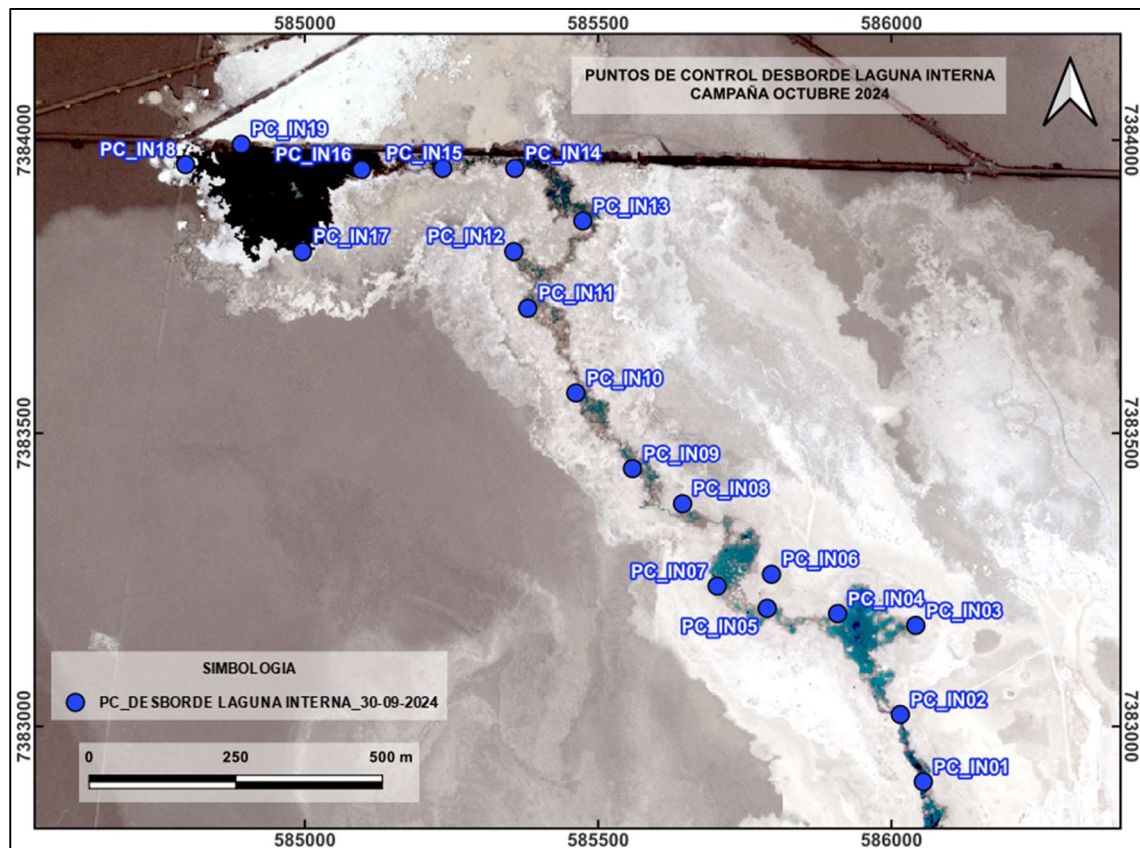
**Fotografía N°1. Hito Interna Estación con equipo GNSS base instalado.**

**Fuente ATyGeo, octubre 2024.**

### 5.1.2 RESULTADOS DE MEDICIONES

En la Figura N°8 se entrega la ubicación de los puntos de control medidos en el sector Desborde Laguna Interna, indicando la fecha de medición de cada uno.





**Figura N°8. Ubicación de los Punto de control en el sector Desborde Laguna Interna y su fecha de medición. Fuente ATyGeo, octubre 2024.**

En la Tabla N°5 se presenta la información recopilada durante la medición topográfica de los puntos de control, la cual incluye el ID, las coordenadas norte y este, la elevación, el espesor de columna de agua medido a 1.2 m desde el punto de control hacia el interior del cuerpo lacustre siguiendo el azimut de fotografía N°1 y la fecha de medición.

**Tabla N°5. Información de ubicación, espesor columna de agua y fecha de medición. Fuente ATyGeo, octubre 2024.**

ID	NORTE (m)	ESTE (m)	ELEVACION (m)	ESPEJOR COLUMNA DE AGUA A 1.2m DEL BORDE	FECHA
PC_IN01	7382903.89	586054.45	2299.63	0.04	30-09-2024
PC_IN02	7383018.67	586015.21	2299.57	0.04	30-09-2024
PC_IN03	7383170.65	586041.64	2299.53	0.02	30-09-2024
PC_IN04	7383190.82	585908.27	2299.53	0.04	30-09-2024
PC_IN05	7383199.85	585788.19	2299.51	0.02	30-09-2024
PC_IN06	7383257.90	585795.39	2299.41	0.09	30-09-2024
PC_IN07	7383237.84	585702.79	2299.48	0.02	30-09-2024

PC_IN08	7383378.41	585643.76	2299.40	0.08	30-09-2024
PC_IN09	7383438.31	585558.33	2299.36	0.04	30-09-2024
PC_IN10	7383567.45	585461.66	2299.36	0.07	30-09-2024
PC_IN11	7383711.92	585379.61	2299.29	0.07	30-09-2024
PC_IN12	7383808.80	585355.92	2299.27	0.10	30-09-2024
PC_IN13	7383861.19	585473.50	2299.23	0.09	30-09-2024
PC_IN14	7383950.78	585357.54	2299.23	0.06	30-09-2024
PC_IN15	7383950.76	585234.61	2299.22	0.04	30-09-2024
PC_IN16	7383948.82	585096.31	2299.18	0.01	30-09-2024
PC_IN17	7383808.65	584995.30	2299.18	0.02	30-09-2024
PC_IN18	7383957.25	584795.93	2299.16	0.02	30-09-2024
PC_IN19	7383991.95	584890.98	2299.19	0.12	30-09-2024

En la Tabla N°6 se presenta la información del suelo para los puntos de control medidos, la cual incluye el ID, la ubicación, el color, la textura y el tamaño de clastos.

**Tabla N°6. Información relacionada con el suelo, ID, ubicación, color, textura y tamaño de clastos. Fuente ATyGeo, octubre 2024.**

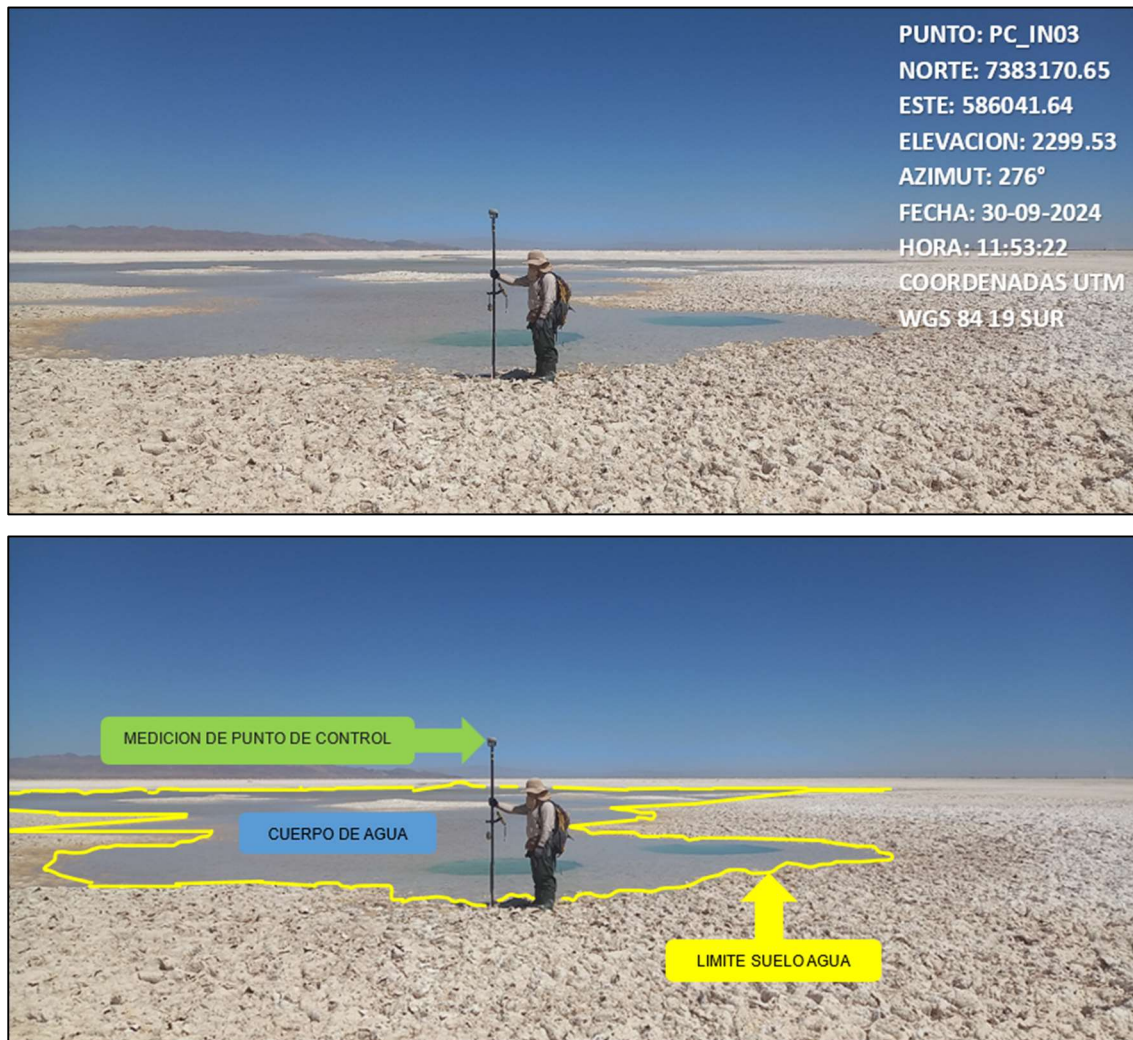
ID	UBICACIÓN	COLOR	TEXTURA	TAMAÑO
PC_IN01	BORDE DEL AGUA	L6-N1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_IN02	BORDE DEL AGUA	L1-M6	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_IN03	BORDE DEL AGUA	L1-M3	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_IN04	BORDE DEL AGUA	M4-N1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_IN05	BORDE DEL AGUA	M2-N4	BIEN SELECCIONADO	GRANOS
PC_IN06	BORDE DEL AGUA	L1-M2	MUY MAL SELECCIONADO	BLOQUES
PC_IN07	BORDE DEL AGUA	M1-N3	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_IN08	BORDE DEL AGUA	L6-N2	BIEN SELECCIONADO	GRANOS
PC_IN09	BORDE DEL AGUA	L6-M2	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_IN10	BORDE DEL AGUA	L6-N1	MAL SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_IN11	BORDE DEL AGUA	M6-N2	BIEN SELECCIONADO	GRANOS
PC_IN12	BORDE DEL AGUA	L6-N1	BIEN SELECCIONADO	GRANOS
PC_IN13	BORDE DEL AGUA	L7-N2	BIEN SELECCIONADO	GRANOS
PC_IN14	BORDE DEL AGUA	L7-N3	BIEN SELECCIONADO	GRANOS
PC_IN15	BORDE DEL AGUA	L6-M3	BIEN SELECCIONADO	GRANOS
PC_IN16	BORDE DEL AGUA	M9-N1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_IN17	BORDE DEL AGUA	M9-N2	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_IN18	BORDE DEL AGUA	M9-N1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_IN19	BORDE DEL AGUA	M9-N2	MAL SELECCIONADO	GRAVA

En la Tabla N°7 se presenta la información de cada punto de control, la cual incluye el ID y la descripción general del sector donde se realizó la medición.

**Tabla N°7. ID y descripción general del sector donde se midieron los puntos de control. Fuente ATyGeo, octubre 2024.**

ID	DESCRIPCION GENERAL
PC_IN01	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE COBRIZO
PC_IN02	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS TROMBOLITOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA LODOSA COLOR CAFE
PC_IN03	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COMO CASCARA DE FACIL ROMPIMIENTO Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA LODOSA COLOR CAFE CLARO
PC_IN04	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA LODOSA COLOR CAFE CLARO
PC_IN05	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE COBRIZO
PC_IN06	POZA AISLADA DONDE SE APRECIA QUE AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COMO CASCARA DE FACIL ROMPIMIENTO Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA LODOSA COLOR CAFE CLARO
PC_IN07	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE
PC_IN08	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA LODOSA COLOR CAFE
PC_IN09	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA LODOSA COLOR CAFE
PC_IN10	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA LODOSA COLOR CAFE CLARO
PC_IN11	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA LODOSA COLOR CAFE
PC_IN12	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA LODOSA COLOR CAFE
PC_IN13	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA LODOSA COLOR CAFE
PC_IN14	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA LODOSA COLOR CAFE
PC_IN15	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA LODOSA COLOR CAFE
PC_IN16	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA LODOSA COLOR CAFE
PC_IN17	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA LODOSA COLOR CAFE
PC_IN18	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA LODOSA COLOR CAFE
PC_IN19	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS TROMBOLITOS PIEDRAS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES SUBMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA LODOSA COLOR CAFE

### 5.1.3 RESPALDO FOTOGRÁFICO



Fotografías N°2 y 3. Punto de control PC\_IN03. De las dos fotografías entregadas, la superior es la original y la inferior es una interpretación de terreno.

Fuente ATyGeo, octubre 2024.





**Fotografía N°4. Punto de control PC\_IN18.**

**Fuente ATyGeo, octubre 2024.**

## **5.2 DESBORDE SUR**

### **5.2.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO**

El trabajo de medición de puntos de control en el sector Desborde Sur se llevó a cabo entre los días 02 y 04 de octubre de 2024, utilizando como punto de referencia el Pozo L2-15, cuyo certificado de coordenadas fue proporcionado por SQM.

Cada día, el personal de ATyGeo instaló un equipo GNSS base en el Pozo L2-15, empleando la técnica PPK (Post-Processed Kinematic) para realizar las mediciones. En la Fotografía N°5 se muestra el equipo GNSS base instalado en el Pozo L2-15. El primer día se midieron 11 puntos de control, el segundo día se midieron 12 puntos de control y el tercer día se midieron 9 puntos de control. En total se midieron 32 puntos de control en el sector Desborde Sur.

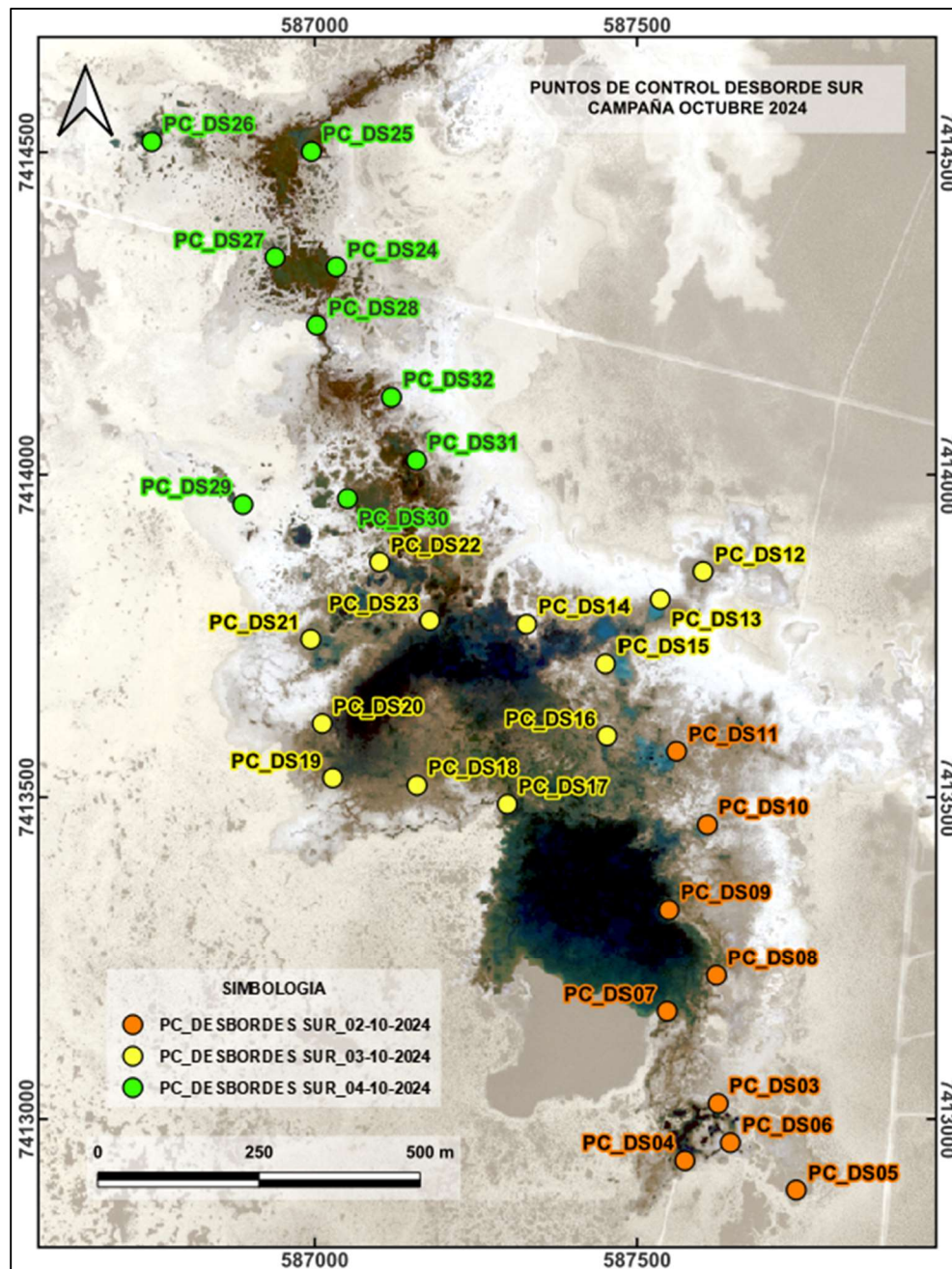


**Fotografía N°5. Pozo L2-15 con el equipo GNSS base instalado.**

**Fuente ATyGeo, octubre 2024.**

### **5.2.2 RESULTADOS DE MEDICIONES**

En la Figura N°9 se entrega la ubicación de los puntos de control medidos en el sector de Desborde Sur, indicando la fecha de medición de cada punto.



**Figura N°9. Ubicación de los Puntos de control en el sector Desborde Sur y su fecha de medición. Fuente ATyGeo, octubre 2024.**

En la Tabla N°8 se presenta la información recopilada durante la medición topográfica de los puntos de control, la cual incluye el ID, las coordenadas norte y este, la elevación, el espesor de columna de agua medido a 1.2 m desde el punto de control hacia el interior del cuerpo lacustre siguiendo el azimut de fotografía N°1 y la fecha de medición.



**Tabla N°8. Información de ubicación, espesor columna de agua y fecha de medición. Fuente ATyGeo, octubre 2024.**

ID	NORTE (m)	ESTE (m)	ELEVACION (m)	ESPESOR COLUMNA DE AGUA A 1.2m DEL BORDE	FECHA
PC_DS01	7413782.98	588082.55	2298.95	0.19	02-10-2024
PC_DS02	7413653.31	588043.51	2298.94	0.05	02-10-2024
PC_DS03	7413024.26	587624.69	2298.95	0.25	02-10-2024
PC_DS04	7412935.78	587573.03	2298.98	0.10	02-10-2024
PC_DS05	7412890.42	587745.82	2298.70	0.55	02-10-2024
PC_DS06	7412963.58	587643.54	2298.97	0.76	02-10-2024
PC_DS07	7413167.21	587545.46	2299.06	0.07	02-10-2024
PC_DS08	7413223.09	587622.02	2299.05	0.05	02-10-2024
PC_DS09	7413325.48	587548.16	2299.05	0.24	02-10-2024
PC_DS10	7413457.70	587607.97	2299.06	0.15	02-10-2024
PC_DS11	7413571.70	587560.03	2299.05	0.12	02-10-2024
PC_DS12	7413850.49	587601.15	2298.98	0.11	03-10-2024
PC_DS13	7413807.19	587534.76	2299.05	0.15	03-10-2024
PC_DS14	7413768.71	587329.71	2299.05	0.08	03-10-2024
PC_DS15	7413707.30	587452.01	2299.05	0.19	03-10-2024
PC_DS16	7413595.59	587454.64	2299.05	0.16	03-10-2024
PC_DS17	7413489.63	587299.90	2299.06	0.12	03-10-2024
PC_DS18	7413518.82	587159.79	2299.06	0.05	03-10-2024
PC_DS19	7413530.21	587028.89	2299.06	0.16	03-10-2024
PC_DS20	7413614.71	587012.61	2299.05	0.20	03-10-2024
PC_DS21	7413745.34	586994.78	2299.05	0.11	03-10-2024
PC_DS22	7413865.20	587101.66	2299.06	0.32	03-10-2024
PC_DS23	7413774.42	587179.66	2299.06	0.29	03-10-2024
PC_DS24	7414322.97	587034.55	2299.36	0.11	04-10-2024
PC_DS25	7414501.93	586995.86	2299.41	0.07	04-10-2024
PC_DS26	7414517.10	586748.01	2299.29	0.22	04-10-2024
PC_DS27	7414337.89	586939.48	2299.38	0.13	04-10-2024
PC_DS28	7414232.64	587004.05	2299.30	0.09	04-10-2024
PC_DS29	7413954.37	586889.53	2298.91	0.18	04-10-2024
PC_DS30	7413963.70	587051.80	2299.07	0.21	04-10-2024
PC_DS31	7414022.82	587158.80	2299.07	0.09	04-10-2024
PC_DS32	7414120.67	587119.96	2299.19	0.10	04-10-2024

En la Tabla N°9 se presenta la información del suelo para los puntos de control medidos, la cual incluye el ID, la ubicación, el color, la textura y el tamaño de clastos.



**Tabla N°9. Información relacionada con el suelo, ID, ubicación, color, textura y tamaño de clastos. Fuente ATyGeo, octubre 2024.**

ID	UBICACIÓN	COLOR	TEXTURA	TAMAÑO
PC_DS01	BORDE DEL AGUA	M1-N4	MAL SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_DS02	BORDE DEL AGUA	M1-N2	MAL SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_DS03	BORDE DEL AGUA	L2-N3	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_DS04	BORDE DEL AGUA	L1-N3	MAL SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_DS05	BORDE DEL AGUA	L6-M1	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS06	BORDE DEL AGUA	M4-N1	BIEN SELECCIONADO	GRANOS
PC_DS07	BORDE DEL AGUA	M8-N2	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS08	BORDE DEL AGUA	M2-N5	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_DS09	BORDE DEL AGUA	L8-N2	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS10	BORDE DEL AGUA	L8-M1	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS11	BORDE DEL AGUA	M8-N1	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS12	BORDE DEL AGUA	M8-N2	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS13	BORDE DEL AGUA	L6-N2	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS14	BORDE DEL AGUA	L6-M1	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS15	BORDE DEL AGUA	L6-N1	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS16	BORDE DEL AGUA	L6-M1	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS17	BORDE DEL AGUA	L8-N1	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS18	BORDE DEL AGUA	L8-N3	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS19	BORDE DEL AGUA	L8-N1	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS20	BORDE DEL AGUA	L6-N2	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS21	BORDE DEL AGUA	L7-N2	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS22	BORDE DEL AGUA	M6-N2	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS23	BORDE DEL AGUA	M6-N1	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS24	BORDE DEL AGUA	L1-M9	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS25	BORDE DEL AGUA	L1-M9	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS26	BORDE DEL AGUA	L6-M5	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS27	BORDE DEL AGUA	M9-R1	MAL SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_DS28	BORDE DEL AGUA	L1-M9	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GRANOS
PC_DS29	BORDE DEL AGUA	M2-N4	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS30	BORDE DEL AGUA	L8-N1	MAL SELECCIONADO	GRAVA
PC_DS31	BORDE DEL AGUA	L6-M8	MAL SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_DS32	BORDE DEL AGUA	L6-M7	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS

En la Tabla N°10 se presenta la información de cada punto de control, la cual incluye el ID y la descripción general del sector donde se realizó la medición.

**Tabla N°10. ID y descripción general del sector donde se midieron los puntos de control. Fuente ATyGeo, octubre 2024.**

ID	DESCRIPCION GENERAL
PC_DS01	POZA AISLADA DONDE SE APRECIA QUE AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE COBRIZO CON GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS
PC_DS02	POZA AISLADA DONDE SE APRECIA QUE AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE CON GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS
PC_DS03	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE CON SOCAVACIONES
PC_DS04	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE CON SOCAVACIONES
PC_DS05	POZA AISLADA DONDE SE APRECIA QUE AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE
PC_DS06	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE CON SOCAVACIONES
PC_DS07	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA DURA CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.30m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE OSCURO
PC_DS08	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE COBRIZO
PC_DS09	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA DURA CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.20m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE OSCURO Y TIENE ESPUMA BLANCA SUPERFICIAL EN LA ORILLA
PC_DS10	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA DURA CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.20m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE
PC_DS11	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.20m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE
PC_DS12	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.20m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE
PC_DS13	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA DURA CON NODULOS TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.30m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE CLARO
PC_DS14	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.20m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE Y TIENE ESPUMA BLANCA SUPERFICIAL EN LA ORILLA
PC_DS15	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA DURA CON TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.30m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE CLARO
PC_DS16	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA DURA CON TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.20m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE CLARO
PC_DS17	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA DURA CON TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.30m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE CLARO
PC_DS18	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA DURA CON TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.30m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE OSCURO
PC_DS19	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA DURA CON TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.20m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE OSCURO
PC_DS20	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA DURA CON TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.20m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE OSCURO
PC_DS21	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA DURA CON TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.20m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE OSCURO
PC_DS22	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA DURA CON TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.30m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE OSCURO
PC_DS23	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA DURA CON TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.20m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE OSCURO
PC_DS24	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA DURA CON TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.20m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE OSCURO
PC_DS25	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA DURA CON TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.20m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE OSCURO
PC_DS26	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA DURA CON TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.20m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE COBRIZO

PC_DS27	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE OSCURO
PC_DS28	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.20m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE OSCURO
PC_DS29	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA DURA CON TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.20m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE COBRIZO
PC_DS30	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA DURA CON NODULOS TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.20m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA COLOR CAFE
PC_DS31	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.20m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA LODOSO DE COLOR CAFE OSCURO
PC_DS32	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA LODOSO DE COLOR CAFE

### 5.2.3 RESPALDO FOTOGRÁFICO



**Fotografía N°6. Punto de control PC\_DS04.**

**Fuente ATyGeo, octubre 2024.**



**Fotografía N°7. Punto de control PC\_DS17.**

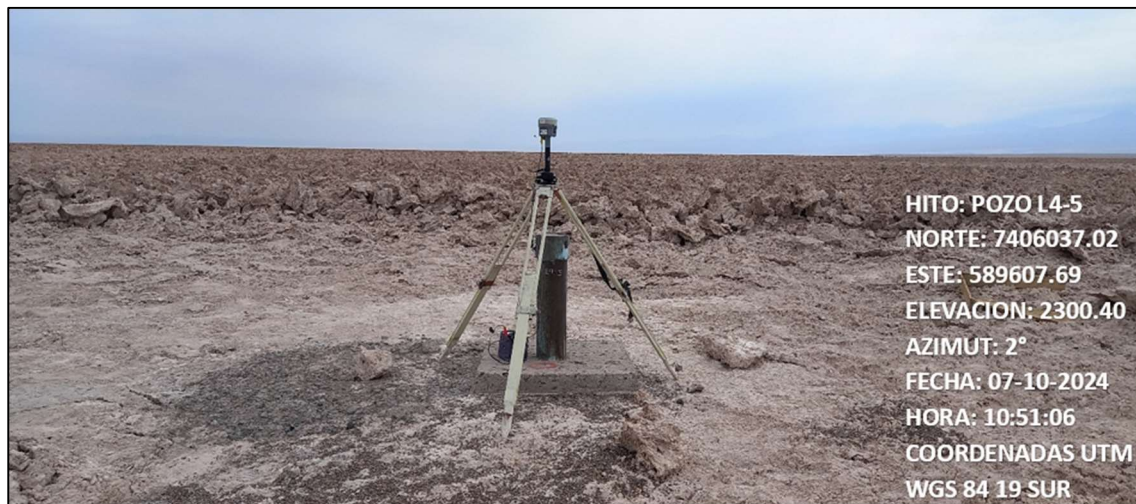
**Fuente ATyGeo, octubre 2024.**

### 5.3 AGUAS DE QUELANA

#### 5.3.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO

El trabajo de medición de puntos de control en el sector Aguas de Quelana se realizó entre los días 07 y 10 de octubre del 2024, utilizando como puntos de referencia los Pozos L4-5, L5-13, L3-6, Cuña 5 y L14-3. Es importante destacar que todos los puntos de control medidos se encuentran dentro de la Reserva Nacional Los Flamencos.

El día 07 de octubre, el personal de ATyGeo se dirigió al sector donde se ubica el Pozo L4-5, utilizado como Hito de referencia, donde se procedió a instalar un equipo GNSS base, empleando la técnica PPK (Post-Processed Kinematic) para realizar las mediciones. En la Fotografía N°8 se muestra el equipo GNSS base instalado en el Pozo L4-5. Este día se midieron 9 puntos de control.

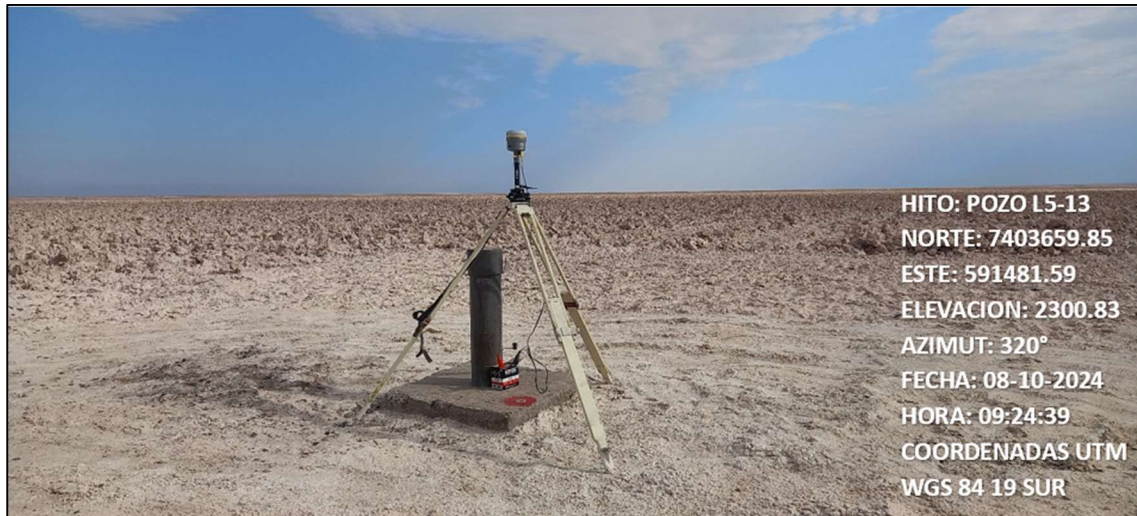


**Fotografía N°8. Pozo L4-5 con el equipo GNSS base instalado.**

**Fuente ATyGeo, octubre 2024.**

El día 08 de octubre, el personal de ATyGeo se dirigió al sector donde se ubica el Pozo L5-13, utilizado como hito de referencia, y se procedió a instalar un equipo GNSS base, usando la técnica PPK. En la Fotografía N°9 se muestra el equipo GNSS base instalado en el Pozo L5-13. Este día se midieron 16 puntos de control.





**Fotografía N°9. Pozo L5-13 con el equipo GNSS base instalado.**

**Fuente ATyGeo, octubre 2024.**

El día 09 de octubre, el personal de ATyGeo se dirigió al sector donde se ubica el Pozo L3-6, utilizado como hito de referencia, y se procedió a instalar un equipo GNSS base, usando la técnica PPK. En la Fotografía N°10 se muestra el equipo GNSS base instalado en el Pozo L5-13. Este día se midieron 13 puntos de control.



**Fotografía N°10. Pozo L3-6 con el equipo GNSS base instalado.**

**Fuente ATyGeo, octubre 2024.**

Por último, el día 10 de octubre se utilizaron 2 pozos como hitos de referencia para realizar las mediciones, los cuales fueron CUÑA 5 y L14-3, donde se procedió a instalar un equipo

GNSS base, usando la técnica PPK. En la Fotografías N°11 se muestra el equipo GNSS base instalado en el Pozo CUÑA 5 y en la Fotografías N°12 se muestra el equipo GNSS base instalado en el Pozo L14-3. Este día se midieron 06 puntos de control. En total se midieron 44 puntos de control en el sector Aguas de Quelana.



**Fotografía N°11. Pozo CUÑA 5 con el equipo GNSS base instalado.**

**Fuente ATyGeo, octubre 2024.**



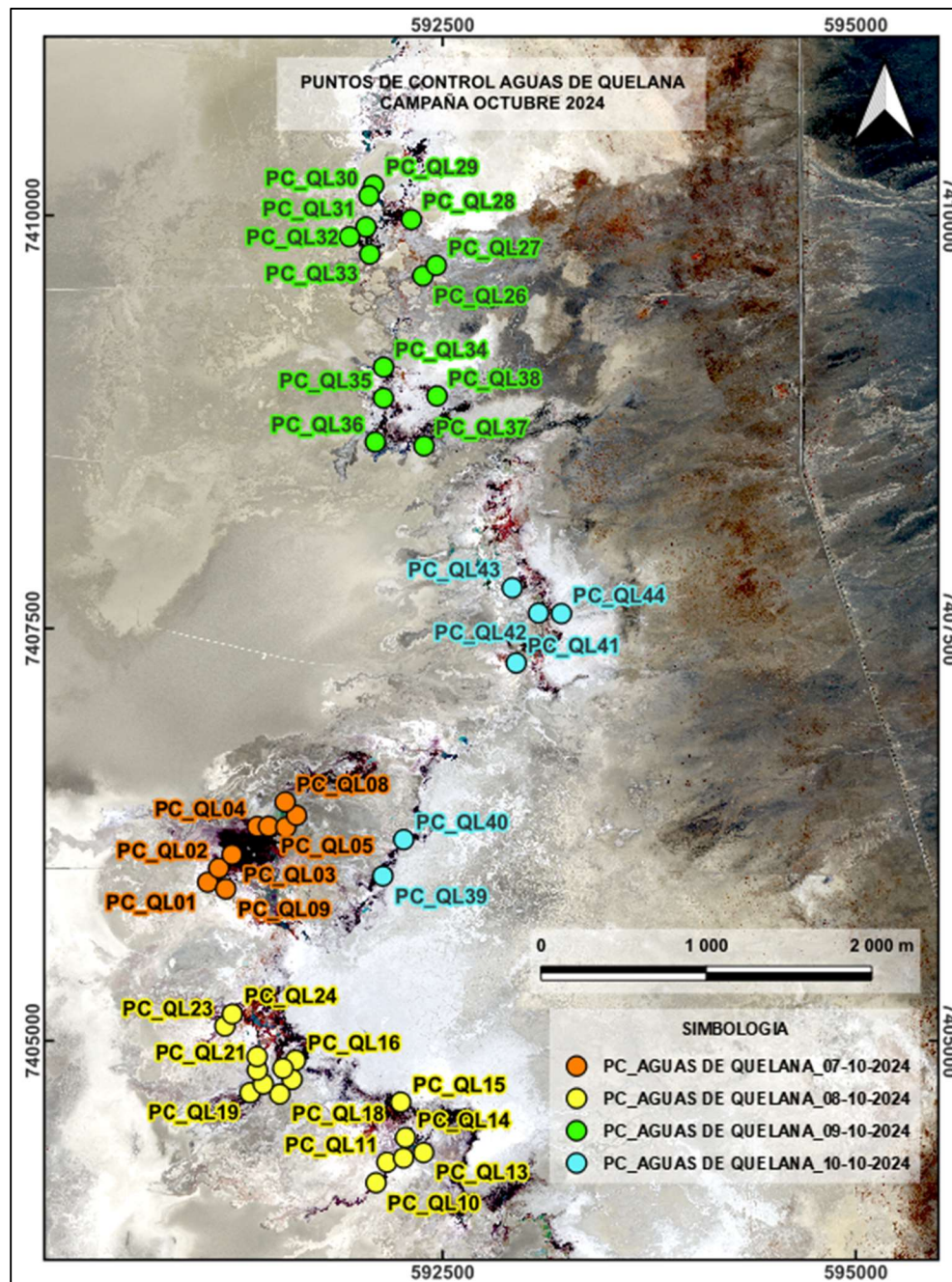
**Fotografía N°12. Pozo L14-3 con el equipo GNSS base instalado.**

**Fuente ATyGeo, octubre 2024.**

### 5.3.2 RESULTADOS DE MEDICIONES

En la Figura N°10 se entrega la ubicación de los puntos de control medidos en el sector de Aguas de Quelana, indicando la fecha de medición de los puntos.





**Figura N°10. Ubicación de los Puntos de control en el sector Aguas de Quelana y su fecha de medición. Fuente ATyGeo, octubre 2024.**

En la Tabla N°11 se presenta la información recopilada durante la medición topográfica de los puntos de control, la cual incluye el ID, las coordenadas norte y este, la elevación, el espesor de columna de agua medido a 1.2 m desde el punto de control hacia el interior del cuerpo lacustre siguiendo el azimut de fotografía N°1 y la fecha de medición.

**Tabla N°11. Información de ubicación, espesor columna de agua y fecha de medición. Fuente ATyGeo, octubre 2024.**

ID	NORTE (m)	ESTE (m)	ELEVACION (m)	ESPESOR COLUMNA DE AGUA A 1.2m DEL BORDE	FECHA
PC_QL01	7405966.13	591083.36	2300.33	0.02	07-10-2024
PC_QL02	7406051.48	591150.64	2300.36	0.01	07-10-2024
PC_QL03	7406133.50	591230.93	2300.31	0.01	07-10-2024
PC_QL04	7406303.63	591383.61	2300.28	0.01	07-10-2024
PC_QL05	7406304.15	591451.38	2300.28	0.01	07-10-2024
PC_QL06	7406299.87	591556.40	2300.28	0.01	07-10-2024
PC_QL07	7406370.29	591620.77	2300.28	0.01	07-10-2024
PC_QL08	7406452.36	591552.11	2300.28	0.03	07-10-2024
PC_QL09	7405925.49	591192.95	2300.36	0.05	07-10-2024
PC_QL10	7404145.24	592101.63	2300.48	0.10	08-10-2024
PC_QL11	7404269.18	592167.44	2300.58	0.08	08-10-2024
PC_QL12	7404295.01	592268.18	2300.68	0.01	08-10-2024
PC_QL13	7404327.30	592389.36	2300.74	0.01	08-10-2024
PC_QL14	7404418.05	592279.67	2300.75	0.01	08-10-2024
PC_QL15	7404631.64	592251.21	2300.99	0.02	08-10-2024
PC_QL16	7404884.43	591614.74	2300.52	0.07	08-10-2024
PC_QL17	7404768.79	591594.32	2300.47	0.01	08-10-2024
PC_QL18	7404680.23	591519.24	2300.40	0.01	08-10-2024
PC_QL19	7404688.63	591339.27	2300.37	0.01	08-10-2024
PC_QL20	7404740.72	591419.73	2300.40	0.01	08-10-2024
PC_QL21	7404825.30	591384.05	2300.46	0.12	08-10-2024
PC_QL22	7404906.91	591382.73	2300.45	0.03	08-10-2024
PC_QL23	7405090.97	591187.59	2300.41	0.04	08-10-2024
PC_QL24	7405163.21	591232.24	2300.45	0.03	08-10-2024
PC_QL25	7404835.56	591538.67	2300.47	0.01	08-10-2024
PC_QL26	7409635.52	592384.84	2301.26	0.01	09-10-2024
PC_QL27	7409698.70	592466.33	2301.43	0.05	09-10-2024
PC_QL28	7409975.95	592315.44	2301.17	0.01	09-10-2024
PC_QL29	7410183.30	592087.43	2300.94	0.04	09-10-2024
PC_QL30	7410120.37	592059.21	2300.70	0.01	09-10-2024
PC_QL31	7409930.89	592041.29	2300.82	0.05	09-10-2024
PC_QL32	7409871.72	591941.85	2300.74	0.05	09-10-2024
PC_QL33	7409766.55	592063.97	2300.73	0.01	09-10-2024



PC_QL34	7409082.91	592147.63	2300.65	0.01	09-10-2024
PC_QL35	7408895.93	592146.37	2300.81	0.04	09-10-2024
PC_QL36	7408630.28	592097.55	2300.57	0.04	09-10-2024
PC_QL37	7408606.27	592392.25	2300.68	0.04	09-10-2024
PC_QL38	7408908.52	592470.30	2301.08	0.02	09-10-2024
PC_QL39	7406003.45	592142.89	2300.71	0.08	10-10-2024
PC_QL40	7406224.33	592269.27	2300.58	0.06	10-10-2024
PC_QL41	7407293.10	592949.61	2300.91	0.02	10-10-2024
PC_QL42	7407594.85	593084.92	2300.87	0.02	10-10-2024
PC_QL43	7407747.16	592925.58	2300.82	0.06	10-10-2024
PC_QL44	7407591.60	593223.17	2301.57	0.22	10-10-2024

En la Tabla N°12 se presenta la información del suelo para los puntos de control medidos, la cual incluye el ID, la ubicación, el color, la textura y el tamaño de clastos.

**Tabla N°12. Información relacionada con el suelo, ID, ubicación, color, textura y tamaño de clastos. Fuente ATyGeo, octubre 2024.**

ID	UBICACIÓN	COLOR	TEXTURA	TAMAÑO
PC_QL01	BORDE DEL AGUA	K8-S3	BIEN SELECCIONADO	GRANOS
PC_QL02	BORDE DEL AGUA	K7-T2	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL03	BORDE DEL AGUA	K9-T3	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL04	BORDE DEL AGUA	M8-N2	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL05	BORDE DEL AGUA	L7-M4	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL06	BORDE DEL AGUA	L6-M8	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL07	BORDE DEL AGUA	L7-N4	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL08	BORDE DEL AGUA	M8-N2	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL09	BORDE DEL AGUA	K7-R4	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL10	BORDE DEL AGUA	K8-T4	MAL SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL11	BORDE DEL AGUA	L7-N1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL12	BORDE DEL AGUA	L2-R1	BIEN SELECCIONADO	GRANOS
PC_QL13	BORDE DEL AGUA	L8-N1	BIEN SELECCIONADO	GRANOS
PC_QL14	BORDE DEL AGUA	K8-N2	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL15	BORDE DEL AGUA	K9-N1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL16	BORDE DEL AGUA	M5-N1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL17	BORDE DEL AGUA	L5-N1	BIEN SELECCIONADO	GRANOS
PC_QL18	BORDE DEL AGUA	M8-N1	BIEN SELECCIONADO	GRANOS
PC_QL19	BORDE DEL AGUA	K7-S5	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL20	BORDE DEL AGUA	K7-S5	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL21	BORDE DEL AGUA	K7-L1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL22	BORDE DEL AGUA	K6-T4	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL23	BORDE DEL AGUA	K7-L1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS

PC_QL24	BORDE DEL AGUA	K6-L1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL25	BORDE DEL AGUA	L8-N1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL26	BORDE DEL AGUA	M7-N2	MAL SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL27	BORDE DEL AGUA	L8-N1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL28	BORDE DEL AGUA	K7-T5	MAL SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL29	BORDE DEL AGUA	M7-N1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL30	BORDE DEL AGUA	L3-S5	MAL SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL31	BORDE DEL AGUA	M8-N4	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL32	BORDE DEL AGUA	L7-M8	BIEN SELECCIONADO	GRANOS
PC_QL33	BORDE DEL AGUA	L8-M8	BIEN SELECCIONADO	GRANOS
PC_QL34	BORDE DEL AGUA	F2-L8	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GRANOS
PC_QL35	BORDE DEL AGUA	K8-M2	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GRANOS
PC_QL36	BORDE DEL AGUA	K7-M8	MAL SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL37	BORDE DEL AGUA	L3-M1	BIEN SELECCIONADO	GRANOS
PC_QL38	BORDE DEL AGUA	L7-M1	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL39	BORDE DEL AGUA	L8-T5	MAL SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL40	BORDE DEL AGUA	L6-P2	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL41	BORDE DEL AGUA	L6-M2	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS
PC_QL42	BORDE DEL AGUA	M6-N1	BIEN SELECCIONADO	GRANOS
PC_QL43	BORDE DEL AGUA	K1-M7	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GRANOS
PC_QL44	BORDE DEL AGUA	L2-M7	MODERADAMENTE SELECCIONADO	GUIJARROS

En la Tabla N°13 se entrega la información de cada punto de control, la cual incluye el ID y la descripción general del sector donde se realizó la medición.

**Tabla N°13. ID y descripción general del sector donde se midieron los puntos de control. Fuente ATyGeo, octubre 2024.**

ID	DESCRIPCION GENERAL
PC_QL01	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE Y GRIS
PC_QL02	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE Y GRIS
PC_QL03	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE OSCURO
PC_QL04	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE OSCURO
PC_QL05	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO LODOSO DE COLOR CAFE
PC_QL06	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO LODOSO DE COLOR CAFE
PC_QL07	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO LODOSO DE COLOR CAFE
PC_QL08	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO LODOSO DE COLOR CAFE
PC_QL09	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS VEGETACION Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE CLARO CON VEGETACION

PC_QL10	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE OCURO
PC_QL11	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO LODOSO DE COLOR CAFE CLARO
PC_QL12	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS TROMBOLITOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CLARO Y TAMBIEN CON GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS
PC_QL13	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO LODOSO DE COLOR CAFE
PC_QL14	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO LODOSO DE COLOR CAFE
PC_QL15	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO LODOSO DE COLOR CAFE
PC_QL16	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE COBRIZO
PC_QL17	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS TROMBOLITOS GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.30m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO LODOSO DE COLOR CAFE
PC_QL18	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.30m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO LODOSO DE COLOR CAFE
PC_QL19	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE Y GRIS
PC_QL20	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE Y GRIS
PC_QL21	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CLARO
PC_QL22	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS TROMBOLITOS VEGETACION Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CLARO
PC_QL23	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE
PC_QL24	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS TROMBOLITOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO LODOSO DE COLOR CAFE CLARO
PC_QL25	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.30m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE
PC_QL26	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO LODOSO DE COLOR CAFE
PC_QL27	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE
PC_QL28	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE Y GRIS
PC_QL29	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.10m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE
PC_QL30	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE Y GRIS
PC_QL31	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.10m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE
PC_QL32	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.10m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO LODOSO DE COLOR CAFE
PC_QL33	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO LODOSO DE COLOR CAFE
PC_QL34	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO LODOSO DE COLOR CAFE
PC_QL35	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NODULOS TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CLARO
PC_QL36	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA DURA CON NODULOS TROMBOLITOS Y PINACULOS QUE NO SOBREPASAN LOS 0.20m DE ALTURA Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO DE COLOR CAFE
PC_QL37	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO LODOSO DE COLOR CAFE
PC_QL38	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO LODOSO DE COLOR CAFE
PC_QL39	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NODULOS TROMBOLITOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO LODOSO DE COLOR CAFE

PC_QL40	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES DE CORTEZA BLANDA CON NUDULOS TROMBOLITOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO LODOSO DE COLOR CAFE
PC_QL41	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NUDULOS TROMBOLITOS Y GRIETAS DE SECAMIENTO DE DIMENSIONES CENTIMETRICAS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO LODOSO DE COLOR
PC_QL42	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO Y LODOSO CON NUDULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES LODOSO DE COLOR CAFE
PC_QL43	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NUDULOS Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO DE COLOR CAFE CON UNA CAPA BLANCA SALINA
PC_QL44	AFUERA DEL AGUA EL SUELO ES BLANDO CON NUDULOS TROMBOLITOS Y VEGETACION Y DENTRO DEL AGUA EL SUELO ES LODOSO DE COLOR CAFE Y GRIS

### 5.3.3 RESPALDO FOTOGRÁFICO



**Fotografía N°13. Punto de control PC\_QL15.**

**Fuente ATyGeo, octubre 2024.**



**Fotografía N°14. Punto de control PC\_QL40.**

**Fuente ATyGeo, octubre 2024.**



## 6. CONCLUSIÓN

A partir de las mediciones realizadas en las superficies lacustres en el Salar de Atacama se debe destacar lo siguiente:

Se midieron 95 puntos de control en total. En la Tabla N°14 se entrega un resumen de la cantidad de puntos de control medidos por cada laguna.

**Tabla N°14. Resumen de los puntos de control medidos.**

**Fuente ATyGeo, octubre 2024.**

PUNTOS DE CONTROL OCTUBRE 2024	
LAGUNA	CANTIDAD
DESBORDE LAGUNA INTERNA	19
DESBORDE SUR	32
AGUAS DE QUELANA	44
<b>TOTAL</b>	<b>95</b>

El tipo de suelo es variado, presentando diversas características en cuanto a colores, texturas y tamaños de clastos, lo que refleja una elevada heterogeneidad superficial.

En cuanto al espesor de la columna de agua, esta fue medida a 1.2m desde cada Punto de Control hacia el interior del cuerpo lacustre, siguiendo el azimuth de fotografía N°1, con distintas profundidades, de las cuales se presenta una estadística general en la Tabla N°15.

**Tabla N°15. Estadística general de la profundidad de la columna de agua para cada punto de control medido. Fuente ATyGeo, octubre 2024.**

ESTADISTICA GENERAL PROFUNDIDAD DE COLUMNA DE AGUA			
LAGUNA	MINIMO (m)	MAXIMO (m)	PROMEDIO (m)
DESBORDE LAGUNA INTERNA	0.01	0.12	0.05
DESBORDE SUR	0.05	0.76	0.18
AGUAS DE QUELANA	0.01	0.22	0.03
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.02</b>	<b>0.37</b>	<b>0.09</b>

En esta campaña no fue posible realizar las mediciones en las lagunas Barros Negros, Chaxa y Puillar del Sistema Soncor, y en las lagunas Salada y Saladita del Sistema Peine, debido al inicio del periodo reproductivo de los flamencos.

---

## 7. REFERENCIAS

Para confeccionar este informe se utilizaron como referencias los siguientes documentos:

- RCA 226/2006: “Cambios y Mejoras en la Operación Minera en el Salar de Atacama”.
- Resolución Exenta N° 223, Superintendente de Medioambiente, 26 de marzo del 2015.
- Resolución Exenta N°244, Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Antofagasta, 10 de agosto del 2010.
- Toma de puntos de control en terreno, Memorando SQM 2023.
- Trimble R12i GNSS Hoja de datos español, Trimble, 2020.

## 8. ANEXOS

El informe de Levantamiento de Superficies Lacustres contempla archivos digitales, los cuales fueron cargados en carpeta compartida de plataforma SQM denominada “1 Mediciones Lacustres”, en “12 Campaña ATyGeo - Octubre 2024”, y “01 Puntos de Control Octubre 2024”. Estos archivos digitales contienen toda la información del trabajo realizado, los cuales son:

- 1\_Informe
- 2\_Planilla
- 3\_Fotos y videos
- 4\_Shape
- 5\_Kmz
- 6\_Csv
- 7\_Referencias



**Anexo 10.3: Mapas de extensión lagunar formato .png (Digital)**