

CORPORACIÓN NACIONAL DEL COBRE DE CHILE

VICEPRESIDENCIA DE PROYECTOS

CS-064 SERVICIO DE MONITOREO HÍDRICO Y
METEOROLÓGICO, PERIODO 2021-2023
PROYECTO RAJO INCA

4600019896-06310-INFSU-00065

ESTACIONES METEOROLÓGICAS

INFORME SEMESTRAL
SALAR DE PEDERNALES
JUNIO 2023

0	12-09-23	REVISION CODELCO	 PE	Hely Torrealba HT	 CBG	ROL
B	06-09-23	REVISION CODELCO	 PE	Hely Torrealba HT	 CBG	ROL
REV N°	FECHA	EMITIDO PARA	POR	REVISADO POR	APROBADO POR	APROBADO POR
			AGQ CHILES.A.			CODELCO
						Pág. 1 de 35
		4600019896-06310-INFSU-00065				Rev.0

Monitoreo hídrico y meteorológico 2021-2023

Estaciones meteorológicas
Salar de Pedernales

Primer Semestre 2023



Septiembre 2023

1001_AGQ_Meteo_Junio2023_SPED_v0

Índice

Resumen Ejecutivo	7
1 Introducción.....	8
1.1 Objetivos.....	8
2 Antecedentes	9
3 Metodología	10
3.1 Descarga de datos.....	10
3.2 Variables meteorológicas	10
4 Resultados	11
4.1 Precipitación	11
4.2 Velocidad y dirección de viento.....	13
4.3 Temperatura ambiente.....	18
4.4 Humedad relativa.....	20
4.5 Presión atmosférica	22
4.6 Radiación solar	24
4.7 Nivel de agua en estanque y piezómetro	25
5 Discusión de resultados	27
5.1 Precipitación y altura de nieve	27
5.2 Velocidad y dirección del viento	27
5.3 Temperatura ambiental	28
5.4 Humedad relativa.....	28
5.5 Presión atmosférica	29
5.6 Radiación solar	29

5.7	Nivel de agua en el estanque y en el piezómetro	29
5.8	Evaporación.....	30
6	Conclusiones.....	31
7	Referencias	33
Anexo A.	Compromisos Ambientales.....	35
Anexo B.	Certificaciones ETFA	35
Anexo C.	Variables Climáticas	35

Índice de Tablas

Tabla 2-1: Coordenadas de las estaciones meteorológicas en el sector Salar de Pedernales.....	9
Tabla 3-1: Variables climáticas de monitoreo en cada estación meteorológica.	10

Índice de Figuras

Figura 2-1. Plano general de ubicación de las estaciones meteorológicas en el sector Salar de Pedernales.	9
Figura 4-1: Precipitación y altura de nieve diaria en estación La Ola.	11
Figura 4-2: Precipitación y altura de nieve diaria en estación Los Arroyos.	12
Figura 4-3: Precipitación y altura de nieve diaria en estación Centro Salar.	13
Figura 4-4: Rosa de velocidad direccional expresada en porcentaje de ocurrencia (La Ola).	15
Figura 4-5: Rosa de velocidad direccional expresada en porcentaje de ocurrencia (Los Arroyos).	15
Figura 4-6: Rosa de velocidad direccional expresada en porcentaje de ocurrencia (Centro Salar).	15
Figura 4-7: Velocidad media diaria en estación La Ola.	16
Figura 4-8: Velocidad media diaria en estación Los Arroyos.	16
Figura 4-9: Velocidad media diaria en estación Centro Salar.	17
Figura 4-10: Temperatura ambiental media diaria en estación La Ola.	18
Figura 4-11: Temperatura ambiental media diaria en estación Los Arroyos.	18
Figura 4-12: Temperatura ambiental media diaria en estación Centro Salar.	19
Figura 4-13: Humedad relativa media diaria en estación La Ola.	20
Figura 4-14: Humedad relativa media diaria en estación Los Arroyos.	20
Figura 4-15: Humedad relativa media diaria en estación Centro Salar.	21
Figura 4-16: Presión atmosférica media diaria en estación La Ola.	22
Figura 4-17: Presión atmosférica media diaria en estación Los Arroyos.	22
Figura 4-18: Presión atmosférica media diaria en estación Centro Salar.	23
Figura 4-19: Radiación solar media diaria en estación La Ola.	24
Figura 4-20: Radiación solar media diaria en estación Los Arroyos.	24
Figura 4-21: Radiación solar media diaria en estación Centro Salar.	25
Figura 4-22: Nivel de agua medio diario medido en el estanque y en el piezómetro en la estación Centro Salar.	26

Resumen Ejecutivo

El presente Informe Semestral de Meteorología corresponde a la exposición de la estadística descargada de las 3 estaciones meteorológicas (La Ola, Los Arroyos y Centro Salar) ubicadas en el sector del Salar de Pedernales y al análisis efectuado a las variables medidas en dichas estaciones. Los datos descargados corresponden a los registrados entre los meses de enero y junio del 2023, que conforman el primer semestre del 2023. Cabe destacar que la estación Los Arroyos carece de información meteorológica desde el 4 de mayo hasta junio 2023, ya que no se encontraba disponible remotamente para su descarga.

Las variables analizadas corresponden a la precipitación, altura de nieve, presión barométrica, velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad relativa y radiación solar en las estaciones La Ola y Los Arroyos, mientras que en la estación Centro Salar a las anteriores variables se añade el nivel de agua en el estanque (asociado al lisímetro) y en el piezómetro.

En general, se observa que los comportamientos de las variables meteorológicas en las tres estaciones son similares en el transcurso del tiempo. Esto ocurre principalmente en las variables de temperatura, humedad relativa, presión y radiación solar.

En el periodo evaluado, las estaciones La Ola y Centro Salar han registrado precipitaciones durante febrero de 2023 (0,4 a 2,6 mm), mientras que la estación Los Arroyos registra precipitaciones entre enero y marzo 2023 (5,0 a 0,4 mm). En cuanto al segundo trimestre de 2023, la estación Centro Salar registró precipitaciones durante mayo 2023 en un rango de 12,4 a 131 mm. Estas precipitaciones, que no fueron registradas en las otras estaciones, podrían ser un error de medición en el sensor de precipitación de la estación Centro Salar.

En la estación La Ola predominan los vientos de direcciones NW a WNW y SE a SSE, mientras que en la estación Los Arroyos predominan direcciones WNW a NW y NE a ENE y, en la estación Centro Salar direcciones W, durante el primer trimestre, mientras que en el segundo trimestre predominan los vientos SE a ESE. Además, los vientos de mayor velocidad se manifiestan en la primera dirección mencionada anteriormente en cada estación (por sobre los 7 m/s).

Finalmente, en cuanto a los registros de los sensores de nivel en el piezómetro y en estanque que componen el lisímetro ubicado en la estación Centro Salar, se recomienda una inspección técnica de su correcto funcionamiento, verificando a través del llenado del estanque la correcta lectura y la medición contrastada con pozómetro en el piezómetro asociado.

1 Introducción

La División Salvador (DSAL) de Codelco Chile se encuentra ubicada en la Región de Atacama, comuna de Diego de Almagro, a 5,2 kilómetros de la ciudad El Salvador. DSAL se ha comprometido, mediante un Plan de Seguimiento Ambiental Voluntario, al monitoreo de diversos componentes ambientales de la cuenca Salar de Pedernales, incluyendo dentro de estos las variables climatológicas, con la finalidad de garantizar la conservación de las actuales zonas de vegetación activas del tipo SVAHT localizadas al suroeste del salar, así como controlar la extensión del cono de depresión de los pozos de bombeo asociados al Proyecto Rajo Inca (PRI), aprobado mediante la Resolución Exenta N°19 del 28 de febrero de 2020 (todos estos documentos son incluidos en el Anexo A).

Con lo anterior, DSAL solicitó a AGQ la descarga trimestral de la información meteorológica en tres estaciones del sector, que permiten monitorear las variables climáticas que puedan afectar a los niveles y el volumen en el acuífero, tal y como se comprometió en el Plan de Seguimiento Ambiental Voluntario (PSAV) antes mencionado (Apéndice 1 del Anexo 1-2 de la Adenda Complementaria Excepcional).

El presente documento consolida la información meteorológica del primer semestre del 2023. Cabe mencionar que la frecuencia de medición de las variables climáticas es cada 5, 15 y 60 minutos, según la estación meteorológica revisada, y si bien la descarga de datos se realiza de manera trimestral, la entrega de la información a la autoridad es de carácter semestral.

Además, cabe mencionar que AGQ se trata de una “Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental” (ETFA) debidamente inscrita en el registro de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) y que cuenta con las resoluciones exentas pertinentes, adjuntas en el Anexo B, para la correcta ejecución de los trabajos.

1.1 Objetivos

El presente informe tiene como objetivo cumplir con el PSAV en el control de las aguas subterráneas del sector Salar de Pedernales (Proyecto Rajo Inca) en lo que respecta al control de las diferentes variables climáticas comprometidas.

2 Antecedentes

Como parte de los compromisos establecidos, se incluye la realización de un monitoreo de las variables meteorológicas de forma trimestral en tres estaciones meteorológicas en la cuenca Salar de Pedernales. El nombre, coordenadas y altura de cada una de las estaciones se indican en la Tabla 2-1. Además, la ubicación de estas se presenta en la Figura 2-1.

Tabla 2-1: Coordenadas de las estaciones meteorológicas en el sector Salar de Pedernales.

Nombre de estación	Este WGS84 (m)	Norte WGS84 (m)	Altura (m s.n.m.)
La Ola	494.019	7.071.078	3.550
Los Arroyos	501.854	7.054.150	3.865
Centro Salar	490.106	7.095.633	3.362

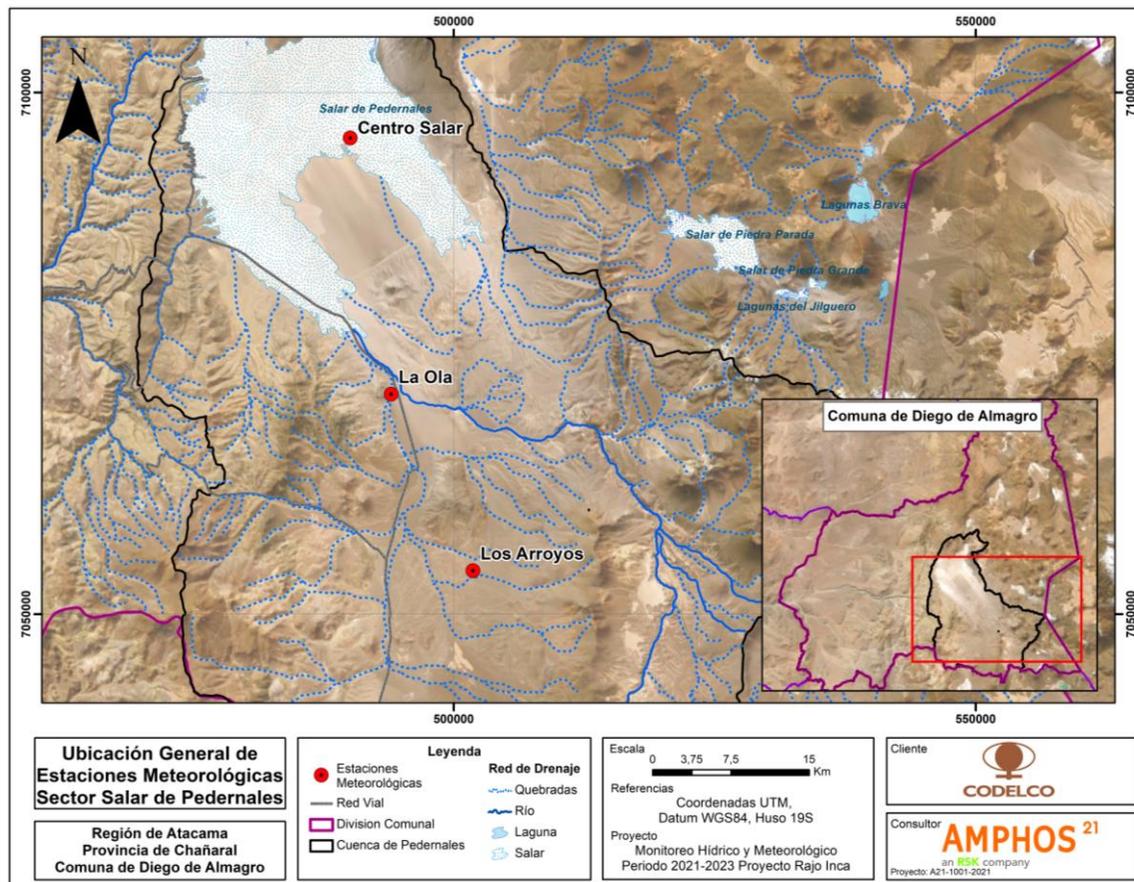


Figura 2-1. Plano general de ubicación de las estaciones meteorológicas en el sector Salar de Pedernales.

3 Metodología

3.1 Descarga de datos

Los datos son descargados trimestralmente, realizándose dos descargas durante el semestre (primer y segundo trimestre de 2023). La descarga de la información es vía remota en las estaciones La Ola y Los Arroyos, mientras que los datos que registra la estación Centro Salar se descargan in situ.

La cantidad de datos descargados depende de la frecuencia en la que mide cada una de las estaciones meteorológicas. La estación La Ola realiza mediciones de las variables cada 5 minutos, la estación Los Arroyos cada 15 minutos y la estación Centro Salar cada 1 hora.

Cabe mencionar que la estación Los Arroyos carece de información meteorológica desde el 4 de mayo hasta junio 2023, ya que no se encontraba disponible remotamente para su descarga.

3.2 Variables meteorológicas

Las variables meteorológicas que monitorea cada estación se presentan en la Tabla 3-1. Durante noviembre de 2021 en la estación Centro Salar se realizó la instalación de nuevos sensores de altura de nieve, precipitación y radiación solar. Adicionalmente, la estación Centro Salar presenta un lisímetro, donde se registra el nivel de agua en el estanque y el nivel de agua en un piezómetro cercano al instrumento.

Tabla 3-1: Variables climáticas de monitoreo en cada estación meteorológica.

Estación	Altura nieve	Humedad relativa	Precipitación	Rad. Solar	Presión	Temperatura	Vel-Dir Viento	Lisímetro
La Ola	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No
Los Arroyos	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No
Centro Salar	Si	Sí	Sí	Si	Sí	Sí	Sí	Sí

Nota: en noviembre de 2021 fueron instalados nuevos sensores de altura de nieve, precipitación y radiación solar en la estación Centro Salar.

4 Resultados

4.1 Precipitación

En la Figura 4-1, Figura 4-2 y Figura 4-3 se presentan las precipitaciones y alturas de nieve diarias para las estaciones La Ola, Los Arroyos y Centro Salar respectivamente, desde diciembre de 2020 hasta junio de 2023. Cabe destacar que la información meteorológica de la estación Los Arroyos, descargada remotamente, no se encuentra disponible durante los meses de mayo y junio de 2023.

En el Anexo C adjunto se entregan las mediciones desde diciembre de 2020 a junio de 2023.

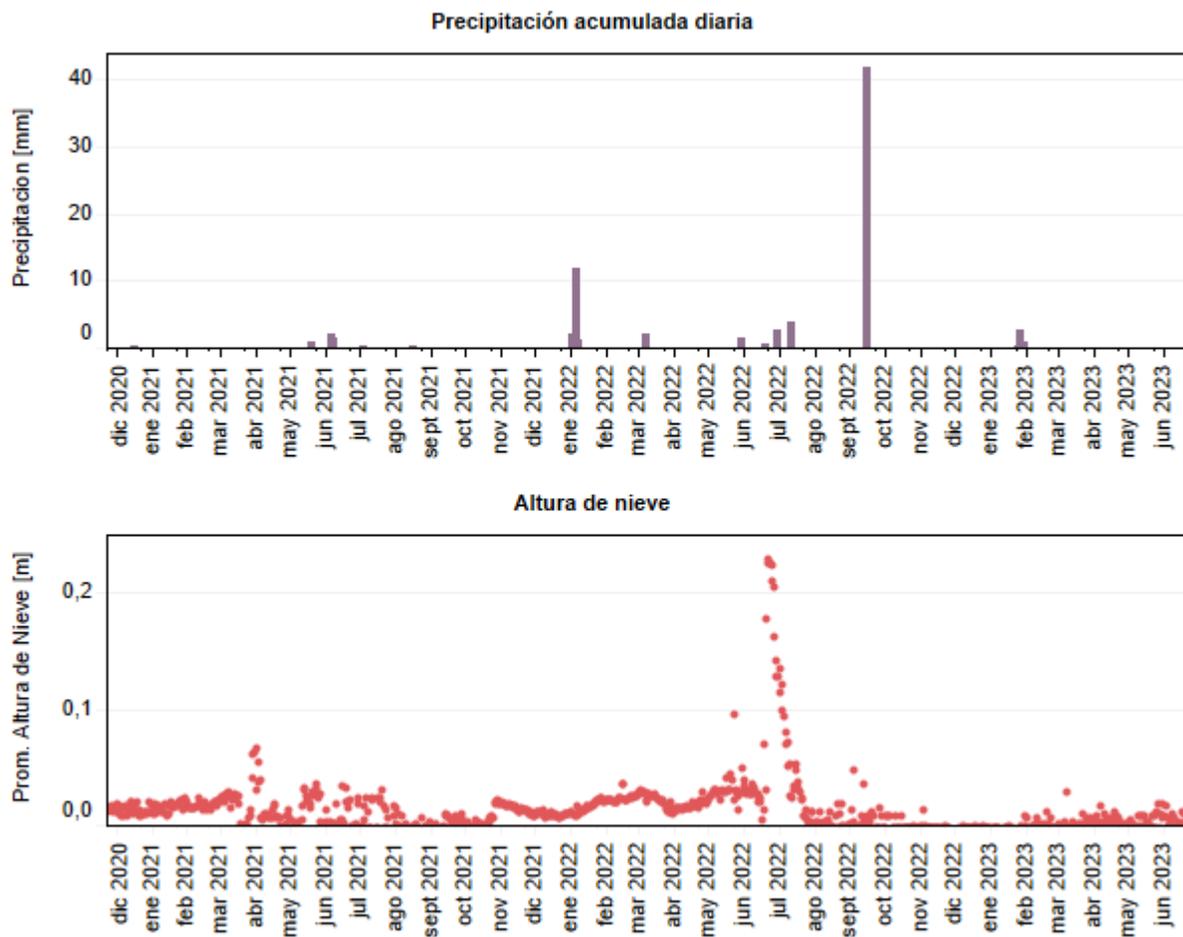


Figura 4-1: Precipitación y altura de nieve diaria en estación La Ola.

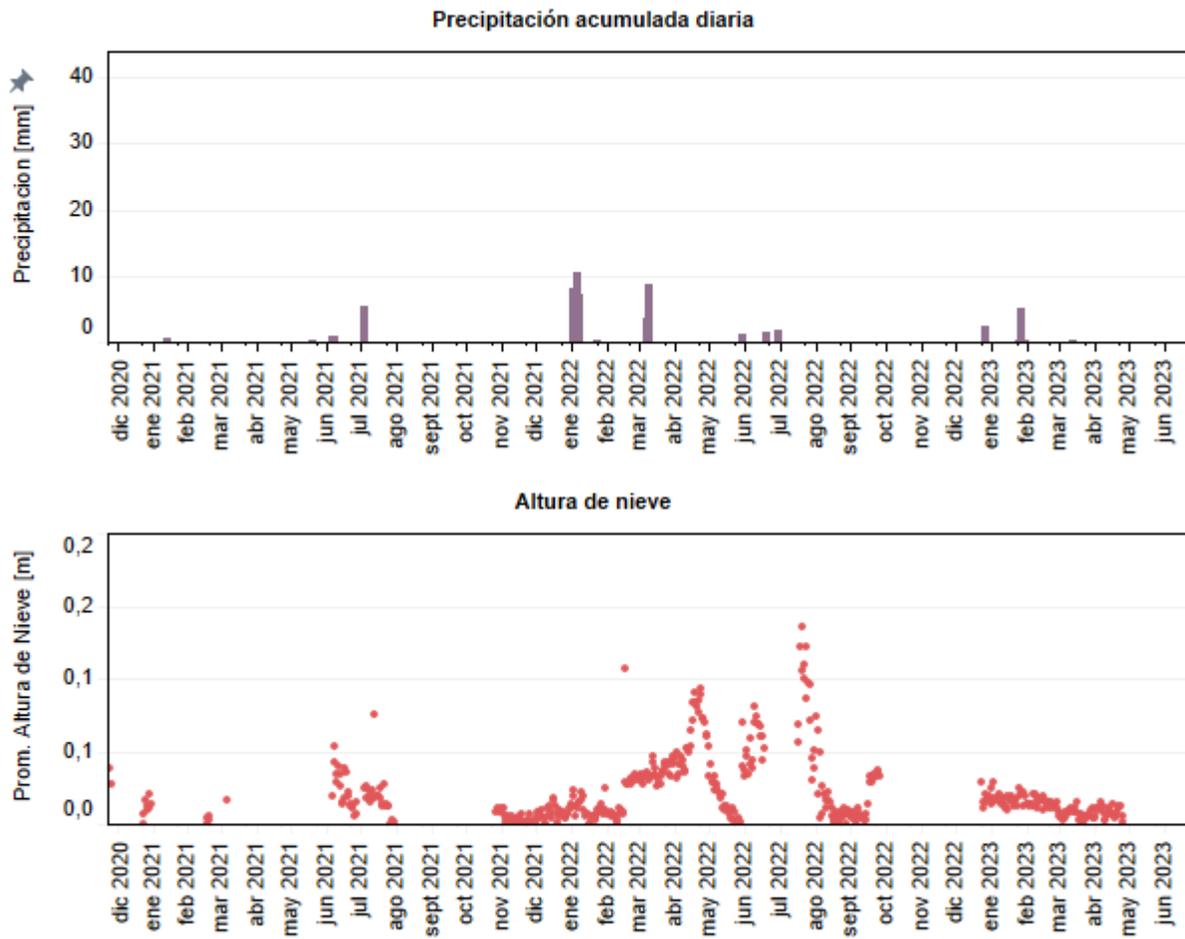


Figura 4-2: Precipitación y altura de nieve diaria en estación Los Arroyos.

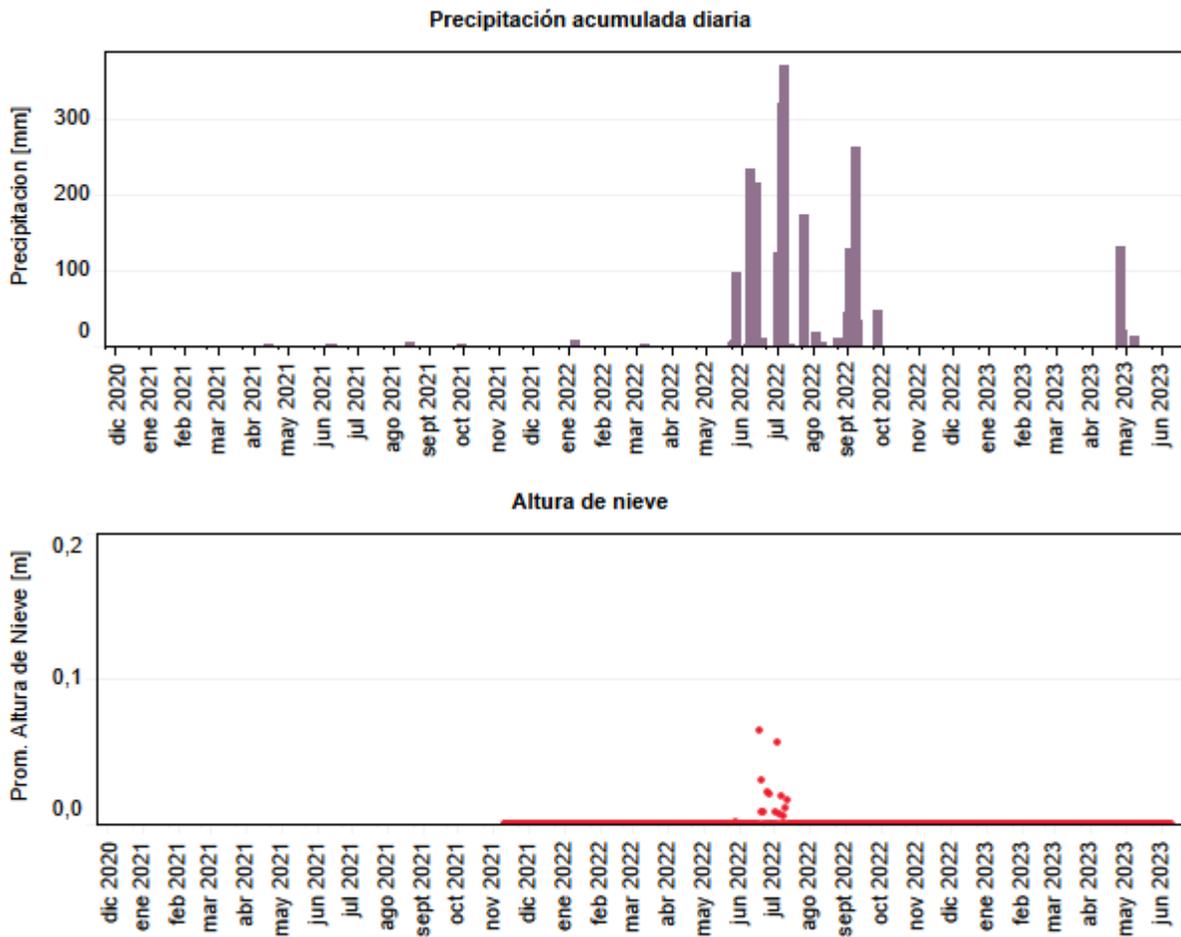
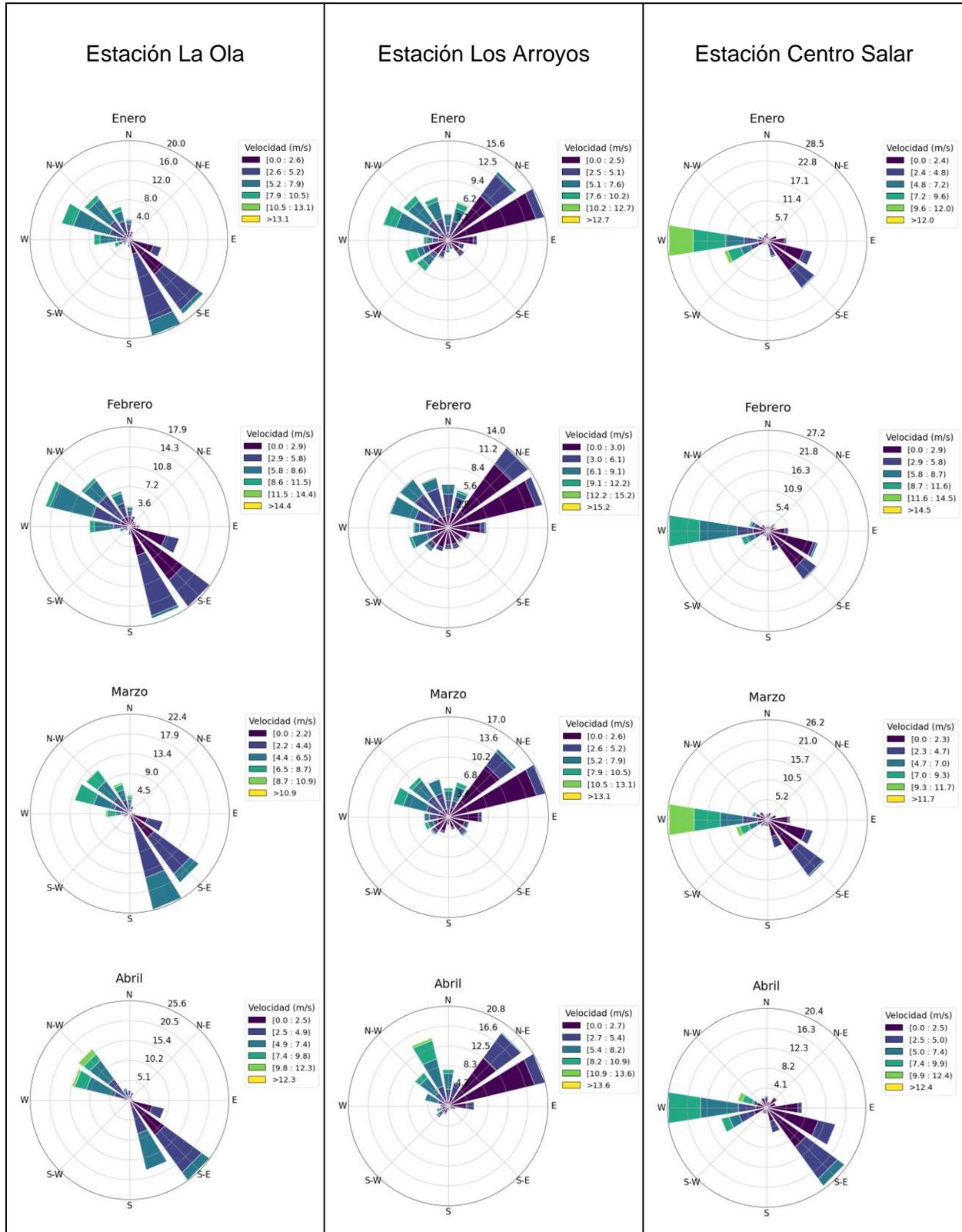
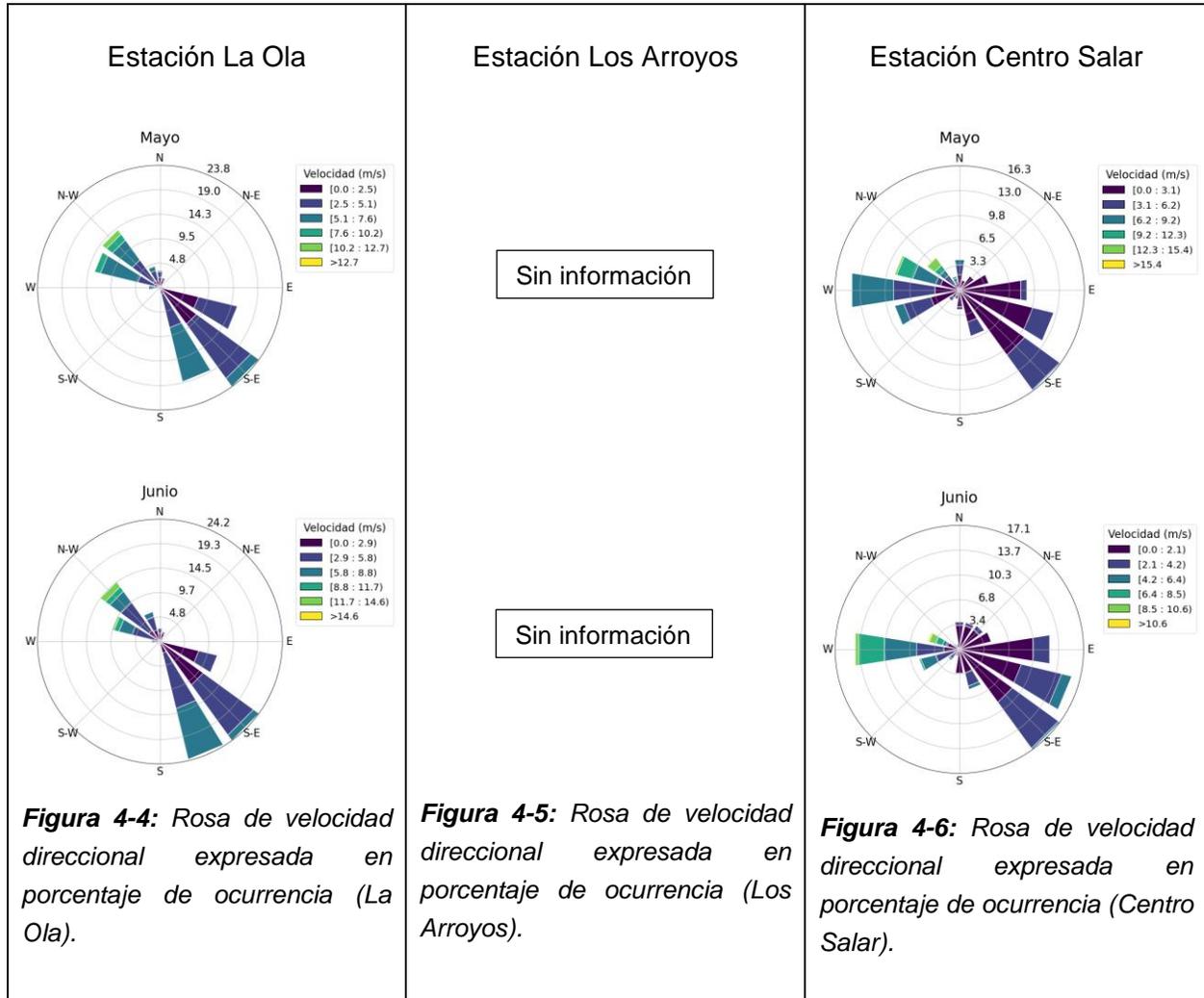


Figura 4-3: Precipitación y altura de nieve diaria en estación Centro Salar.

4.2 Velocidad y dirección de viento

En la Figura 4-4, Figura 4-5 y Figura 4-6 se representan las direcciones y velocidades del viento, para las estaciones La Ola, Los Arroyos y Centro Salar respectivamente, en los meses que conforman el semestre reportado. Las clases en que se agrupan los vientos (dirección y velocidad) presentadas en las figuras se encuentran normalizadas según la cantidad total de datos de cada mes reportado, es decir, el tamaño de la clase indica la ocurrencia del evento. Cabe destacar que en la estación Los Arroyos no fue posible la descarga de datos durante mayo y junio 2023 y, por ende, solo se presentan las rosas de velocidad desde enero hasta abril 2023.





Por otra parte, la Figura 4-7, Figura 4-8 y Figura 4-9 presentan las velocidades medias diarias registradas en las estaciones La Ola, Los Arroyos y Centro Salar respectivamente, desde diciembre de 2020 hasta junio de 2023.

En el Anexo C adjunto se entregan las mediciones desde diciembre de 2020 a junio de 2023.

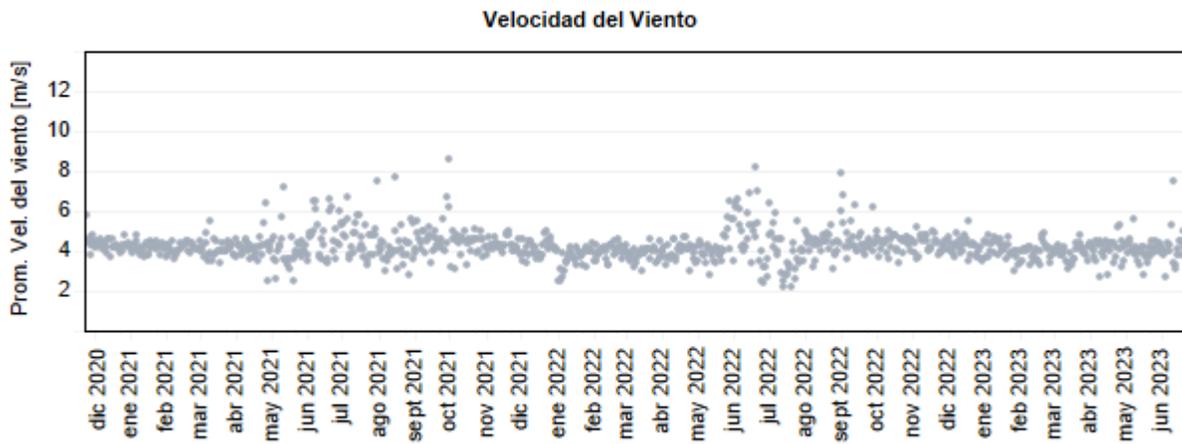


Figura 4-7: Velocidad media diaria en estación La Ola.

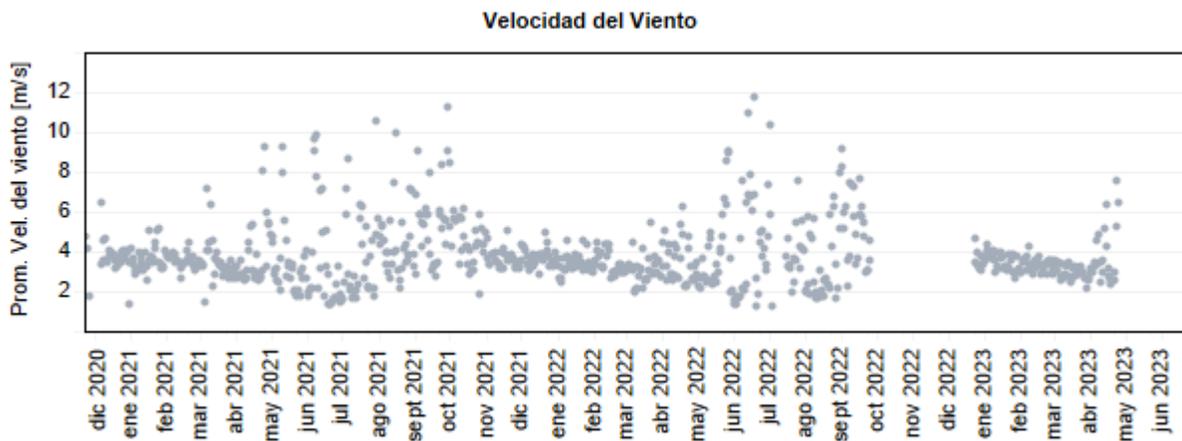


Figura 4-8: Velocidad media diaria en estación Los Arroyos.

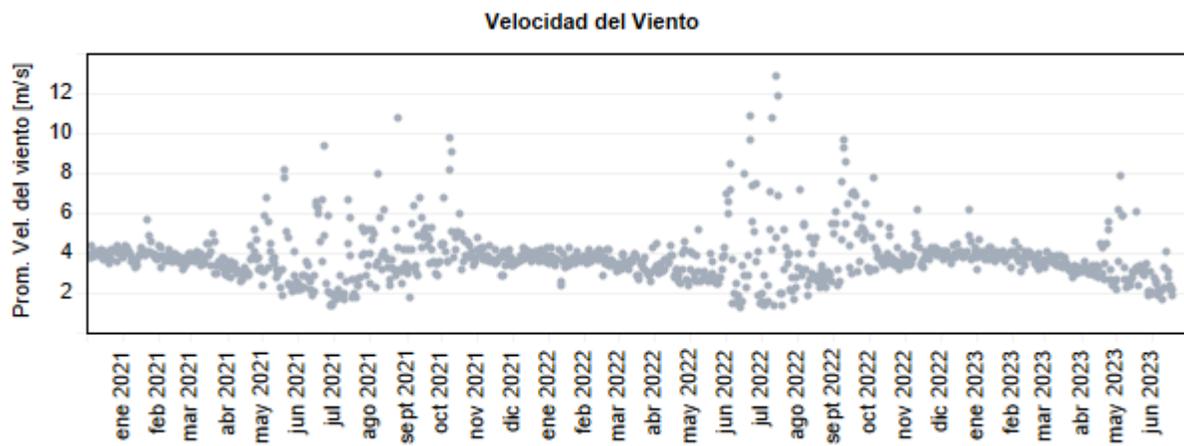


Figura 4-9: Velocidad media diaria en estación Centro Salar.

4.3 Temperatura ambiente

En la Figura 4-10, Figura 4-11 y Figura 4-12 se presentan las temperaturas ambientales medias diarias registradas en las estaciones La Ola, Los Arroyos y Centro Salar respectivamente, desde diciembre de 2020 hasta junio de 2023. Cabe mencionar que la estación Los Arroyos no presenta información meteorológica disponible para su descarga entre los meses de mayo y junio de 2023.

En el Anexo C adjunto se entregan las mediciones desde diciembre de 2020 a junio de 2023.

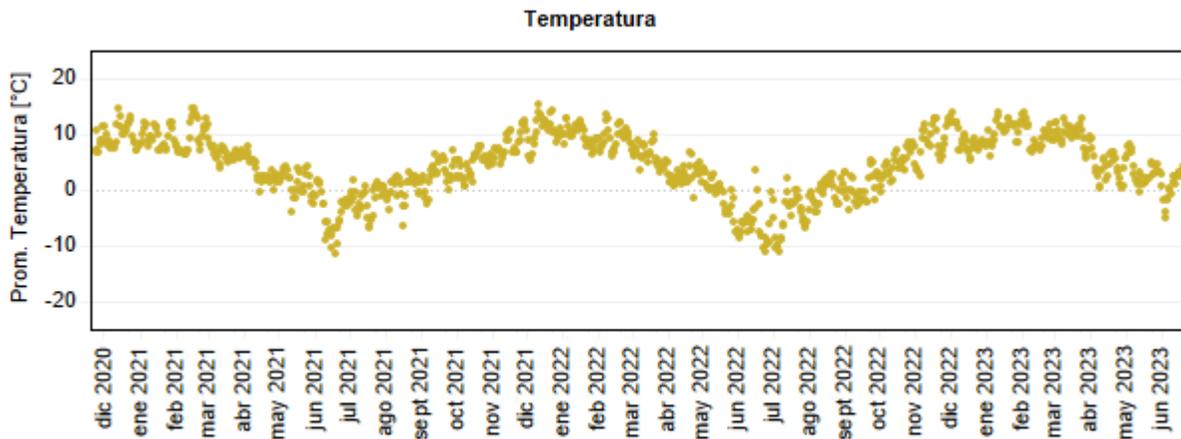


Figura 4-10: Temperatura ambiental media diaria en estación La Ola.

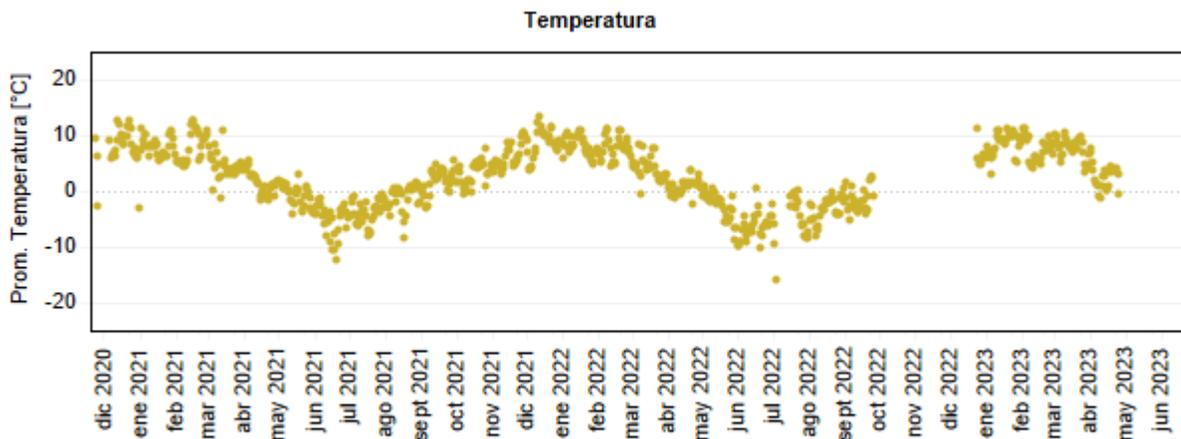


Figura 4-11: Temperatura ambiental media diaria en estación Los Arroyos.

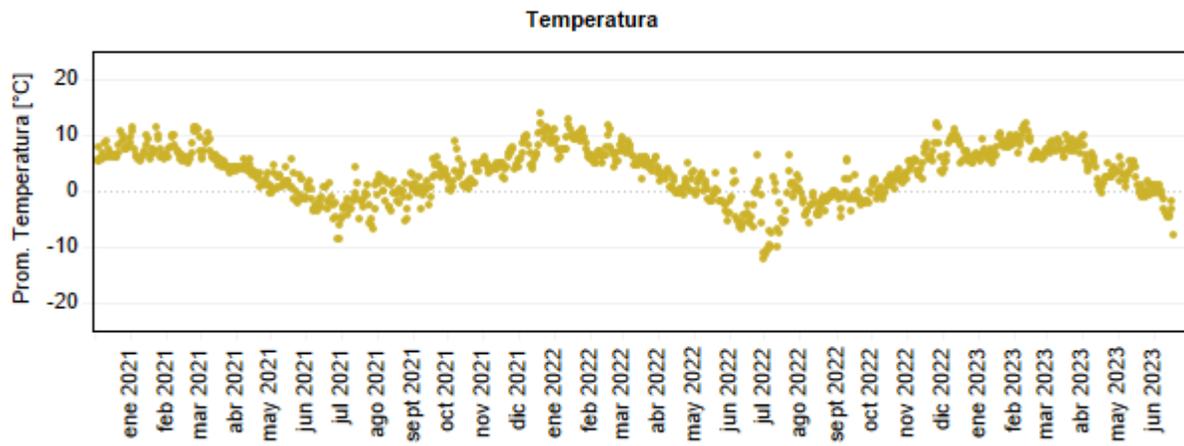


Figura 4-12: Temperatura ambiental media diaria en estación Centro Salar.

4.4 Humedad relativa

En la Figura 4-13, Figura 4-14 y Figura 4-15 se presentan la humedad relativa media diaria registrada en las estaciones La Ola, Los Arroyos y Centro Salar respectivamente, desde diciembre de 2020 hasta junio de 2023. Cabe mencionar que la estación Los Arroyos no presenta información meteorológica disponible para su descarga entre los meses de mayo y junio de 2023.

En el Anexo C adjunto se entregan las mediciones desde diciembre de 2020 a junio de 2023.

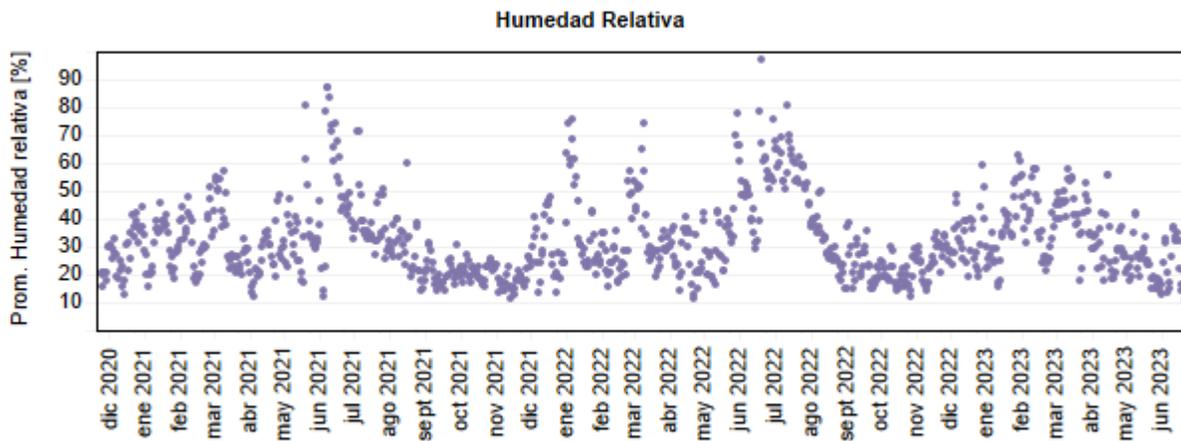


Figura 4-13: Humedad relativa media diaria en estación La Ola.

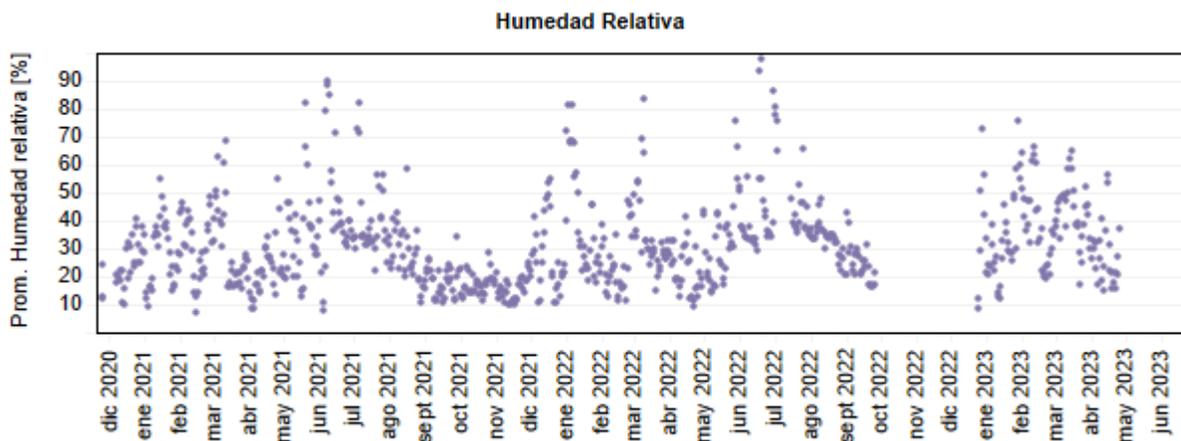


Figura 4-14: Humedad relativa media diaria en estación Los Arroyos.

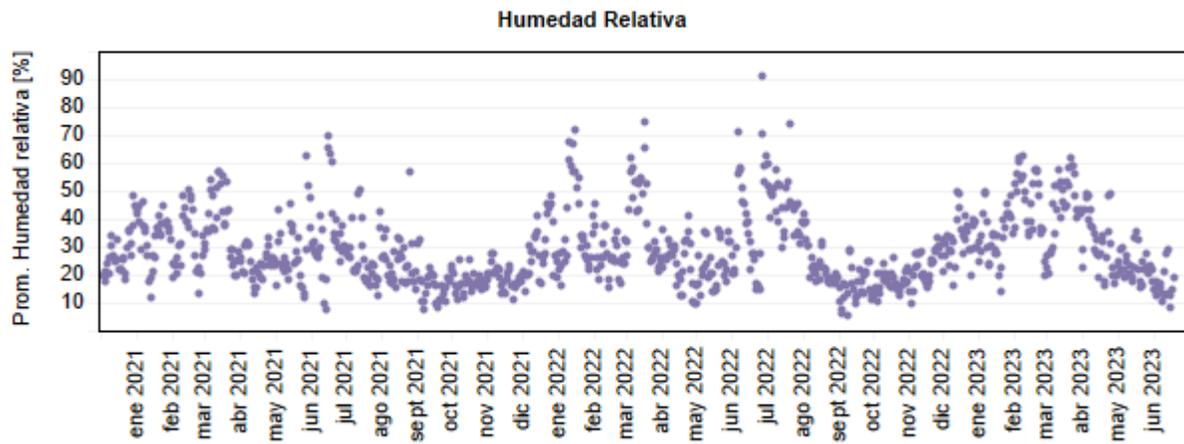


Figura 4-15: Humedad relativa media diaria en estación Centro Salar.

4.5 Presión atmosférica

En la Figura 4-16, Figura 4-17 y Figura 4-18 se presentan la presión atmosférica media diaria registrada en las estaciones La Ola, Los Arroyos y Centro Salar respectivamente, desde diciembre de 2020 hasta junio de 2023. Cabe mencionar que la estación Los Arroyos no presenta información meteorológica disponible para su descarga entre los meses de mayo y junio de 2023.

En el Anexo C adjunto se entregan las mediciones desde diciembre de 2020 a junio de 2023.

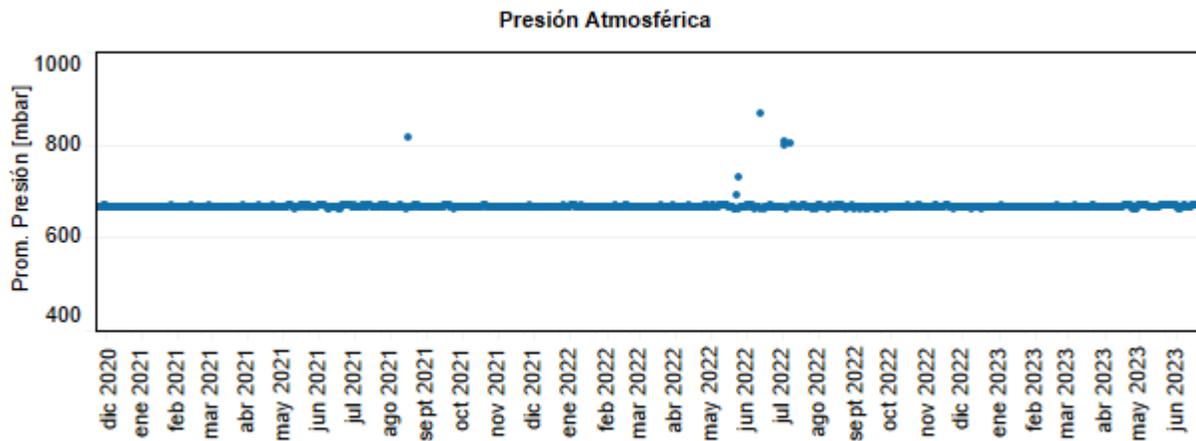


Figura 4-16: Presión atmosférica media diaria en estación La Ola.

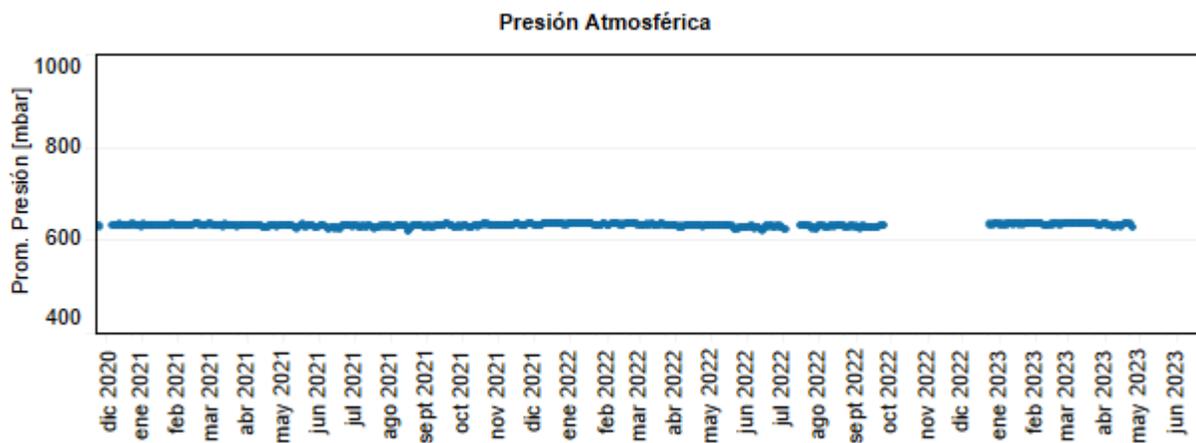


Figura 4-17: Presión atmosférica media diaria en estación Los Arroyos.

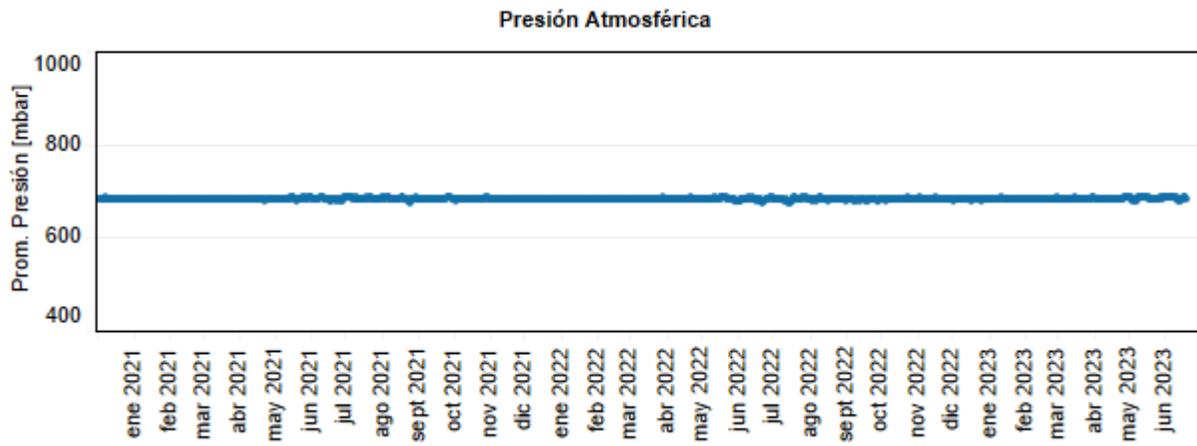


Figura 4-18: Presión atmosférica media diaria en estación Centro Salar.

4.6 Radiación solar

En la Figura 4-19, Figura 4-20 y Figura 4-21 se presentan la radiación solar media diaria registrada en las estaciones La Ola, Los Arroyos y Centro Salar, respectivamente, desde diciembre de 2020 hasta junio de 2023. La estación Los Arroyos no presenta información meteorológica disponible para su descarga entre los meses de mayo y junio de 2023.

En el Anexo C adjunto se entregan las mediciones desde diciembre de 2020 a junio de 2023.

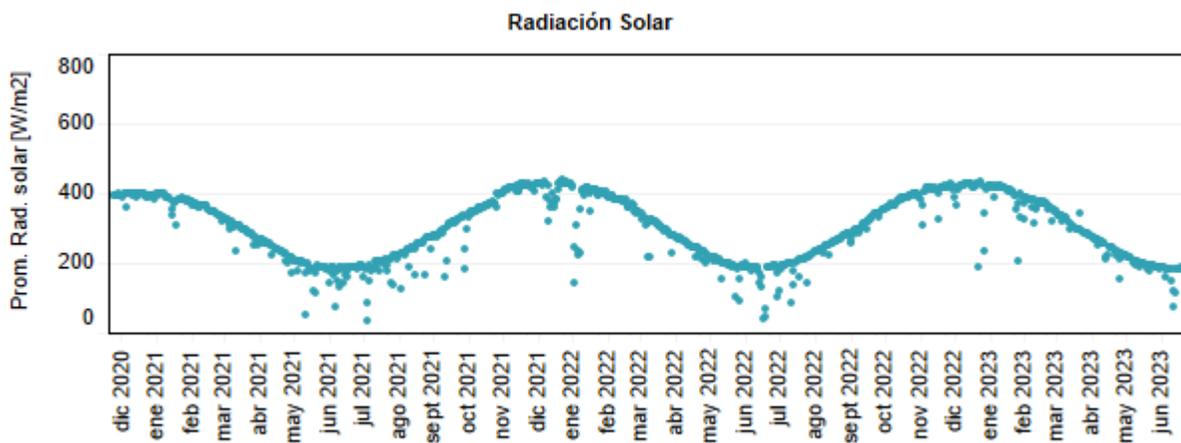


Figura 4-19: Radiación solar media diaria en estación La Ola.

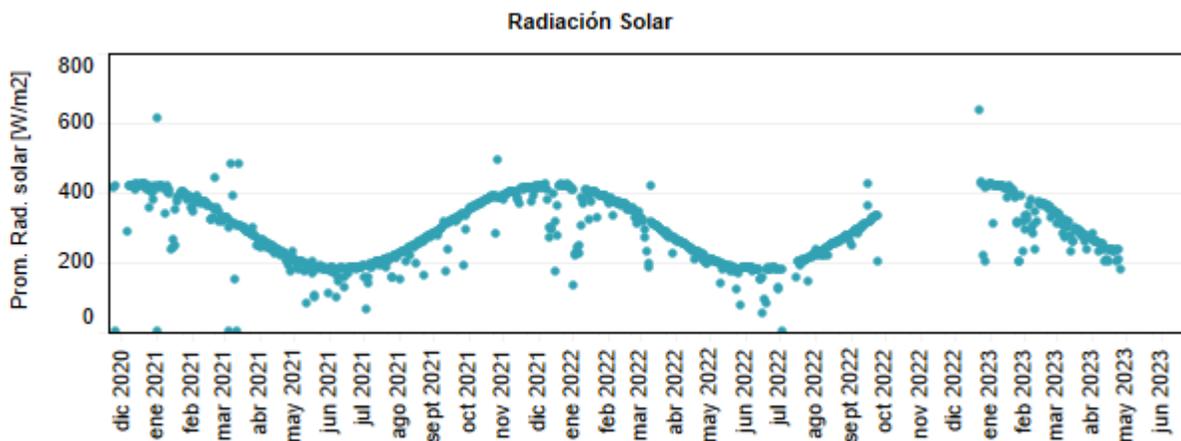


Figura 4-20: Radiación solar media diaria en estación Los Arroyos.

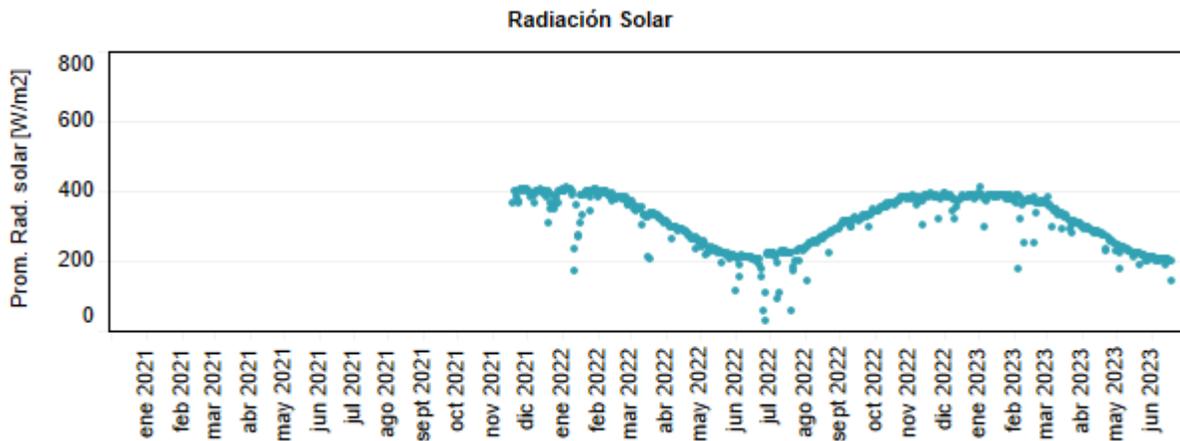


Figura 4-21: Radiación solar media diaria en estación Centro Salar.

4.7 Nivel de agua en estanque y piezómetro

En la Figura 4-22 se presenta el nivel de agua medio diario en el estanque y el nivel de agua en el piezómetro, registrado en la estación Centro Salar, desde diciembre de 2020 hasta inicios de junio de 2023.

En el Anexo C adjunto se entregan las mediciones desde diciembre de 2020 hasta junio de 2023.

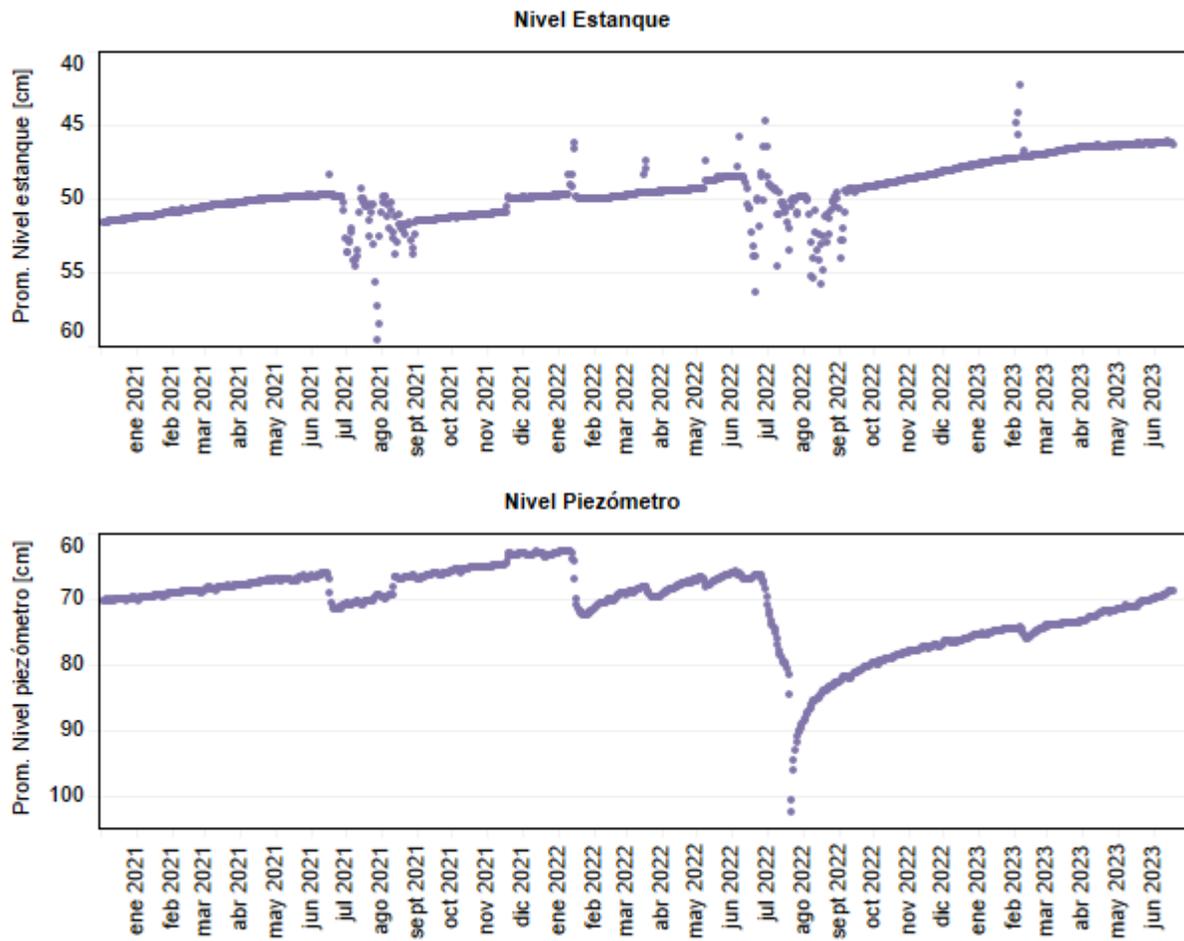


Figura 4-22: Nivel de agua medio diario medido en el estanque y en el piezómetro en la estación Centro Salar.

5 Discusión de resultados

Las variaciones y tendencias exhibidas de las variables meteorológicas en las estaciones ubicadas en el sector Salar de Pedernales, especialmente en el primer semestre de 2023, son discutidas en los siguientes puntos.

5.1 Precipitación y altura de nieve

Durante el primer trimestre de 2023 (enero a marzo 2023) la estación La Ola registró precipitaciones líquidas en un rango de 0,4 a 1,0 mm durante febrero de 2023. En la estación Los Arroyos se registraron eventos de precipitación de 2,4 mm en enero, precipitaciones en un rango de 0,2 y 2,0 mm en febrero, y en marzo eventos de precipitación de 0,4 mm. Por último, en la estación Centro Salar se registraron precipitaciones que fluctúan entre 0,4 y 1,3 mm durante febrero de 2023.

En cuanto al segundo trimestre de 2023 (abril a junio 2023), solo se dispone de la información completa en las estaciones La Ola y Centro Salar, ya que la estación Los Arroyos presenta información únicamente referente a abril de 2023. De acuerdo con la información disponible, la estación Centro Salar registró precipitaciones durante mayo 2023 en un rango de 12,4 a 131 mm. Estas precipitaciones, que no fueron registradas en la estación La Ola, podrían ser un error de medición en el sensor de precipitación de la estación Centro Salar.

Con respecto al promedio diario de la altura de nieve, durante el primer semestre de 2023 se observan registros en la estación La Ola desde febrero a junio. Por otro lado, la estación Los Arroyos registra eventos de caída de nieve entre enero y abril. Finalmente, la estación Centro Salar no registra eventos de caída de nieve.

Cabe destacar que la estación Centro Salar no registra mediciones de nieve entre noviembre de 2021 y marzo de 2022, y desde agosto 2022 hasta junio 2023. Los datos brutos descargados del sensor indicarían mediciones puntuales o *peaks* superiores a 2 metros de altura que corresponderían a ruido propio del instrumento (por el viento u otros factores al tratarse de un sensor de ultrasonido).

5.2 Velocidad y dirección del viento

Con respecto a la velocidad y dirección del viento registradas en el primer semestre del 2023, se observan diferencias entre las tres estaciones.

Por un lado, la estación La Ola durante el primer semestre registra vientos de mayor velocidad menos frecuentes (hasta 14,6 m/s) con direcciones NW a WNW, y vientos de menor velocidad más frecuentes (bajo 8,8 m/s) en dirección SE a SSE.

En la estación Los Arroyos se registran vientos con direcciones preferentes NE a ENE, cuyas velocidades máximas son de 7,9 m/s. En general los vientos de mayor velocidad y menor frecuencia registran direcciones WNW a NW entre los meses de enero a marzo de 2023, mientras que en abril de 2023 la dirección NNW se vuelve más recurrente, alcanzando velocidades de hasta 13,6 m/s.

Por último, en la estación Centro Salar los vientos de mayor velocidad se manifiestan en dirección W (hasta 12 m/s), los que son más recurrentes durante el primer trimestre, mientras que en el segundo trimestre los vientos con dirección SE a ESE ganan mayor frecuencia y alcanzan velocidades máximas de 7,4 m/s.

Considerando la evolución de los vientos medios diarios, se observa que las tres estaciones presentan una velocidad promedio relativamente estable durante el primer semestre de 2023, especialmente en el caso de la estación La Ola.

5.3 Temperatura ambiental

La temperatura ambiental media diaria en las tres estaciones es muy similar, evidenciándose una tendencia descendente durante el primer semestre de 2023. Las tendencias observadas coinciden con la variación estacional.

La máxima temperatura media diaria registrada durante el primer semestre 2023 en las estaciones La Ola, Los Arroyos y Centro Salar se alcanza en febrero de 2023, con valores de 14,1°C, 11,3°C y 12,0°C respectivamente.

Por otro lado, en la estación La Ola, la temperatura mínima es de -4,95°C, y en la estación Centro Salar es de -7,79°C, ambas alcanzadas durante junio de 2023. En cuanto a la estación Los Arroyos, y dado que no se dispone de información de mayo y junio 2023, la temperatura media diaria mínima registrada en el primer semestre se da en abril 2023 (-1,35°C).

5.4 Humedad relativa

La humedad relativa presenta una mayor variación diaria frente a las otras variables meteorológicas, la cual coincide con la variación estacional. Además, las tres estaciones presentan un patrón similar en los datos medidos.

En general, durante el primer semestre 2023, la humedad relativa presenta una clara tendencia ascendente hasta marzo 2023, descendiendo posteriormente hasta junio 2023. La humedad relativa media diaria en la estación La Ola varía entre un 10,53% y 63,11%, en la estación Los Arroyos varía entre un 8,27% y 76,03%, y en la estación Centro Salar los valores varían entre el 8,11% y 62,56%.

5.5 Presión atmosférica

La presión atmosférica, en general, no presenta variaciones dentro del periodo evaluado, manteniéndose en torno a los 667 mbar en la estación La Ola, en los 635 mbar en la estación Los Arroyos y en los 684 mbar en la estación Centro Salar. Cabe mencionar que, anteriormente, la estación La Ola registró un aumento puntual durante agosto 2021 a 737 mbar y en junio 2022 a 745 mbar, disminuyendo y estabilizándose posteriormente en torno a los 667 mbar.

5.6 Radiación solar

Durante el primer semestre 2023, la radiación solar presenta una clara tendencia descendente hasta junio 2023, debido principalmente a la variación estacional de esta variable. La radiación solar alcanza un valor máximo diario de 431,8 W/m² en la estación La Ola, de 639,3 W/m² en la estación Los Arroyos y de 409,2 W/m² en la estación Centro Salar, todos los valores alcanzados a inicios de enero 2023.

5.7 Nivel de agua en el estanque y en el piezómetro

En la estación Centro Salar, se observa una dispersión de los registros en los meses de junio, julio y agosto de 2021, posiblemente debido a condiciones climáticas como nieve o congelación. Dichos niveles se estabilizaron durante el mes de septiembre, presentándose tanto en el nivel de agua del estanque como en el piezómetro una tendencia ascendente hasta diciembre de 2021.

En el período de enero a junio 2022 el nivel de agua en el estanque mantiene la tendencia ascendente alcanzando un valor de 48,5 cm, con registros puntuales durante los períodos de lluvia que se alejan de la tendencia. Mientras que, en el caso del nivel de agua medido en el piezómetro se observan disminuciones puntuales seguidas de una recuperación del nivel durante los meses de enero (9,9 cm), marzo (1,5 cm), mayo (1,4 cm) y junio (1,2 cm) de 2022.

Entre junio y septiembre 2022 se observa nuevamente dispersión en los registros del nivel del estanque, posiblemente debido a las condiciones climáticas como presencia de nieve o congelación. Por otra parte, el nivel registrado en el piezómetro indica una disminución desde

66,5 cm a 102,5 cm entre junio y julio 2022 y un posterior aumento constante. Por lo tanto, se recomienda la revisión de estos sensores.

Finalmente, durante el primer semestre 2023, el nivel de agua en el estanque presenta una clara tendencia ascendente con valores que fluctúan entre 47,7 y 46,31 cm, con registros puntuales que se alejan de la tendencia durante febrero de 2023. Por otro lado, el nivel de agua medido en el piezómetro, en general, presenta una tendencia ascendente, a excepción de una disminución abrupta ocurrida en febrero 2023, donde el nivel desciende 1,7 cm.

La tendencia ascendente del nivel de agua del estanque durante los meses de verano indica que el sistema no está funcionando correctamente, puesto que deberían descender producto de la evaporación. Por otro lado, dado que el piezómetro presenta en general una tendencia al aumento en períodos de no lluvia, quiere decir que, el tanque de carga o bien el tanque de ensayo presentan una filtración, provocando que se conecte el agua del acuífero con el sistema cerrado del lisímetro en cuyo caso, el lisímetro no cumpliría la función de medir la evaporación.

5.8 Evaporación

Debido a las anomalías e inconsistencias medidas en el estanque y piezómetro indicadas anteriormente, en la actualidad se está realizando la comparación de resultados y revisando el cálculo de la evaporación, que serán verificados con las mediciones del siguiente reporte.

Presumiblemente, y dado el rápido comportamiento de los niveles registrados en el estanque al momento de las precipitaciones en enero y marzo 2023, se podría indicar una falla en el sistema que provocaría la entrada de agua directamente en el sensor, lo cual se evidenciaría también con la rápida recuperación del nivel una vez cesa la precipitación.

Para el análisis de la información se requiere mayor detalle acerca del funcionamiento del sensor, por ejemplo, si este corrige automáticamente la presión barométrica del entorno, ya que los datos son reportados como centímetros y no como columna de agua. Además del diseño del estanque y sus características técnicas.

6 Conclusiones

El presente Informe Semestral de Meteorología corresponde a la exposición de la estadística descargada de las 3 estaciones meteorológicas ubicadas en el sector del Salar de Pedernales y al análisis efectuado a las variables medidas en dichas estaciones. Las actividades de monitoreo de variables climáticas se iniciaron en diciembre de 2020, y en el presente informe se complementan los registros con los datos descargados hasta junio de 2023.

Las variables analizadas en las estaciones La Ola, Los Arroyos y Centro Salar corresponden a: precipitación, altura de nieve, presión barométrica, velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad relativa y radiación solar. Adicionalmente, en la estación Centro Salar se registra el nivel de agua en el estanque y en el piezómetro. Los datos son registrados con una frecuencia de 5 minutos en la Ola, de 15 minutos en Los Arroyos y de 1 hora en Centro Salar. La descarga de datos se realiza de forma trimestral, vía remota en las estaciones La Ola y Los Arroyos, e in situ en la estación Centro Salar. Cabe destacar que la estación Los Arroyos carece de información meteorológica desde el 4 de mayo hasta el mes de junio 2023, ya que no se encontraba disponible para su descarga.

En general, se observa que los comportamientos de las variables meteorológicas en las tres estaciones son similares en el transcurso del tiempo. Esto ocurre principalmente en las variables de temperatura, humedad relativa, presión y radiación solar.

Las principales diferencias se observan en los registros de la dirección del viento, siendo que en la estación La Ola predominan los vientos en las direcciones NW a WNW y SE a SSE, en la estación Los Arroyos en las direcciones WNW a NW y NE a ENE y, en la estación Centro Salar en las direcciones W, durante el primer trimestre, mientras que en el segundo trimestre predominan los vientos SE a ESE. Además, los vientos de mayor velocidad se manifiestan según la primera dirección mencionada anteriormente en cada estación (por sobre los 7 m/s).

Durante el primer trimestre de 2023, las estaciones La Ola y Centro Salar han registrado precipitaciones durante febrero de 2023 (0,4 a 2,6 mm), mientras que la estación Los Arroyos registra precipitaciones entre enero y marzo 2023 (5,0 a 0,4 mm). En cuanto al segundo trimestre de 2023, la estación Centro Salar registró precipitaciones durante mayo 2023 en un rango de 12,4 a 131 mm. Estos registros podrían corresponder a errores de medición en el sensor de precipitación de la estación Centro Salar, dado que no guardan relación con los registros de la estación La Ola.

Con respecto a la radiación, esta responde a las variaciones estacionales, alcanzando los mayores valores al inicio de la estación del verano. Se observa que su valor disminuye con

respecto al valor máximo durante el semestre analizado. Por otro lado, la temperatura media diaria también ha presentado una tendencia descendente durante el periodo evaluado, producto de las variaciones estacionales. En cuanto a la humedad relativa, se observa un aumento hasta el primer trimestre 2023 (marzo) y, posteriormente, se registra un descenso durante el segundo trimestre evaluado.

Finalmente, respecto a los registros de los sensores de nivel en el piezómetro y en estanque que componen el lisímetro ubicado en la estación Centro Salar, se recomienda una inspección técnica de su correcto funcionamiento, verificando a través del llenado del estanque la correcta lectura y la medición contrastada con pozómetro en el piezómetro asociado.

7 Referencias

- Resolución de Calificación Ambiental (RCA) N° 19/2020. Proyecto Rajo Inca.
- Apéndice 1 del Anexo 1-2 Adenda Excepcional EIA Proyecto Rajo Inca. Plan de Seguimiento y Plan de Alerta Temprana Pedernales.
- Amphos 21. 2018. Informe Modelo conceptual hidrogeológico de la cuenca Salar de Pedernales. Estudio Impacto Ambiental (EIA) Proyecto Rajo Inca.

Anexos

Anexo A. Compromisos Ambientales

Anexo B. Certificaciones ETFA

Anexo C. Variables Climáticas