

**“Caracterización de Humedales Altoandinos para una gestión sustentable de las actividades productivas del sector norte del país”.**

## **RECURSO SUELO I REGIÓN DE TARAPACA**

**Gabriel Henriquez**  
**Ingeniero Agrónomo**  
[ghenriquez@ciren.cl](mailto:ghenriquez@ciren.cl)

**ABRIL 2013**

## **RECURSO SUELO I REGIÓN DE TARAPACA**

### **1. INTRODUCCIÓN**

La Región de Tarapacá (I) se ubica en el norte del país, a una distancia superior a 1.800 kilómetros de la capital de Chile. Posee una superficie de 42.272,79 kilómetros cuadrados, equivalentes al 5,6% del territorio nacional. Cuenta, según el censo de 2002, con una población de 238.950 habitantes y una densidad de 5,6 habitantes por kilómetro cuadrado. Limita al norte con la Región de Arica-Parinacota, al este con la República de Bolivia y al oeste con el Océano Pacífico, abarcando desde los 18° 56' hasta los 21° 38' de latitud sur aproximadamente. Esta región se caracteriza por un clima donde predomina la ausencia absoluta de precipitaciones, convirtiéndose en un paisaje de extrema aridez y escasa vegetación, llegando a ser una de las regiones más secas del mundo. (1)

El presente documento, es el resultado del análisis de la información de suelos recopilada en el marco del proyecto “Caracterización de Humedales Altoandinos para una gestión sustentable de las actividades productivas del sector norte del país”.

Los antecedentes que se analizan, se relacionan con la situación edáfica imperante en la región, con énfasis en el área de estudio, la cual, es poseedora de características específicas que permiten el desarrollo de una especial y a la vez frágil biodiversidad, influenciada en gran medida por la variación de los factores que aquí se mencionan.

### **2. ÁREA DE ESTUDIO**

El área de estudio corresponde a los sectores de humedales altoandinos ubicados sobre los 2.000 m.s.n.m. (Figura 1). Estos sectores ocupan normalmente los 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. Generalmente se ubican en alturas que varían entre los 4000-4500 msnm. Estos humedales son la principal fuente de recarga de los acuíferos subterráneos, los cuales proveen de agua para el desarrollo de la ciudadanía y la industria en la región.



**Figura 1.** Área de Estudio Región de Tarapacá.

### 3. SITUACIÓN REGIONAL

En términos generales, el área de estudio cuenta con escasa bibliografía de estudios y descripciones de suelos que otorguen la información necesaria para establecer una base de datos que de cuenta de la totalidad del territorio (7). El conocimiento de los suelos del Norte Grande es aún empírico, principalmente debido a que los suelos poseen una limitada aptitud agrícola, determinada por sus regímenes hidrotérmicos y la inaccesibilidad del área, lo cual ha resultado en la inexistencia de levantamientos de suelos detallados ((7), citado por (4))

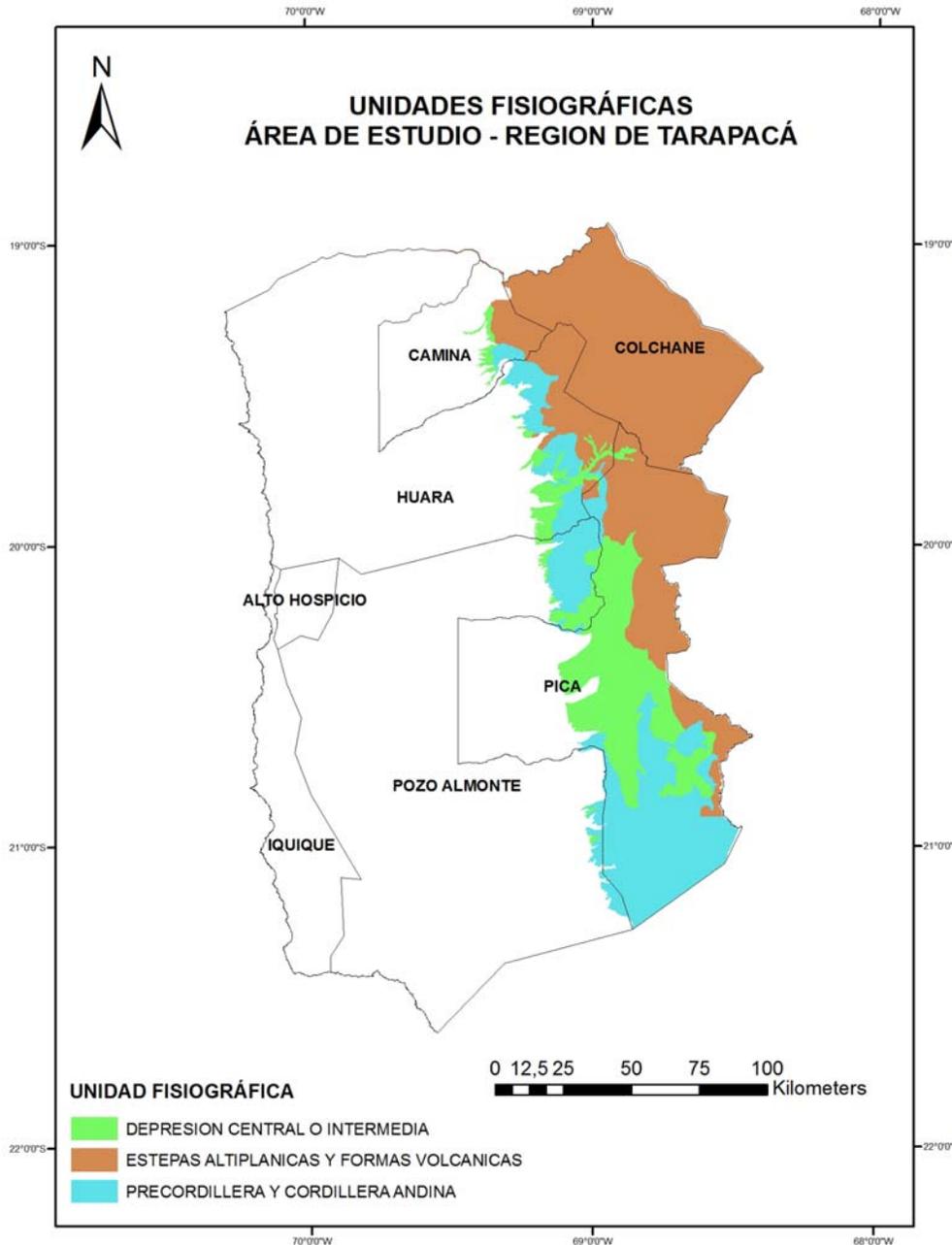
A un nivel generalizado, los únicos estudios existentes son los realizados por el Ministerio de Agricultura y FAO entre 1960 y 1963, específicamente para territorio que actualmente conforman las regiones XV y I (6). La mejor aproximación que existe hasta el presente, es un estudio realizado a escala 1:500.000 por el Instituto de Investigaciones en Recursos Naturales (IREN) del año 1976 que, evidentemente, no puede identificar con precisión la distribución de los suelos, sus relaciones con el paisaje y las formaciones fisiográficas (7).

Los suelos de las regiones XV y I son conocidos principalmente como suelos de desiertos; i) Entisoles, que se localizan en los lomajes de la Cordillera de la Costa. Son suelos de gran variabilidad en textura, pedregosidad, profundidad, color y grado de desarrollo, marcadamente coluviales y esqueléticos-francos en todo el perfil. li) Andisoles, localizados principalmente en le Depresión Intermedia y el piedmont, son suelos poco evolucionados, derivados de sedimentos gruesos, diferenciándose según se ubiquen en las pampas no salinas donde en algunos casos es posible encontrar con horizontes cámbico, cálcico y petrocálcico. La pampa presenta zonas con altas concentraciones salinas. En los valles los suelos son de origen aluvial, de texturas gruesas y con diferentes grados de salinización y sodificación. lii) Histosoles, suelos derivados de materiales vegetales o minerales, predominan en el Altiplano a 3.000 m. de altura, conocidos como bofedales. (Informe País, 2008, citado por (2))

El estudio realizado por IREN (1979), considera cuatro unidades principales de agrupación de suelos, individualizadas considerando la fisiografía predominante, separando dentro de cada una sub-sectores ecológicos considerando que el sistema era el más adecuado para estudios generalizados a escalas pequeñas. Las unidades fisiográficas y sectores ecológicos en que se han agrupado los suelos se describen a continuación (6).

- i) Cordillera de la Costa
  - (a) Terrazas y Acantilados Litorales con clima Desértico costero nuboso.
  - (b) Áreas Montañosas Áridas
  - (c) Depresiones sedimentarias Intermontanas Áridas
  - (d) Áreas Agrícolas de Quebradas
  
- ii) Depresión Intermedia
  - (a) Depresiones Sedimentarias salinas de clima Desértico
  - (b) Planicies Sedimentarias aluvionales de clima Desértico
  - (c) Planicies Inclinadas, Disectadas de clima Desértico
  - (d) Planicies Arenosas de Origen Eólico con clima Desértico
  
- iii) Precordillera y Cordillera Andina
  - (a) Precordillera con clima semi-desértico Marginal de Altura
  - (b) Montañas andinas con clima Transicional Desierto-Estepa
  - (c) Áreas agrícolas de Quebradas y Terrazas Artificiales en zonas Microclimáticas
  
- iv) Estepas Altiplánicas y Formas Volcánicas
  - (a) Planicies aluviales y/o coluviales de Estepa Fría
  - (b) Relieves Volcánicos de clima de Estepa Fría y Hielos por efecto de Altura
  - (c) Formaciones Turbosas en clima de Estepa Fría

De las cuatro unidades fisiográficas señaladas, las unidades “Precordillera y Cordillera Andina” y “Estepas Altiplánicas y Formas Volcánicas” ocupan de manera predominante el área de estudio en el presente proyecto (Figura 2), por lo cual el énfasis de la descripción de suelos se hará sobre dichos sectores ecológicos.



**Figura 2.** Unidades Fisiográficas presentes en área de estudio. Fuente: IREN, 1979.

#### 4. PANORAMA GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

En términos generales, el área de estudio cuenta con escasa bibliografía de estudios y descripciones de suelos que otorguen la información necesaria para establecer una base de datos que de cuenta de la totalidad del territorio bajo estudio. La escasez de estudios de suelos Altiplánicos del norte de Chile obedece principalmente al hecho de que estos poseen una limitada aptitud agrícola, determinada por sus regímenes hidrotérmicos y la inaccesibilidad del área, resultando en la inexistencia de levantamientos de suelos detallados. Por lo tanto, se considera que el estudio de estos suelos es de interés, más que por su valor económico o agrícola, por su aporte al conocimiento sobre el recurso natural suelo en una zona única, sobre la cual existen conocimientos prácticos y científicos muy limitados. (7)

En el Altiplano existen suelos sin desarrollo, de texturas gruesas, muy delgados y, suelos poco evolucionados derivados de materiales volcánicos. En la alta cordillera (sobre los 3.000 m de altitud) se encuentran los bofedales cuyos suelos son orgánicos (Histosoles) o minerales, muy estratificados, con altos contenidos de materia orgánica y elevada salinidad. (5)

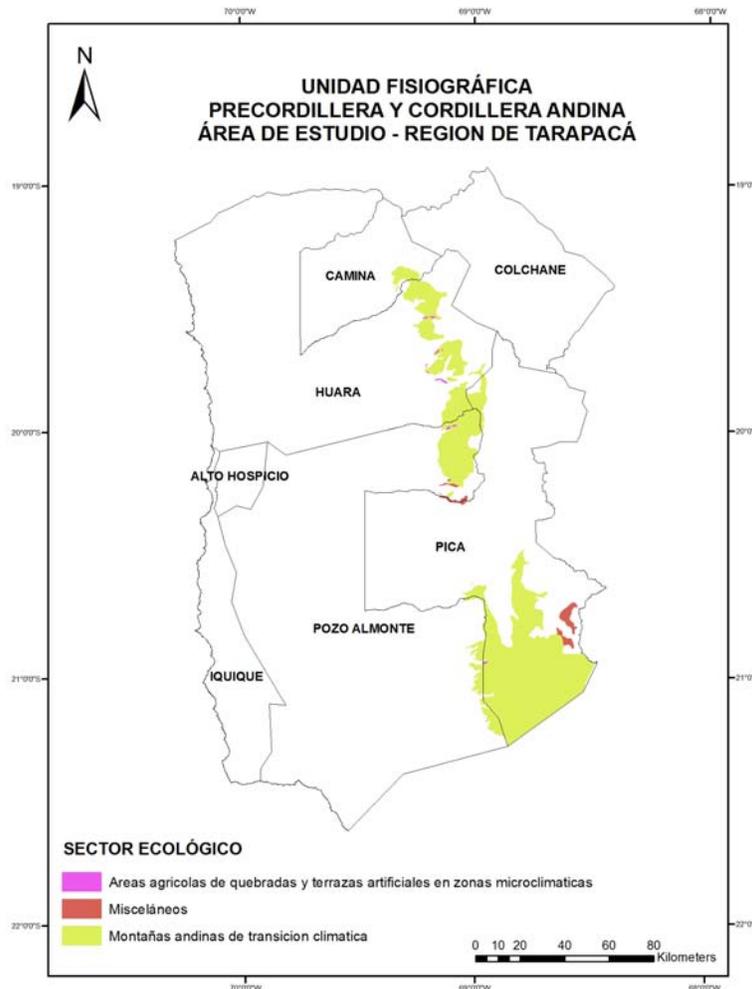
#### 5. UNIDADES FISIAGRÁFICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

##### 5.1 Precordillera y Cordillera Andina

Hay una graduación de Oeste a Este, que se manifiesta en una alteración progresiva de los materiales parentales y un mayor desarrollo de perfiles, basado en que, aparte de la destrucción mecánica por efecto del clima, hay una influencia manifiesta de elementos orgánicos, formación de arcillas y acumulación de carbonatos en el perfil (Figura 3). En general, no existen acumulaciones salinas o sales propiamente tales, en ninguna parte del área. (6)

El **uso de la tierra** es escaso y puede considerarse de dos tipos básicos: el primero concentrado en algunas escasas localidades situadas en quebradas y coluvios precordilleranos, donde el clima y los suelos presentan condiciones más favorables; se cultivan aquí, generalmente en terrazas artificiales (andenes), papas, maíz, orégano, cuya producción es importante desde el punto de vista local, aprovechando antiguos sistemas de riego, en la medida que la dotación de agua lo permite. El segundo tipo de uso básico es el de una precaria ganadería de ovinos y auquénidos, muy extensiva para aprovechar las yerbas anuales y vegetación natural de sectores más protegidos, durante las épocas de mayor rigurosidad climática en la estepa altiplánica. (IREN, 1979). (6)

En síntesis, el uso de los suelos está limitado por la rudeza del clima y la fisiografía, fuera de ciertos aspectos propios del suelo como son espesor, texturas y permeabilidad. (6)



**Figura 3.** Sectores ecológicos correspondientes a unidad fisiográfica “Precordillera y Cordillera Andina”, Región de Tarapacá. Fuente: Fuente: IREN, 1979

En el **sector precordillerano**, en un paisaje de planos inclinados muy disectados, lomas o colinas y con clima, aún, de características desérticas, se encuentran suelos litosólicos o regosólicos, con escaso o ningún desarrollo de horizontes y muy delgados. (6)

Extendiéndose más **hacia el oriente**, se halla una cordillera alta, donde los suelos tienen carácter semi-desértico, debido a un clima algo más húmedo. Se aprecia desarrollo de horizontes y un perfil mejor estructurado con acumulación de raíces, por presencia de vegetación más importante. Los suelos predominantes son litosoles y otros con evolución hacia suelos Pardos Cálcidos (perfil más desarrollado con presencia de carbonatos) y

pardos no cálcicos (similares aunque sin acumulación de carbonatos). No faltan las formaciones aluviales y coluviales recientes y unidades de suelo antropomórficos, o terrazas de cultivos fabricadas en las laderas. En las partes más altas y abruptas son frecuentes extensiones importantes de afloramientos rocosos sin ninguna vegetación, principalmente por el clima muy frío de altura. (6)

**5.1.1 Precordillera con clima semi-desértico Marginal de Altura.** Comprende un área fisiográfica variada en el borde occidental de la Cordillera de los Andes. Altitudinalmente se ubica entre los 2500 y 3800 m.s.n.m., en promedio. Área de planos y lomas muy disectados con afloramientos de rocas liparíticas y suelos de tipo litosólicos. Estos son delgados, de texturas medias a gruesas en superficie y moderadamente finas en profundidad. Existe la formación de un breve horizonte textural (con mayor contenido de arcilla) y una cierta traslocación de elementos más finos. (6)

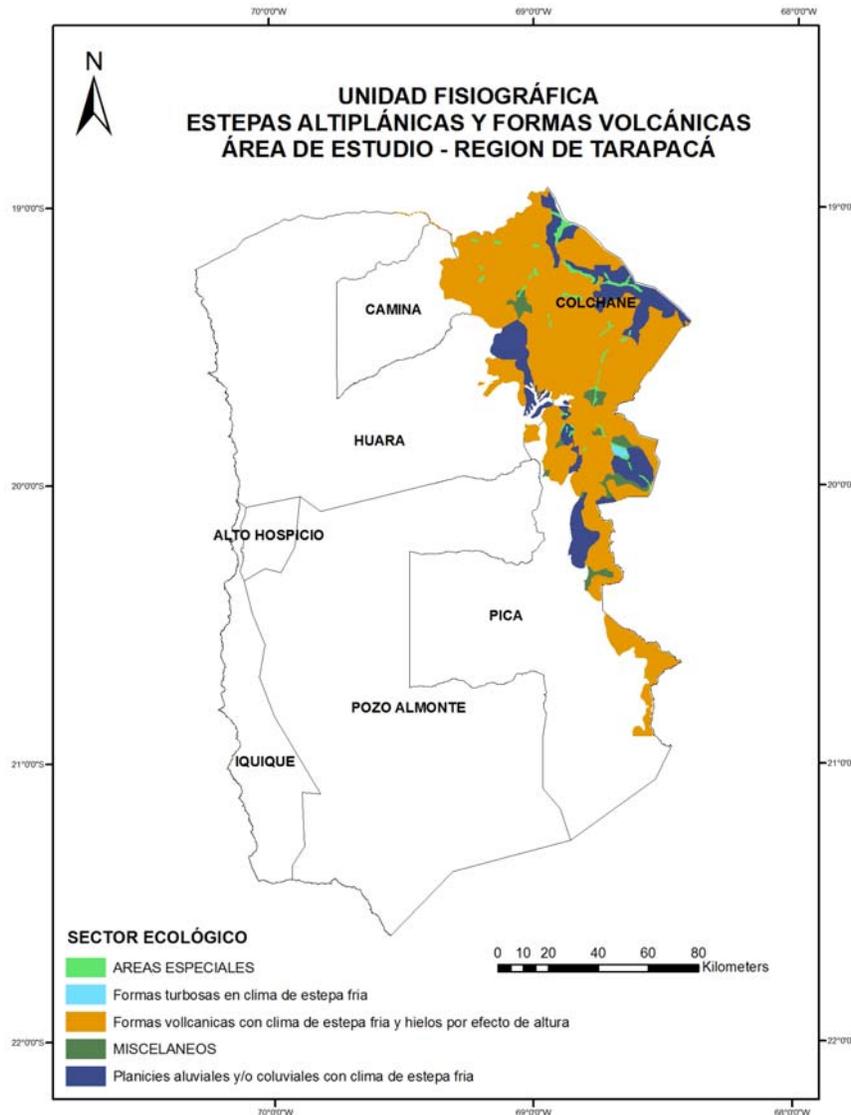
**5.1.2 Montañas andinas con clima Transicional Desierto-Estepa.** Es una cordillera alta variando, aproximadamente, entre 3500 y 4500 m.s.n.m., aunque hay cumbres que sobrepasan este promedio. La naturaleza variada del material de origen no permite entregar perfiles típicos para el área. En general, puede decirse que los suelos son en parte litosólicos (mayor frecuencia) y regosólicos; son suelos de colores pardos a pardogrisáceos con algunas características de soliflucción tanto superficial como internamente. Tienen, en general, un desarrollo incipiente, son de texturas medias y gravosos en superficie y con un mayor contenido arcilloso en profundidad; en la unidad se presentan con frecuencia los afloramientos rocosos. (6)

**5.1.3 Áreas agrícolas de Quebradas y Terrazas Artificiales en zonas Microclimáticas.** Aparecen aquí algunos sectores microclimáticos que permiten un uso más intenso de los suelos. Las áreas propiamente agrícolas, en terrazas aluviales y artificiales que se presentaron en menor altura, tienden a desaparecer en esta Unidad, y son paulatinamente reemplazadas por superficies de suelos turbosos (bofedales), uso ganadero (auquénidos y ovinos), mantenidos gracias a aguas corrientes o de vertientes. (6)

## **5.2 Estepas Altiplánicas y Formas Volcánicas**

En el tercio oriental de la I Región, hasta el límite con Bolivia, se encuentra la meseta altiplánica, la cual se continúa en dicho país limítrofe. La altura promedio de la Unidad es de 4000-4300 m.s.n.m. En general se consideran como suelos de estepa altiplánica, derivados muchos de ellos de cenizas volcánicas. Dentro de este esquema, aparecen suelos salinos en márgenes de salares, y suelos de tipo aluvial y/o coluvial. En áreas de relieve abrupto son frecuentes los afloramientos rocosos (Figura 4). (6)

Las variaciones morfológicas se presentan generalmente con el relieve. En general son de texturas gruesas a medias, alcanzando apenas un franco arcilloso liviano en el horizonte subsuperficial. Presentan un pavimento de gravas finas, a veces medias, subangulares en superficie. Reaccionan casi siempre, al ácido clorhídrico, aunque hay algunos no calcáreos en superficie. Son delgados (20-40 cm), pedregosos, sueltos y con procesos de intemperización muy débiles debido a la lentitud de la acción bioclimática. Podrían ser clasificados, globalmente, como suelos grises o pardo-grisáceos de desierto, con inclusiones ocasionales de carácter más rojizo, especialmente en áreas montañosas. (6)



**Figura 4.** Sectores ecológicos correspondientes a unidad fisiográfica “Estepas Altiplánicas y Formas Volcánicas”, Región de Tarapacá.

**Fuente:** IREN, 1979. Fragilidad de los ecosistemas naturales de Chile. Informe 40. Instituto Nacional de Recursos Naturales – CORFO, s.p. Escala 1:1.000.000

**5.2.1 Planicias Aluviales y/o coluviales de Estepa Fría.** En las partes más bajas se encuentran asociadas a bofedales, cursos breves de aguas o concentraciones salinas, según la cuenca sea exorreica o endorreica. Los suelos son recientes y las variaciones del perfil por efecto de la pedogénesis son escasas. En general, son arenas y gravas finas volcánicas, débilmente alteradas, provenientes de áreas montañosas vecinas. La estratificación que presenta la mayoría de los suelos está dada principalmente por fenómenos aluviales y coluviales e influenciada superficialmente por la acción de los vientos. En el sector norte los suelos son de colores más pardos y presentan signos de interrupción y lixiviación de elementos algo mayores que en las planicies de más al sur, donde son más grises y menos alterados debido a condiciones de mayor aridez. (6)

**5.2.2 Relieves Volcánicos de clima de Estepa Fría y Hielos por efecto de Altura.** Altitudinalmente, las formas volcánicas mantienen una base inferior de aproximadamente 4100-4200 m.s.n.m., pudiendo elevarse sobre los 5000 como es el caso de algunos conos volcánicos.

Afloramientos rocosos, litosoles de muy débil desarrollo, pavimentos de escorias, gravas y arenas volcánicas, a veces con cubierta nivosa, y sin ningún tipo de vegetación en los lugares más altos. La topografía es normalmente superior a 40 o 50%. (6)

En las partes intermedias de laderas, con pendientes superiores a 30 y 40%, se presentan suelos litosólicos y regosólicos de escaso desarrollo, con pavimento de erosión de gravas y arenas volcánicas y frecuentes afloramientos rocosos. Son de texturas medias a gruesas, ligeramente estratificados, de poco espesor. La cubierta vegetal es muy escasa. En las concentraciones de drenes naturales se hallan suelos algo más profundos con evidentes signos de soliflucción. (6)

Faldeos de pendientes moderadas, generalmente en las partes más bajas donde las pendientes se mezclan con el relieve de planicies o cuencas intermontanas. Las pendientes varían entre 10% y 20%, a veces algo superiores en quiebres más fuertes. Los suelos son de espesor moderado a delgados, con pavimento de erosión de gravas de carácter coluvial. Las texturas son medias a moderadamente finas, con algo de arcilla en el perfil, existiendo también signos de soliflucción en algunos sectores, especialmente, cerca de confluencias de quebradas. (6)

Dentro de este esquema, aparecen a veces algunas vertientes, cuya humedad ha permitido la formación de pequeñas áreas de bofedales.

**5.2.3 Formaciones turbosas de clima de Estepa Fría.** Corresponde a formaciones de suelos orgánicos, de aspecto de cojín denominados bofedales, que se generan en depresiones o en partes cóncavas de pendientes ligeramente inclinadas. Alcanzan su mejor desarrollo a alturas variables entre 3900 y 4300 msnm.

Las comunidades vegetales del bofedal se presentan en márgenes de amplios valles, en sectores de quebradas estrechas (río Isluga), siendo disectadas por riachuelos. También se presenta como planchones en laderas de conos volcánicos o montañas andinas donde existen vertientes o aguas superficiales provenientes de la escasa nieve de las cumbres. Algunos de estos se extienden sinuosamente por las concavidades de las laderas hasta casi alcanzar las nieves.

## **6. ESTUDIOS DE SUELO REALIZADOS EN ÁREA DE ESTUDIO**

La dirección de Aguas (DGA), por medio del estudio “Diagnostico y Clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad” (2004) (3), llevo a cabo una caracterización de los suelos pertenecientes a la cuenca del río Isluga, estableciendo que esta posee dos unidades taxonómicas correspondientes a suelos del orden Histosoles y Molisoles.

El tipo de suelo Histosol se encuentra alrededor de las quebradas, oasis y zonas húmedas en general. Generalmente se dan en la alta cordillera, sobre los 3.000 metros de altitud. Corresponden a suelos derivados de tejidos vegetales, se encuentran en los bofedales cuyos suelos orgánicos o minerales, muy estratificados, poseen altos contenidos de materia orgánica y elevada salinidad. (3)

Los suelos del tipo Molisol son suelos en los que se han producido la descomposición y acumulación de grandes cantidades de materia orgánica que da origen a humus rico en calcio. Esto implica que la descomposición se produce en el interior y no sobre el suelo. Por estas razones son características de zonas sub húmedas o semiáridas, con vegetación en pradera que asegura este aporte de materia orgánica en profundidad. (3)

## **7. HUMEDALES DEL ÁREA DE ESTUDIO: VEGAS Y BOFEDALES**

El altiplano representa una meseta de altura, que caracteriza al sector oriental de la Región de Tarapacá, con una altura promedio de 4.500 msnm. En ella, además de los suelos ya mencionados, se encuentran suelos en cuencas con drenaje restringido y en algún caso impedido, con alto contenido de MO y acumulaciones salinas. (6) Estas condiciones de drenaje pobre y gran riqueza en vegetación se conocen localmente como *vegas*. Se podrían decir que en la mayoría de las vegas se encuentran suelos minerales ricos en MO. En cambio, existen otras situaciones, asociadas a cuencas cerradas de drenaje impedido, donde se han dado las condiciones para la acumulación de mayor cantidad de MO. A estos suelos o áreas de suelos se les denomina localmente como *bofedales*. (6) Los suelos orgánicos están constituidos por materiales fáblicos, especialmente en la ringla superior. Aquellos cuyo nivel freático corresponde a aguas corrientes no evidencian rasgo de reducción, por lo tanto, no tienen un régimen ácuico. En

el caso de los suelos no orgánicos, la mayor parte de ellos sí tienen régimen Ácuico, con presencia de materiales y horizontes gley a escasa profundidad. (9)

Según Faúndez (2004), los humedales altoandinos chilenos (vegas y bofedales) abarcan una superficie aproximada de 44.182 ha y se encuentran localizados entre la Región de Arica y Parinacota y la Región de Atacama. Proporcionalmente, cubren sólo un 0,5% de la superficie total del altiplano, que abarca aproximadamente 8.863.980 ha. (7)

Los perfiles de estos suelos corresponden a una masa compacta de MO en distintas fases de descomposición; poseen un drenaje restringido (régimen de humedad ácuico), fácilmente distinguible por la abundancia de rasgos redoximórficos, tales como empobrecimientos o enriquecimientos en óxidos de Fe; los niveles freáticos pueden, en la época de las lluvias, alcanzar la superficie y, en muchos de ellos, los contenidos de sales son elevados. (8)

Algunas cuencas son exorreicas, por lo cual el nivel freático se encuentra en movimiento constante, impidiendo la acumulación excesiva de sales y la formación de condiciones de reducción. En cambio, otras son endorreicas, lo que ha facilitado la acumulación de sales, las que pueden llegar a constituir una costra dura en la superficie, conformada principalmente por carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). (8)

En muchos suelos, el pH agua de los horizontes superficiales está dentro del rango moderadamente alcalino, con una leve disminución en profundidad, hasta ligeramente alcalino o neutro en los horizontes más profundos. En otros suelos se presenta la tendencia a mantenerse dentro del rango ligeramente alcalino en los horizontes subsuperficiales y, solo en los horizontes más profundos, el pH se encuentra en el rango ácido. A esa profundidad, a causa de la carencia de oxígeno, el S se encuentra en forma de sulfuros, el cual en contacto con el aire se transforma en sulfatos. Lo que explicaría el pH ácido encontrado a esa profundidad (Tan, 1993; Soil Survey Staff, 1999). (8)

En la mayoría de estos suelos, la conductividad eléctrica (CE) es mayor en los horizontes superficiales que en los horizontes más profundos. Sin embargo, los niveles de conductividad pueden presentar una gran variabilidad, lo cual se ha atribuido en mayor medida a la posición que los suelos ocupan en el paisaje y su relación con los niveles freáticos. Así, las CE mas bajas (2,02 a 2,89 dS m<sup>-1</sup>) se encuentran en aquellos suelos donde el nivel freático está en movimiento, constituyendo flujos subsuperficiales de agua, de tal forma que la acumulación de sales está impedida. (8)

En otros suelos la CE puede ser tan alta como 16 dS m<sup>-1</sup> en los horizontes superficiales, con un leve decrecimiento irregular en profundidad. Esta mayor acumulación salina se atribuye a que estos suelos se encuentran en cuencas endorreicas con drenaje restringido,

lo cual crea las condiciones adecuadas para que se produzca una acumulación importante de sales. (8)

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Disponible en: <http://siit2.bcn.cl/nuestropais/region1/>
2. CIREN (2010). Determinación de la Erosión Actual y Potencial de los Suelos de Chile. Región de Arica y Parinacota. Síntesis de Resultados. Publicación N°140. Registro de propiedad intelectual: 200589.
3. Dirección General de Aguas (2004). Diagnostico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según objetivos de calidad. Cuenca del Rio Lauca. CADE-IDEPE Consultores en Ingeniería.
4. EIA Proyecto de Exploración Minera Catenave. SRK Consulting. Disponible en [https://www.e-seia.cl/archivos/Cap\\_2\\_Descripcion\\_Proyecto.pdf](https://www.e-seia.cl/archivos/Cap_2_Descripcion_Proyecto.pdf)
5. <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/06/01/93482>
6. IREN, 1979. Fragilidad de los ecosistemas naturales de Chile. Informe 40. Instituto Nacional de Recursos Naturales – CORFO, s.p.
7. Luzio L, Walter, Norambuena V, Pablo, Casanova P, Manuel et al. Génesis y Propiedades de algunos suelos del Altiplano de Chile. R.C. Suelo Nutr. Veg., jun. 2002, vol.2, nº 1. ISSN 0718-2791.
8. SUELOS DE CHILE. Walter Luzio Leighton. Departamento de Ingeniería y Suelos. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. 2010. CAPÍTULO 2. Suelos de la Zona Desértica (Desde 18°LS hasta 29°LS)
9. UNIVERSIDAD DE CHILE. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Departamento de Ingeniería y Suelos. Suelos, una Visión Actualizada del Recurso. PUBLICACIONES MISCELANEAS AGRICOLAS N° 38. Segunda Edición. Santiago Chile 1994