



Plan de Seguimiento Multiescalado de la dinámica ecosistémica en el Salar de Pedernales y Sistemas Aledaños

Caracterización Edafológica

[REVISIÓN 0]



Preparado para:

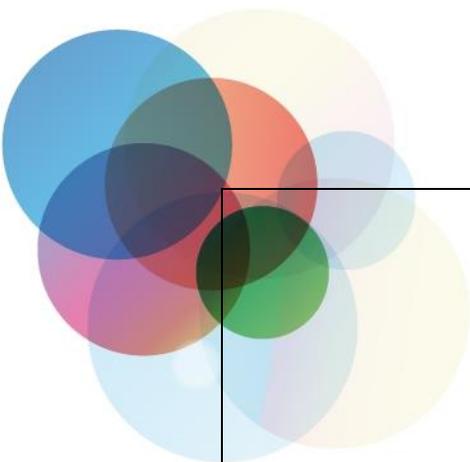


Minería y Medio Ambiente Ltda.
Monseñor Sotero Sanz 100, Of. 505, Providencia, Santiago, RM.
Teléfono: (56-2) 2442188
e-mail: jgalaz@myma.cl

Elaborado por:



Econativa Consultores Ltda.
Avenida Larraín 6.642, Oficina 308/315, La Reina, Santiago, RM.
Teléfono: (56-2) 23032928
e-mail: contacto@econativa.cl



Plan de Seguimiento Multiescalado de la dinámica ecosistémica en el Salar de Pedernales y Sistemas Aledaños Caracterización Edafológica

0	07-06-2024	Aprobación cliente	BC		MR	JMR	
B	19-12-2023	Revisión cliente	LFF(ENC)	LW		JMR	
A	05-05-2023	Revisión interna	LFF(ENC)			JMR	
REV	FECHA	EMITIDO PARA	POR	J. Proy.	Aprobó	J. Proy	Aprobó
REVISIONES			MYMA			CLIENTE	
CONSULTOR			N° Documento				REV.
			CÓDIGO MYMA MY-94-2022				 0

Contenido

Contenido.....	i
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Contexto del plan de monitoreo.....	1
2. OBJETIVO.....	3
2.1. Objetivo General.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
3. METODOLOGÍA.....	4
3.1. Área de estudio y puntos de observación.....	4
3.2. Estudio agrológico del suelo.....	10
3.2.1. Etapa de Gabinete.....	10
3.2.2. Etapa de terreno.....	10
3.2.3. Procesamiento y análisis de muestras de laboratorio.....	10
3.2.4. Riesgo de erosión.....	11
3.2.5. Unidades homogéneas de suelo.....	12
4. Resultados.....	13
4.1. Análisis Agrológico.....	13
4.1.1. Antecedentes generales.....	13
4.1.2. Análisis de Campo.....	16
4.1.3. Análisis de Laboratorio.....	28
4.1.4. Unidades homogéneas de suelo.....	40
4.1.5. Análisis de Factores limitantes.....	43
4.1.6. Análisis de Erosión.....	0
5. Discusión.....	1
6. Conclusión.....	3
7. Bibliografía de Referencia.....	4
8. Anexos.....	5

8.1.	Anexo I. Fichas de terreno y fotografía del perfil.....	5
8.2.	Anexo II. Análisis de laboratorio.....	58

Índice de Figuras

Figura 3-1. Localización área de estudio y puntos de muestreo (calicatas) en campaña edafología PSME	7
Figura 3-2. Localización de puntos de muestreo (calicatas) en campaña edafología PSME.....	8
Figura 3-3. Microcuencas por sector en el área de estudio y puntos de muestreo (calicatas) en campaña edafología PSME.....	9
Figura 4-1. Análisis de Componentes Principales para calicatas prospectadas.....	41
Figura 4-2. Unidades homogéneas de suelo según ACP.	42
Figura 4-3. Puntos de muestreo (calicatas) y su Categoría de Uso de suelo.	2
Figura 4-1. Análisis de erosión por USLE asociado a puntos de muestreo (calicatas) en campaña edafología PSME.....	0

Índice de Tablas

Tabla 3-1. Ubicación de puntos de observación edafología (calicatas)	6
Tabla 4-1. Resumen de observaciones de terreno en calicatas prospectadas	17
Tabla 4-2. Resumen de análisis de muestras de suelo en laboratorio para calicatas prospectadas	28
Tabla 4-3. Cationes solubles para calicatas prospectadas	35
Tabla 4-3. Descripción de las Clases de Uso en el área de estudio.....	43
Tabla 4-4. Atributo crítico que determina la capacidad de uso del suelo en cada punto de observación edafología (calicatas)	0

Índice de Gráficos

Gráfico 4-1. Profundidad del suelo en calicatas prospectadas (cm).....	18
Gráfico 4-2. Pendiente del suelo en calicatas (%).	19
Gráfico 4-3. Frecuencia de clases de Pedregosidad superficial del suelo en calicatas prospectadas (A Frecuencia – B Frecuencia relativa (%)).	20
Gráfico 4-4. Frecuencia de clases de Drenaje del suelo en calicatas prospectadas (A Frecuencia – B Frecuencia relativa (%)).....	22
Gráfico 4-5. Frecuencia de la Textura observada del suelo en calicatas prospectadas (A Frecuencia – B Frecuencia relativa (%)).....	24

Gráfico 4-6. Frecuencia de clases Pedregosidad subsuperficial del suelo en calicatas prospectadas (A Frecuencia – B Frecuencia relativa (%)).	25
Gráfico 4-7. Frecuencia de clases de Erosión del suelo en calicatas prospectadas (A Frecuencia – B Frecuencia relativa (%)).	26
Gráfico 4-8. Frecuencias de clases de Inundación del suelo en calicatas prospectadas (A Frecuencia – B Frecuencia relativa (%)).	27
Gráfico 4-9. Distribución de la textura analizada en laboratorio en calicatas prospectadas (A Frecuencia – B Frecuencia relativa (%)).	30
Gráfico 4-10. pH del suelo en calicatas prospectadas (Unidades).	31
Gráfico 4-11. Columna de agua en el suelo en calicatas prospectadas (cm).	32
Gráfico 4-12. Conductividad eléctrica del suelo en calicatas prospectadas (dS/m).	33
Gráfico 4-13. Relación de adsorción de sodio en suelo en calicatas prospectadas.	34
Gráfico 4-14. Contenido de calcio en suelo en calicatas prospectadas.	36
Gráfico 4-15. Contenido de magnesio en suelo en calicatas prospectadas.	37
Gráfico 4-16. Contenido de potasio en suelo en calicatas prospectadas.	38
Gráfico 4-17. Contenido de sodio en suelo en calicatas prospectadas.	39
Gráfico 4-18. Contenido de calcio en suelo en calicatas prospectadas.	40

1. INTRODUCCIÓN

El presente plan de monitoreo, denominado “Plan de Seguimiento Multiescalado (PSME)” (en adelante el Plan), se desarrolla en la Región de Atacama, Provincia de Chañaral, Comuna de Diego de Almagro.

Este Plan fue elaborado en el marco del Avenimiento y Transacción alcanzado entre CODELCO y el Consejo de Defensa del Estado (CDE), tras la demanda de reparación por daño ambiental en el Salar de Pedernales. En este Avenimiento, se acordaron una serie de medidas, entre las cuales se encuentran las medidas bióticas el “Estudio de abundancia potencial de especies en el Salar de Pedernales” (EST-01) y el “Estudio de seguimiento de dinámicas ecosistémicas del SVAHT” (Medida EST-02).

De acuerdo con esto, y con el objeto de poder contar con información preliminar del Salar de Pedernales y sus sistemas aledaños, que permita desarrollar las medidas EST-01 y EST-02, CODELCO estableció la necesidad de realizar caracterizaciones ambientales previas a la ejecución de estas, de tal forma de poder con información de caracterización representativa de los SVAHT asociados al Salar de Pedernales y sus sistemas aledaños. En este contexto, el presente documento corresponde al informe de edafología del Plan de Seguimiento multiescalado de los SVAHT existentes en la subcuenca de Pedernales y áreas aledañas.

1.1. Contexto del plan de monitoreo

Con fecha 15 de julio de 2020, el Consejo de Defensa del Estado (CDE) interpuso una demanda de reparación por daño ambiental en contra de la Corporación Nacional del Cobre de Chile División Salvador (en adelante, CODELCO DSAL). La descripción de los hechos constitutivos de daño ambiental señala como antecedentes que la extracción de aguas superficiales y subterráneas de forma permanente por parte de Codelco DSAL a partir del año 1983 en el sector norte de la subcuenca del Salar Pedernales, acumuladas en el tranque La Ola, *“ha tenido consecuencias de gran magnitud y relevancia para el componente hídrico, así como para los SVAHT y ecosistemas dependientes de éste; en efecto, las extracciones prolongadas por parte de CODELCO DSAL han producido el descenso sostenido de niveles en pozos ubicados entre el campo de bombeo y el Salar y el desarrollo de un cono de depresión que se extiende aproximadamente 5 kilómetros hacia el norte desde el campo de pozos de bombeo”*. La acción dañosa recién mencionada, según lo señalado por el CDE, ha causado una serie de pérdidas, detrimentos o menoscabos significativos para el medio ambiente y sus componentes, tales como el componente hídrico (acuífero), los ecosistemas acuáticos continentales del Salar de Pedernales y los SVAHT presentes en el mismo; además, señala,

se provocó la pérdida de diversos servicios ecosistémicos como el hábitat y soporte de fauna, afectando íntegramente las relaciones ecosistémicas presentes. Sin perjuicio de lo anterior, el CDE establece que, para la presente demanda, el período considerado de realización de daño ambiental va desde la entrada en vigencia de la Ley N°19.300, publicada el 9 de marzo de 1994, hasta junio de 2017.

En diciembre de 2022, se alcanzó un Avenimiento y Transacción entre las partes, donde CODELCO y el CDE acordaron una serie de medidas, entre las cuales se incluyen las asociadas a los SVAHT (Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres), correspondientes a sistemas de alta relevancia para diversidad biológica.

Dentro de estas medidas, y particularmente en lo que respecta a los aspectos bióticos de los SVAHT, se encuentra el “Estudio de abundancia potencial de especies en el Salar de Pedernales (EST-01) y el Estudio de seguimiento de dinámicas ecosistémicas del SVAHT” (Medida EST-02), que buscan aportar al conocimiento ecosistémico de estos sistemas altoandinos, así como detectar de manera temprana variaciones en la cobertura vegetal y funcionamiento de los SVAHT, de tal forma de disminuir el riesgo de potencial es pérdidas irreversibles en estos sistemas.

Para poder desarrollar las medidas antes indicadas, CODELCO considera que es esencial primero contar con información de caracterización representativa de los SVAHT asociados al Salar de Pedernales y sus sistemas aledaños, de manera previa a la ejecución de las medidas EST-01 y EST-02.

Por lo anterior, CODELCO llevó a cabo un Plan de Seguimiento de dinámicas ecosistémicas del área activa del SVAHT del Salar de Pedernales, de SVAHT ubicados en cuencas cercanas (Salar Piedra Parada y Salar La Laguna), en la quebrada Leoncito, quebrada Asiento, en quebradas aledañas de agua dulce, así como en la cabecera sur río La Ola.

De acuerdo a todo lo antes señalado, en el presente documento se presenta la caracterización del componente suelo para el Salar de Pedernales y sus sistemas aledaños. Para el desarrollo de las actividades de caracterización indicadas, fue utilizado como marco los siguientes documentos: Pauta para estudio de suelos, elaborada por el Servicio Agrícola y Ganadero (2011), Guía para la Descripción de los componentes suelo, flora y fauna de Ecosistemas Terrestres en el SEIA, elaborado por el Servicio de Evaluación Ambiental (2015) y Guía de evaluación ambiental: recurso natural suelo (SAG, 2019).

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo General

Describir el componente suelo del área de estudio mediante observación *in situ* y análisis de laboratorio.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar criterios de aproximación, definición, y especiales, mediante observación de terreno.
- Analizar muestras de suelo en laboratorio para determinar criterios que no fueron observables en terreno.
- Analizar la condición de erosión del suelo en cada sector por método USLE (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo).
- Identificar y caracterizar las propiedades físicas y químicas del suelo que tienen un impacto significativo en la distribución y composición de la vegetación en el área de estudio.

3. METODOLOGÍA

La definición de las metodologías de muestreo a implementar se basó en lo establecido en el proceso de Avenimiento y Transacción entre el CDE y CODELCO para las medidas bióticas EST-01 y EST-02. De acuerdo con esto, la descripción del componente suelo se realizó en 13 sectores, conformados por salares y quebradas presentes en el área de estudio. En estos sectores se identificaron las unidades homogéneas de suelo, según las características observadas en el paisaje, y se establecieron dos puntos de análisis y excavación (calicatas) por cada unidad homogénea de suelo.

En consecuencia, en total se excavaron y analizaron *in situ* 26 calicatas y se tomaron muestras de suelo para su posterior análisis en laboratorio.

Lo observado en terreno, y el análisis de laboratorio posterior, permiten establecer la descripción del pedón, que incluye:

- Criterios de aproximación: profundidad, pendiente, pedregosidad superficial y piedras y drenaje.
- Criterios de definición: textura, agua aprovechable, pedregosidad subsuperficial, erosión y clima
- Criterios especiales: salinidad e inundación.

3.1. Área de estudio y puntos de observación

Geográficamente, el área de estudio se ubica en la Región de Atacama, Provincia de Chañaral, Comuna de Diego de Almagro, en una zona de humedales altoandinos, correspondiente a una franja del territorio sobre los 2.000 msnm de la región de Atacama y que ocupan fondos de los valles abiertos, pudiendo formar también manchones irregulares en las colinas alimentados por pequeñas vertientes originadas por el derretimiento de nieves que cubren la cima de los numerosos conos volcánicos existentes (CIREN, 2013 b).

Estas formaciones corresponden a sistemas vegetacionales con características particulares, insertos en la región de la Estepa Alto-Andina de la Cordillera de los Andes y se extienden hasta los Andes de la VII región. La altitud y el relieve juegan un rol determinante en el desarrollo de las formaciones vegetales que aquí se presentan, permitiendo el desarrollo de una gran homogeneidad en las formas de vida de las plantas, las que pueden resumirse en tres tipos biológicos fundamentales: plantas pulvinadas o en cojín, gramíneas cespitosas, pastos duros o coirones y arbustos bajos de follaje reducido (CIREN, 2013 a).

Según el documento del avenimiento en la causa ROL D-7-2020, la cuenca en la cual se emplaza el Salar de Pedernales se encuentra ubicada en el sector cordillerano de la región de Atacama, a 40 km. al este de la ciudad El Salvador, siendo la cuenca de mayor superficie de la región, con 3.592 kilómetros cuadrados de extensión.

Así, para los estudios de levantamiento de información, en esta área se han determinado 13 sectores que comprenden salares y quebradas (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y Tabla 3-1), de manera que se separó el área de estudio de manera homónima.

En cada uno de estos sectores se determinaron dos puntos de observación (calicata), alcanzando un total de 26, seis de ellos se ubicaron en salares y el resto (20) en quebradas (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Las microcuenas involucradas en cada punto de observación están detalladas en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**.

En terreno se siguió la siguiente secuencia de trabajo para la observación del componente suelo:

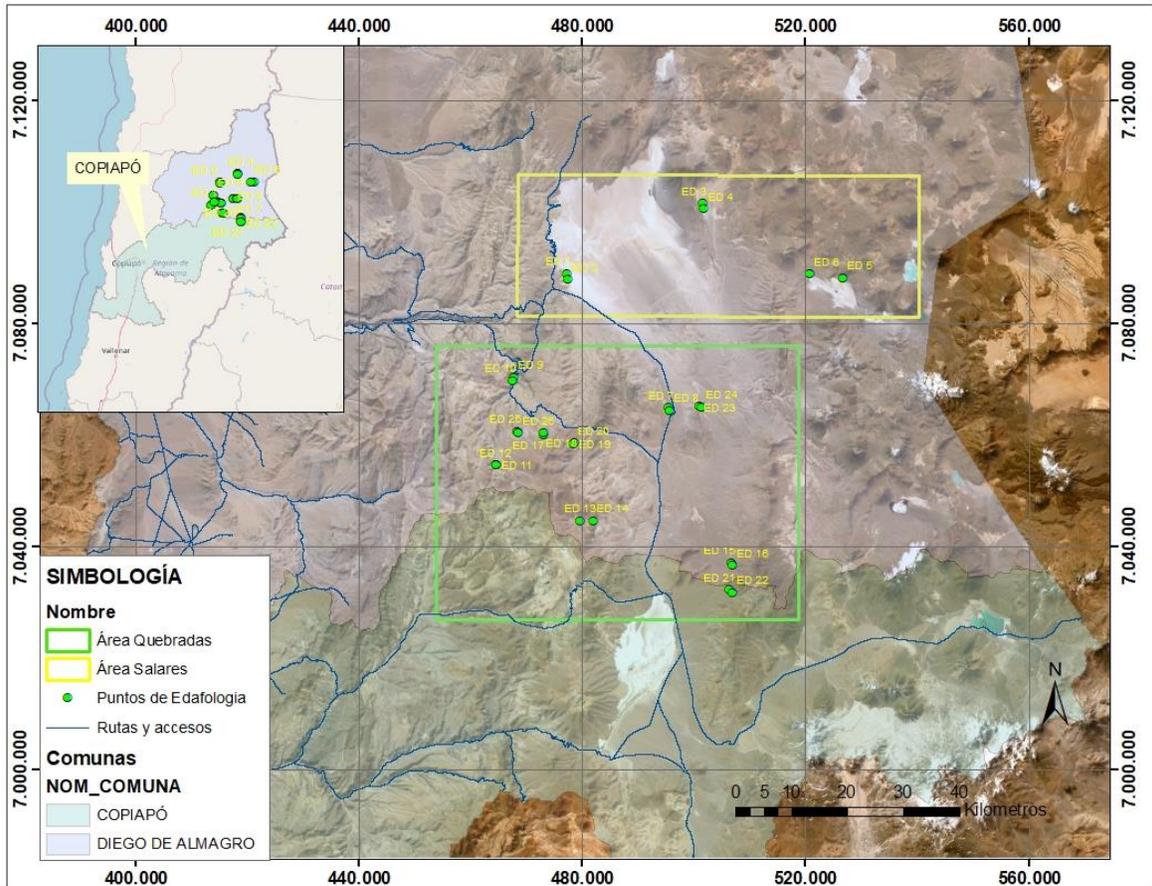
1. Excavación de calicatas: se ejecutó en terreno una excavación de 1 x 1 m en superficie y de profundidad variable dependiendo de las condiciones del suelo en cada punto de observación.
2. Caracterización del perfil del suelo en cada una de ellas: un profesional revisó en terreno las características observables con el fin de definir criterios de aproximación, de definición y especiales.
3. Toma de muestra de suelo según se indica: se tomaron muestras de algunas calicatas (20 – 40 cm), para determinar criterios de aproximación, de definición y especiales no observables, mediante análisis en laboratorio.
4. Cierre de calicata: se cerró cada calicata resguardando (en la medida de lo posible) de disponer el material extraído en el mismo orden en que se retiró, de manera de alterar lo menos posible la estructura del perfil del suelo.

Tabla 3-1. Ubicación de puntos de observación edafología (calicatas)

Nº Sector	Nombre Sector	Coordenada N	Coordenada N	Punto
1	Salar de Pedernales	476.982	7.088.943	ED 1
	Salar de Pedernales	477.370	7.087.870	ED 2
2	Salar La Laguna	501.626	7.101.525	ED 3
	Salar La Laguna	501.758	7.100.596	ED 4
3	Salar Piedra Parada	526.660	7.088.286	ED 5
	Salar Piedra Parada	520.781	7.088.854	ED 6
4	Río La Ola	495.499	7.064.939	ED 7
	Río La Ola	495.682	7.064.565	ED 8
5	Quebrada Asiento	467.725	7.070.371	ED 9
	Quebrada Asiento	467.576	7.069.828	ED 10
6	Quebrada Ciénaga	464.617	7.054.765	ED 11
	Quebrada Ciénaga	464.586	7.054.685	ED 12
7	Quebrada Pastos Largos	479.498	7.044.729	ED 13
	Quebrada Pastos Largos	481.864	7.044.607	ED 14
8	Quebrada Río Negro	506.634	7.039.109	ED 15
	Quebrada Río Negro	506.909	7.036.647	ED 16
9	Quebrada Tinajas	473.050	7.060.107	ED 17
	Quebrada Tinajas	472.966	7.060.494	ED 18
10	Quebrada Tordillos	478.531	7.058.596	ED 19
	Quebrada Tordillos	478.459	7.058.471	ED 20
11	Quebrada Vertiente 2	506.405	7.032.260	ED 21
	Quebrada Vertiente 2	506.888	7.031.823	ED 22
12	Quebrada Leoncito	500.974	7.065.260	ED 23
	Quebrada Leoncito	501.427	7.065.056	ED 24
13	Quebrada El Colorado	468.349	7.060.715	ED 25
	Quebrada El Colorado	468.551	7.060.335	ED 26

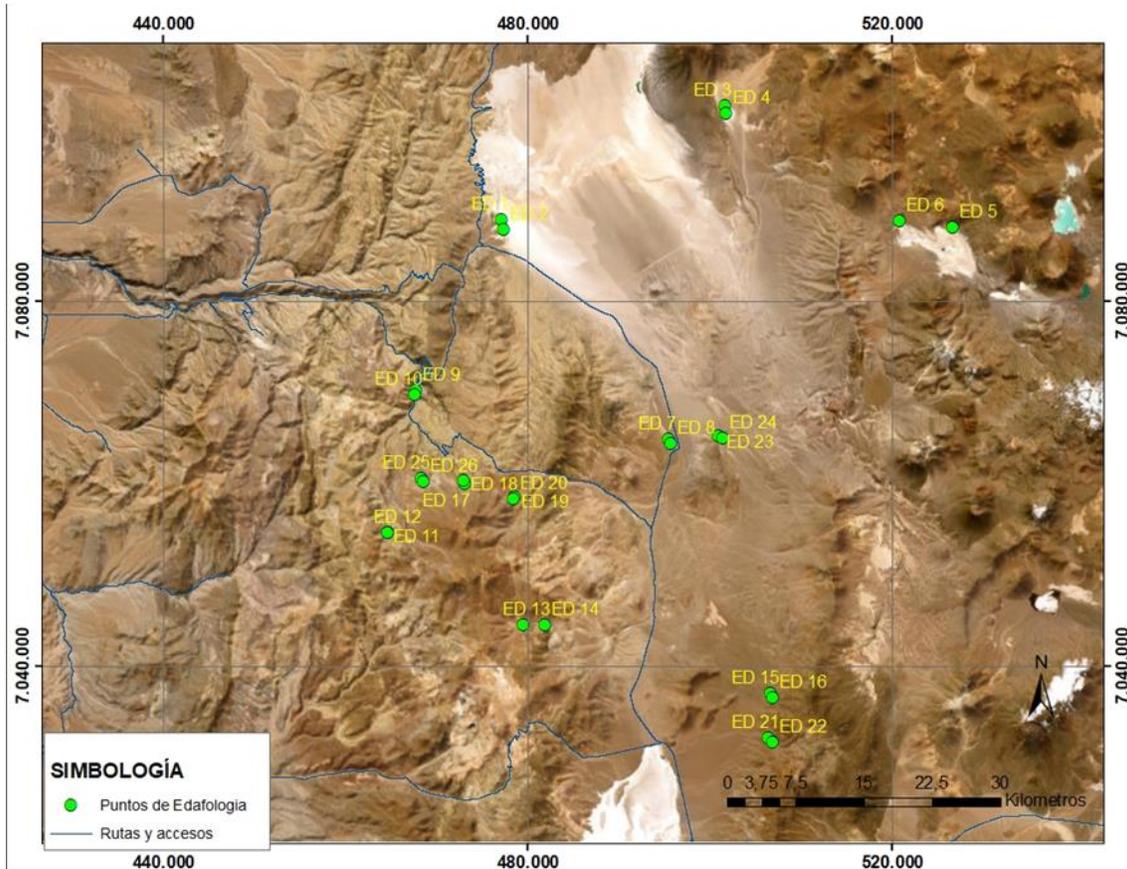
Fuente: Econativa Consultores
Coordenadas UTM (Datum WGS84 huso 19 sur)

Figura 3-1. Localización área de estudio y puntos de muestreo (calicatas) en campaña edafología PSME



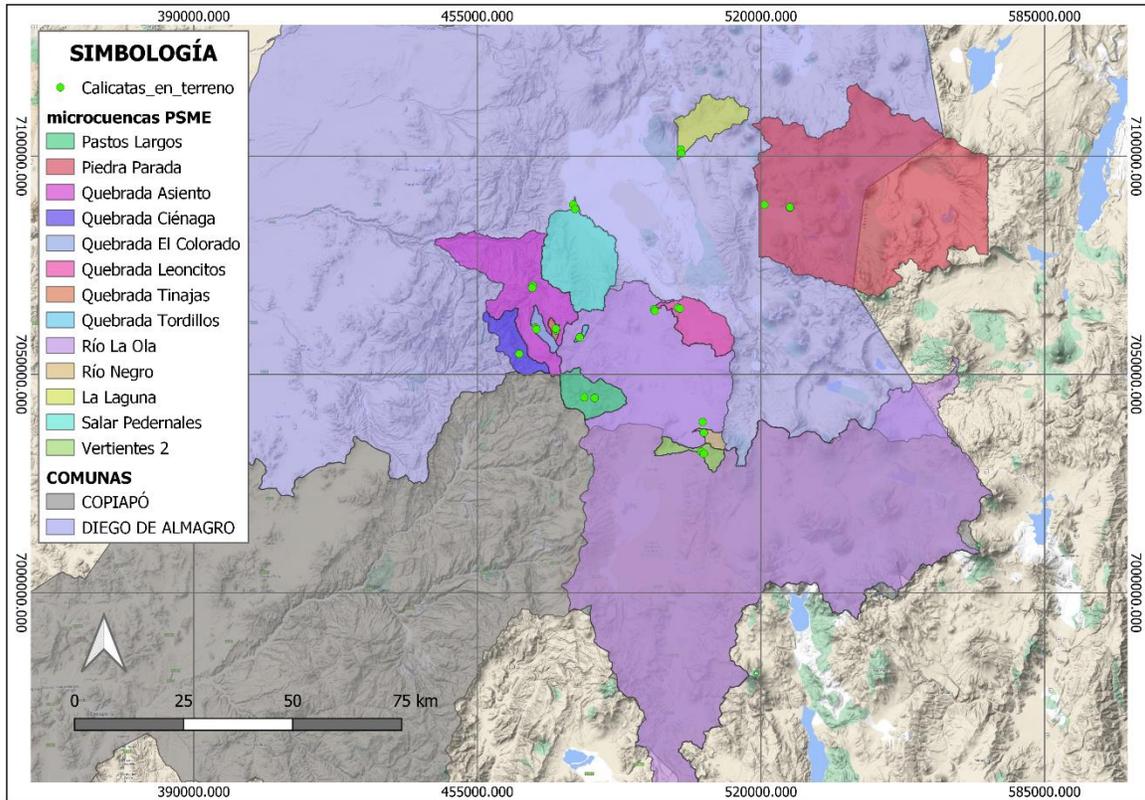
Fuente: Econativa Consultores
Coordenadas UTM (Datum WGS84 huso 19 sur)

Figura 3-2. Localización de puntos de muestreo (calicatas) en campaña edafología PSME



Fuente: Econativa Consultores
Coordenadas UTM (Datum WGS84 huso 19 sur)

Figura 3-3. Microcuencas por sector en el área de estudio y puntos de muestreo (calicatas) en campaña edafología PSME



Fuente: Econativa Consultores
Coordenadas UTM (Datum WGS84 huso 19 sur)

3.2. Estudio agrológico del suelo

3.2.1. Etapa de Gabinete

Esta etapa cuenta con un reconocimiento previo, en gabinete, de las unidades geomorfológicas que puedan implicar suelos distintos, se revisaron imágenes satelitales (Google Earth) y capas de información geográfica del portal IDE y de CIREN, a fin de conocer las características más específicas de las series de suelo que correspondan a los sectores en análisis.

3.2.2. Etapa de terreno

Posteriormente se visitó el terreno para realizar cada una de las calicatas, a fin de conocer las características *in situ* del suelo. La descripción de los atributos del pedón se ajustaron a lo que indica la “Pauta para el estudio de suelos del Servicio Agrícola y Ganadero (2016)”, que considera criterios de aproximación, de definición, y especiales, para definir las capacidades de su uso según su clasificación interpretativa.

La información que se desprende de esta actividad se sistematiza y ordena de manera de presentar los resultados de una forma resumida y general para el área de estudio. La información individual de cada observación se encuentra en el Anexo I de este documento (Título 8.1).

3.2.3. Procesamiento y análisis de muestras de laboratorio

De las calicatas se obtuvieron muestras de aproximadamente 4 kg de suelo, hasta una profundidad de 0,4 m, profundidad a la que se desarrolla el suelo orgánico. La muestra fue homogenizada y almacenada en bolsa rotulada de polietileno sellable. Las muestras se presentaron en laboratorio para análisis de los siguientes parámetros de interés:

- Textura
- Densidad aparente
- Retención de humedad a 0,33 y 15 bar (CC y PMP)
- pH
- Conductibilidad eléctrica
- Relación de adsorción de sodio (RAS).
- Cationes y aniones solubles (Ca – Mg – K – Na)
- Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

Los resultados de estos análisis se sistematizaron y ordenaron de manera de presentar los resultados de una forma resumida y general para el área de estudio. La información individual de cada observación se anexa a este documento. Se hizo una revisión bibliográfica respecto del contenido de materia orgánica y de contenido de nutrientes (N,P y K) en suelos referenciales.

3.2.4. Riesgo de erosión

En consideración a las exigencias descriptivas, se incluyó el mapa de erosión potencial del área de estudio, el cual se basó en la Ecuación Universal de la Pérdida del Suelo (USLE; Universal Soil Loss Equation) del Natural Resources Conservation Service (NRCS), que a continuación se describe:

$$A = R * K * L * S * C * P$$

donde:

- A: Pérdida media anual del suelo (ton/año).
- R: Erosividad de la lluvia. Este factor se refiere al impacto que tiene la lluvia y la escorrentía en el suelo.
- K: Erodabilidad de un suelo. Resistencia que ofrece un suelo a ser erosionado
- LS: Factor topográfico; factor doble donde L se refiere a la longitud de la ladera y S, a su inclinación.
- C: Cobertura vegetal del suelo.
- P: Prácticas de conservación del suelo.

Se obtuvieron o calcularon los factores de dicha ecuación para elaborar un mapa (formato shape e imagen) que distinga las diversas zonas del área de influencia asociadas a su potencial de erosión, correspondiente a cinco categorías de riesgo de erosión definidas por el Servicio Agrícola y Ganadero en su Pauta para Estudio de Suelos (SAG, 2011).

Como resultado de la caracterización edafológica, se analiza cómo se comportan las variables principales del suelo en cada calicata, y se determinan las capacidades de uso en cada sector evaluado.

3.2.5. Unidades homogéneas de suelo

Con la información disponible, se ejecutó un análisis exploratorio de los datos de manera de poder definir unidades homogéneas de suelo.

Los resultados fueron agrupados en base al Análisis de Componentes Principales (PCA). Este análisis corresponde a un método estadístico que permite simplificar la complejidad de espacios muestrales que poseen un gran número de variables (Ringnér, 2008; Amat, 2017). De este modo, el PCA permite identificar estructuras internas en la información, diferenciando muestras en base a sus semejanzas (Jobson, 1999; Bouaziz et al., 2018).

Para aplicar el PCA, es importante considerar que los datos de terreno poseen diversos valores de magnitud, lo que podría inducir a errores en la identificación de componentes principales. Por este motivo, los datos fueron estandarizados mediante la función `scale` de R (Amat, 2017). Posteriormente, se aplicó el PCA a la totalidad de las variables muestreadas, usando la función `prcomp` (Amat, 2017).

Con este análisis preliminar, se buscó identificar las combinaciones de variables observadas que permitieran maximizar la explicación de la varianza acumulada con el menor número de componentes posible (Jobson, 1999; Bouaziz et al., 2018). Una vez identificadas las componentes principales de mejor rendimiento, se seleccionó a las variables más relevantes para volver a realizar el PCA, permitiendo de este modo simplificar el espacio muestral.

Se muestran los resultados gráficamente y se asocian las unidades homogéneas de suelo (calicatas y sectores geomorfológicamente similares).

4. Resultados

4.1. Análisis Agrológico

4.1.1. Antecedentes generales

a) Geomorfología

Según el boletín “Recursos naturales de la comuna de Mejillones” de CIREN (2021), la región de Atacama presenta diferencias respecto de las tradicionales unidades geomorfológicas de Chile, mostrando un relieve muy irregular y accidentado en el que predomina la alternancia de valles en sentido transversal con Interfluvios montañosos denominados serranías

La comuna de Diego de Almagro se inserta en la denominada precordillera y cordillera de Domeyko, y en las cuencas altiplánicas, en tanto que la ciudad del mismo nombre se localiza en la parte baja de las últimas estribaciones occidentales de la depresión central, área geográfica rellena por potentes depósitos de materiales de acarreo, pudiendo reconocerse en algunos sectores depósitos de origen netamente fluvial, las cuales presentan estratos de grabas redondas con matriz arenosa y algunos niveles arcillosos con alto contenido de sales asociado a sedimentación fluvial.

Por su parte, en el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), Gold Fields (2018 b), da cuenta que la geomorfológica en el área de estudio se encuentra en la primera agrupación regional de la región septentrional de las pampas desérticas y cordilleras prealtiplánicas.

Con esto, los análisis de suelo actuales se efectuaron en la cordillera prealtiplánica, donde las principales pendientes topográficas corresponden a cerros y volcanes del sector.

Se observan formaciones de origen sedimentario derivadas de procesos de erosión y transporte en las laderas y quebradas intermitentes que abundan en el sector, donde se identifican depósitos aluviales y coluviales. Los primeros corresponden a materiales transportados y depositados por el agua en períodos de escorrentía, con tamaños desde arcilla hasta las gravas gruesas, mientras que las formaciones coluviales las constituyen materiales transportados por gravedad, la acción del deshielo y por el agua en taludes rocosos inestables de elevada pendiente.

b) Geología

La ciudad Diego de Almagro se encuentra emplazada en la formación Llanta, correspondiente al Cretácico inferior, la cual comprende una edad anterior a los 80 millones de años (CIREN, 2021). Concurren en este sitio, una potente secuencia volcánico-clástica andesítica, constituida por conglomerados, brechas y areniscas de tonalidades grises, pardo rojizas y gris verdosas, siendo común la piritita en coexistencia con los minerales de alteración señalados.

El área rural también se emplaza en parte de la formación anterior y, además sobre formaciones volcánicas y volcanoclástica continentales Mezo – Cenozoicas, dispuestas en franjas longitudinales norte-sur limitadas por fallas, inversas de alto ángulo que las ponen en contacto con el basamento Paleozoico, constituido por granitoides, rocas metamórficas y volcánicas ácidas, miembros del marco geológico estructural de la cordillera de los Andes.

Por otra parte, en un estudio de impacto ambiental desarrollado en las proximidades del área de estudio (Gold Fields, 2018 b), se indica que ésta se localiza en ambiente de Cuencas Altiplánicas, cuyo paisaje tiene muestra cordones montañosos con cumbres que alcanzan elevaciones de entre 4.000 y 5.000 m.s.n.m. A la zona cordillerana la anteceden y rodean grandes extensiones (llanuras), formadas como cuencas endorreicas. La región altoandina tiene una morfología de relieves volcánicos importantes, amplios plateaux ignimbríticos de aspecto mesetiforme y extensas superficies detríticas con salares, salinas, playas, lagunas o barreales secos.

Las cuencas están formadas por la presencia de cubetas de depresión a las que convergen las aguas subterráneas y superficiales, generando Salares, donde las sales precipitan por la elevada evaporación.

El basamento comprende rocas sedimentarias, volcánicas e intrusivas del Paleozoico superior, secuencias sedimentarias del Cretácico inferior y unidades de rocas volcánicas, volcanosedimentarias y sedimentarias del Paleógeno (Eoceno-Mioceno) (Gold Fields, 2018 b).

c) Clima

Según el SIT Rural (2021) señala para la comuna de Diego de Almagro presenta los siguientes tipos de clima de oeste a este:

- Desierto costero con nubosidad abundante: Caracterizado por la abundante nubosidad matinal, moderadas diferencias térmicas entre el día y la noche y precipitaciones que aumentan levemente hacia el sur.
- Desierto normal o interior: De elevadas temperaturas durante el día, cielos despejados y ausencia de precipitaciones.
- Desierto frío de montaña: Localizado sobre los 2.000 metros de altura, precipitaciones más abundantes en los meses de invierno (250 milímetros aproximadamente), y en las cumbres

más elevadas se presentan precipitaciones sólidas, temperaturas bajas, y amplitud térmica entre el día y la noche acentuada.

Por otra parte, el Atlas Agroclimático de Chile (2017), señala para esta comuna un clima del área de estudio se circunscribe en el distrito agroclimático Copiapó definido como un clima de Desierto con influencia marina y régimen de humedad xérico (BWnXe) cuya descripción es como sigue.

La temperatura varía entre un máximo de enero de 28,2°C y un mínimo de julio de 7,3°C. Tiene un promedio de 345 días consecutivos libres de heladas. En el año se registra un promedio de 0 heladas. El período de temperaturas favorables a la actividad vegetativa dura 12 meses. Registra anualmente 2.417 días grado y 80 horas de frío acumuladas hasta el 31 de Julio. La precipitación media anual es de 6 mm y un período seco de 12 meses, con un déficit hídrico de 1.757 mm/año. El período húmedo dura 0 meses durante los cuales se produce un excedente hídrico de 0 mm.

La línea de base de Gold Fields (2018 b) señala que el clima del área de estudio corresponde a tundra por efecto de altura con escasa o nula precipitación (ETH) ws, que corresponde a clima de altas cumbres de la Cordillera de los Andes, caracterizado por bajas temperaturas durante todo el año, con temperaturas variables por debajo y por sobre 0 °C.

Respecto de las precipitaciones, éstas varían según la latitud, y se producen por lo general, en forma de nieve, con excepción del período estival, donde caen en forma líquida, situación asociada al fenómeno climático del invierno altiplánico (Gold Fields, 2018 b)

d) Suelos

Los suelos de la provincia, y, de la comuna en particular, están marcadas por la extrema aridez del clima, presentando acumulación de sales y el desarrollo de horizontes endurecidos o cementados por carbonatos, la mayoría de los cuales se clasifican en los órdenes Entisol, Inceptisol, Aridisol (CIREN, 2021).

En general, los suelos caracterizados se asocian mayormente a aquellos de uso agrícola, que se caracterizan por derivar de materiales edafológicos del tipo aluvio-coluviales más antiguos disectadas por aluviones recientes, lo que responde a la geomorfología del lugar.

La revisión de los proyectos ingresados al SEIA en el sector dan cuenta de la ocurrencia de suelos de orden Entisols (Gold Fields, 2023, Gold Fields, 2018 b); los que muestran escaso o nulo desarrollo de perfiles con horizontes reconocibles, y se constituyen por arrastre y depósito de materiales.

Por su parte, en la línea de base de Gold Fields (2018 a) se indica una baja pedogénesis de los suelos presentes en el área de estudio, por lo que su capacidad agrícola es en la práctica, nula. Esto influenciado por la presencia de suelos de áreas montañosas altoandinas, influenciadas por el relieve, tipo de materiales y la fuente que los ha generado (clima, la cobertura vegetal existente, fuertes pendientes)

En general, corresponden a “suelos” profundos, de colores predominantes en matices 7,5 YR en seco y en húmedo, de texturas franco arenoso y arenosa franca, lo que se asocia a baja porosidad. La materia orgánica es baja y una salinidad moderada (Gold Fields, 2018 a).

CIREN (2013 b) indica que para la región de Atacama suelos constituidos por un agregado de minerales no consolidados y de partículas orgánicas producidas por la acción combinada del viento, el agua y los procesos de desintegración de seres vivos.

Luzio (2010) citado por CIREN (2013 b) ha identificado cinco tipos de suelos: suelos esqueléticos, suelos con pedogénesis incipiente, suelos formados en materiales volcánicos recientes, suelos saturados en cuencas depresivas del paisaje (bofedales, vegas) y suelos en valles cordilleranos.

Se recogió información referencial del nivel de nutrientes y materia orgánica en los suelos de la región, se tiene suelos áridos de la zona de Huasco con niveles promedio de nitrógeno de $22,9 \pm 6,5$ ppm (mg/kg), de fósforo de $3,0 \pm 3,4$ ppm y de potasio de $110,4 \pm 48,7$ ppm (IDE Ambiente, 2019). Por su parte Luzio (2010), , señala contenidos de materia orgánica (como CO) para suelos del sector altiplánico que no superan 1%, sobre todos en aquellos que muestran una pedogénesis incipiente.

4.1.2. Análisis de Campo

Entre el 13 y 21 de marzo de 2023, se analizó el perfil del suelo en cada una de las 26 calicatas excavadas a las profundidades que en cada una de ellas fue posible, dependiendo de la profundidad del suelo y del nivel freático, en las que se observaron las características principales del pedón, que son relevantes para la descripción del perfil y la determinación de las propiedades del suelo.

La ubicación de cada uno de los puntos de observación se encuentra detallada en la Tabla 3-1, mientras que la caracterización de cada calicata, y una fotografía de ésta, se encuentra anexa en el Anexo 8.1.

La Tabla 4-1 resume las observaciones de terreno, en la cual se distingue, en términos generales, suelos planos o de inclinaciones moderadas que responden a la geomorfología del sector. La profundidad en terreno fue variable, con una tendencia a suelos ligeramente profundos, sin pedregosidad superficial o con niveles bajos de esta. El drenaje se transforma en un factor limitante en la mayoría de las calicatas observadas detectándose mayormente suelos de muy pobremente drenados a drenaje imperfecto.

Las texturas arenosas fueron predominantes con algunas variaciones hacia el suelo franco e incluso texturas más finas (limo y arcilla), condición que le confiere una baja capacidad de retención de humedad. Asimismo, los niveles de salinidad fueron altos en la mayoría de las calicatas, lo que se relaciona con la naturaleza del área de estudio.

Tabla 4-1. Resumen de observaciones de terreno en calicatas prospectadas

Calicata	Profundidad	Pendiente	Pedregosidad Superficial	Drenaje	Textura	Pedregosidad Subsuperficial	Erosión	Inundación
ED 1	62	2	P1	W1	Limosa - Arcillo limosa	DP1	E1	I3
ED 2	70	2	P1	W1	Franco limosa	DP1	E1	I3
ED 3	32	2	P2	W2	arenosa gruesa - arenosa fina	DP1	E1	I3
ED 4	58	4	P1	W2	Franca - Limosa	DP1	E1	I3
ED 5	17	1	P3	W1	Arenosa	DP2	E1	I3
ED 6	37	3	P1	W1	Arenosa	DP4	E1	I3
ED 7	64	1	P4	W2	Franco Arenosa	DP1	E1	I1
ED 8	61	1	P1	W3	Franco Arenosa - Franca	DP1	E1	I1
ED 9	100	6	P4	W5	Franco Arenosa	DP5	E4	I1
ED 10	95	3	P5	W2	Franco Arcillosa	DP4	E3	I1
ED 11	62	2	P1	W1	Limosa - Arcillo limosa	DP1	E1	I3
ED 12	72	4	P1	W1	Franca - Limosa	DP1	E1	I1
ED 13	40	6	P1	W1	Arenosa - Franca Limosa	DP1	E1	I2
ED 14	43	4	P3	W1	Arena - Franco Arcillosa	DP4	E1	I1
ED 15	38	8	P3	W1	Areno Francosa	DP4	E1	I3
ED 16	25	8	P3	W1	Areno Francosa	DP1	E2	I3
ED 17	60	30	P3	W2	Franca - Limosa	DP3	E2	I3
ED 18	91	20	P3	W2	arenosa	DP5	E2	I1
ED 19	66	25	P1	W3	Franco limosa - Franca	DP1	E1	I2
ED 20	38	4	P1	W3	Franca - Franco Limosa	DP1	E3	I1
ED 21	28	4	P1	W3	Franca - Areno Francosa	DP1	E2	I1
ED 22	25	6	P1	W2	Areno Francosa	DP1	E3	I2
ED 23	70	3	P1	W3	Arenosa	DP1	E2	I1
ED 24	50	3	P1	W1	Arenosa	DP1	E1	I3
ED 25	93	10	P2	W1	Franco Limosa	DP1	E2	I1
ED 26	100	6	P1	W4	Franco Arenosa - Franco Limosa	DP1	E3	I1

Fuente: Econativa Consultores

Clases de pedregosidad superficial P1: Sin, P2: Ligera, P3: Moderada, P4: Abundante, P5: Muy abundante. Clase de drenaje W1: Muy pobremente drenado, W2: Pobremente drenado, W3: Drenaje imperfecto, W4: Drenaje moderado W5: Bien drenado. Clases de pedregosidad subsuperficial DP1: Sin, DP2: Ligera, DP3: Moderada, DP4: Abundante, DP5: Muy abundante. Clases de Erosión, E1: No aparente, E2: Ligera, E3: Moderada, E4: Severa, E5: Muy severa. Clase de inundación I1: Ninguna, I2: Frecuente, I3: Muy frecuente

Cada una de las observaciones de terreno se analiza detalladamente a continuación.

a) Profundidad

La profundidad observada del suelo fue variable con valores que fluctúan entre 17 cm (ED05) y 100 cm (ED09 y ED26) según muestra el Gráfico 4-1. Las mayores profundidades de suelos se asocian a las quebradas Asiento y El Colorado, en el sector poniente del área de estudio, donde se ha formado suelo de origen coluvial, y por sedimentación principalmente. Por su parte, los suelos más delgados están presentes en el área de salares, donde el promedio alcanza los 46 cm.

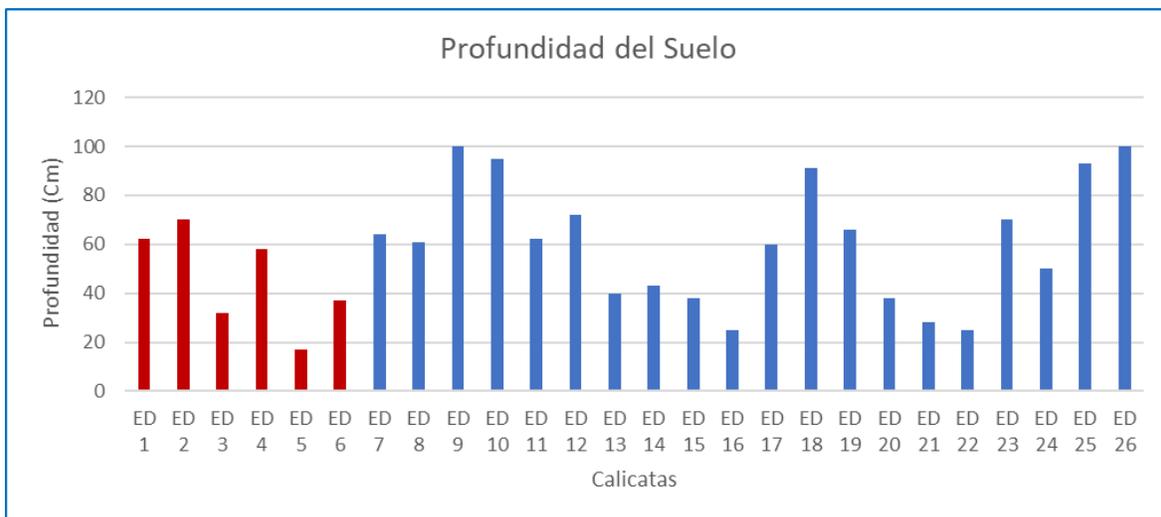


Gráfico 4-1. Profundidad del suelo en calicatas prospectadas (cm).

Fuente: Econativa Consultores

Es importante señalar que en muchos casos fue limitante para la excavación (y profundidad del suelo) el nivel de las aguas subterráneas que, por la naturaleza geomorfológica del sector, afloraron tempranamente (sobre todo en sector salares).

b) Pendiente

La distribución de la pendiente en los suelos del área de estudio mostró una variación baja, con valores de inclinación que alcanzan como máximo un 10% (Gráfico 4-2) y un promedio de 4%, que implica una condición de suelo suavemente inclinado según la Pauta para Estudio de Suelos del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG, 2011).

Al considerar toda la información la variabilidad aumenta, alcanzando un promedio de $6,5 \pm 7,3\%$ (CV 113%), estas tres estaciones figuran en suelos ligeramente escarpados, lo que se torna un factor limitante al clasificarlos en categoría de usos.

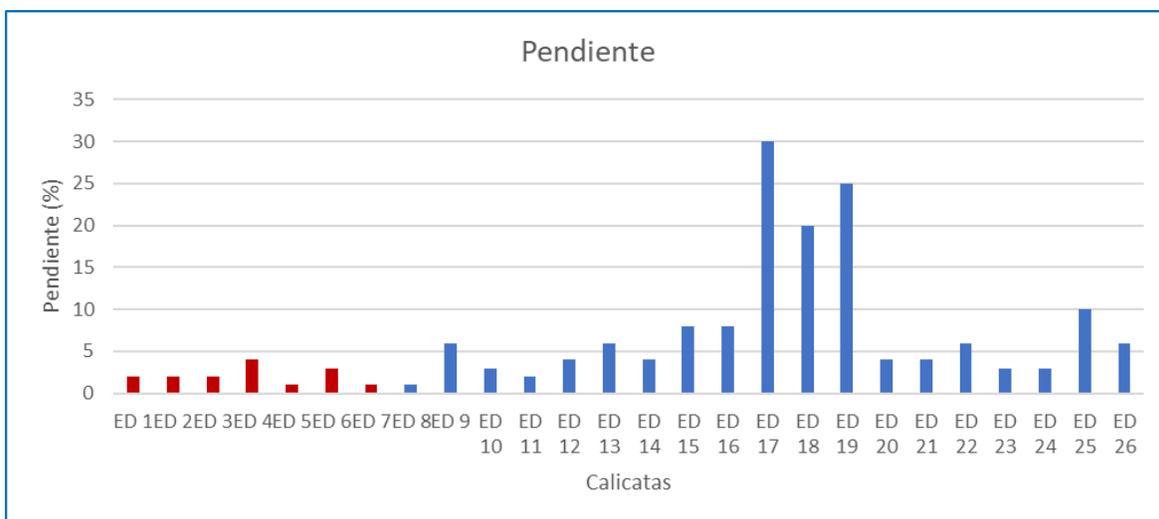


Gráfico 4-2. Pendiente del suelo en calicatas (%).

Fuente: Econativa Consultores

c) Pedregosidad superficial

En general, el área de estudio exhibe suelos con nula o baja pedregosidad superficial, pudiendo observarse mayor frecuencia de suelos de clase P1 (Gráfico 4-3), es decir, sin pedregosidad (considera 0 a <5% de piedras y 0 a <10% de gravas).

Llama la atención la frecuencia Clase P3 (pedregosidad moderada; 15 a <35% de piedras y 20 a <40% de gravas), que es mayor que P2, con 6 casos que se concentran en la zona de quebradas Pastos Largos, Río Negro y Las Tinajas, en tanto que las clases P4 y P5 (pedregosidad abundante y muy abundante, respectivamente) fueron detectadas en Río La Ola y quebrada Asiento.

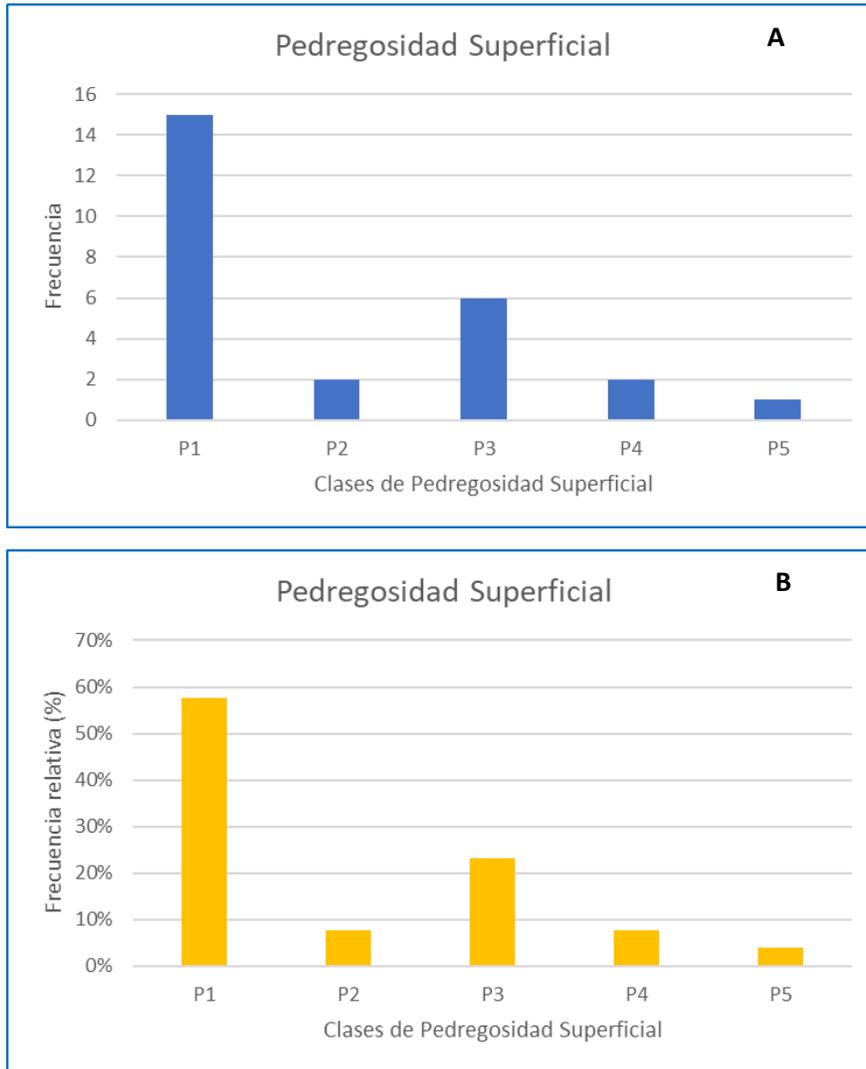


Gráfico 4-3. Frecuencia de clases de Pedregosidad superficial del suelo en calicatas prospectadas (A Frecuencia – B Frecuencia relativa (%)).

Fuente: Econativa Consultores

Clases de pedregosidad superficial P1: Sin, P2: Ligera, P3: Moderada, P4: Abundante, P5: Muy abundante.

d) Drenaje

El drenaje parece ser el factor más limitante de los suelos en el área de monitoreo, los datos dan cuenta de una mayor frecuencia de suelos con problemas de este tipo, alcanzando las tres primeras categorías de clasificación (W1: Muy pobremente drenado, W2: Pobremente drenado, W3: Drenaje imperfecto) algo más de un 92% de la frecuencia registrada (Gráfico 4-4). Casos con baja o sin limitantes de este tipo, se registraron hacia el poniente del área de estudio, en ED09 (quebrada Asiento) y ED26 (quebrada El Colorado).

En este caso, más que por una condición textural o estructural del suelo, la velocidad a la que el agua se mueve a través del perfil depende más bien del régimen hídrico de permanente alimentación a través del acuífero que se asocia a conformaciones de humedal altoandino del área de estudio.

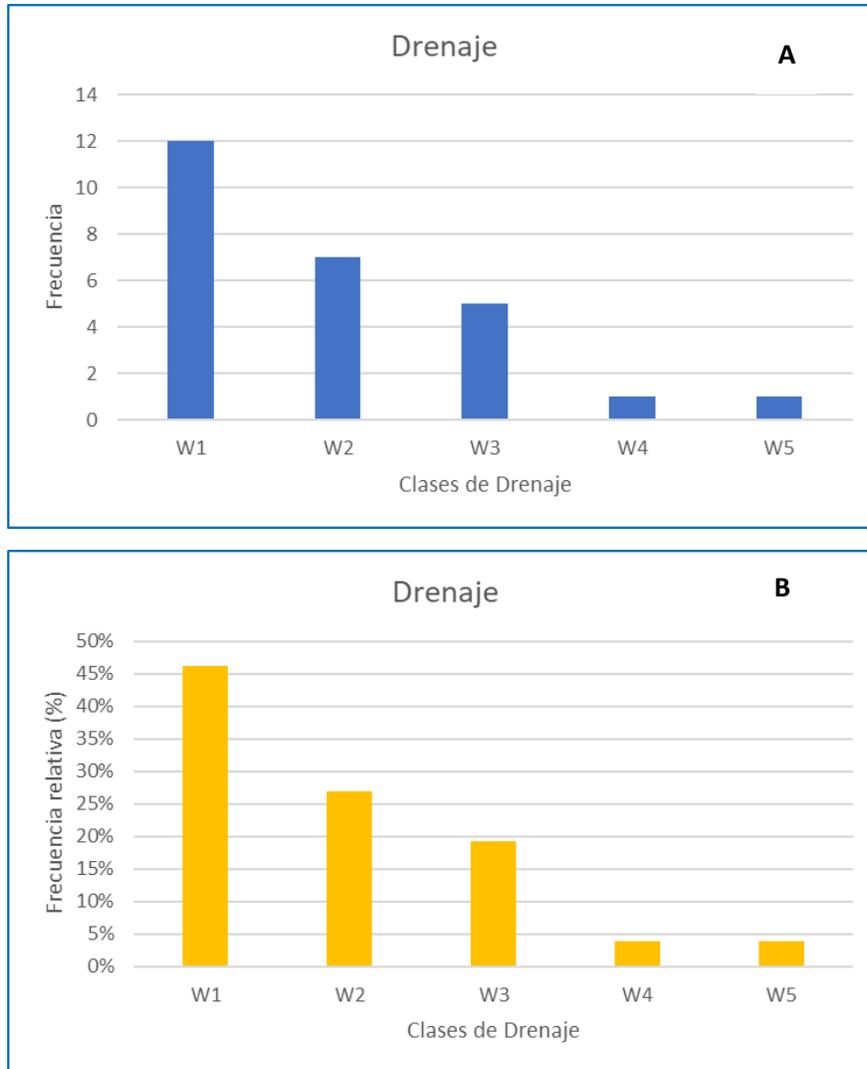


Gráfico 4-4. Frecuencia de clases de Drenaje del suelo en calcatas prospectadas (A Frecuencia – B Frecuencia relativa (%)).

Fuente: Econativa Consultores

Clase de drenaje W1: Muy pobremente drenado, W2: Pobremente drenado, W3: Drenaje imperfecto, W4: Drenaje moderado W5: Bien drenado.

e) Textura

La prospección en terreno da cuenta de suelos de textura principalmente arenosa con algunas variables hacia el suelo franco y en menor medida hacia la fracción limosa (Gráfico 4-5). Las mayores proporciones están en suelos arenosos y arenoso-francoso (>30%), en tanto que el resto se distribuye entre lo arenoso y lo franco. Texturas más finas se observan asociado a las calicatas excavadas en Salar de Pedernales y Salar La Laguna (limo principalmente, con alguna presencia de arcilla). La ocurrencia de materia orgánica que se agrega desde el bofedal presente en esta área de estudio genera características estructurales que es posible que se interpreten como suelo franco.

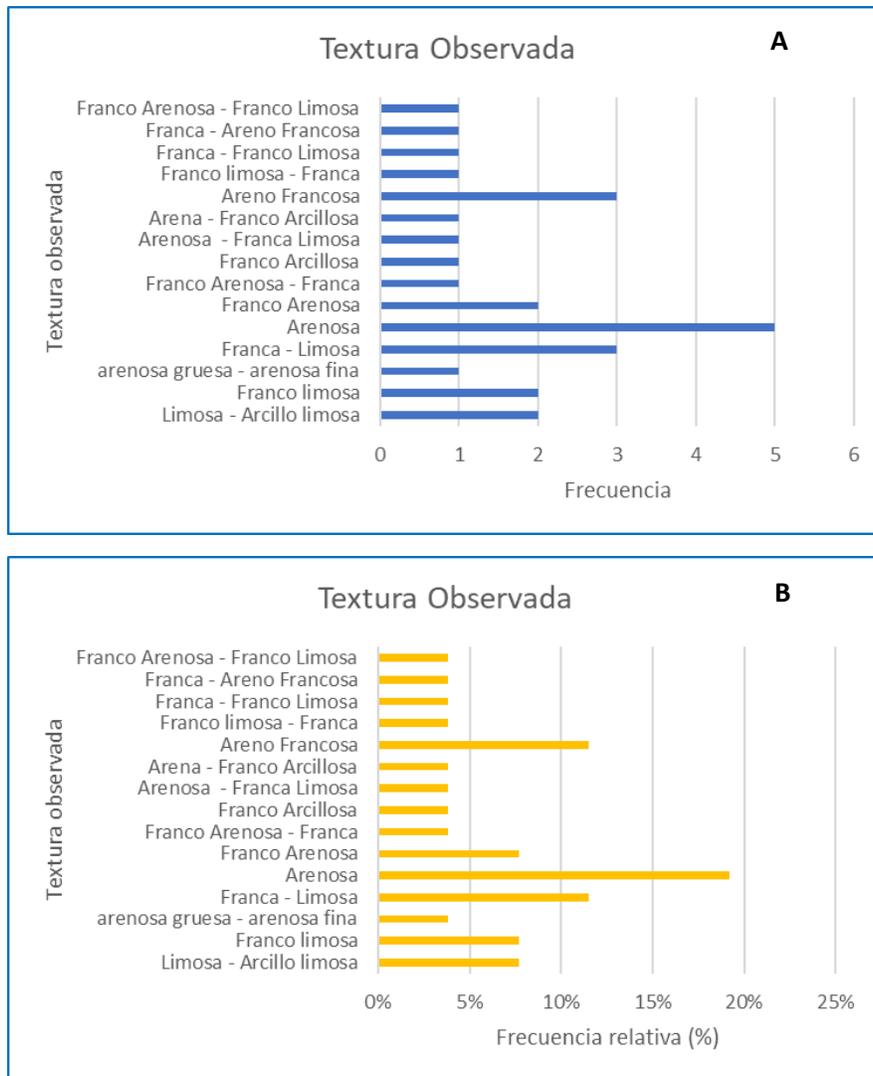


Gráfico 4-5. Frecuencia de la Textura observada del suelo en calicatas prospectadas (A Frecuencia – B Frecuencia relativa (%)).

Fuente: Econativa Consultores

f) Pedregosidad subsuperficial

En la práctica los suelos en estudio no presentaron pedregosidad subsuperficial (Gráfico 4-5), característica que no los limita en su clase de uso, la mayor parte de las calicatas mostraron clase DP1, es decir, sin pedregosidad bajo la superficie (18 casos, ~70%).

Las calicatas en las que se detectó esta condición (ED06, ED09, ED10, ED14, ED15 y ED18), en su mayoría, no tienen relación espacial entre sí, por lo que tal característica es propia del desarrollo del suelo *in situ*, esto es, los procesos de pedogénesis incluyeron este material desde su origen.

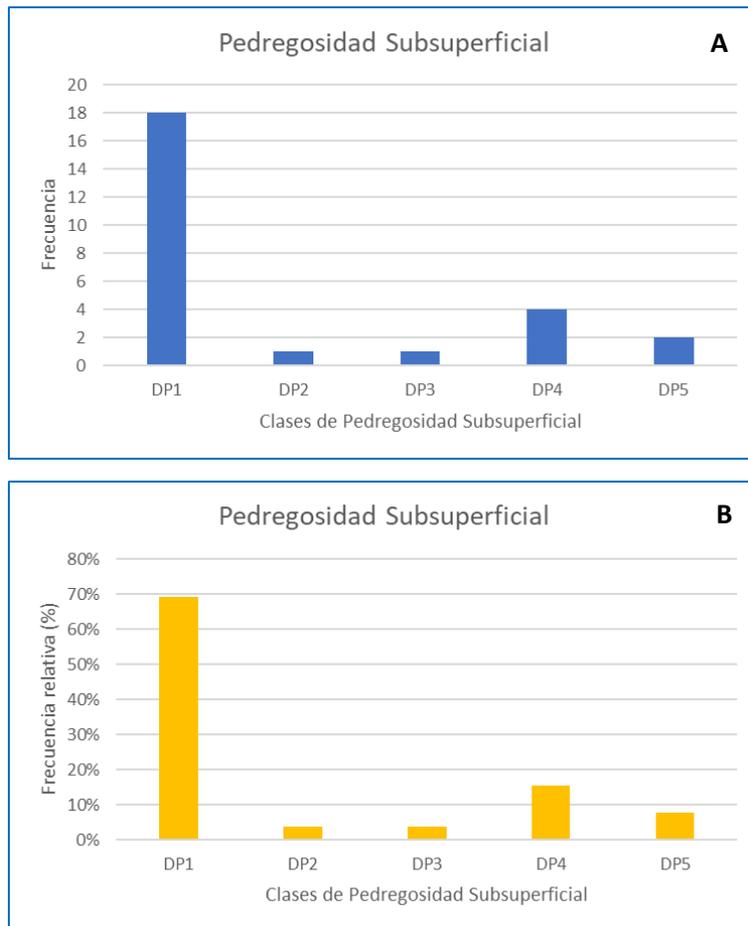


Gráfico 4-6. Frecuencia de clases Pedregosidad subsuperficial del suelo en calicatas prospectadas (A Frecuencia – B Frecuencia relativa (%)).

Fuente: Econativa Consultores

Clases de pedregosidad subsuperficial DP1: Sin, DP2: Ligera, DP3: Moderada, DP4: Abundante, DP5: Muy abundante.

g) Erosión

Como muestra el Gráfico 4-7, los procesos erosivos se evidenciaron solamente en algunos de los puntos de observación, donde se detectó solamente un caso de erosión severa, en el punto de observación en el sector Quebrada Asiento (ED09), mientras que una erosión moderada se registró en las calicatas ED10, ED20, ED22 y ED26, asociado a la Quebradas Asiento (ED10), Tordillos, Vertiente 2 y El Colorado.

El resto de las calicatas, con un 80,8%, mostró signos no aparentes de erosión, o de erosión ligera.

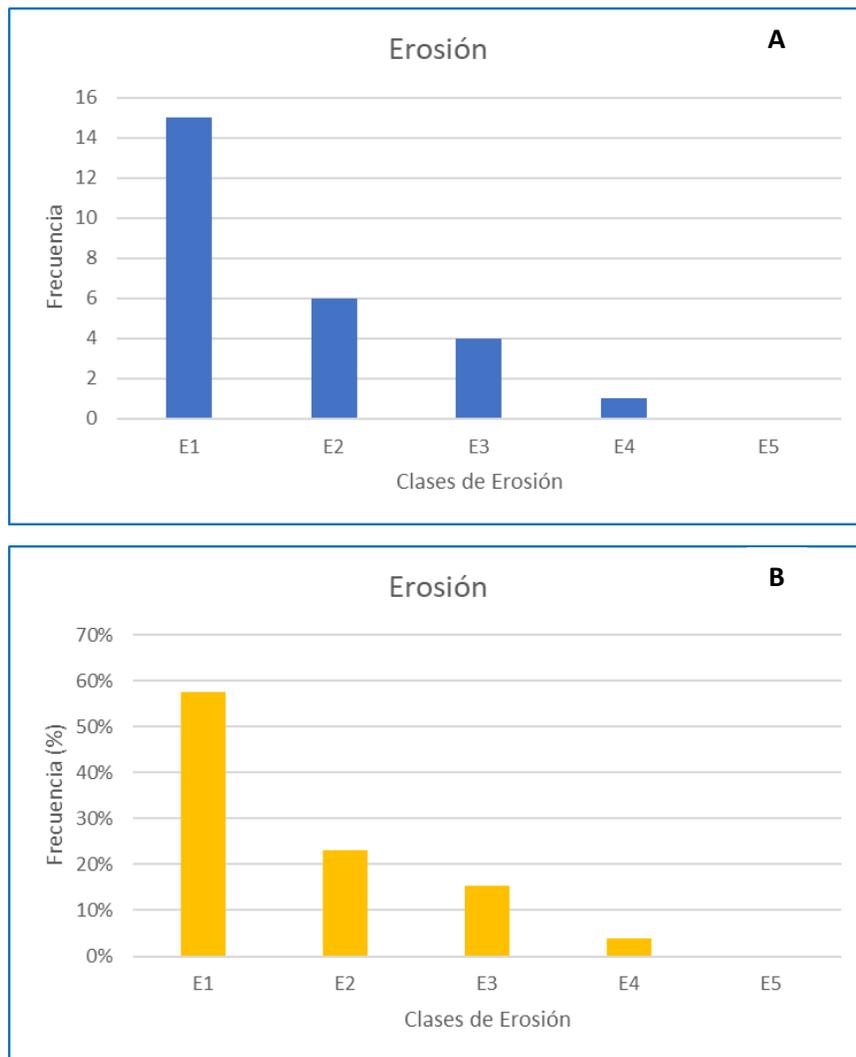


Gráfico 4-7. Frecuencia de clases de Erosión del suelo en calicatas prospectadas (A Frecuencia – B Frecuencia relativa (%)).

Fuente: Econativa Consultores

Clases de Erosión, E1: No aparente, E2: Ligera, E3: Moderada, E4: Severa, E5: Muy severa.

h) Inundación

Las clases de inundación presenta tres categorías, todas ellas presentes en el área de estudio (Gráfico 4-8). Suelos con ninguna inundación (I1) y con inundación muy frecuente (I3), reúnen el 88,5% de los casos (46,2% y 42,3%, respectivamente).

Esta situación se asocia al bofedal y humedal altoandino que presente en el área de estudio y se relaciona también con la dificultad de drenaje que estos suelos muestran.

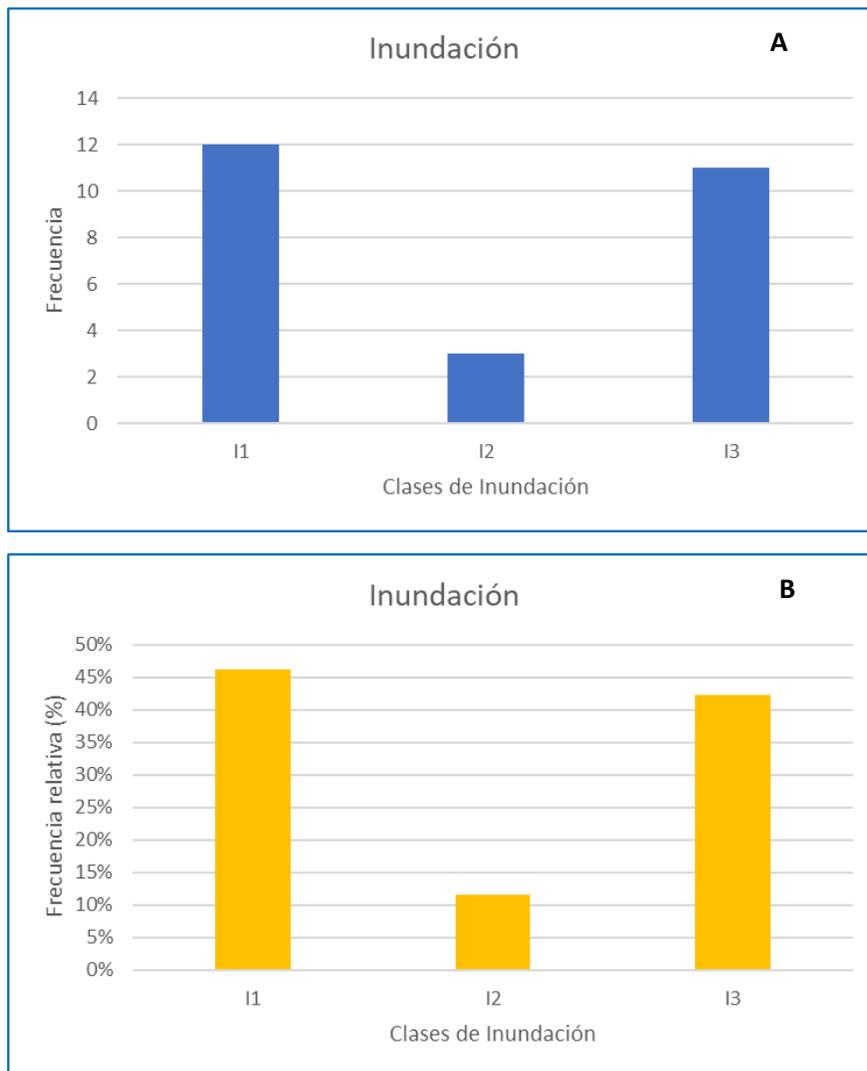


Gráfico 4-8. Frecuencias de clases de Inundación del suelo en calicatas prospectadas (A Frecuencia – B Frecuencia relativa (%)).

Fuente: Econativa Consultores

Clase de inundación I1: Ninguna, I2: Frecuente, I3: Muy frecuente

i) Materia orgánica

En terreno se observó materia orgánica de manera ocasional con solamente la presencia de esta en 7 calicatas (Anexo I. Fichas de terreno y fotografía del perfil.).

4.1.3. Análisis de Laboratorio

Por otra parte, los resultados de los análisis de laboratorio fueron compilados y resumidos en la Tabla 4-2. Se hace un análisis de los parámetros del suelo relevantes para este estudio.

Tabla 4-2. Resumen de análisis de muestras de suelo en laboratorio para calicatas prospectadas

Calicata	Clase Textural	Humedad aprovechable (%)	Densidad Aparente (gr/cc)	pH (en Extracto)	C.Eléctrica (en extracto)	RAS (Relación Adsorción de Sodio)
ED 1	Fco.Arenosa	13,2	1,3	7,2	47,3	46,0
ED 2	Franca	30,6	1,13	7,4	58,1	66,0
ED 3	Fco.Arenosa	6,2	1,46	7,0	6,2	6,0
ED 4	Franca	32,1	0,97	7,5	15,5	15,0
ED 5	Arenosa Fca.	3,7	1,68	7,4	15,2	22,0
ED 5.9	Fco.Arenosa	3,8	1,57	7,5	11,6	15,0
ED 6	Arenosa Fca.	3,0	1,79	7,9	4,7	19,0
ED 7	Arenosa Fca.	5,9	1,38	7,5	5,5	18,0
ED 8	Fco.Arenosa	19,5	0,79	4,3	15,5	15,0
ED 9	Fco.Arc.Arenosa	7,6	1,75	7,4	12,1	7,8
ED 10	Arenosa Fca.	3,3	1,68	7,2	1,1	1,4
ED 11	Fco.Arenosa	5,8	1,39	6,7	4,6	2,4
ED 12	Franca	11,2	0,92	6,6	3,4	1,2
ED 13	Fco.Arenosa	6,2	1,37	6,8	0,6	1,8
ED 14	Fco.Arenosa	11,0	1,35	6,6	1,0	2,0
ED 15	Fco.Arenosa	18,4	0,65	5,0	4,3	2,6
ED 16	Arenosa	1,1	1,57	7,6	1,5	8,4
ED 17	Fco.Arenosa	10,6	1,26	7,0	6,5	4,8
ED 18	Fco.Arc.Arenosa	12,8	1,12	6,2	4,9	3,7
ED 19	Fco.Arc.Arenosa	20,7	0,78	7,0	5,2	4,8
ED 20	Fco.Arenosa	15,8	0,64	3,8	5,4	2,8

Calicata	Clase Textural	Humedad aprovechable (%)	Densidad Aparente (gr/cc)	pH (en Extracto)	C.Eléctrica (en extracto)	RAS (Relación Adsorción de Sodio)
ED 21	Fco.Arenosa	6,5	1,66	7,4	1,7	5,9
ED 22	Arenosa Fca.	3,5	1,75	7,5	1,1	3,2
ED 23	Fco.Arenosa	6,1	1,48	6,4	1,7	1,4
ED 24	Franca	11,7	1,28	6,7	13,0	7,1
ED 25	Franca	46,1	0,48	4,8	4,6	1,5
ED 26	Franca	40,5	0,59	4,4	9,3	5,0

Fuente: Análisis de laboratorio Agrolab.

a) Textura

Tras el análisis de laboratorio, la totalidad de las muestras arrojaron resultados de texturas arenosas (Gráfico 4-9), la mayoría de ellas (12; 45%) cuentan con una tendencia hacia el suelo franco y el resto evidencia en mayor o menor proporción granulometrías hacia esa textura.

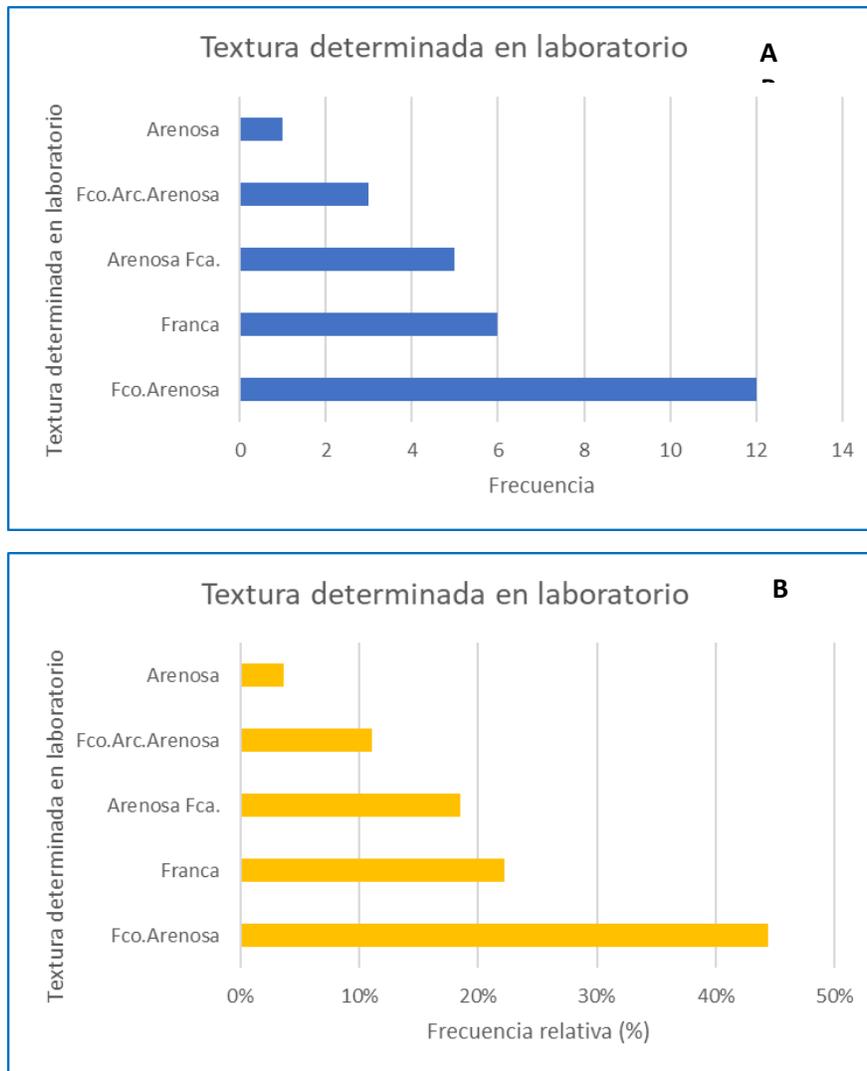


Gráfico 4-9. Distribución de la textura analizada en laboratorio en calicatas prospectadas (A Frecuencia – B Frecuencia relativa (%)).

Fuente: Análisis de laboratorio Agrolab.

b) pH

El pH del suelo en el área de estudio exhibió una baja variabilidad, con un promedio general que alcanzó $6,7 \pm 1,1$ unidades (CV 17,2%), y con un rango en el que se mueven los valores, que oscila entre 7,9 y 3,8 unidades (Gráfico 4-10).

En general se trata de valores habituales, aproximándose al pH neutro, con leve tendencia a la acidez.

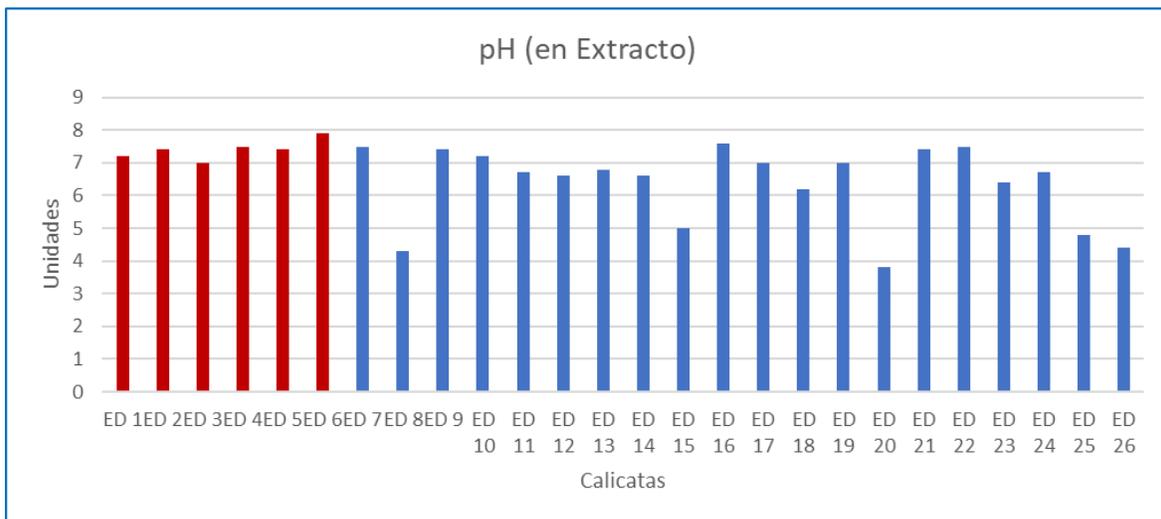


Gráfico 4-10. pH del suelo en calicatas prospectadas (Unidades).

Fuente: Análisis de laboratorio Agrolab.

c) Humedad Aprovechable

La humedad en el suelo se explica por la relación entre el porcentaje de humedad aprovechable (en base a peso) y la densidad aparente del suelo; ambos datos se presentan en la Tabla 4-2. La columna de agua (Gráfico 4-11), es finalmente la información que se evalúa como factor limitante de la capacidad de uso de los suelos.

Como puede observarse, los valores en el área de estudio son altamente variables (\bar{x} 12,7 \pm 7,7 cm, CV 60,7). En Salar Pedernales (ED02) y Salar la Laguna (ED04) se detecta el mejor desempeño (ambos de textura franca), es decir, el suelo puede contener mayor humedad. En contraste a esta condición, en la quebrada Río Negro se observó el valor más bajo.

En este comportamiento la textura y la estructura del suelo son altamente influyentes y estos valores pueden ser modificados sobre todo si se modifica la segunda de estas variables (la contribución de materia orgánica es gravitante en la estructura del suelo, que influye en su estructura y finalmente en su densidad aparente, por la mayor microporosidad que esta aporta).

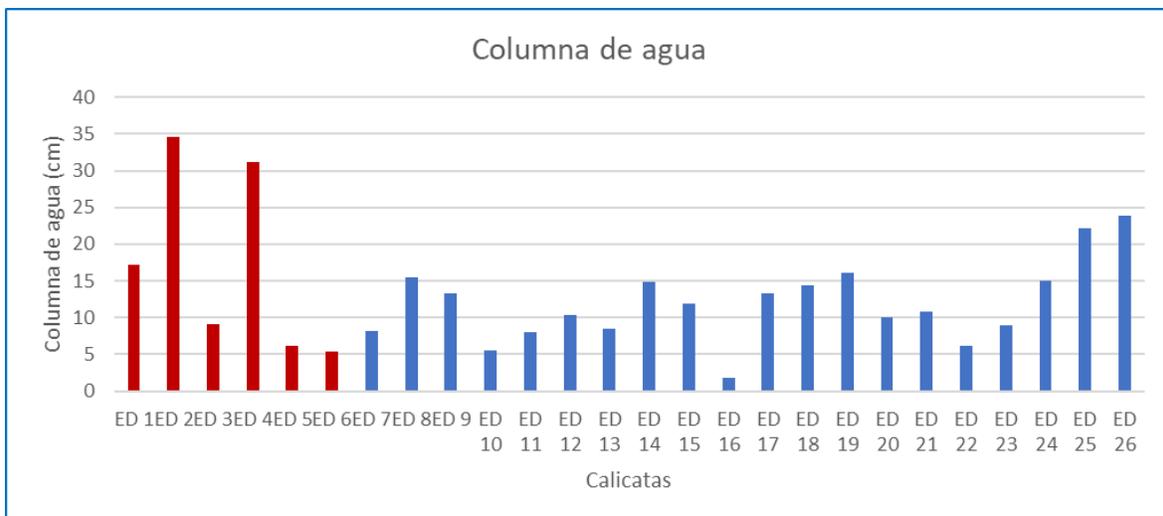


Gráfico 4-11. Columna de agua en el suelo en calicatas prospectadas (cm).

Fuente: Análisis de laboratorio Agrolab.

d) Conductibilidad Eléctrica

Este indicador da cuenta de la facilidad para conducir un impulso eléctrico a través del suelo (en extracto) lo que se relaciona con su contenido de sales, es decir, a mayor contenido de sales en la solución mayor es la capacidad de transmitir dicha corriente. Se tiene entonces que los valores de conductividad eléctrica son proporcionales al contenido de sales de un suelo.

En el área de estudio, los valores de este parámetro evidencian una alta variabilidad (Gráfico 4-12), sobre todo por los aportes de ED01 y ED02 (Salar de Pedernales) que presentan cifras en un orden de magnitud más alto que la mayor parte de los otros registros; el promedio alcanza $9,6 \pm 13,6$ dS/m (CV 141,3%), y sin considerar estos registros, el promedio es de $5,9 \pm 4,8$ dS/m (CV 82,5%). Cabe mencionar que se considera que la salinidad aporta problemas para un suelo a contar de los 2 dS/m, y califica como salino desde 4 dS/m.

Los suelos que no exhibieron problemas de salinidad se encuentran en el sector de quebradas y corresponden a quebradas Asiento, Pastos Largos, Río Negro, Vertientes 2 y Leoncito. En el resto de las calicatas fue detectado un nivel salino que se torna limitante en su clasificación de uso (desde ligeramente salino a extremadamente salino), condición que es ajusta a la naturaleza del sitio.

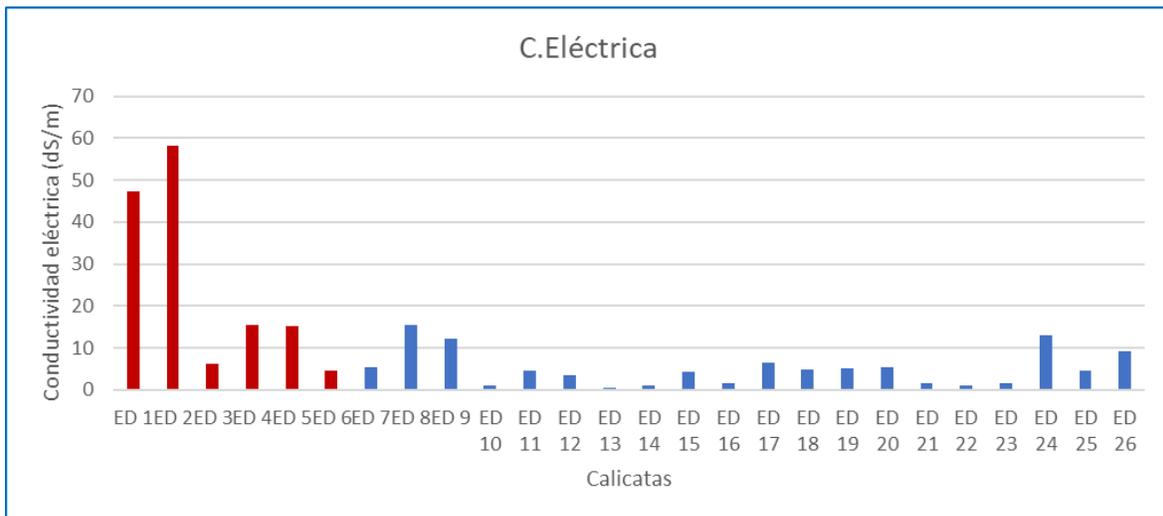


Gráfico 4-12. Conductividad eléctrica del suelo en calicatas prospectadas (dS/m).

Fuente: Análisis de laboratorio Agrolab.

e) Relación de Adsorción de Sodio (RAS)

Este indicador se basa en un cálculo a partir de las concentraciones de sodio, magnesio y calcio que estima la tendencia del agua de propiciar la compactación y apelmazamiento del suelo. Se asocia a suelos salinos, y, en el área de estudio, sobre todo en el sector de salares (Salar de Pedernales), fue posible observar los registros más altos (Gráfico 4-1).

Asimismo, en toda el área de estudio los valores fluctuaron entre 10 y 15, límites desde donde se presentan problemas severos para el suelo.

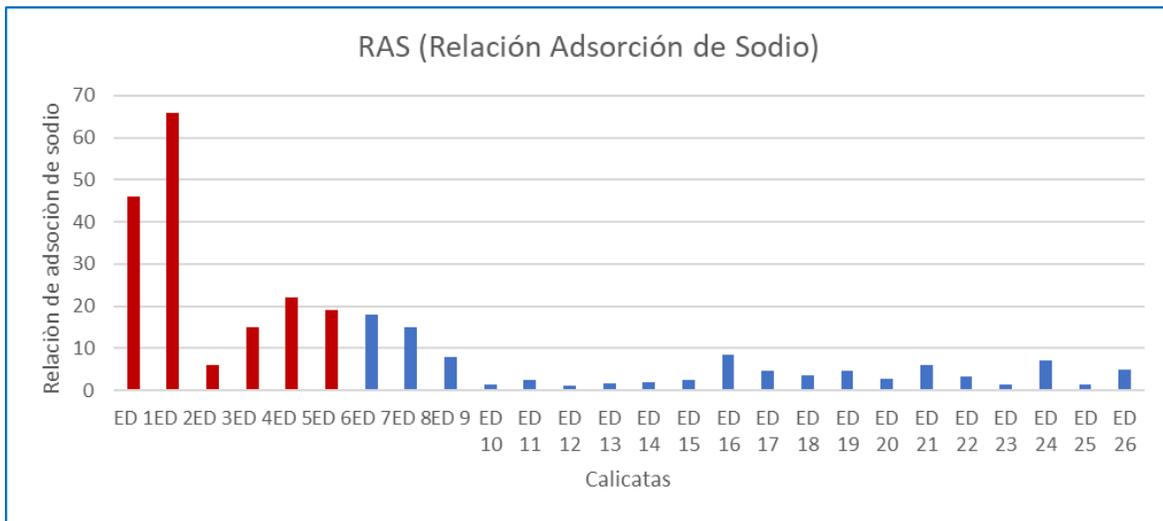


Gráfico 4-13. Relación de adsorción de sodio en suelo en calicatas prospectadas.

Fuente: Análisis de laboratorio Agrolab.

f) Cationes Solubles y CIC

En la Tabla 4-3 se presentan los cationes solubles obtenida a partir de las muestras de suelo en cada calicata. Adicionalmente se analizaron los aportes de cationes solubles en cada calicata obteniéndose la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) de cada suelo a partir de ellos, lo que permite conocer la potencialidad del suelo de exponer cargas negativas que retienen nutrientes (catiónicos), además de conocer las proporciones de saturación de bases, sabiendo que catión predomina en cada muestra.

Un suelo con bajo CIC indica baja habilidad de retener nutrientes, arenoso o pobre en materia orgánica.

Para todos los casos se muestra una dominancia del calcio, y posteriormente sodio, solamente en ED 26 se verificó un mayor aporte del Magensio. Los valores que se observan son propios de suelos de pedogénesis incipiente según Luzio (2010).

Tabla 4-3. Cationes solubles para calicatas prospectadas

Calicata	Calcio (meq/100 gr)	Magnesio (meq/100 gr)	Potasio (meq/100 gr)	Sodio (meq/100 gr)	C.I.C. (meq/100 gr)
ED 1	4,562	3,923	1,638	26,385	36,508
ED 2	8,239	0,389	2,035	40,973	51,637
ED 3	2,055	0,349	0,144	1,712	4,260
ED 4	5,474	1,412	0,309	9,186	16,381
ED 5	1,994	0,605	0,306	4,459	7,363
ED 6	0,223	0,168	0,084	1,961	2,436
ED 7	0,667	0,225	0,109	3,174	4,174
ED 8	4,152	4,380	0,291	11,139	19,962
ED 9	2,160	1,480	0,720	2,531	6,891
ED 10	0,375	0,071	0,014	0,167	0,627
ED 11	1,511	1,094	0,036	0,741	3,381
ED 12	2,196	1,054	0,035	0,500	3,785
ED 13	0,182	0,051	0,015	0,168	0,417
ED 14	0,311	0,104	0,051	0,252	0,718
ED 15	3,385	1,431	0,246	1,600	6,662
ED 16	0,146	0,045	0,041	0,656	0,889
ED 17	2,143	1,183	0,067	1,754	5,147
ED 18	1,964	1,054	0,062	1,357	4,437
ED 19	3,141	0,949	0,179	2,449	6,718

Calicata	Calcio (meq/100 gr)	Magnesio (meq/100 gr)	Potasio (meq/100 gr)	Sodio (meq/100 gr)	C.I.C. (meq/100 gr)
ED 20	3,766	2,531	0,281	1,953	8,531
ED 21	0,247	0,139	0,016	0,639	1,040
ED 22	0,217	0,114	0,007	0,309	0,647
ED 23	0,703	0,196	0,026	0,236	1,161
ED 24	3,922	2,797	0,266	3,641	10,625
ED 25	5,333	2,729	0,271	1,396	9,729
ED 26	4,627	5,814	0,627	4,712	15,780

Fuente: Análisis de laboratorio Agrolab.
CIC: Capacidad de intercambio catiónico

(i). *Calcio*

El contenido de calcio en el suelo prospectado fue variable ($2,45 \pm 2,1$ meq/100 gr; CV 85,8%), con registros que se movieron entre 0,15 y 8,24 meq/100 gr (Gráfico 4-14).

Se observaron altos niveles de este mineral en las estaciones asociadas al salares (ED02 y ED04), así como en ED25 y ED26 (Quebrada El Colorado), en tanto que los menores niveles se asociaron a la calicata ED16 (Quebrada Río Negro) y ED13 (Quebrada Pastos Largos), con 0,15 y 0,18 meq/100 gr, respectivamente.

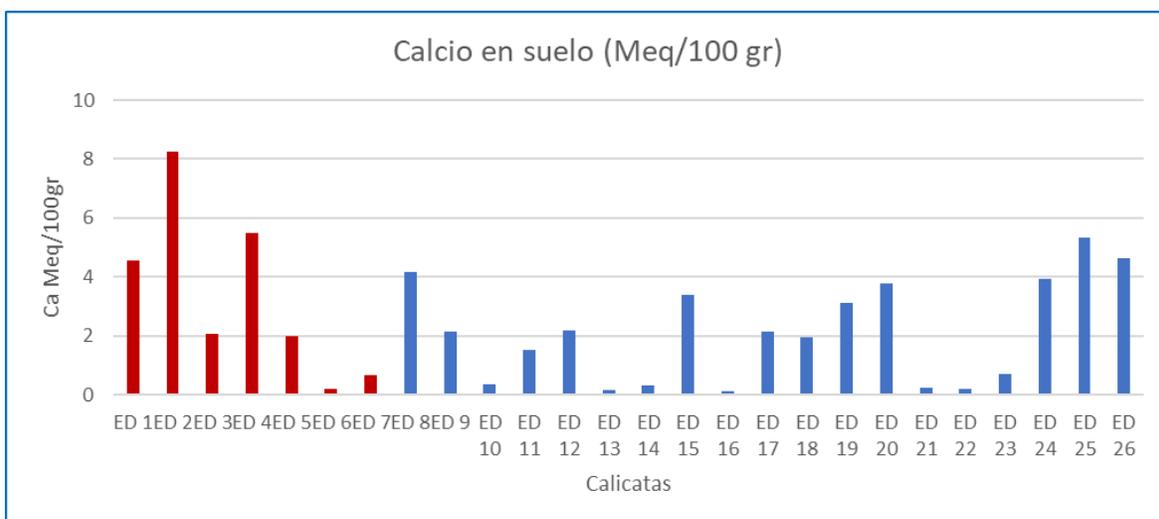


Gráfico 4-14. Contenido de calcio en suelo en calicatas prospectadas.

Fuente: Análisis de laboratorio Agrolab.

(ii). *Magnesio*

El magnesio fluctuó desde su nivel mínimo en ED16 (Quebrada Río Negro), con 0,05 meq/100 gr a un máximo de 5,81 meq/100 gr, en ED26 (Quebrada El Colorado). En promedio, las calicatas prospectadas alcanzaron $1,37 \pm 1,53$ meq/100 gr, mostrando a la vez una alta variabilidad (CV 111,4 %).

En términos de distribución, es posible verificar altos valores de este elemento en ED24, ED25 y ED26 (Gráfico 4-15), zona que corresponde a Quebradas Leoncito y El Colorado. Asimismo se detectó en ED1 (Salar Pedernales) un alto nivel.

Por su parte, se valores bajos (< 1 meq/100 gr) fueron observados en 13 calicatas, repartidas en zonas de quebradas.

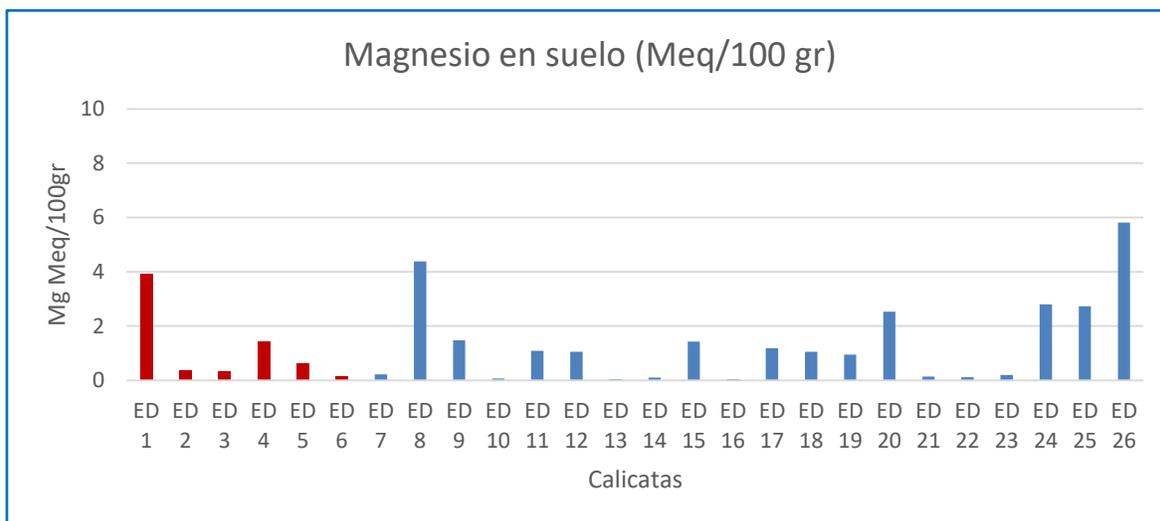


Gráfico 4-15. Contenido de magnesio en suelo en calicatas prospectadas.

Fuente: Análisis de laboratorio Agrolab.

(iii). *Potasio*

La distribución del potasio también evidenció una alta variabilidad, con resultados que se movilizan en 3 órdenes de magnitud. El menor registro se obtuvo en Quebrada Vertientes (ED22), con 0,007 meq/100 gr, mientras que el mayor des estos se detectó en Salar de Pedernales (ED2), con un valor de 2,035 meq/100 gr.

Como se puede observar en el Gráfico 4-16, los mayores niveles de este elemento se asocian a salares (ED1 y D2, principalmente), destacando también ED9 (Quebrada el asiento) y ED24 (Quebrada Leoncito).

Los niveles mas bajos estuvieron asociados a estaciones principalmente ubicadas en quebradas (ED22, ED10, ED 13, ED 21, ED 23, ED 11 y ED 12).

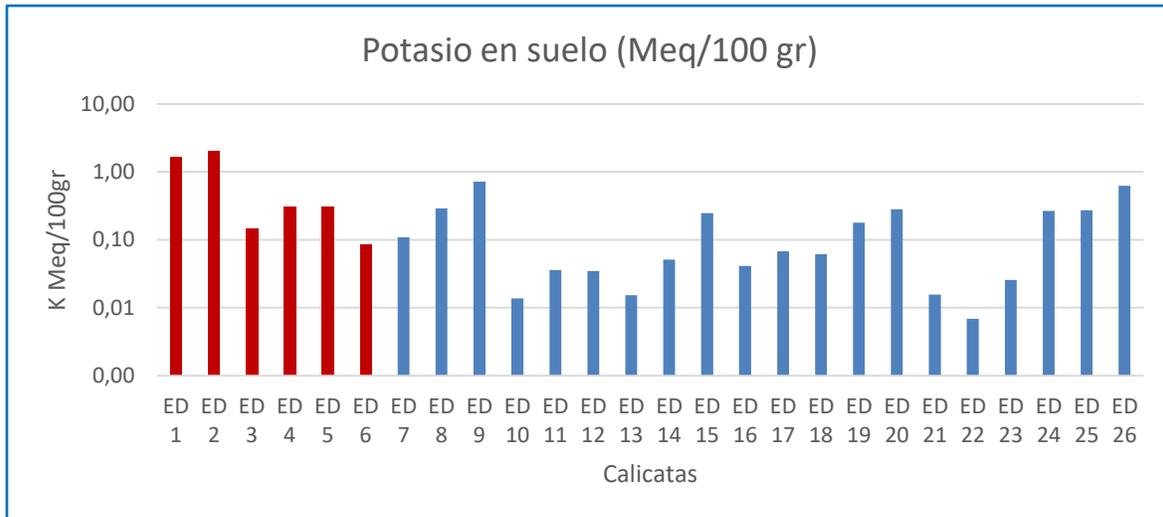


Gráfico 4-16. Contenido de potasio en suelo en calicatas prospectadas.

Fuente: Análisis de laboratorio Agrolab.

(iv). *Sodio*

El sodio, al igual que el potasio, mostró también un rango amplio de fluctuación de sus valores observados. El mayor de ellos, en ED10 (Quebrada Asiento) alcanzó 0,167 meq/100 gr, observándose en ED13 (Quebrada Pastos Largos) un registro levemente diferente (0,168 meq/100 gr). El mayor nivel se detectó en ED2 (Salar Pedernales), con un registro de 40,9 meq/100 gr. Con esto, el nivel medio de sodio alcanza $4,96 \pm 9,29$ meq/100 gr (CV 187%).

Si bien se presentan valores altos de este elemento en todas las calicatas analizadas, la distribución del sodio se concentra en sectores de salar al igual que en algunas quebradas (ED8, ED24, ED25 y ED26).

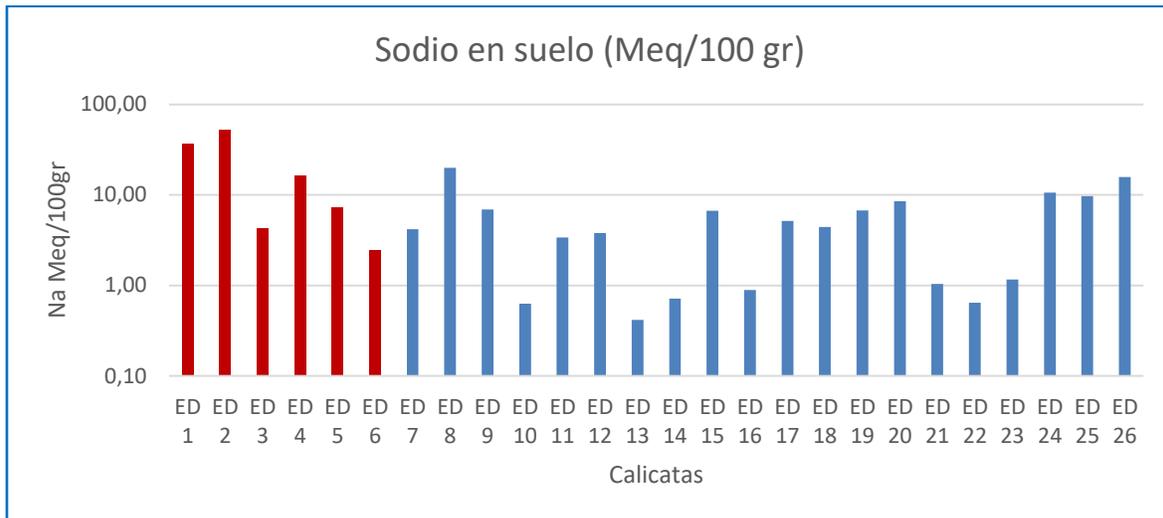


Gráfico 4-17. Contenido de sodio en suelo en calicatas prospectadas.

Fuente: Análisis de laboratorio Agrolab.

(v). *Capacidad de intercambio catiónico (CIC)*

Al igual que los cationes presentados, la CIC evidenció una alta variabilidad, el promedio alcanzó $917 \pm 11,91$ meq/100 gr (CV 130%) y el rango de fluctuación de los valores muestra una amplitud en 3 órdenes de magnitud, con un mínimo de 0,42 meq/100 gr en ED13 (Quebrada Pastos Largos) y un máximo nivel, en ED2 (Salar Pedernales), de 51,64 meq/100 gr.

La distribución (Gráfico 4-18) de cuenta de una predominancia de valores bajos y medios de la capacidad de intercambio catiónico (<10 y < 1 meq/100 gr) y niveles altos en Salar de Pedernales (ED2) y Quebrada Leoncito (ED26).

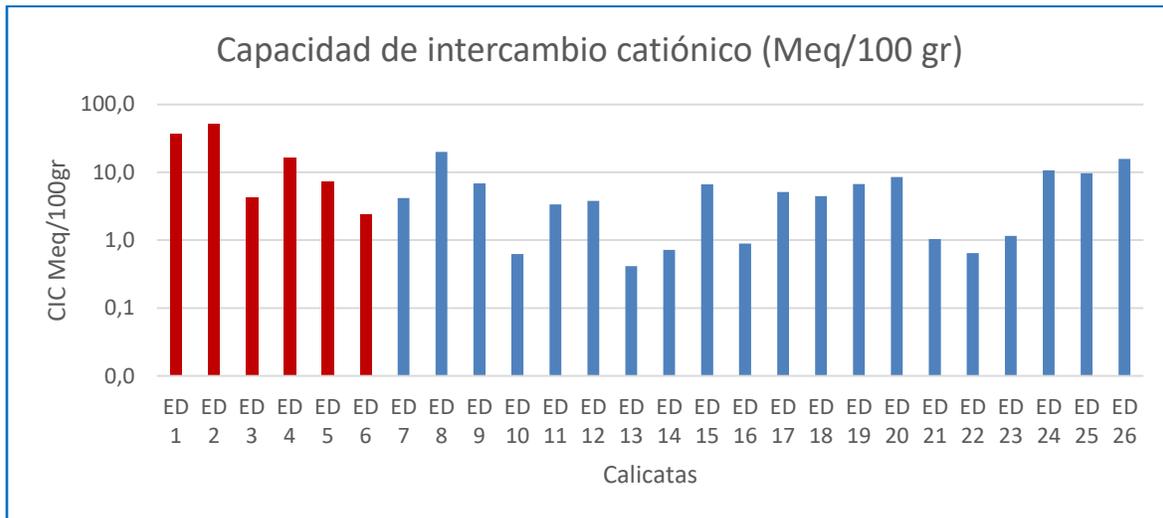


Gráfico 4-18. Contenido de calcio en suelo en calicatas prospectadas.

Fuente: Análisis de laboratorio Agrolab.

4.1.4. Unidades homogéneas de suelo

El análisis de componentes principales (ACP) da cuenta de tres grupos de calicatas que se asocian mediante diferentes resultados (Figura 4-1).

El primero de ellos corresponde al grupo conformado por ED2, ED1 y ED4, vinculado por las variables RAS, conductividad eléctrica y CIC. Por su parte, ED4, muestra una tendencia compartida entre el primer grupo, así como también al segundo de ellos que se asocia principalmente por profundidad y humedad y humedad aprovechable junto con ED8, ED26, ED25, ED19, ED18, ED12, ED15 y ED20.

El tercer grupo lo conforman las calicatas restantes (ED5, ED6, ED9, ED7, ED24, ED16, ED22, ED21, ED3, ED10, ED13, ED17, ED11, ED23 y ED14), con asociaciones claras respecto de Ph y densidad aparente entre ED5, ED6, ED9 y ED7, y en menor medida el resto de las calicatas.

Esta forma de asociación permite distinguir unidades homogéneas de suelo, las que se presentan en la Figura 4-2.

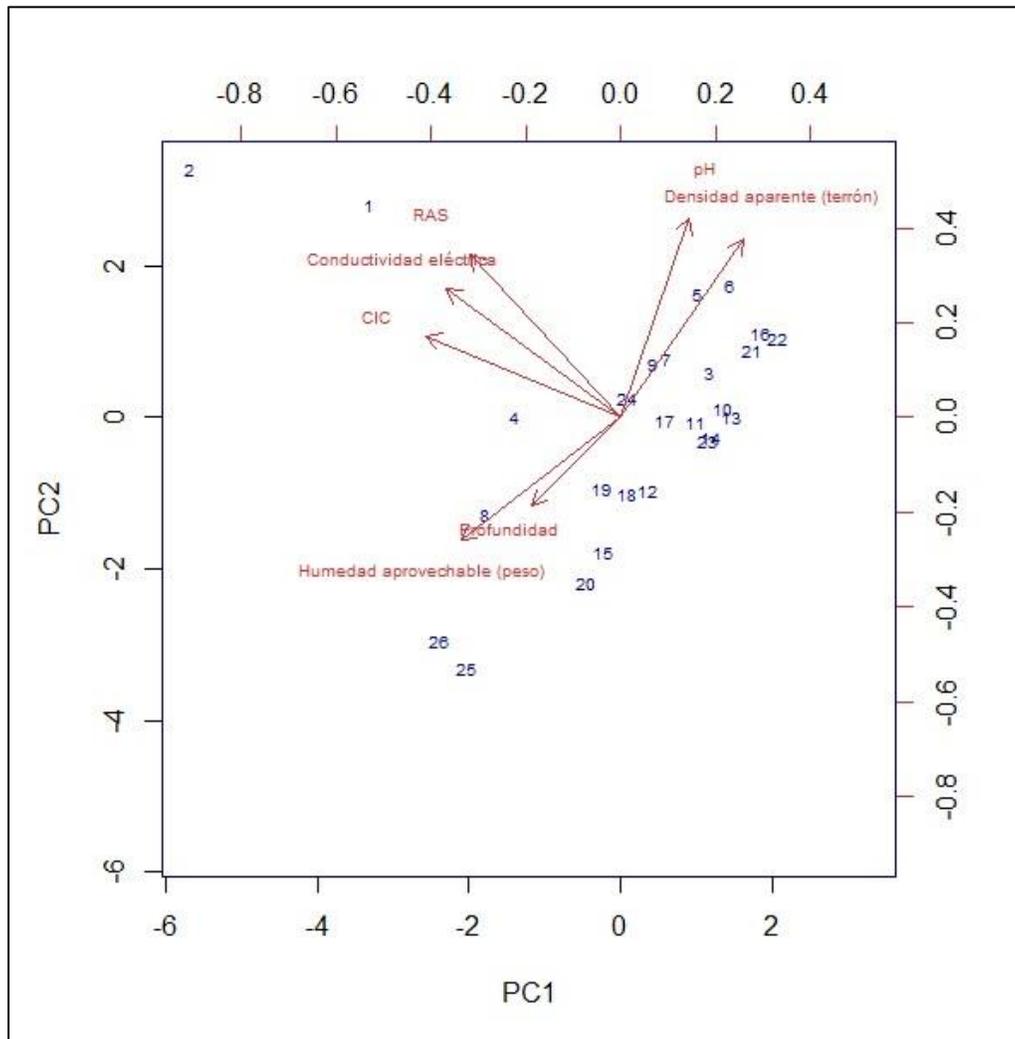


Figura 4-1. Análisis de Componentes Principales para calicatas prospectadas.

Fuente: Econativa Consultores

La distribución de las UHS 2 y UHS 3 se presenta principalmente asociada a quebradas, en tanto que la UHS 1 está presente en salares (Figura 4-2).

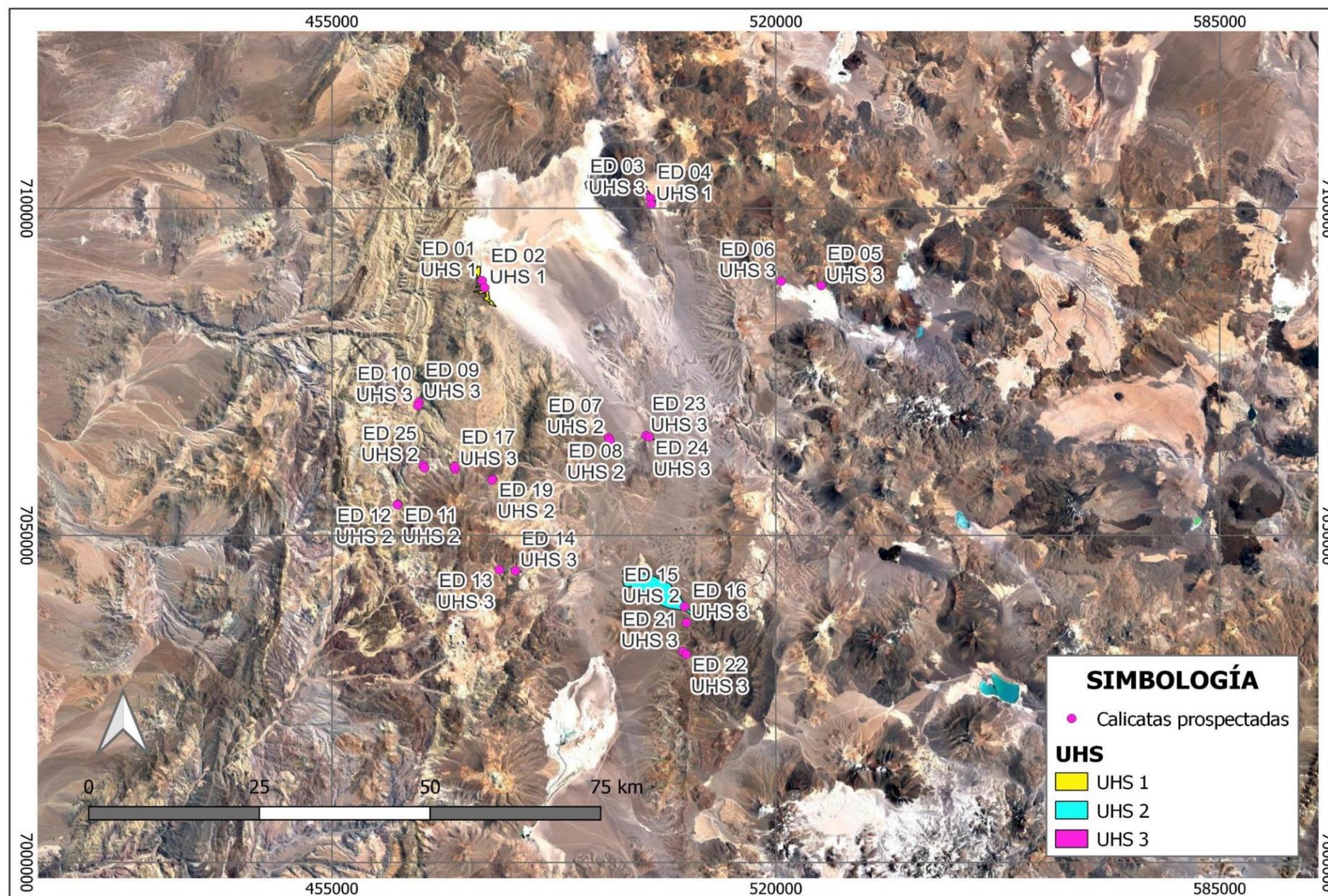


Figura 4-2. Unidades homogéneas de suelo según ACP.

Coordenadas UTM (Datum WGS84 huso 19 sur)

Fuente: Econativa Consultores

4.1.5. Análisis de Factores limitantes

Según los criterios analizados, es posible determinar la clasificación de la capacidad de uso de suelos según la Pauta para el estudio de suelos del SAG (2011).

En la Tabla 4-5, se presentan para cada calicata, el o los atributos que determinan la capacidad de uso en cada caso, es decir, aquella característica descriptiva que se torna limitante y clasifica al suelo en alguna categoría. Cabe mencionar que puede ser más de una característica la que califique la capacidad de uso de un suelo.

De este análisis, se desprende que para los suelos prospectados pueden determinarse capacidades de uso IV, V y VI. La Tabla 4-4 muestra las características de cada uno de ellos.

Tabla 4-4. Descripción de las Clases de Uso en el área de estudio

Clase de uso	Descripción	Atributos críticos
IV	<p>Terrenos que pueden presentar riesgo de erosión por pendientes, por lo que requiere prácticas de conservación en el laboreo del suelo.</p> <p>Estos suelos corresponden a la última categoría de suelos arables sin grandes riesgos de erosión con un manejo adecuado.</p> <p>Aun cuando pueden presentar otras limitaciones, poseen pendientes de hasta un 15% o bien una profundidad no superior a 40 cm.</p> <p>fuertemente inclinado o moderadamente ondulado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fuertemente inclinado o moderadamente ondulado. • Abundante pedregosidad superficial. • Delgados. • Texturas finas a muy gruesas. • Drenaje imperfecto • Moderada pedregosidad en el perfil. • Erosión moderada. • Inundaciones frecuentes. • Moderadamente sódico. • Moderadamente salino.
V	<p>Suelos inundados con presencia de especies vegetales de características de hidromórficas. Por lo general corresponden a suelos depresionales, sin cota suficiente para evacuar exceso de agua. Presentan generalmente una estrata impermeable como por ejemplo un horizonte plácico o una estrata arcillosa. Regularmente presenta una estrata superior con un alto contenido de materia orgánica (sobre 20%)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pobrementemente drenados a muy pobrementemente drenados, con inundación permanente.
VI	<p>Suelos no aptos para laboreo cuando el parámetro de restrictivo es la pendiente. Su uso normal es ganadería y forestal, salvo cuando han sido clasificado en esta categoría por condiciones de salinidad (> a 4 dS/m), situación en la cual su uso está dado por la adaptabilidad de ciertas especies a suelos salinos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Moderadamente escarpados o de lomajes. • Abundante pedregosidad superficial. • Profundos a delgados. • Texturas finas a muy gruesas. • Excesivamente drenado. • Abundante pedregosidad en el perfil • Erosión severa. • Fuertemente sódicos.

Clase de uso	Descripción	Atributos críticos
		<ul style="list-style-type: none">Muy salino.

Fuente: Elaboración propia en base a SAG 2011.

En el sector de salares y un par de calicatas, fuera de dicha área, se encuentran suelos limitados principalmente por su salinidad y clase de inundación, así como en el sector de quebradas se distinguen puntos donde el drenaje es crítico (ED11, ED12, ED13, ED14, ED15, ED11 y ED25).

En general, la pendiente no es un atributo característico de los suelos analizados, aunque si en ED17, ED18 y ED19, puntos donde se torna un factor crítico para clasificarlos en categoría VI, y en menor medida en ED20 y ED21, que corresponden con la clase IV.

Los suelos menos limitados, es decir, en clase de uso IV, se presentaron en ED20, ED21, ED23 y ED26 donde los atributos aparecen como críticos son variados, siendo la pendiente y capacidad de retención de humedad los más habituales.

Es importante mencionar que la geomorfología y lugar en que estos suelos se emplazan no le permiten mayormente configuraciones que los describa como arables (clases I, II, III y IV) y que los factores que los limitan son los propios de su desarrollo.

Tabla 4-5. Atributo crítico que determina la capacidad de uso del suelo en cada punto de observación edafología (calicatas)

Punto	Profundidad	Pendiente	Pedregosidad superficial	Drenaje	Textura	Humedad aprovechable	Pedregosidad SUBsuperficial	Erosión	Inundación	Conductividad Eléctrica	Relación de adsorción de sodio
ED 1	III	II	I	V	II	II	I	I	V	VI	VI
ED 2	III	II	I	V	I	I	II	I	V	VI	VI
ED 3	IV	II	III	IV	II	IV	I	I	V	III	III
ED 4	III	II	I	IV	III	I	I	I	V	VI	IV
ED 5	V	I	IV	V	V	V	II	I	V	VI	V
ED 6	IV	II	I	V	V	V	IV	I	V	III	V
ED 7	III	I	IV	IV	V	IV	I	I	I	III	V
ED 8	III	I	I	III	II	I	I	I	I	VI	IV
ED 9	I	III	IV	IV	III	IV	V	IV	I	VI	III
ED 10	I	II	VI	IV	v	V	IV	III	I	I	I
ED 11	III	II	I	V	III	IV	I	I	V	III	I
ED 12	III	II	I	V	I	III	I	I	I	II	I
ED 13	IV	III	I	V	II	IV	I	I	III	I	I
ED 14	III	II	IV	V	II	III	IV	I	I	I	I
ED 15	IV	IV	IV	V	II	I	IV	I	V	III	I
ED 16	IV	IV	IV	V	V	V	I	II	V	I	III
ED 17	III	VI	IV	IV	II	III	III	II	V	III	I
ED 18	I	VI	IV	IV	III	II	V	II	I	III	I
ED 19	III	VI	I	III	III	I	I	I	III	III	I
ED 20	IV	II	I	III	II	II	I	III	I	III	I

Punto	Profundidad	Pendiente	Pedregosidad superficial	Drenaje	Textura	Humedad aprovechable	Pedregosidad SUBsuperficial	Erosión	Inundación	Conductividad Eléctrica	Relación de adsorción de sodio
ED 21	IV	II	I	III	II	IV	I	II	I	I	III
ED 22	IV	III	I	IV	V	V	I	III	III	I	I
ED 23	III	II	I	III	II	IV	I	II	I	I	I
ED 24	III	II	I	V	I	III	I	I	V	VI	III
ED 25	I	IV	III	V	I	I	I	II	I	III	I
ED 26	I	III	I	II	I	I	I	III	I	IV	III

Fuente: Elaboración propia.

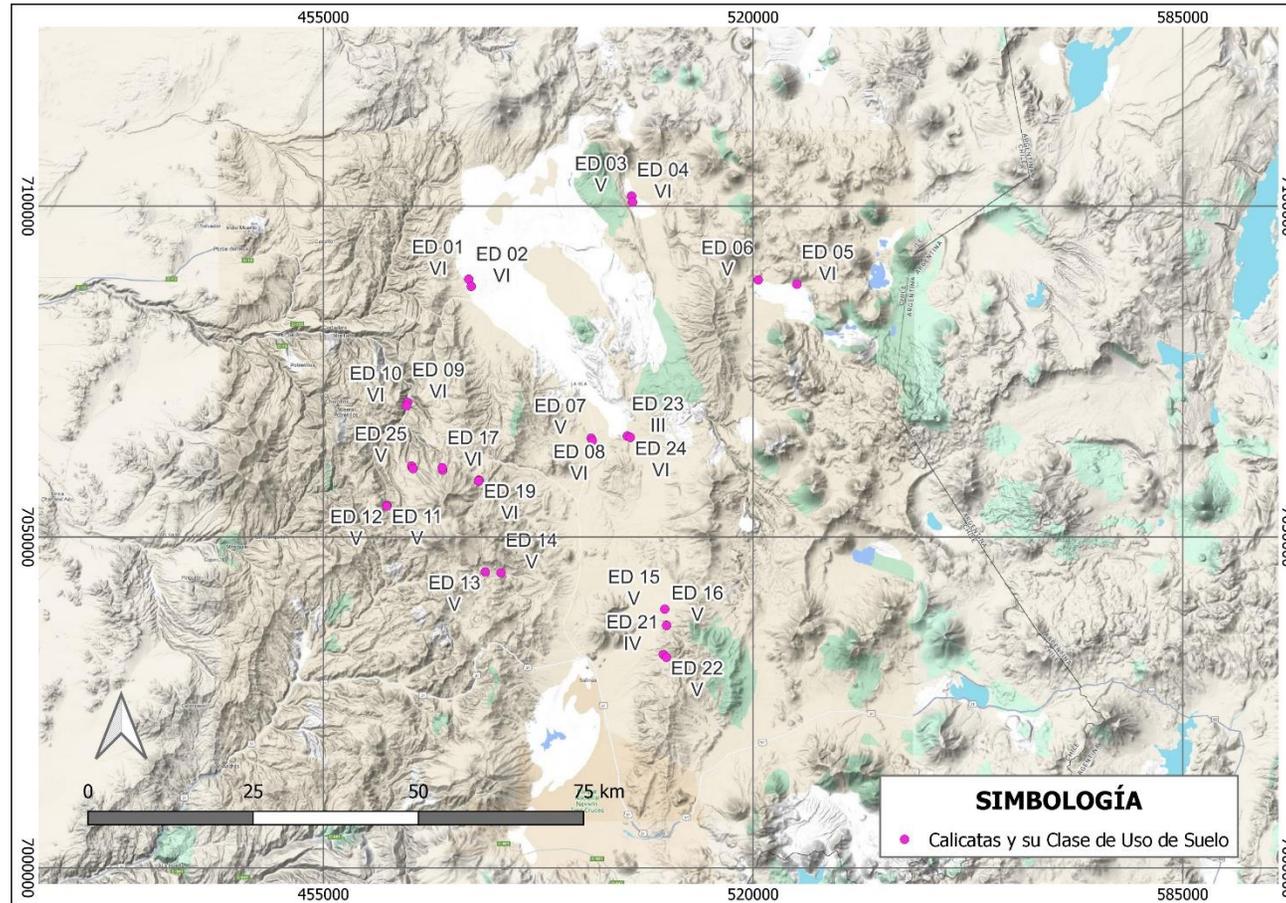


Figura 4-3. Puntos de muestreo (calicatas) y su Categoría de Uso de suelo.

Fuente: Econativa Consultores
Coordenadas UTM (Datum WGS84 huso 19 sur)

4.1.6. Análisis de Erosión

La Figura 4-4 exhibe los resultados del análisis de erosión mediante la USLE (Universal Loss Soil Equation), que considera factores ambientales y propios del suelo para estimar la erosión potencial que se puede producir.

Puede observarse que en el área de salares la pérdida de suelo anual es baja (< 1,5 ton/ha/año) y depende principalmente de la erodabilidad del suelo. Lo mismo ocurre en Río La Ola y Quebrada Leoncito y en menor medida en las Quebrada Río Negro y Vertientes 2.

Por otra parte, los sectores más propensos a la erosión se muestran en los sectores con pendientes más pronunciadas y corresponden a los sectores de Quebrada Asiento (ED09 y ED10), Quebrada Ciénaga (ED11 y ED12) y con menor intensidad en Quebrada El Colorado (ED35 y ED26).

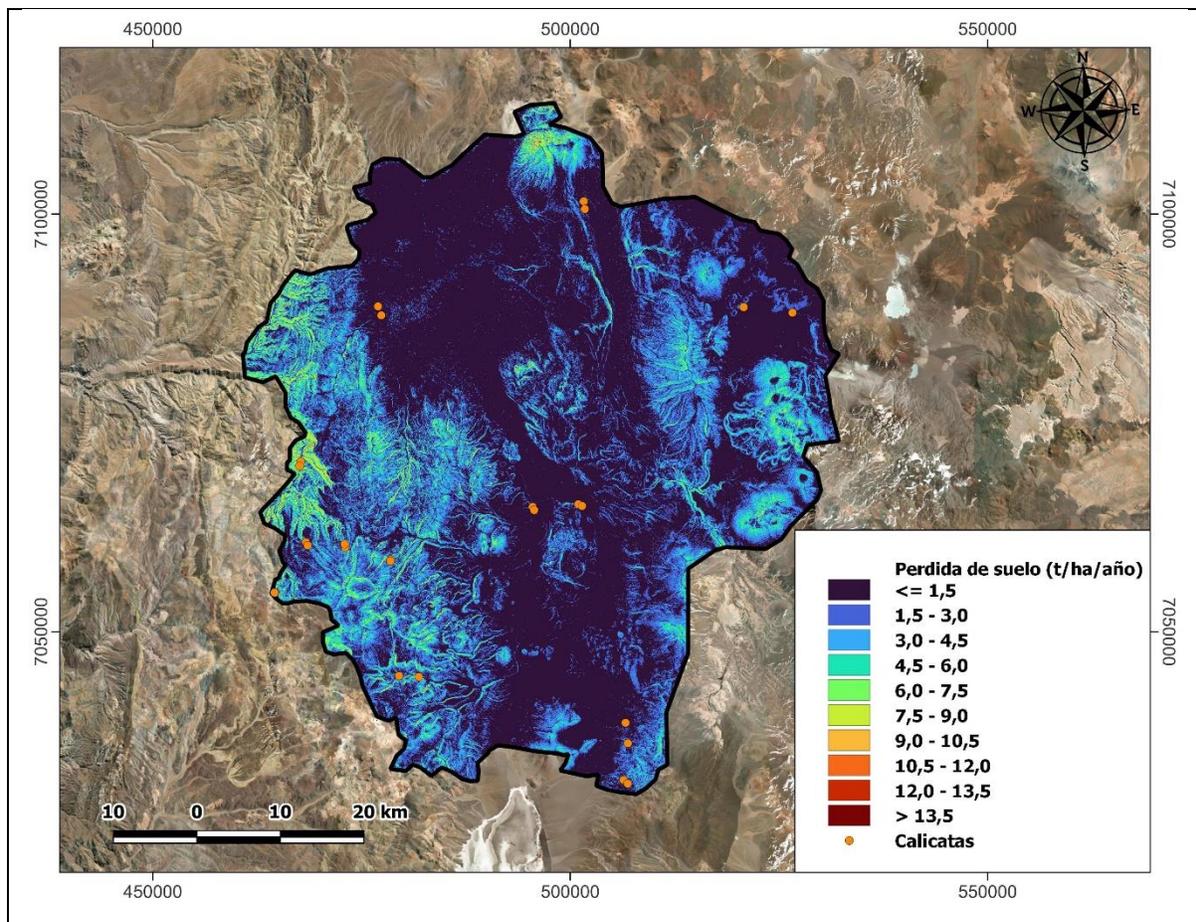


Figura 4-4. Análisis de erosión por USLE asociado a puntos de muestreo (calicatas) en campaña edafología PSME

Fuente: Econativa Consultores

Coordenadas UTM (Datum WGS84 huso 19 sur)

5. Discusión

Respecto de los datos analizados, en general la profundidad es variable, respondiendo a la variabilidad topográfica del área de estudio, donde se encuentran quebradas en las que se ha depositado materiales que dieron origen al suelo, así como a sectores más expuestos con suelos más delgados (ED5). La pendiente, salvo en las quebradas Tinajas y Tordillos (ED17, ED18 y ED19) mostró una variación baja sin que esta fuera un factor limitante que cobrara alguna importancia gravitante.

Por su parte, la variabilidad en la pedregosidad superficial mostró suelos con algunas limitantes, sobre todo asociado a su origen coluvial en quebradas, fenómeno que se repite al analizar la pedregosidad bajo superficie.

Claramente, la característica limitante en estos suelos corresponde a drenaje, donde la mayor parte de las calicatas evidencia problemas asociadas a esta variable. Esta característica obedecería más que a una condición textural, al régimen hídrico que impera en el área de estudio, que está asociado a humedales altoandinos.

La materia orgánica, estuvo presente solo en algunas calicatas (7), aunque superficialmente es posible verificarla en área de estudio (sin mineralizar). Es posible detectar su ocurrencia, en general, en estaciones con bajos registros de conductividad eléctrica, donde la salinidad es menor.

Si bien existe la generación de material vegetal en el bofedal y humedal altoandino que presenta en el área de estudio, los aportes de este al suelo no se mineralizan con facilidad por la carga salina en la mayoría de las estaciones.

Como medida de fertilidad potencial, en general los suelos prospectados no muestran altas capacidades; la CIC (capacidad de intercambio catiónico) es alta en algunos sectores (salares y algunas quebradas) principalmente por la saturación de sodio y calcio, lo que se asocia a los aportes del salar y al origen del suelo de rocas sedimentarias, volcánicas e intrusivas.

Respecto de la erosión, no se observan muestras potentes de su ocurrencia, lo que está refrendado tanto por las observaciones, así como por el análisis USLE que muestra bajas pérdidas de suelo por temporada (< 1,5 ton/ha/año) en la mayor parte del área de estudio.

En el caso de las variables analizadas en laboratorio, la variabilidad del pH y su tendencia leve a la acidez puede estar asociado a la ocurrencia de materia orgánica.

En los resultados del análisis en laboratorio, se observan variabilidades altas en la mayoría de los parámetros analizados. El análisis exploratorio de los resultados evidencia grupos definidos sin excesiva fuerza, es decir, se combinan levemente algunas variables para agrupar calicatas en unidades homogéneas de suelo.

Al analizar el contenido capacidad de retención de humedad (humedad aprovechable) con el NDVI de la vegetación (informe de flora y vegetación del Plan de Seguimiento Multiescalado) no se encuentra relación de los mayores valores de este índice (en Quebradas Ciénaga, Leoncito y Pastos Largos) con los contenidos potenciales de humedad aprovechable, la única relación que se encuentra es que en todos los casos la UHS que se distingue corresponde a la UHS 3. Si bien, la capacidad de retención de humedad permite a un suelo cierta capacidad de sostener vegetación, esta podría verse limitada por otros factores.

La comparación de este índice con las otras variables o características del suelo tampoco muestra un patrón que permita indicar la distribución de la vegetación. La mayor expresión del NDVI se asocia a suelos donde la limitante correspondió al drenaje; probablemente la disponibilidad de agua a escasa profundidad propicie la vegetación de raíces que no profundizan. Por otra parte, los valores más bajos estuvieron vinculados a calicatas con limitantes de salinidad (conductividad eléctrica) y relación de adsorción de sodio.

La evidencia asocia la mayor conductividad eléctrica con ED1, estaciones vinculadas con el Salar de Pedernales, donde el exceso de sales disueltas le otorga dicha característica al suelo, lo que se repite al analizar la relación de adsorción de sodio RAS.

Las características analizadas de estos suelos permitieron asociar tres grupos (UHS) que se vinculan entre sí por sus propiedades observadas. Con un grupo en salares (UHS2), y los restantes en sectores de quebradas (UHS1) y sectores más bajos (UHS3).

6. Conclusión

Los suelos del área de estudio muestran características variables, que los definen en suelos de formación incipiente, algunos de ellos no consolidados, características que obedecen a la geomorfología del sitio.

Los materiales que los constituyen son recientes (Luzio, 2010 citado por CIREN (2013 b)) y los procesos de pedogénesis se ven contenidos por factores que son propios del sitio como el régimen hídrico y la alta salinidad, esto es, suelos poco desarrollados.

Todo esto les confiere propiedades que son limitantes para su clasificación de uso, donde la mayoría de las calicatas dan cuenta de suelos con evidentes impedimentos para la labranza.

La materia orgánica se detecta solo en algunas calicatas (7), cuya presencia se vincula con la existencia de vegetación descomposición y ambientes reductivos. Esta se encontró superficialmente en el área de estudio, sin evidencias de mineralización. Su presencia se asocia generalmente con estaciones que registran bajos niveles de conductividad eléctrica, indicando menor salinidad.

No se observan signos significativos de erosión en el área de estudio y las pérdidas de suelo son bajas en el área de estudio, esto evidenciado por el modelo USLE y corroborado con las muestras de suelo analizadas en el laboratorio.

La mayor expresión del NDVI se encuentra en suelos con limitaciones de drenaje, probablemente debido a la disponibilidad de agua a poca profundidad, que favorece la vegetación de raíces poco profundas, como plantas pulvinadas o en cojín características de ambientes como vegas o bofedales. Por su parte los valores más bajos de NDVI se asocian a suelos con alta salinidad, evidenciada por la alta conductividad eléctrica y la elevada relación de adsorción de sodio.

Los antecedentes nos permiten concluir que la capacidad de retención de humedad permite a un suelo cierta capacidad de sostener vegetación, sin embargo esta podría verse limitada por otros factores como la alta salinidad.

7. Bibliografía de Referencia

- Amat, J. (2017). Análisis de Componentes Principales (Principal Component Analysis, PCA) y t-SNE, available under a Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) at https://www.cienciadedatos.net/documentos/35_principal_component_analysis.
- Bouaziz, M. , Chtourou, M. , Triki, I. , Mezner, S. and Bouaziz, S. (2018) Prediction of Soil Salinity Using Multivariate Statistical Techniques and Remote Sensing Tools. *Advances in Remote Sensing*, 7, 313-326. doi: 10.4236/ars.2018.74021.
- Centro de Agricultura y Medio Ambiente Agrimed Universidad de Chile. 2017. Atlas Agroclimático de Chile. Tomo II. Santiago, Chile. 182 p.
- CIREN. 2013 a. Caracterización de humedales Altoandinos para una gestión sustentable de las actividades productivas del sector norte del país. Flora y vegetación humedales muestra regiones de arica y parinacota, tarapacá y atacama. 36 p.
- CIREN. 2013 b. Caracterización de Humedales Altoandinos para una gestión sustentable de las actividades productivas del sector norte del país. Informe Recurso Suelo III Atacama. 11 p.
- CIREN. 2021. Cartilla Comuna Diego de Almagro – Recursos Naturales. SIT rural. 2021. 06 p.
- GoldFields. 2018 a. Declaración de Impacto Ambiental Proyecto Prospección Horizonte. Anexo 8.5. Permiso Ambiental Sectorial 160. 29 p.
- GoldFields. 2018 b. Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Salares Norte. Capítulo 10, Anexo 10-11. Permiso Ambiental Sectorial 160. 15 p.
- GoldFields. 2023. Declaración de Impacto Ambiental Planta Fotovoltaica Salares Norte. Anexo 3-3. Permiso Ambiental Sectorial 160. 15 p.
- IDE Ambiente. (2019). Diagnóstico y muestreo de suelos para la comuna de Huasco, Región de Atacama.
- Jobson, J.D. (1999) *Applied Multivariate Data Analysis: Volume 1: Regression and Experimental Design*. Springer Verlag, New York.
- Luzio, W. (2010). *Suelos de Chile* (1st ed.).
- Ringnér, M. (2008) What is principal component analysis?. *Nat Biotechnol* 26, 303–304. <https://doi.org/10.1038/nbt0308-303>.
- Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). 2011. Pauta para estudio de suelos (Rectificada 2016).

8. Anexos

8.1. Anexo I. Fichas de terreno y fotografía del perfil.

ID	ED 01
Fecha	20-03-2023
Profesional	Nataly Escobar
Coordenada X 19 J	476.982
Coordenada Y 19 J	7.088.943
Criterios de Aproximación	
Profundidad CM	62, Ligeramente profundo
Pendiente %	2, simple, ligeramente inclinado
Pedregosidad superficial	Sin, P1
Clase Drenaje	W1, Muy pobremente drenado
Criterios de Definición	
Textura	L a AL Media fina
Pedregosidad subsuperficial	Sin, DP1
Clase Erosión	E1
Criterios especiales	
Inundación	I3 Muy frecuente
Salinidad	
Perfil	
Geomorfología	Salar Pedernales
0-11	Gley 1 2,5 N, en húmedo, L, masivo, friable en húmedo, no plástico, ligeramente adhesivo, raíces finas y medias abundantes, gruesas pocas, poros finos, medios y gruesos abundantes, límite lineal abrupto.
11 - 39	10 YR 4/1. en húmedo, L, masivo, friable en húmedo, muy plástico y muy adhesivo, raíces finas pocas y medias abundantes, poros finos pocos, medios comunes, límite lineal claro.
39 - 62	10 YR 6/3 en húmedo, AL, masivo, firme en húmedo, moderadamente plástico y muy adhesivo, raíces finas pocas, poros finos pocos, medios comunes, pedregosidad en gravas de 7%, limita con nivel freático.
Obs	Horizonte N°1 corresponde a vegetación en descomposición, con un alto contenido de materia orgánica, y en condición de reducción por inundación, se observaron flamencos chilenos.



Fotografía del perfil del suelo en Calicata ED01

ID	ED 02
Fecha	20-03-2023
Profesional	Nataly Troncoso
Coordenada X 19 J	477.370
Coordenada Y 19 J	7.087.870
Criterios de Aproximación	
Profundidad CM	70
Pendiente %	1 - 2
Pedregosidad superficial	---
Clase Drenaje	W1
Criterios de Definición	
Textura	Franco limosa
Pedregosidad subsuperficial	---
Clase Erosión	
Criterios especiales	
Inundación	I3 (inundado)
Salinidad	
Perfil	
Geomorfología	Salar Pedernales
0-26	2,5 Y 6/1. Franco limosa, muy plástico y muy adhesivo, firme, masivo, raíces finas pocas, poros finos y medios pocos, gruesos no abundantes. Límite lineal claro.
26 - 50	2,5 Y 6/1. Franco arenosa, ligeramente plástico y no adhesivo, firme, masivo, raíces finas pocas, poros finos, medios y gruesos abundantes. Límite lineal claro.
60-70 y mas	2,5 Y 7/1. Franco limosa, ligeramente plástico y ligeramente adhesivo, friable, masivo, sin raíces, poros finos, medios y gruesos abundantes. Límite lineal abrupto.
Obs	Agua presente en superficie, todos los horizontes saturados, agua presente a los 70 cm.



Fotografía del perfil del suelo en Calicata ED02

ID	ED 03
Fecha	17-03-2023
Profesional	Nathalie Escobar
Coordenada X 19 J	501.626
Coordenada Y 19 J	7.101.525
Criterios de Aproximación	
Profundidad CM	32, D2 Delgado
Pendiente %	2, simple, ligeramente inclinado
Pedregosidad superficial	P2, 14% en gravas, ligera
Clase Drenaje	W2 pobremente drenado
Criterios de Definición	
Textura	ag a af muy gruesa a gruesa
Pedregosidad subsuperficial	DP1, 2% en gravas
Clase Erosión	E1, sin
Criterios especiales	
Inundación	I3 muy frecuente
Salinidad	---
Perfil	
Geomorfología	Salar en posición de terraza depositacional con cobertura vegetal de un 20%, pendiente simple de un 2%, acumulación salina de 5 cm de espesor.
0-13	10 YR 6/2 en húmedo, ag, grano simple, suelto en húmedo, no plástico, no adhesivo, raíces finas abundantes, poros finos, medios y gruesos abundantes, pedregosidad en grava de 20%, límite lineal claro.
13-32	Gley 1 4/1 en húmedo, af, grano simple, suelto en húmedo, no plástico, no adhesivo, raíces finas abundantes, poros finos, medios y gruesos abundantes, pedregosidad en gravas de un 2%. Limita con nivel freático.
Obs	Horizonte N°2 presenta olor a azufre.



Fotografía del perfil del suelo en Calicata ED03

ID	ED 04
Fecha	17-03-2023
Profesional	Nathalie Escobar
Coordenada X 19 J	501.758
Coordenada Y 19 J	7.100.596
Criterios de Aproximación	
Profundidad CM	58
Pendiente %	4% compleja, ligeramente ondulada, B
Pedregosidad superficial	P1, Sin
Clase Drenaje	W2 pobremente drenado
Criterios de Definición	
Textura	F a L, media
Pedregosidad subsuperficial	DP1, SIN
Clase Erosión	E1, sin
Criterios especiales	
Inundación	I3
Salinidad	---
Perfil	
Geomorfología	Bofedal pequeño en posición de microterrazza que limita con zonas de lomajes suaves y zona de inundación permanente. Cobertura vegetal de un 60% con crecimiento en cojines.
0-21	10 YR 2/2. F. bloques subangulares finos moderados, friable en húmedo, no plástico, ligeramente adhesivo, raíces finas y medias abundantes, gruesas pocas, poros finos, medios y gruesos abundantes, límite lineal abrupto.
21-58 y mas	Gley 1 5/1. en húmedo. L, masivo, firme en húmedo, moderadamente plástico, muy adhesivo, raíces finas y medias abundantes, poros finos y medios comunes pocos
Obs	En superficie presenta costra salina de 1 a 5 cm de espesor. horizonte N°2 presenta olor a azufre.



Fotografía del perfil del suelo en Calicata ED04

ID	ED 05
Fecha	17-03-2023
Profesional	Nataly Troncoso
Coordenada X 19 J	526.627
Coordenada Y 19 J	7.088.191
Criterios de Aproximación	
Profundidad CM	17
Pendiente %	0 - 1
Pedregosidad superficial	pedras 30%
Clase Drenaje	W1
Criterios de Definición	
Textura	Arenosa
Pedregosidad subsuperficial	Gravas 10%
Clase Erosión	E1
Criterios especiales	
Inundación	I3 (inundado)
Salinidad	
Perfil	
Geomorfología	Salar La Laguna
0-17	Variegado, Arenoso, no plástico y no adhesivo, friable, grano simple raíces finas pocas, poros finos medios y gruesos abundantes, límite lineal abrupto
	Agua presente
Obs	Agua presente a los 17 cm de profundidad, presencia de flamencos



Fotografía del perfil del suelo en Calicata ED05

ID	ED 06
Fecha	19-03-2023
Profesional	Nataly Troncoso
Coordenada X 19 J	520.781
Coordenada Y 19 J	7.088.854
Criterios de Aproximación	
Profundidad CM	37
Pendiente %	1 - 3
Pedregosidad superficial	pedras 50%
Clase Drenaje	W1
Criterios de Definición	
Textura	Arenosa
Pedregosidad subsuperficial	Gravas 50%
Clase Erosión	E1
Criterios especiales	
Inundación	I3 (inundado)
Salinidad	
Perfil	
Geomorfología	Borde de Salar (La Laguna)
0-27	10 YR 6/2. Arenoso, no plástico y no adhesivo, friable, grano simple, raíces finas comunes, poros finos medios y gruesos abundantes, gavas 20%, moteados finos pocos, límite lineal claro.
27 - 37 y mas	10 YR 6/2. Arena francosa, no plástico y no adhesivo, friable, grano simple, poros finos y medios gruesos y abundantes, gravas 30%, Límite lineal abrupto.
	Agua presente
Obs	Agua presente a los 37 cm, presencia de flamencos



Fotografía del perfil del suelo en Calicata ED06

ID	ED 07
Fecha	16-03-2023
Profesional	Nathalie Escobar
Coordenada X 19 J	495.499
Coordenada Y 19 J	7.064.939
Criterios de Aproximación	
Profundidad CM	64 D3 Ligeramente Profundo
Pendiente %	Simple, 1%, ligeramente inclinado
Pedregosidad superficial	P1, Sin
Clase Drenaje	W2 pobremente drenado
Criterios de Definición	
Textura	Fa moderadamente gruesa
Pedregosidad subsuperficial	DP1
Clase Erosión	E1
Criterios especiales	
Inundación	I1
Salinidad	---
Perfil	
Geomorfología	Terraza aluvial con cobertura vegetal de tipo pajonal en un 80%
0-23	10 YR 5/2. Fa. bloques subangulares finos moderados, muy friable en húmedo, no plástico, no adhesivo, raíces finas abundantes, gruesas comunes, poros finos, medios y gruesos abundantes, moteados finos comunes, límite lineal abrupto.
23-40	10 YR 3/2. Fa. Masivo, muy friable en húmedo, no plástico, no adhesivo, raíces finas y medias comunes, gruesas pocas, poros finos medios y gruesos abundantes, moteados finos pocos, límite lineal claro.
40-64	10 YR 2/1. Fa. Masivo, muy friable en húmedo, no plástico, no adhesivo, raíces finas y medias comunes, poros finos medios y gruesos comunes, limita con nivel freático.
Obs	



Fotografía del perfil del suelo en Calicata ED07

ID	ED 08
Fecha	16-03-2023
Profesional	Nathalie Escobar
Coordenada X 19 J	495.682
Coordenada Y 19 J	7.064.565
Criterios de Aproximación	
Profundidad CM	61 D3 Ligeramente Profundo
Pendiente %	Simple, 1%, B ligeramente inclinado
Pedregosidad superficial	P1, Sin
Clase Drenaje	W2 a W3
Criterios de Definición	
Textura	F a F, media a moderadamente gruesa
Pedregosidad subsuperficial	DP1
Clase Erosión	E1
Criterios especiales	
Inundación	I1
Salinidad	---
Perfil	
Geomorfología	Terraza aluvial con cobertura vegetal de tipo pajonal en un 70%
0-15	7,5 YR 3/3 en húmedo. F. masivo, friable en húmedo, ligeramente plástico, no adhesivo, raíces finas y medias abundantes, poros finos y medios abundantes, gruesos comunes, límite lineal claro abrupto.
15-29	10 YR 2/1. en húmedo F. masivo, friable en húmedo, no plástico, no adhesivo, raíces finas y medias abundantes, gruesas pocas, poros finos medios y gruesos abundantes, moteados finos pocos, límite lineal claro.
29-41	10 YR 3/1. Fa. Grano simple, friable en húmedo, no plástico, no adhesivo, raíces finas y medias abundantes, poros finos medios y gruesos abundantes, límite lineal abrupto.
41-61	2,5 Y 4/1. FL. masivo, friable en húmedo, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo, raíces finas y medias abundantes, poros finos y medios abundantes, presenta olor a azufre, limita con nivel freático. Horizonte con afloramiento de agua
Obs	Horizonte N°1 con alto contenido de materia orgánica



Fotografía del perfil del suelo en Calicata ED08

ID	ED 09
Fecha	14-03-2023
Profesional	Nathalie Escobar
Coordenada X 19 J	467.725
Coordenada Y 19 J	7.070.371
Criterios de Aproximación	
Profundidad CM	100
Pendiente %	6%, Simple, D, moderadamente inclinado
Pedregosidad superficial	P4, abundante, 55% gravas
Clase Drenaje	W5
Criterios de Definición	
Textura	Fa, moderadamente gruesa
Pedregosidad subsuperficial	DP5, 65% muy abundante
Clase Erosión	Pavimento de erosión, severa
Criterios especiales	
Inundación	I1
Salinidad	---
Perfil	
Geomorfología	Posición de quebrada con vegetación de tipo matorral con un 15% de cobertura, laderas adyacentes con afloramientos rocosos de un 45%
0-33	Pardo, muy pálido en seco (10 YR 7/3) pardo en húmedo (10 YR 4/3), Fa, bloques subangulares finos, débiles, ligeramente duro en seco, friable en húmedo, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo, raíces finas y medias abundantes, gruesas pocas, gravas en un 55%, piedras en un 20%, límite lineal abrupto.
33-78	Pardo en seco (10 YR 5/3) pardo oscuro en húmedo (10 YR 3/3), FAa, bloques subangulares finos, débiles, ligeramente duro en seco, friable en húmedo, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo, raíces finas pocas, poros finos comunes, medios abundantes, gruesos pocos, piedras en un 10%, gravas en un 60%, límite lineal claro.
78-100	Pardo en seco (10 YR 5/3) pardo oscuro en húmedo (10 YR 3/3), Fa, grano simple, suelto en seco, suelto en húmedo, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo, poros finos y medios comunes, piedras en un 10%, gravas en un 70%.
Obs	Ladera adyacente con pendiente de 30 a 60% Lagartos avistamientos comunes



Fotografía del perfil del suelo en Calicata ED09

ID	ED 10
Fecha	14-03-2023
Profesional	Nataly Troncoso
Coordenada X 19 J	467.576
Coordenada Y 19 J	7.069.828
Criterios de Aproximación	
Profundidad CM	95
Pendiente %	2 - 3
Pedregosidad superficial	Piedras 80%, gravas 20%
Clase Drenaje	W2
Criterios de Definición	
Textura	Franco arcillo limosa
Pedregosidad subsuperficial	gravas 40%
Clase Erosión	E3
Criterios especiales	
Inundación	I1
Salinidad	---
Perfil	
Geomorfología	Quebrada
0-30	5 YR 1/4. Franco arcillo arenosa, moderadamente plástico y moderadamente adhesivo, friable, bloques subangulares finos y moderados, raíces finas y medias abundantes, gruesas comunes, poros finos y medios comunes, gruesos abundantes, gravas 20%, moteados medios comunes, límite lineal claro.
30-64	7,5 YR 4/4. Franco-arenosa, ligeramente plástico y no adhesivo, firme, bloques subangulares finos y medios moderados, raíces finas y medias abundantes, gruesas comunes, poros finos comunes, límite lineal abrupto.
64-95 y mas	7,5 YR 4/4. franco arcillo limosa, moderadamente plástico y muy adhesivo, muy firme, masivo, raíces finas pocas, poros finos medios y gruesos abundantes, gravas 20%, moteados finos comunes.
Obs	H1 con alta cantidad de materia orgánica



Fotografía del perfil del suelo en Calicata ED10

ID	ED 11
Fecha	20-03-2023
Profesional	Nataly Troncoso
Coordenada X 19 J	464.617
Coordenada Y 19 J	7.054.765
Criterios de Aproximación	
Profundidad CM	100
Pendiente %	15
Pedregosidad superficial	gravas 60%
Clase Drenaje	W3
Criterios de Definición	
Textura	Areno francosa
Pedregosidad subsuperficial	gravas 20%
Clase Erosión	E3
Criterios especiales	
Inundación	I1
Salinidad	
Perfil	
Geomorfología	ex bofedal en quebrada.
0-22	10 YR 2/2. horizonte orgánico, raíces finas y medias abundantes, gravas 30%, límite lineal abrupto.
22-39	10 YR 5/3, areno francosa, ligeramente plástico y ligeramente adhesivo, friable, masivo, raíces finas comunes, poros finos medios y gruesos abundantes, gravas 20%, moteados finos pocos, límite lineal abrupto.
39-49	2.5 YR 2.5/1, horizonte orgánico, raíces finas pocas, límite lineal abrupto
49-72	5 YR 6/2, arcillo limosa, muy plástico y muy adhesivo, fuerte, masivo, sin raíces, poros finos, medios y gruesos, moteados medios comunes, límite lineal abrupto.
72-100 y mas	2.5 YR 2.5/1, Franca, ligeramente plástico y ligeramente adhesivo, friable, masivo, sin raíces, poros finos, medios y gruesos abundantes, moteados medios pocos.
Obs	H5 alto en materia orgánica presencia de varias especies de aves vegetación superficial seca y/o quemada presencia de capa de suelo franco limosa por erosión de laderas aledañas



Fotografía del perfil del suelo en Calicata ED11

ID	ED 12
Fecha	20-03-2023
Profesional	Nathalie Escobar
Coordenada X 19 J	464.586
Coordenada Y 19 J	7.054.685
Criterios de Aproximación	
Profundidad CM	72, D4, Medianamente profundo
Pendiente %	Simple, 4%, C Suavemente inclinado
Pedregosidad superficial	P1, Sin
Clase Drenaje	W3
Criterios de Definición	
Textura	F a L, media
Pedregosidad subsuperficial	DP1
Clase Erosión	E1
Criterios especiales	
Inundación	I1
Salinidad	---
Perfil	
Geomorfología	Posición de quebrada con vegetación con crecimiento en cojín y con un 80% de cobertura
0-17	Estrata vegetal de alto contenido de materia orgánica, 10 YR 2/2 en húmedo, FL, bloques subangulares finos y medios moderados, muy friable en húmedo. Moderadamente plástico, ligeramente adhesivo, raíces finas abundantes y medias pocas, poros finos, medios y gruesos abundantes, límite lineal abrupto.
17-33	Estrata vegetal de alto contenido de materia orgánica, 10 YR 2/1 F, bloques subangulares medios débiles, friable en húmedo, no plástico, no adhesivo, raíces finas abundantes y medias pocas, poros finos y medios abundantes, gruesos comunes, límite lineal abrupto.
33-42	2,5 YR 4/1 L, masivo, firme en húmedo, moderadamente plástico, moderadamente adhesivo, raíces finas comunes, medias pocas, poros finos pocos, medios comunes, gravas en un 8%, límite lineal abrupto.
42-47	Horizonte enterrado con 50% de materia vegetal (alto contenido de materia orgánica) 2,5 Y (5/1), L, masivo, firme en húmedo, moderadamente plástico, muy adhesivo, raíces finas abundantes, poros finos comunes, medios comunes, gravas en un 8%, límite lineal abrupto

47-64	2,5 Y (5/1), L, masivo, firme en húmedo, moderadamente plástico, muy adhesivo, raíces finas abundantes, poros finos y medios comunes, gravas en un 8%, límite lineal abrupto
64-71	2,5 Y (4/6), L, masivo, moderadamente plástico, muy adhesivo, poros finos y medios comunes, gruesos pocos, limita con el nivel freático
Obs	Humedad muy degradada con tuberías enterradas a 50 cm cubierta con piedras



Fotografía del perfil del suelo en Calicata ED12

ID	ED 13
Fecha	19-03-2023
Profesional	Nathalie Escobar
Coordenada X 19 J	479.498
Coordenada Y 19 J	7.044.729
Criterios de Aproximación	
Profundidad CM	40, D3, Ligeramente profundo
Pendiente %	Simple, 6%, D, moderadamente inclinado
Pedregosidad superficial	P1, Sin
Clase Drenaje	W2
Criterios de Definición	
Textura	a a FL, gruesa a media
Pedregosidad subsuperficial	DP1, sin
Clase Erosión	E1
Criterios especiales	
Inundación	I2
Salinidad	---
Perfil	
Geomorfología	Posición de quebrada con vegetación de crecimiento en cojín y pajonal con 80% de cobertura
0-6	10 YR 2/2, a grano simple, suelto en húmedo, no plástico, no adhesivo, raíces finas pocas, poros finos, medios y gruesos abundantes, gravas en un 3%, límite lineal abrupto.
06-13	10 YR 2/2, FL, masivo, firme en húmedo, moderadamente plástico, moderadamente adhesivo, raíces muy finas y finas comunes, poros finos y medios pocos, gravas en un 2%, moteados fines comunes, límite lineal abrupto.
13-40	10 YR 3/3, Q, grano simple, suelto en húmedo, no plástico, no adhesivo, raíces finas pocas, poros finos, medios y gruesos abundantes, gravas en un 20% y piedras en un 3%, limita con nivel freático.
Obs	---



Fotografía del perfil del suelo en Calicata ED13

ID	ED 14
Fecha	19-03-2023
Profesional	Nathalie Escobar
Coordenada X 19 J	481.864
Coordenada Y 19 J	7.044.607
Criterios de Aproximación	
Profundidad CM	43 D3 Ligeramente Profundo
Pendiente %	4%, simple, suavemente ondulada
Pedregosidad superficial	25% Piedras P3
Clase Drenaje	W3
Criterios de Definición	
Textura	A a fa, de moderadamente gruesa a gruesa
Pedregosidad subsuperficial	D4 Abundante
Clase Erosión	
Criterios especiales	
Inundación	I1
Salinidad	---
Perfil	
Geomorfología	Posición de quebrada con vegetación de crecimiento en cojín y pajonal, con cobertura de un 80%
0 - 11	7,5 YR 3/2. af Grano simple, suelto en húmedo, no plástico, no adhesivo, raíces finas pocas, poros finos, medios y gruesos abundantes, límite lineal claro.
11-38	7,5 YR 4/3. fa Bloques suangulares, finos débiles, friable en húmedo, ligeramente plástico ligeramente adhesivo, piedras en 40%, límite lineal abrupto.
38-43	7,5 Y 2.5/3. a. grano simple suelto en húmedo no plástico y no adhesivo, friable, masivo, raíces finas pocas, poros finos, medios y gruesos abundantes. Gravas en un 13%, limita con el nivel freático.
Obs	---



Fotografía del perfil del suelo en Calicata ED14

ID	ED 15
Fecha	18-03-2023
Profesional	Nataly Troncoso
Coordenada X 19 J	506.634
Coordenada Y 19 J	7.039.109
Criterios de Aproximación	
Profundidad CM	38
Pendiente %	8
Pedregosidad superficial	pedras 30%
Clase Drenaje	W1
Criterios de Definición	
Textura	Areno - francosa
Pedregosidad subsuperficial	Gravas 40%
Clase Erosión	E1
Criterios especiales	
Inundación	I3 (inundado)
Salinidad	
Perfil	
Geomorfología	Bofedal en quebrada
0-10	10 YR 2/1. Horizonte orgánico, raíces finas y medias abundantes, límite lineal abrupto.
10 - 38 y mas	10 YR 3/4. Arena francosa, no plástico y no adhesivo, friable, grano simple, raíces finas y medias abundantes, poros finos medios y gruesos abundantes, gravas 40%, límite lineal abrupto.
	Presencia de agua
Obs	Presencia de vicuñas, presencia de aves.



Fotografía del perfil del suelo en Calicata ED15

ID	ED 16
Fecha	18-03-2023
Profesional	Nataly Troncoso
Coordenada X 19 J	506.909
Coordenada Y 19 J	7.036.647
Criterios de Aproximación	
Profundidad CM	25
Pendiente %	8
Pedregosidad superficial	pedras 20% y gravas 20
Clase Drenaje	W1
Criterios de Definición	
Textura	Areno francosa
Pedregosidad subsuperficial	---
Clase Erosión	E2
Criterios especiales	
Inundación	I3
Salinidad	
Perfil	
Geomorfología	bofedal en quebrada.
0-25 y mas	10 YR 5/4. aren francosa, no plástico, no adhesivo, friable, masivo, raíces finas, medias y gruesas abundantes, poros finos medios y gruesos abundantes, gravas 20%, límite lineal abrupto.
Obs	Agua presente presencia de vicuñas - roedore - insectos



Fotografía del perfil del suelo en Calicata ED16

ID	ED 17
Fecha	15-03-2023
Profesional	Nataly Troncoso
Coordenada X 19 J	473.050
Coordenada Y 19 J	7.060.107
Criterios de Aproximación	
Profundidad CM	60
Pendiente %	30
Pedregosidad superficial	piedras 50% y gravas 30%
Clase Drenaje	W2
Criterios de Definición	
Textura	franca
Pedregosidad subsuperficial	30% gravas
Clase Erosión	E2
Criterios especiales	
Inundación	I3
Salinidad	---
Perfil	
Geomorfología	bofedal en quebrada.
0-16	10 YR 5/6. franca, ligeramente plástico y no adhesivo, friable, bloques subangulares finos débiles, raíces finas y medias abundantes, poros finos medios y gruesos abundantes, gravas 30%, moteados finos pocos, límite lineal abrupto.
16-30	10 YR 7/6. Franco arenoso, ligeramente plástico y no adhesivo, friable, masivo, raíces finas pocas, poros finos, medios y gruesos abundantes, gravas 20%, moteados finos pocos, límite lineal claro
30-60 y mas	10 YR 6/4 franco arcillo arenosa, ligeramente plástico y no adhesivo, fuerte, masivo, raíces dinas pocas, poros finos, medios y gruesos abundantes, gravas 10%, moteados finos pocos, límite lineal abrupto.
Obs	Agua presente desde 60 cm Calicata ejecutada al costado del bofedal



Fotografía del perfil del suelo en Calicata ED17

ID	ED 18
Fecha	15-03-2023
Profesional	Nataly Troncoso
Coordenada X 19 J	472.966
Coordenada Y 19 J	7.060.494
Criterios de Aproximación	
Profundidad CM	91
Pendiente %	20
Pedregosidad superficial	Gravas 20%; Piedras 20%
Clase Drenaje	W2
Criterios de Definición	
Textura	Arenosa
Pedregosidad subsuperficial	Gravas 60%
Clase Erosión	E2
Criterios especiales	
Inundación	---
Salinidad	---
Perfil	
Geomorfología	Bofedal seco y quemado
0-26	10 YR 5/6, Arenoso, no plástico y no adhesivo, friable. Grano simple, raíces finas, medias abundantes, poros finos, medios y gruesos abundantes, moteados finos pocos, gravas 40%, límite lineal abrupto
26-56	10 YR 3/2 Franco limosa ligeramente plástico y ligeramente adhesivo, friable, masivo, raíces finas, medias y gruesas comunes, poros finos medios y gruesos abundantes, moteados medios pocos, gravas 20%, límite lineal claro.
56-91 y mas	10 YR 3/2 Franco limosa ligeramente plástico y ligeramente adhesivo, friable, masivo, raíces finas, medias y gruesas comunes, poros finos medios y gruesos abundantes, moteados finos pocos, gravas 20%, límite lineal abrupto.
Obs	26 a 30 cm capa de materia orgánica. Bofedal quemado y/o seco. Agua emerge a los 91 cm



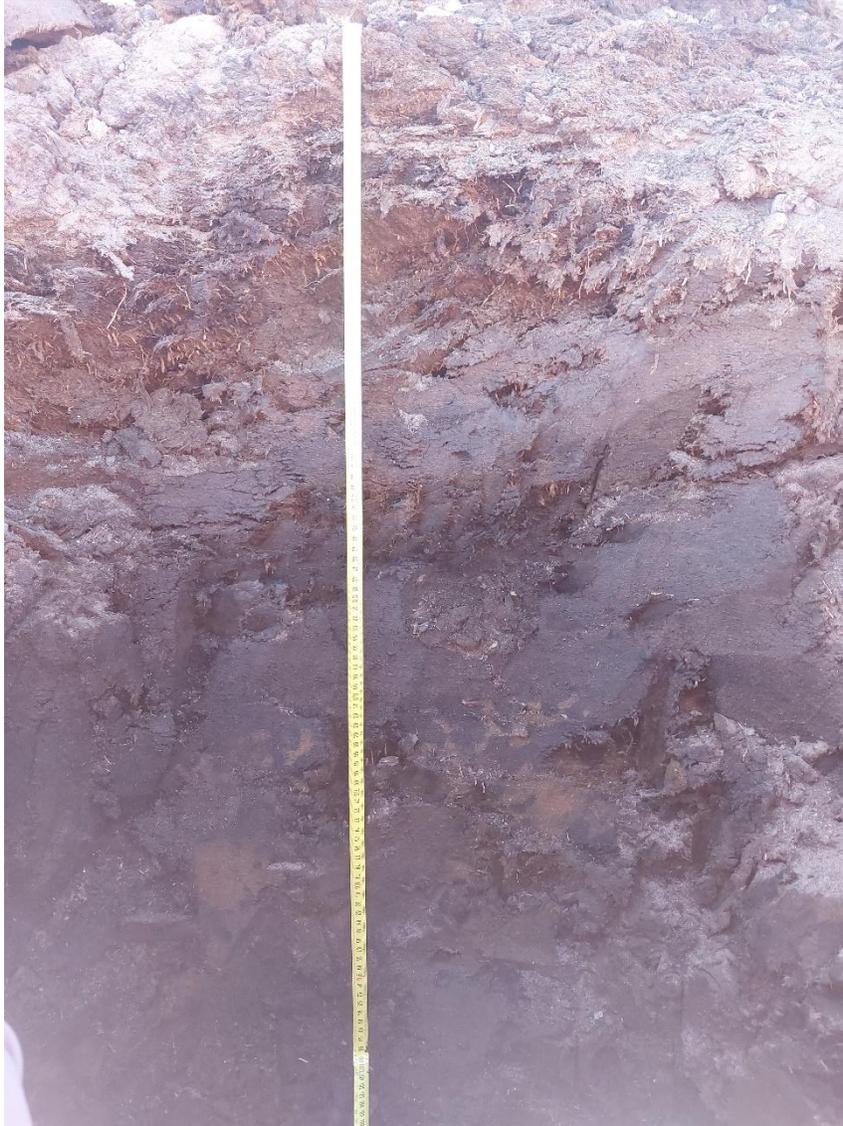
Fotografía del perfil del suelo en Calicata ED18

ID	ED 19
Fecha	15-03-2023
Profesional	Nathalie Escobar
Coordenada X 19 J	478.531
Coordenada Y 19 J	7.058.596
Criterios de Aproximación	
Profundidad CM	66 D3 ligeramente profundo (por NF Colgante)
Pendiente %	25 simple, f, ligeramente escarpado
Pedregosidad superficial	Sin, P1
Clase Drenaje	W3
Criterios de Definición	
Textura	Fla FE mod fina a mod gruesa
Pedregosidad subsuperficial	DP1, sin
Clase Erosión	E1
Criterios especiales	
Inundación	I2
Salinidad	---
Perfil	
Geomorfología	Posición de quebrada con vegetación de crecimiento en cojines con una cobertura irregular de un 40%
0-26	10 YR 2/2. F. bloques subangulares finos moderados, friable en húmedo, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo, raíces muy finas y finas abundantes, poros finos medios y gruesos abundantes, límite lineal abrupto.
26-52	10 YR 2/1. Fl. Masivo muy friable en húmedo, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo, raíces finas comunes, poros finos medios y gruesos abundantes, moteados gruesos abundantes, límite lineal abrupto.
52-63	10 YR 2/2. Fa. Bloques subangulares finos débiles, friable en húmedo, ligeramente plástico, no adhesivo, raíces finas pocas, poros finos y medios comunes, gruesos pocos, gravas 15%, presenta olor a azufre, límite lineal abrupto.
63-78 (horizonte nivel freático colgante)	10 YR 3/2. Fa. Masivo friable en húmedo, ligeramente plástico, moderadamente adhesivo, raíces finas y medias pocas, poros finos y medios comunes, presenta olor a azufre, límite lineal abrupto.
78-100	10 YR 2/1. F. Masivo friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo, raíces finas y medias abundantes, gruesas pocas, poros finos, medios y gruesos abundantes, presenta olor a azufre.
Obs	Horizonte N°4 presenta raíces en descomposición



Fotografía del perfil del suelo en Calicata ED19

ID	ED 20
Fecha	15-03-2023
Profesional	Nathalie Escobar
Coordenada X 19 J	478.459
Coordenada Y 19 J	7.058.471
Criterios de Aproximación	
Profundidad CM	100, D6, muy profundo
Pendiente %	Simple, 16%, F, ligeramente escarpado
Pedregosidad superficial	P1, Sin
Clase Drenaje	W4
Criterios de Definición	
Textura	F a FL, media
Pedregosidad subsuperficial	DP1, sin
Clase Erosión	Pedestales de erosión, moderado
Criterios especiales	
Inundación	I1
Salinidad	---
Perfil	
Geomorfología	Posición de quebrada (inicio de quebrada) con vegetación de crecimiento en cojín con 40 a 50% de cobertura.
0-22	10 YR 2/1, F, laminar, media débil, friable en húmedo, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo, raíces finas y medias abundantes, poros finos, medios y gruesos abundantes, límite lineal claro.
22-33	7,5 YR 2.5/1, FL, masivo, friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo, raíces finas y medias abundantes, poros finos, medios y gruesos abundantes, límite lineal claro.
33-61	7,5 YR 2.5/1, FL, masivo, friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo, raíces finas abundantes, medias comunes, poros finos abundantes, medios y gruesos comunes, límite lineal abrupto.
61-100	7,5 YR 2.5/1, FL, masivo, firme, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo, raíces finas y medias abundantes, poros finos, medios y gruesos abundantes, moteados finos y medios abundantes de color 7,5 YR 5/8.
Obs	---



Fotografía del perfil del suelo en Calicata ED20

ID	ED 21
Fecha	18-03-2023
Profesional	Nathalie Escobar
Coordenada X 19 J	506.405
Coordenada Y 19 J	7.032.260
Criterios de Aproximación	
Profundidad CM	38, D2, delgado
Pendiente %	simple, 4%, C, suavemente inclinado
Pedregosidad superficial	P1, Sin
Clase Drenaje	W3
Criterios de Definición	
Textura	Fa a aF moderadamente gruesa a gruesa
Pedregosidad subsuperficial	DP1, sin
Clase Erosión	Erosión ligera, grietas aisladas menores de 1 cm superficiales
Criterios especiales	
Inundación	I1
Salinidad	---
Perfil	
Geomorfología	Posición de quebrada con cobertura vegetal de un 80 a 90%.
0-9	10 YR 2/2, Fa, Bloques subangulares finos débiles, firme, moderadamente plástico, moderadamente adhesivo, raíces muy finas y finas comunes, poros finos y medios abundantes, gruesos pocos, piedras en 2%, gravas en 9%, límite lineal claro.
09-38	10 YR 2/1, aF, friable en húmedo, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo, raíces finas abundantes, medias comunes, poros finos, medios y gruesos abundantes, piedras en un 4%, gravas en un 12%, limita con el nivel freático.
Obs	---



Fotografía del perfil del suelo en Calicata ED21

ID	ED 22
Fecha	15-03-2023
Profesional	Nathalie Escobar
Coordenada X 19 J	506.888
Coordenada Y 19 J	7.031.823
Criterios de Aproximación	
Profundidad CM	25, D2, delgado
Pendiente %	Simple, 6%, D, moderadamente inclinado
Pedregosidad superficial	P1, Sin
Clase Drenaje	W3
Criterios de Definición	
Textura	aF, gruesa
Pedregosidad subsuperficial	DP1, sin
Clase Erosión	Erosión de pavimento, moderado
Criterios especiales	
Inundación	I2
Salinidad	---
Perfil	
Geomorfología	Posición de quebrada con cobertura vegetal del 60%
0-25	10 YR 2/2, af, grano simple, suelto en húmedo, no plástico, no adhesivo, raíces finas y medias comunes, gruesas pocas, poros finos, medios y gruesos abundantes, limita con nivel freático.
Obs	---



Fotografía del perfil del suelo en Calicata ED22

ID	ED 23
Fecha	16-03-2023
Profesional	Nataly Troncoso
Coordenada X 19 J	500.974
Coordenada Y 19 J	7.065.260
Criterios de Aproximación	
Profundidad CM	70
Pendiente %	0 - 3
Pedregosidad superficial	---
Clase Drenaje	W2
Criterios de Definición	
Textura	Arenosa
Pedregosidad subsuperficial	---
Clase Erosión	E2
Criterios especiales	
Inundación	
Salinidad	
Perfil	
Geomorfología	Borde de laguna pequeña
0-32	10 YR 7/2, Arenoso, no plástico y no adhesivo, friable. Grano simple, raíces finas pocas, poros finos, medios y gruesos abundantes, límite ondulado claro
32-70	10 YR 7/2, Arenoso, no plástico y no adhesivo, friable, grano simple, poros finos y medios abundantes, moteados medios pocos
Obs	Presencia de aves y presencia de lagartijas



Fotografía del perfil del suelo en Calicata ED23

ID	ED 24
Fecha	16-03-2023
Profesional	Nataly Troncoso
Coordenada X 19 J	501.427
Coordenada Y 19 J	7.065.056
Criterios de Aproximación	
Profundidad CM	50
Pendiente %	1 - 3
Pedregosidad superficial	---
Clase Drenaje	W1
Criterios de Definición	
Textura	Arenosa
Pedregosidad subsuperficial	---
Clase Erosión	---
Criterios especiales	
Inundación	I3 (inundado)
Salinidad	
Perfil	
Geomorfología	Bofedal
0-32	10 YR 3/3, horizonte orgánico, raíces finas y medias abundantes, moteados medios abundantes, límite lineal abrupto.
32-50	10 YR 2/2, Arenoso, no plástico y no adhesivo, friable, grano simple, raíces finas y medias abundantes, poros dinos medios y gruesos abundantes
	agua presente
Obs	Presencia de vicuñas, Bofedal seco y/o quemado



Fotografía del perfil del suelo en Calicata ED24

ID	ED 25
Fecha	14-03-2023
Profesional	Nataly Troncoso
Coordenada X 19 J	468.349
Coordenada Y 19 J	7.060.715
Criterios de Aproximación	
Profundidad CM	93
Pendiente %	10
Pedregosidad superficial	Piedras 30%
Clase Drenaje	W1
Criterios de Definición	
Textura	Materia orgánica con 15% franco limosa
Pedregosidad subsuperficial	---
Clase Erosión	E2
Criterios especiales	
Inundación	---
Salinidad	---
Perfil	
Geomorfología	Bofedal en quebrada
0-23	7,5 Y/R 2,5/2. Horizonte orgánico, raíces finas y medias abundantes, seco y quemado, límite lineal abrupto.
23-56	10 YR 2/1. Horizonte orgánico con 15% de franco limos, raíces finas y medias pocas, límite lineal abrupto.
56-93	10 YR 2/1. Horizonte orgánico, materia orgánica en descomposición
Obs	Superficie quemada y/o seca, emerge agua a los 70 cm



Fotografía del perfil del suelo en Calicata ED25

ID	ED 26
Fecha	14-03-2023
Profesional	Nathalie Escobar
Coordenada X 19 J	468.551
Coordenada Y 19 J	7.060.335
Criterios de Aproximación	
Profundidad CM	100 cm, D6, muy profundo
Pendiente %	Simple, 6%, D, moderadamente inclinado
Pedregosidad superficial	P1, Sin
Clase Drenaje	W4
Criterios de Definición	
Textura	Fa FL, media
Pedregosidad subsuperficial	DP1, sin
Clase Erosión	erosión de pedestales, moderada
Criterios especiales	
Inundación	I1
Salinidad	---
Perfil	
Geomorfología	Posición de quebrada con vegetación de crecimiento en cojín, con cobertura de 90% (muy degradada)
0-10	Horizonte orgánico, hidrófobo. 10 YR 2/1. F. masivo, muy friable, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo, raíces muy finas y finas abundantes, poros finos medios y gruesos abundantes, límite lineal abrupto.
10-43	10 YR 2/2. FL. masivo, friable en húmedo, ligeramente plástico, moderadamente adhesivo, raíces muy finas y finas abundantes, poros finos medios y gruesos abundantes, límite lineal abrupto.
43-89	10 YR 2/1. FL. masivo, friable, ligeramente plástico, moderadamente adhesivo, raíces finas comunes, poros finos, medios y gruesos comunes, límite lineal claro.
89-100 y mas	Gley 1 2.5/N FI, masivo, firme, ligeramente plástico, moderadamente adhesivo, raíces finas pocas, poros finos pocos, medios comunes, presenta olor a azufre, moteados medios comunes
Obs	---



Fotografía del perfil del suelo en Calicata ED26

8.2. Anexo II. Análisis de laboratorio



LABORATORIO AGRICOLA
ANÁLISIS DE SUELO - FOLIAR - AGUA

INFORME DE RESULTADOS - N° Orden: 185.896 ANÁLISIS SUELO

Productor : Psme Codelco Divsal
Predio : Psme Codelco

Empresa :
Remite : Felipe Yany

Provincia : Chañaral
Comuna : Diego De Almagro
Localidad : Diego De Almagro

Fecha muestreo : 25-03-2023 F.ingreso : 28-03-2023
Fecha análisis : 28-03-2023 F.informe : 21-04-2023

Pag. 1/7

Identificación Cuartel :	ED-1 Salar Pedernales	ED-2 Salar Pedernales	ED-3 Laguna	ED-4 Laguna
Profundidad muestreo(cm) :	0-100 Cm.	0-100 Cm.	0-100 Cm.	0-100 Cm.
N° de Laboratorio :	260892	260893	260894	260895
Textura				
Arena (2,00 - 0,05 mm) %	67	46	73	31
Limo (0,05 - 0,002 mm) %	20	41	20	46
Arcilla (< 0,002 mm) %	13	13	7	23
Clase Textural	Fco.Arenosa	Franca	Fco.Arenosa	Franca
Densidad aparente (terron) g/cc	1,30	1,13	1,46	0,97
Retención de humedad				
0,3 bar (Capacidad de Campo) %	23,5	39,8	14,3	48,4
15,0 bar (Pto.Marchitez Permanente) %	10,3	9,2	8,1	16,3
Humedad aprovechable (peso) %	13,2	30,6	6,2	32,1

Notas:

- Agrolab se encuentra acreditado por la Comisión de Normalización y Acreditación(CNA) de la Soc.Chilena de la Ciencia del Suelo para realizar análisis de Suelo.
- Metodologías: pH en agua relación 1:2,5. C.Eléctrica:extracto saturado. Materia orgánica Walkley and Black. N:Bremmer. P.Olsen. K,Ca,Mg,Na:ACNH4. Al int:KCl. CIC:AcNa. Fe,Mn,Zn,Cu:DTPA. B agua caliente. Textura:Bouyouco. D.aparente:terron con parafina. Retencion humedad:Placas de presión (Richards).
- Este informe no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio.
- Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas las cuales fueron proporcionadas por el cliente

José Domingo Cañas # 2914 - Santiago - Teléfono: (02) 225 80 87 - e-mail: laboratorio@agrolab.cl



LABORATORIO AGRICOLA
ANALISIS DE SUELO - FOLIAR - AGUA

INFORME DE RESULTADOS - N° Orden: 185.896
ANALISIS SUELO

Productor : Psme Codelco Divsal
Predio : Psme Codelco

Empresa :
Remite : Felipe Yany

Provincia : Chañaral
Comuna : Diego De Almagro
Localidad : Diego De Almagro

Fecha muestreo : 25-03-2023 F.Ingreso : 28-03-2023
Fecha análisis : 28-03-2023 F.Informe : 21-04-2023

Pag. 2/7

Identificación Cuartel		ED-5 S.Piedra Parada	ED-5.1 S.Piedra Parada	ED-6 S.Piedra Parada	ED-7 Rio La Ola
Profundidad muestreo(cm)		0-100 Cm.	0-100 Cm.	0-100 Cm.	0-100 Cm.
N° de Laboratorio		260896	260897	260898	260899
Textura					
Arena (2,00 - 0,05 mm)	%	85	77	81	79
Limo (0,05 - 0,002 mm)	%	4	8	8	12
Arcilla (< 0,002 mm)	%	11	15	11	9
Clase Textural		Arenosa Fca.	Fco.Arenosa	Arenosa Fca.	Arenosa Fca.
Densidad aparente (terron)	g/cc	1,68	1,57	1,79	1,38
Retención de humedad					
0,3 bar (Capacidad de Campo)	%	8,5	11,2	6,8	11,9
15,0 bar (Pto.Marchitez Permanente)	%	4,8	7,4	3,8	6,0
Humedad aprovechable (peso)	%	3,7	3,8	3,0	5,9

Notas:

- Agrolab se encuentra acreditado por la Comisión de Normalización y Acreditación(CNA) de la Soc.Chilena de la Ciencia del Suelo para realizar análisis de Suelo.
- Metodologías: pH:en agua relación 1:2,5. C.Eléctrica:extracto saturado. Materia orgánica:Walkley y Black. N:Bremner. P:Olsen. K,Ca,Mg,Na:AcNH4. Al int:KCl. Cl:C:AcNa. Fe,Mn,Zn,Cu:DTPA. B agua caliente. Textura:Boyouco. D.aparente:terron con parafina. Retencion humedad:Placas de presión (Richards).
- Este informe no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio.
- Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas las cuales fueron proporcionadas por el cliente

José Domingo Cañas # 2914 - Santiago - Teléfono: (02) 225 80 87 - e-mail: laboratorio@agrolab.cl



LABORATORIO AGRICOLA
ANALISIS DE SUELO - FOLIAR - AGUA

**INFORME DE RESULTADOS - Nº Orden: 185.896
ANALISIS SUELO**

Productor : Psme Codelco Divsal
Predio : Psme Codelco

Empresa :
Remite : Felipe Yany

Provincia : Chañaral
Comuna : Diego De Almagro
Localidad : Diego De Almagro

Fecha muestreo : 25-03-2023 F.Ingreso : 28-03-2023
Fecha análisis : 28-03-2023 F.informe : 21-04-2023

Pag. 3/7

Identificación Cuartel	ED-8 Rio La Ola	ED-9 Quebrda Asiento	ED-10 Quebrda Asiento	ED-11 Quebrda Cienaga
Profundidad muestreo(cm)	0-100 Cm.	0-100 Cm.	0-100 Cm.	0-100 Cm.
N° de Laboratorio	260900	260901	260902	260903
Textura				
Arena (2,00 - 0,05 mm) %	69	54	83	55
Limo (0,05 - 0,002 mm) %	16	25	6	34
Arcilla (< 0,002 mm) %	15	21	11	11
Clase Textural	Fco.Arenosa	Fco.Arc.Arenosa	Arenosa Fca.	Fco.Arenosa
Densidad aparente (terron) g/cc	0,79	1,75	1,68	1,39
Retención de humedad				
0,3 bar (Capacidad de Campo) %	29,1	13,9	7,3	15,5
15,0 bar (Pto.Marchitez Permanente) %	9,6	6,3	4,0	9,7
Humedad aprovechable (peso) %	19,5	7,6	3,3	5,8

Observación:

En los suelos, la textura se determina por el método de Bouyouco. Sin embargo, cuando el suelo contiene muy altos contenidos de Materia orgánica, el resultado de los diferentes tamaños de partículas (arena, limo y arcilla), así como su clase textural, se pueden alterar y no corresponder a la realidad.

Notas:

- Agrolab se encuentra acreditado por la Comisión de Normalización y Acreditación(CNA) de la Soc.Chilena de la Ciencia del Suelo para realizar análisis de Suelo.
 - Metodologías: pH:en agua relación 1:2,5. C.Eléctrica:extracto saturado. Materia orgánica:Walkley y Black. N:Bremmer. P:Olsen. K,Ca,Mg,Na:AcNH4. Al int:KCl. ClC:AcNa. Fe,Mn,Zn,Cu:DTPA. B agua caliente. Textura:Bouyouco. D aparente:terron con parafina. Retencion humedad:Placas de presión (Richards).
 - Este informe no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio.
 - Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas las cuales fueron proporcionadas por el cliente
- José Domingo Cañas # 2914 - Santiago - Teléfono: (02) 225 80 87 - e-mail: laboratorio@agrolab.cl



LABORATORIO AGRICOLA
ANALISIS DE SUELO - FOLIAR - AGUA

**INFORME DE RESULTADOS - Nº Orden: 185.896
ANALISIS SUELO**

Productor : Psme Codelco Divsal
Predio : Psme Codelco

Empresa :
Remite : Felipe Yany

Provincia : Chañaral
Comuna : Diego De Almagro
Localidad : Diego De Almagro

Fecha muestreo : 25-03-2023 F.ingreso : 28-03-2023
Fecha análisis : 28-03-2023 F.informe : 21-04-2023

Pag. 4/7

Identificación Cuartel	ED-12 Quebrda Cienaga	ED-13 U.Pastos Largos	ED-14 U.Pastos Largos	ED-15 Quebrada Rio Neg
Profundidad muestreo(cm)	0-100 Cm.	0-100 Cm.	0-100 Cm.	0-100 Cm.
Nº de Laboratorio	260904	260905	260906	260907
Textura				
Arena (2,00 - 0,05 mm) %	45	65	67	70
Limo (0,05 - 0,002 mm) %	42	22	14	17
Arcilla (< 0,002 mm) %	13	13	19	13
Clase Textural	Franca	Fco.Arenosa	Fco.Arenosa	Fco.Arenosa
Densidad aparente (terron) g/cc	0,92	1,37	1,35	0,65
Retención de humedad				
0,3 bar (Capacidad de Campo) %	32,0	13,5	20,5	41,4
15,0 bar (Pto.Marchitez Permanente) %	20,8	7,3	9,5	23,0
Humedad aprovechable (peso) %	11,2	6,2	11,0	18,4

Observación:

En los suelos, la textura se determina por el método de Bouyouco. Sin embargo, cuando el suelo contiene muy altos contenidos de Materia orgánica, el resultado de los diferentes tamaños de partículas (arena, limo y arcilla), así como su clase textural, se pueden alterar y no corresponder a la realidad.

Notas:

- Agrolab se encuentra acreditado por la Comisión de Normalización y Acreditación(CNA) de la Soc.Chilena de la Ciencia del Suelo para realizar análisis de Suelo.
- Metodologías: pH:en agua relación 1:2,5. C.Eléctrica:extracto saturado. Materia orgánica:Walkley and Black. N:Bremmer. P:Olsen. K,Ca,Mg,Na:AcNH4. Al int:KCl. C:AcNa. Fe,Mn,Zn,Cu:DTPA. B agua caliente. Textura:Bouyouco. D.aparente:terron con parafina. Retencion humedad:Placas de presión (Richards).
- Este informe no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio.
- Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas las cuales fueron proporcionadas por el cliente

José Domingo Cañas # 2914 - Santiago - Teléfono: (02) 225 80 87 - e-mail: laboratorio@agrolab.cl



LABORATORIO AGRICOLA
ANALISIS DE SUELO - FOLIAR - AGUA

**INFORME DE RESULTADOS - Nº Orden: 185.896
ANALISIS SUELO**

Productor : Psme Codelco Divsal
Predio : Psme Codelco

Empresa :
Remite : Felipe Yany

Provincia : Chañaral
Comuna : Diego De Almagro
Localidad : Diego De Almagro

Fecha muestreo : 25-03-2023 F.ingreso : 28-03-2023
Fecha análisis : 28-03-2023 F.informe : 21-04-2023

Pag. 5/7

Identificación Cuartel	ED-16 Quebrada	ED-17 Quebrada	ED-18 Quebrada	ED-19
	Rio Neg	Tinajas	Tinajas	Queb.Tordillos
Profundidad muestreo(cm)	0-100 Cm.	0-100 Cm.	0-100 Cm.	0-100 Cm.
Nº de Laboratorio	260908	260909	260910	260911
Textura				
Arena (2,00 - 0,05 mm) %	89	59	59	53
Limo (0,05 - 0,002 mm) %	2	28	20	26
Arcilla (< 0,002 mm) %	9	13	21	21
Clase Textural	Arenosa	Fco.Arenosa	Fco.Arc.Arenosa	Fco.Arc.Arenosa
Densidad aparente (terron) g/cc	1,57	1,26	1,12	0,78
Retención de humedad				
0,3 bar (Capacidad de Campo) %	3,5	23,5	29,6	51,5
15,0 bar (Pto.Marchitez Permanente) %	2,4	12,9	16,8	30,8
Humedad aprovechable (peso) %	1,1	10,6	12,8	20,7

Observación:

En los suelos, la textura se determina por el método de Bouyouco. Sin embargo, cuando el suelo contiene muy altos contenidos de Materia orgánica, el resultado de los diferentes tamaños de partículas (arena, limo y arcilla), así como su clase textural, se pueden alterar y no corresponder a la realidad.

Notas:

- Agrolab se encuentra acreditado por la Comisión de Normalización y Acreditación(CNA) de la Soc.Chilena de la Ciencia del Suelo para realizar análisis de Suelo.
 - Metodologías: pH:en agua relación 1:2,5. C.Eléctrica:extracto saturado. Materia orgánica:Walkley y Black. N:Bremmer. P:Olsen. K,Ca,Mg,Na:AcNH₄. Al int:KCl. CIC:AcNa. Fe,Mn,Zn,Cu:DTPA. B agua caliente. Textura:Bouyouco. D aparente:terron con parafina. Retencion humedad:Placas de presión (Richards).
 - Este informe no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio.
 - Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas las cuales fueron proporcionadas por el cliente
- José Domingo Cañas # 2914 - Santiago - Teléfono: (02) 225 80 87 - e-mail: laboratorio@agrolab.cl



LABORATORIO AGRICOLA
ANALISIS DE SUELO - FOLIAR - AGUA

**INFORME DE RESULTADOS - N° Orden: 185.896
ANALISIS SUELO**

Productor : Psme Codelco Divsal
Predio : Psme Codelco

Empresa :
Remite : Felipe Yany

Provincia : Chañaral
Comuna : Diego De Almagro
Localidad : Diego De Almagro

Fecha muestreo : 25-03-2023 F. ingreso : 28-03-2023
Fecha análisis : 28-03-2023 F. informe : 21-04-2023

Pag. 6/7

Identificación Cuartel	ED-20	ED-21	ED-22	ED-23
	Queb.Tordillos	Queb.Vertiente 2	Queb.Vertiente 2	Queb.Leoncito
Profundidad muestreo(cm)	0-100 Cm.	0-100 Cm.	0-100 Cm.	0-100 Cm.
N° de Laboratorio	260912	260913	260914	260915
Textura				
Arena (2,00 - 0,05 mm) %	67	75	81	71
Limo (0,05 - 0,002 mm) %	20	14	8	14
Arcilla (< 0,002 mm) %	13	11	11	15
Clase Textural	Fco.Arenosa	Fco.Arenosa	Arenosa Fca.	Fco.Arenosa
Densidad aparente (terron) g/cc	0,64	1,66	1,75	1,48
Retención de humedad				
0,3 bar (Capacidad de Campo) %	61,9	13,5	8,5	13,5
15,0 bar (Pto.Marchitez Permanente) %	46,1	7,0	5,0	7,4
Humedad aprovechable (peso) %	15,8	6,5	3,5	6,1

Observación:

En los suelos, la textura se determina por el método de Bouyouco. Sin embargo, cuando el suelo contiene muy altos contenidos de Materia orgánica, el resultado de los diferentes tamaños de partículas (arena, limo y arcilla), así como su clase textural, se pueden alterar y no corresponder a la realidad.

Notas:

- Agrolab se encuentra acreditado por la Comisión de Normalización y Acreditación(CNA) de la Soc.Chilena de la Ciencia del Suelo para realizar análisis de Suelo.
- Metodologías: pH:en agua relación 1:2,5. C.Eléctrica:extracto saturado. Materia orgánica:Walkley y Black. N:Bremmer. P.Olsen. K,Ca,Mg,Na,AcNH4. Al int.KCl. CIC:AcNa. Fe,Mn,Zn,Cu.DTPA. B agua caliente. Textura:Bouyouco. D.aparente:terron con parafina. Retencion humedad:Placas de presión (Richards).
- Este informe no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio.
- Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas las cuales fueron proporcionadas por el cliente

José Domingo Cañas # 2914 - Santiago - Teléfono: (02) 225 80 87 - e-mail: laboratorio@agrolab.cl



LABORATORIO AGRICOLA
ANALISIS DE SUELO - FOLIAR - AGUA

INFORME DE RESULTADOS - Nº Orden: 185.896
ANALISIS SUELO

Productor : Psme Codelco Divsal
Predio : Psme Codelco

Empresa :
Remite : Felipe Yany

Provincia : Chañaral
Comuna : Diego De Almagro
Localidad : Diego De Almagro

Fecha muestreo : 25-03-2023 F.ingreso : 28-03-2023
Fecha análisis : 28-03-2023 F.informe : 21-04-2023

Pag. 7/7

Identificación Cuartel		ED-24 Queb.Leoncito	ED-25 Queb.El Colorado	ED-26 Queb.El Colorado
Profundidad muestreo(cm)		0-100 Cm.	0-100 Cm.	0-100 Cm.
N° de Laboratorio		260916	260917	260918
Textura				
Arena (2,00 - 0,05 mm)	%	46	46	45
Limo (0,05 - 0,002 mm)	%	45	33	36
Arcilla (< 0,002 mm)	%	9	21	19
Clase Textural		Franca	Franca	Franca
Densidad aparente (terron)	g/cc	1,28	0,48	0,59
Retención de humedad				
0,3 bar (Capacidad de Campo)	%	26,7	108	76,9
15,0 bar (Pto.Marchitez Permanente)	%	15,0	61,5	36,4
Humedad aprovechable (peso)	%	11,7	46,1	40,5

Observación:

En los suelos, la textura se determina por el método de Bouyouco. Sin embargo, cuando el suelo contiene muy altos contenidos de Materia orgánica, el resultado de los diferentes tamaños de partículas (arena, limo y arcilla), así como su clase textural, se pueden alterar y no corresponder a la realidad.



R. Espinoza
Rosa Espinoza Astudillo
Jefe Laboratorio

Notas:

- Agrolab se encuentra acreditado por la Comisión de Normalización y Acreditación (CNA) de la Soc.Chilena de la Ciencia del Suelo para realizar análisis de Suelo.
- Metodologías: pH:en agua relación 1:2,5. C.Eléctrica:extracto saturado. Materia orgánica:Walkley y Black. N:Bremmer. P:Olsen. K,Ca,Mg,Na:AcNH4. Al int:KCl. CIC:AcNa. Fe,Mn,Zn,Cu:DTPA. B agua caliente. Textura:Bouyouco. D aparente:terron con parafina. Retencion humedad:Placas de presión (Richards).
- Este informe no debe ser reproducido parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio.
- Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas las cuales fueron proporcionadas por el cliente

José Domingo Cañas # 2914 - Santiago - Teléfono: (02) 225 80 87 - e-mail: laboratorio@agrolab.cl

**INFORME DE RESULTADOS - Nº Orden: 185.896
ANALISIS SUELO**

Productor : Psme Codelco Divsal
Predio : Psme Codelco

Empresa :
Remite : Felipe Yany

Provincia : Chañaral
Comuna : Diego De Almagro
Localidad : Diego De Almagro

Fecha muestreo : 25-03-2023 F.ingreso : 28-03-2023
Fecha análisis : 28-03-2023 F.informe : 18-04-2023

Pag. 1/7

Identificación Cuartel	ED-1 Salar Pedernales	ED-2 Salar Pedernales	ED-3 Laguna	ED-4 Laguna	Rango para Interpretación	
					Sin Problema	Problema Severo
Profundidad muestreo(cm)	0-100 Cm.	0-100 Cm.	0-100 Cm.	0-100 Cm.		
N° de Laboratorio	260892	260893	260894	260895		
Salinidad						
pH (en extracto)	7,2	7,4	7,0	7,5	6,5-8,0	> 8,5
C.Eléctrica (en extracto) dS/m	47,3	58,1	6,2	15,5	< 2,0	> 4,0
RAS (Relación Adsorción de Sodio)	46	66	6,0	15	<10,0	>15,0
Cationes y aniones solubles (meq/l)						
Calcio (Ca) meq/l	59,3	93,1	30,0	53,1		
Magnesio (Mg) meq/l	51,0	4,4	5,1	13,7		
Potasio (K) meq/l	21,3	23,0	2,1	3,0		
Sodio (Na) meq/l	343	463	25,0	89,1	< 5,0	>30,0
Cloruro (Cl) meq/l	396	531	3,1	108	<10,0	>30,0
Sulfato (SO4) meq/l	69	48	50	46		
Bicarbonato (HCO3) meq/l	8,8	3,2	2,8	6,2	< 4,0	> 8,5
Cationes y aniones solubles (mg/l)						
Calcio (Ca) mg/l	1186	1862	600	1062		
Magnesio (Mg) mg/l	620	53	62	166		
Potasio (K) mg/l	833	899	82	117		
Sodio (Na) mg/l	7889	10649	575	2049	<115	>700
Cloruro (Cl) mg/l	14038	18824	110	3829	<350	>1000
Sulfato (SO4) mg/l	3312	2304	2400	2208		
Bicarbonato (HCO3) mg/l	537	195	171	378	<240	>500
Otras determinaciones						
%Saturación (retención agua en pasta)	46	56	39	75		

* Análisis de salinidad realizado en el extracto saturado
Observacion1



R. Espinoza
Rosa-Espinoza Astudillo
Jefe Laboratorio

Notas:

- Agrolab se encuentra acreditado por la Comisión de Normalización y Acreditación (CNA) de la Soc.Chilena de la Ciencia del Suelo para realizar análisis de Suelo, además está acreditado por el Servicio Agrícola Ganadero (SAG) para realizar los análisis requeridos por el Ministerio de Agricultura para los programas de recuperación de suelos degradados.
- Metodologías: pH,Cl,NO3,NNH4:Potenciometría con electrodo específico. C.Eléctrica:Conductivímetro. Ca,Mg,Na,K,Zn,Mn,Fe,Cu, y otros metales:Absorción atómica. P,B:Colorimétrico. HCO3:titulación. SO4:Turbidimetría.
- Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas las cuales fueron proporcionadas por el cliente

José Domingo Cañas # 2914 - Santiago - Teléfono: (02) 225 80 87 - e-mail: laboratorio@agrolab.cl

INFORME DE RESULTADOS - N° Orden: 185.896
ANALISIS SUELO

Productor : Psme Codelco Divsal
Predio : Psme Codelco

Empresa :
Remite : Felipe Yany

Provincia : Chañaral
Comuna : Diego De Almagro
Localidad : Diego De Almagro

Fecha muestreo : 25-03-2023 F.ingreso : 28-03-2023
Fecha análisis : 28-03-2023 F.informe : 18-04-2023

Pag. 2/7

Identificación Cuartel	ED-5 S.Piedra Parada	ED-5.1 S.Piedra Parada	ED-6 S.Piedra Parada	ED-7 Rio La Ola	Rango para Interpretación	
					Sin Problema	Problema Severo
Profundidad muestreo(cm)	0-100 Cm.	0-100 Cm.	0-100 Cm.	0-100 Cm.		
N° de Laboratorio	260896	260897	260898	260899		
Salinidad						
pH (en extracto)	7,4	7,5	7,9	7,5	6,5-8,0	> 8,5
C.Eléctrica (en extracto) dS/m	15,2	11,6	4,7	5,5	< 2,0	> 4,0
RAS (Relación Adsorción de Sodio) -	22	15	19	18	<10,0	>15,0
Cationes y aniones solubles (meq/l)						
Calcio (Ca) meq/l	33,1	31,3	4,0	9,2		
Magnesio (Mg) meq/l	10,7	9,5	3,0	3,1		
Potasio (K) meq/l	4,8	4,8	1,5	1,5		
Sodio (Na) meq/l	104	70,0	35,1	43,8	< 5,0	>30,0
Cloruro (Cl) meq/l	105	68	7,3	2,9	<10,0	>30,0
Sulfato (SO4) meq/l	45	51	9,6	31		
Bicarbonato (HCO3) meq/l	5,0	3,0	2,3	5,5	< 4,0	> 8,5
Cationes y aniones solubles (mg/l)						
Calcio (Ca) mg/l	662	626	80	184		
Magnesio (Mg) mg/l	130	115	36	38		
Potasio (K) mg/l	188	188	59	59		
Sodio (Na) mg/l	2392	1610	807	1007	<115	>700
Cloruro (Cl) mg/l	3722	2411	259	103	<350	>1000
Sulfato (SO4) mg/l	2160	2448	461	1488		
Bicarbonato (HCO3) mg/l	305	183	140	336	<240	>500
Otras determinaciones						
% Saturación (retención agua en pasta)	26	26	21	50		

* Análisis de salinidad realizado en el extracto saturado
Observacion1



R. Espinoza
Rosa Espinoza Astudillo
Jefe Laboratorio

Notas:

- Agrolab se encuentra acreditado por la Comisión de Normalización y Acreditación (CNA) de la Soc.Chilena de la Ciencia del Suelo para realizar análisis de Suelo, además está acreditado por el Servicio Agrícola Ganadero (SAG) para realizar los análisis requeridos por el Ministerio de Agricultura para los programas de recuperación de suelos degradados.
 - Metodologías: pH,Cl,NO3,NNH4:Potenciometría con electrodo específico. C.Eléctrica:Conductivímetro. Ca,Mg,Na,K,Zn,Mn,Fe,Cu, y otros metales:Absorción atómica. P,B:Colorimétrico. HCO3:titulación. SO4:Turbidimetría.
 - Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas las cuales fueron proporcionadas por el cliente
- José Domingo Cañas # 2914 - Santiago - Teléfono: (02) 225 80 87 - e-mail: laboratorio@agrolab.cl



LABORATORIO AGRICOLA
ANALISIS DE SUELO - FOLIAR - AGUA

**INFORME DE RESULTADOS - N° Orden: 185.896
ANALISIS SUELO**

Productor : Psme Codelco Divsal
Predio : Psme Codelco

Empresa :
Remite : Felipe Yany

Provincia : Chañaral
Comuna : Diego De Almagro
Localidad : Diego De Almagro

Fecha muestreo : 25-03-2023 F.ingreso : 28-03-2023
Fecha análisis : 28-03-2023 F.informe : 18-04-2023

Pag. 3/7

Identificación Cuartel	ED-8 Rio La Ola	ED-9 Quebrda Asiento	ED-10 Quebrda Asiento	ED-11 Quebrda Cienaga	Rango para Interpretación	
					Sin Problema	Problema Severo
Profundidad muestreo(cm)	0-100 Cm.	0-100 Cm.	0-100 Cm.	0-100 Cm.		
N° de Laboratorio	260900	260901	260902	260903		
Salinidad						
pH (en extracto)	4,3	7,4	7,2	6,7	6,5-8,0	> 8,5
C.Eléctrica (en extracto) dS/m	15,5	12,1	1,1	4,6	< 2,0	> 4,0
RAS (Relación Adsorción de Sodio) -	15	7,8	1,4	2,4	<10,0	>15,0
Cationes y aniones solubles (meq/l)						
Calcio (Ca) meq/l	32,8	37,8	6,3	21,0		
Magnesio (Mg) meq/l	34,6	25,9	1,2	15,2		
Potasio (K) meq/l	2,3	12,6	0,23	0,50		
Sodio (Na) meq/l	88,0	44,3	2,8	10,3	< 5,0	>30,0
Cloruro (Cl) meq/l	78	76	2,0	1,1	<10,0	>30,0
Sulfato (SO4) meq/l	79	39	2,8	43		
Bicarbonato (HCO3) meq/l	4,0	5,2	4,0	2,4	< 4,0	> 8,5
Cationes y aniones solubles (mg/l)						
Calcio (Ca) mg/l	656	756	126	420		
Magnesio (Mg) mg/l	420	315	15	185		
Potasio (K) mg/l	90	493	9	20		
Sodio (Na) mg/l	2024	1019	64	237	<115	>700
Cloruro (Cl) mg/l	2765	2694	71	39	<350	>1000
Sulfato (SO4) mg/l	3792	1872	134	2064		
Bicarbonato (HCO3) mg/l	244	317	244	146	<240	>500
Otras determinaciones						
% Saturación (retención agua en pasta)	84	25	26	43		

* Análisis de salinidad realizado en el extracto saturado
Observacion1



 Rosa Espinoza Astudillo
 Jefe Laboratorio

Notas:

- Agrolab se encuentra acreditado por la Comisión de Normalización y Acreditación (CNA) de la Soc.Chilena de la Ciencia del Suelo para realizar análisis de Suelo, además está acreditado por el Servicio Agrícola Ganadero (SAG) para realizar los análisis requeridos por el Ministerio de Agricultura para los programas de recuperación de suelos degradados.
- Metodologías: pH,Cl,NNH3,NNH4:Potenciometría con electrodo específico. C.Electrica:Conductivimetro. Ca,Mg,Na,K,Zn,Mn,Fe,Cu, y otros metales:Absorción atómica. P,B:Colorimetrico. HCO3:titulación. SO4:Turbidimetría.
- Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas las cuales fueron proporcionadas por el cliente

José Domingo Cañas # 2914 - Santiago - Teléfono: (02) 225 80 87 - e-mail: laboratorio@agrolab.cl

**INFORME DE RESULTADOS - N° Orden: 185.896
ANALISIS SUELO**

Productor : Psme Codelco Divsal
Predio : Psme Codelco

Empresa :
Remite : Felipe Yany

Provincia : Chañaral
Comuna : Diego De Almagro
Localidad : Diego De Almagro

Fecha muestreo : 25-03-2023 F.Ingreso : 28-03-2023
Fecha análisis : 28-03-2023 F.Informe : 18-04-2023

Pag. 4/7

Identificación Cuartel	ED-12 Quebrda Cienaga	ED-13 U.Pastos Largos	ED-14 U.Pastos Largos	ED-15 Quebrada Rio Neg	Rango para Interpretación	
					Sin Problema	Problema Severo
Profundidad muestreo(cm)	0-100 Cm.	0-100 Cm.	0-100 Cm.	0-100 Cm.		
N° de Laboratorio	260904	260905	260906	260907		
Salinidad						
pH (en extracto)	6,6	6,8	6,6	5,0	6,5-8,0	> 8,5
C.Eléctrica (en extracto) dS/m	3,4	0,55	0,96	4,3	< 2,0	> 4,0
RAS (Relación Adsorción de Sodio)	1,2	1,8	2,0	2,6	<10,0	>15,0
Cationes y aniones solubles (meq/l)						
Calcio (Ca) meq/l	20,2	2,5	4,2	22,0		
Magnesio (Mg) meq/l	9,7	0,7	1,4	9,3		
Potasio (K) meq/l	0,32	0,21	0,69	1,6		
Sodio (Na) meq/l	4,6	2,3	3,4	10,4	< 5,0	>30,0
Cloruro (Cl) meq/l	2,2	1,2	2,1	1,2	<10,0	>30,0
Sulfato (SO4) meq/l	30	3,7	6,4	41		
Bicarbonato (HCO3) meq/l	2,0	0,90	1,2	1,0	< 4,0	> 8,5
Cationes y aniones solubles (mg/l)						
Calcio (Ca) mg/l	404	50	84	440		
Magnesio (Mg) mg/l	118	9	17	113		
Potasio (K) mg/l	13	8	27	63		
Sodio (Na) mg/l	106	53	78	239	<115	>700
Cloruro (Cl) mg/l	78	43	74	43	<350	>1000
Sulfato (SO4) mg/l	1440	178	307	1968		
Bicarbonato (HCO3) mg/l	122	55	73	61	<240	>500
Otras determinaciones						
% Saturación (retención agua en pasta)	83	34	42	111		

* Análisis de salinidad realizado en el extracto saturado
Observacion1



R. Espinoza
Rosa-Espinoza Astudillo
Jefe Laboratorio

Notas:

- Agrolab se encuentra acreditado por la Comisión de Normalización y Acreditación (CNA) de la Soc.Chilena de la Ciencia del Suelo para realizar análisis de Suelo, además está acreditado por el Servicio Agrícola Ganadero (SAG) para realizar los análisis requeridos por el Ministerio de Agricultura para los programas de recuperación de suelos degradados.
 - Metodologías: pH,Cl,NO3,NNH4:Potenciometría con electrodo específico. C.Eléctrica:Conductivímetro. Ca,Mg,Na,K,Zn,Mn,Fe,Cu, y otros metales:Absorción atómica. P,B:Colorimétrico. HCO3:titulación. SO4:Turbidimetría.
 - Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas las cuales fueron proporcionadas por el cliente
- José Domingo Cañas # 2914 - Santiago - Teléfono: (02) 225 80 87 - e-mail: laboratorio@agrolab.cl



LABORATORIO AGRICOLA
ANALISIS DE SUELO - FOLIAR - AGUA

**INFORME DE RESULTADOS - N° Orden: 185.896
ANALISIS SUELO**

Productor : Psme Codelco Divsal
Predio : Psme Codelco

Empresa :
Remite : Felipe Yany

Provincia : Chañaral
Comuna : Diego De Almagro
Localidad : Diego De Almagro

Fecha muestreo : 25-03-2023 F.Ingreso : 28-03-2023
Fecha análisis : 28-03-2023 F.Informe : 18-04-2023

Pag. 5/7

Identificación Cuartel	ED-16 Quebrada Río Neg	ED-17 Quebrada Tinajas	ED-18 Quebrada Tinajas	ED-19 Quebrada Quebr.Tordillos	Rango para Interpretación	
					Sin Problema	Problema Severo
Profundidad muestreo(cm)	0-100 Cm.	0-100 Cm.	0-100 Cm.	0-100 Cm.		
N° de Laboratorio	260908	260909	260910	260911		
Salinidad						
pH (en extracto)	7,6	7,0	6,2	7,0	6,5-8,0	> 8,5
C. Eléctrica (en extracto) dS/m	1,5	6,5	4,9	5,2	< 2,0	> 4,0
RAS (Relación Adsorción de Sodio)	8,4	4,8	3,7	4,8	<10,0	>15,0
Cationes y aniones solubles (meq/l)						
Calcio (Ca) meq/l	2,3	27,0	22,0	24,5		
Magnesio (Mg) meq/l	0,7	14,9	11,8	7,4		
Potasio (K) meq/l	0,65	0,85	0,69	1,4		
Sodio (Na) meq/l	10,3	22,1	15,2	19,1	< 5,0	>30,0
Cloruro (Cl) meq/l	3,2	3,7	3,2	1,8	<10,0	>30,0
Sulfato (SO4) meq/l	5,1	5,1	4,5	4,6		
Bicarbonato (HCO3) meq/l	2,2	4,3	1,7	4,9	< 4,0	> 8,5
Cationes y aniones solubles (mg/l)						
Calcio (Ca) mg/l	46	540	440	490		
Magnesio (Mg) mg/l	9	181	143	90		
Potasio (K) mg/l	25	33	27	55		
Sodio (Na) mg/l	237	508	350	439	<115	>700
Cloruro (Cl) mg/l	113	131	113	64	<350	>1000
Sulfato (SO4) mg/l	245	2448	2160	2208		
Bicarbonato (HCO3) mg/l	134	262	104	299	<240	>500
Otras determinaciones						
% Saturación (retención agua en pasta)	29	52	57	112		

* Análisis de salinidad realizado en el extracto saturado
Observacion1



R. Espinoza
Rosa Espinoza Astudillo
Jefe Laboratorio

Notas:

- Agrolab se encuentra acreditado por la Comisión de Normalización y Acreditación (CNA) de la Soc.Chilena de la Ciencia del Suelo para realizar análisis de Suelo, además está acreditado por el Servicio Agrícola Ganadero (SAG) para realizar los análisis requeridos por el Ministerio de Agricultura para los programas de recuperación de suelos degradados.
- Metodologías: pH,Cl,NO3,NNH4:Potenciometría con electrodo específico. C.Eléctrica:Conductivímetro. Ca,Mg,Na,K,Zn,Mn,Fe,Cu, y otros metales:Absorción atómica. P,B:Colorimétrico. HCO3:titulación. SO4:Turbidimetría..
- Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas las cuales fueron proporcionadas por el cliente

José Domingo Cañas # 2914 - Santiago - Teléfono: (02) 225 80 87 - e-mail: laboratorio@agrolab.cl



LABORATORIO AGRICOLA
ANALISIS DE SUELO - FOLIAR - AGUA

**INFORME DE RESULTADOS - N° Orden: 185.896
ANALISIS SUELO**

Productor : Psme Codelco Divsal
Predio : Psme Codelco

Empresa :
Remite : Felipe Yany

Provincia : Chañaral
Comuna : Diego De Almagro
Localidad : Diego De Almagro

Fecha muestreo : 25-03-2023 F.ingreso : 28-03-2023
Fecha análisis : 28-03-2023 F.informe : 18-04-2023

Pag. 6/7

Identificación Cuartel	ED-20 Queb.Tordillos	ED-21 Queb.Vertiente 2	ED-22 Queb.Vertiente 2	ED-23 Queb.Leoncito	Rango para Interpretación	
					Sin Problema	Problema Severo
Profundidad muestreo(cm)	0-100 Cm.	0-100 Cm.	0-100 Cm.	0-100 Cm.		
N° de Laboratorio	260912	260913	260914	260915		
Salinidad						
pH (en extracto)	3,8	7,4	7,5	6,4	6,5-8,0	> 8,5
C.Eléctrica (en extracto) dS/m	5,4	1,7	1,1	1,7	< 2,0	> 4,0
RAS (Relación Adsorción de Sodio) -	2,8	5,9	3,2	1,4	<10,0	>15,0
Cationes y aniones solubles (meq/l)						
Calcio (Ca) meq/l	24,1	4,1	3,8	10,4		
Magnesio (Mg) meq/l	16,2	2,3	2,0	2,9		
Potasio (K) meq/l	1,8	0,26	0,12	0,38		
Sodio (Na) meq/l	12,5	10,6	5,4	3,5	< 5,0	>30,0
Cloruro (Cl) meq/l	1,8	2,6	1,4	1,3	<10,0	>30,0
Sulfato (SO4) meq/l	51	8,9	6,9	12		
Bicarbonato (HCO3) meq/l	1,4	3,4	2,3	3,3	< 4,0	> 8,5
Cationes y aniones solubles (mg/l)						
Calcio (Ca) mg/l	482	82	76	208		
Magnesio (Mg) mg/l	197	28	24	35		
Potasio (K) mg/l	70	10	5	15		
Sodio (Na) mg/l	288	244	124	81	<115	>700
Cloruro (Cl) mg/l	64	92	50	46	<350	>1000
Sulfato (SO4) mg/l	2448	427	331	576		
Bicarbonato (HCO3) mg/l	85	207	140	201	<240	>500
Otras determinaciones						
%Saturación (retención agua en pasta)	130	25	25	61		

* Análisis de salinidad realizado en el extracto saturado
Observacion1



R. Espinoza
Rosa Espinoza Astudillo
Jefe Laboratorio

Notas:

- Agrolab se encuentra acreditado por la Comisión de Normalización y Acreditación (CNA) de la Soc.Chilena de la Ciencia del Suelo para realizar análisis de Suelo, además está acreditado por el Servicio Agrícola Ganadero (SAG) para realizar los análisis requeridos por el Ministerio de Agricultura para los programas de recuperación de suelos degradados.
 - Metodologías: pH,Cl,NO3,NNH4:Potenciometría con electrodo específico. C.Eléctrica:Conductivímetro. Ca,Mg,Na,K,Zn,Mn,Fe,Cu, y otros metales:Absorción atómica. P,B:Colorimétrico. HCO3:titulación. SO4:Turbidimetría.
 - Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas las cuales fueron proporcionadas por el cliente
- José Domingo Cañas # 2914 - Santiago - Teléfono: (02) 225 80 87 - e-mail: laboratorio@agrolab.cl

**INFORME DE RESULTADOS - Nº Orden: 185.896
ANALISIS SUELO**

Productor : Psme Codelco Divsal
Predio : Psme Codelco

Empresa :
Remite : Felipe Yany

Provincia : Chañaral
Comuna : Diego De Almagro
Localidad : Diego De Almagro

Fecha muestreo : 25-03-2023 F.Ingreso : 28-03-2023
Fecha análisis : 28-03-2023 F.Informe : 18-04-2023

Pag. 7/7

Identificación Cuartel	ED-24 Queb.Leoncito	ED-25 Queb.El Colorado	ED-26 Queb.El Colorado	Rango para Interpretación	
				Sin Problema	Problema Severo
Profundidad muestreo(cm)	0-100 Cm.	0-100 Cm.	0-100 Cm.		
Nº de Laboratorio	260916	260917	260918		
Salinidad					
pH (en extracto)	6,7	4,8	4,4	6,5-8,0	> 8,5
C.Eléctrica (en extracto) dS/m	13,0	4,6	9,3	< 2,0	> 4,0
RAS (Relación Adsorción de Sodio)	7,1	1,5	5,0	<10,0	>15,0
Cationes y aniones solubles (meq/l)					
Calcio (Ca) meq/l	50,2	25,6	27,3		
Magnesio (Mg) meq/l	35,8	13,1	34,3		
Potasio (K) meq/l	3,4	1,3	3,7		
Sodio (Na) meq/l	46,6	6,7	27,8	< 5,0	>30,0
Cloruro (Cl) meq/l	71	1,4	8,8	<10,0	>30,0
Sulfato (SO4) meq/l	54	44	76		
Bicarbonato (HCO3) meq/l	8,8	1,4	8,0	< 4,0	> 8,5
Cationes y aniones solubles (mg/l)					
Calcio (Ca) mg/l	1004	512	546		
Magnesio (Mg) mg/l	435	159	417		
Potasio (K) mg/l	133	51	145		
Sodio (Na) mg/l	1072	154	639	<115	>700
Cloruro (Cl) mg/l	2517	50	312	<350	>1000
Sulfato (SO4) mg/l	2592	2112	3648		
Bicarbonato (HCO3) mg/l	537	85	488	<240	>500
Otras determinaciones					
% Saturación (retención agua en pasta)	46	141	125		

* Análisis de salinidad realizado en el extracto saturado
Observacion1



R. Espinoza
Rosa Espinoza Astudillo
Jefe Laboratorio

Notas:

- Agrolab se encuentra acreditado por la Comisión de Normalización y Acreditación (CNA) de la Soc.Chilena de la Ciencia del Suelo para realizar análisis de Suelo, además está acreditado por el Servicio Agrícola Ganadero (SAG) para realizar los análisis requeridos por el Ministerio de Agricultura para los programas de recuperación de suelos degradados.
- Metodologías: pH,Cl,NO3,NH4:Potenciometría con electrodo específico. C.Eléctrica:Conductímetro. Ca,Mg,Na,K,Zn,Mn,Fe,Cu, y otros metales:Absorción atómica. P,B:Colorimétrico. HCO3:titulación. SO4:Turbidimetría.
- Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas las cuales fueron proporcionadas por el cliente

José Domingo Cañas # 2914 - Santiago - Teléfono: (02) 225 80 87 - e-mail: laboratorio@agrolab.cl

