

ESTADOS DE LA REGION CENTRAL DEL VALLE DEL LOA Y SU DESARROLLO

AGRICOLA POTENCIAL

por

E. MELLENDEZ

Ministerio de Agricultura - Santiago, Chile

A.C.S. WRIGHT

Misión de Asistencia Técnica de la FAO en Chile

LOS SUELOS DE LA REGION CENTRAL DEL VALLE DEL LOA Y SU DESARROLLO AGRICOLA .OTENCIAL

por

McLéndez .
Wright

A. Introducción

1. La región examinada está comprendida, someramente, en el rectángulo formado por la Latitud 21°45' S., 22°45' S., y la Longitud 69°00' O., 68°15' O. Dos centros importantes de este rectángulo lo constituyen la ciudad de Calama y el centro minero de Chuquicamata, en la provincia de Antofagasta.
2. Esta ha sido la región más estudiada del Norte de Chile. La necesidad de crear una red de cañería que transportara agua dulce de los Andes a la ciudad de Antofagasta y otros centros urbanos de la costa, así como a ciertos centros mineros, ha contribuido a la producción de mapas topográficos y a la creación de una red de caminos de acceso. Igualmente, el elevado potencial mineralógico de la región ha estimulado la elaboración de detallados mapas geológicos. Por otra parte, los estudios hidrológicos se han visto impulsados por la presencia del río Loa, el único que en forma permanente logra cruzar la Provincia de Antofagasta, y la presencia de antiguos caseríos indígenas en el valle del Loa ha conducido a extensas investigaciones arqueológicas.

Por consiguiente, la mayoría de los recursos naturales de la región son relativamente bien conocidos. Los datos menos numerosos se refieren al clima y a la agricultura. Las informaciones meteorológicas son parciales y no se ha escrito casi nada en materia de suelos.

La región se encuentra a una altura que fluctúa entre 2150 m por el oeste y una altura media de más o menos 4000 m al este, con muchos volcanes sobre 6000 m de altura.

3. El aumento de la población y el nacimiento de nuevas ciudades y centros de consumo surgidas a raíz del desarrollo industrial de la provincia de Antofagasta, trajo como consecuencia la necesidad de incorporar nuevas áreas de cultivo, pero la carencia de una base técnica para encauzar este desarrollo fué provocando paulatinamente una disminución de la producción, que hizo crisis en nuestros tiempos. La salinización de los suelos y el aumento de la napa de agua freática fueron los principales factores de la pérdida de los suelos de las vegas de Calama. Hoy esto presenta un cuadro poco halagüeño y es de vital importancia que los

organismos estatales pertinentes se preocupen de ello ya que las poblaciones de la región necesitan de los elementos de cultivos indispensables para poder subsistir.

4. Los datos meteorológicos disponibles indican que el promedio de lluvia anual varía entre 1 mm (durante los largos periodos de sequía) en la parte sureste de la región, y alrededor de 100 mm en las tierras altas del sector este, alcanzando 40 mm en el sector norte (ver mapa esquemático, fig.2). Si llueve, generalmente lo hace en forma de chubascos fuertes, aunque cortos.

Durante la mayor parte del año, las temperaturas del día y de la noche presentan una marcada fluctuación entre extremos; la temperatura media mínima en verano a 2500 m es alrededor de 6° C., y la máxima en esta estación alcanza a más o menos 30° C. En invierno la temperatura mínima media es alrededor de 10° C., y la media máxima alrededor de 25° C. Por lo tanto, la variación diaria de la temperatura fluctúa entre 25 y 35° C., la mayor parte del año.

Los vientos son generalmente fuertes (los de 65-70 Km por hora son comunes) y la atmósfera extremadamente seca. La humedad media relativa de la región desciende hasta 5 a 10%. El cielo se ve por lo general límpido de nubes y los índices de evaporación para las superficies de aguas expuestas al aire son extraordinariamente altos: se ha registrado un índice de evaporación diaria de 12 a 15 mm (verano, 15 - 20 mm; invierno 8 - 10 mm.) La pérdida total de agua, calculada en 3 metros por año, es totalmente posible en esta región.

5. La naturaleza extremadamente seca del medio ambiente se refleja en el carácter xerofítico de la vegetación y en la organización de la vida animal que tiende a moverse en pequeñas manadas y a frecuentar regularmente determinados lugares con existencia de agua. Los primeros habitantes indígenas eran igualmente nómades y, cuando hubieron desarrollado un sistema de vida de tipo sedentario, se establecieron en las cercanías del agua, en lugares con suficiente tierras aptas para el regadío. En la actualidad existen abundantes pruebas de que el clima extremadamente árido de hoy ha existido por un largo período de tiempo, talvez durante los últimos 60,000,000 años.
6. En regiones sobre 500 m de altura, la nieve que cae anualmente alcanza los 20 cm, pero se pierde alrededor del 30% por evaporación directa. La contribución de la nieve y de la lluvia a la caída total de agua es muy insignificante comparada con la cantidad de agua que emerge de fuentes subterráneas. Se supone que estas vertientes se alimentan de grandes depósitos bajo las tierras montañosas más húmedas de Bolivia.

y Argentina. Por consiguiente, el paisaje de la región Central del Loa tiene dos sistemas hidrológicos: el de aguas superficiales y el de aguas subterráneas. El primero está constituido principalmente por aguas de vertientes, complementándose las aguas de las lluvias y del derretimiento de las nieves. A medida que recorren la región estas aguas sufren una poderosa evaporación, recolectando cantidades adicionales de sales solubles provenientes de las arenas y limo temperizados y depositados en el lecho del río, y de las rocas a través de las cuales se abre paso el río. El contenido de cloruro de estas aguas alcanza a $.4$ g/litro en la cabecera del río, y sobre 2 g/litro en el centro de la región. En cambio las aguas subterráneas contienen a menudo un porcentaje mucho más bajo de sales, excepto cuando pasan por lechos de sedimentos salinos.

7. La región se caracteriza por su paisaje de cerros, montañas y conos volcánicos que destacan abruptamente en la pampa de relieve suave y ondulante. En algunas regiones, la superficie de la pampa aparece sumergida como si se hubieran formado algunas cavernas subterráneas que posteriormente se derrumbaron. Esta teoría no es de ninguna forma aventurada, ya que los materiales sedimentarios se encuentran con una elevada proporción de sales de calcio y magnesio, y las aguas subterráneas fácilmente podrían tornarse ácidas con las aguas termales provenientes de erupciones volcánicas. Algunas de las áreas sumergidas (derrumbadas?) aún conservan la forma de "dolines", en tanto que otras parecen haber sido posteriormente ocupadas en forma temporal por lagos.

B. Presentación

1. La presentación de los suelos es sencilla y compuesta de dos grupos:
 - a) suelos montañosos y de pendientes fuertes, con un manto excesivamente delgado y pedregoso e íntimamente relacionados con la roca subyacente, y b) suelos más profundos formados por acumulación de productos erosionados de las partes más altas. Parte de este material transportado es muy antiguo y realmente pertenece al igualmente antiguo sistema de relleno del valle producido por el desgaste gradual de las tierras altas andinas. Este material erosionado se encuentra notoriamente impregnado de sulfatos y carbonatos de calcio y magnesio, constituyendo a menudo capas blancas de caliche notablemente cementadas. Los nitratos de cloruros más móviles fueron aparentemente transportados más lejos de las pendientes andinas y aparecen como sales cementadas en materiales erosionados de la misma edad, depositados cerca de la costa chilena. En la región central del Loa, las capas cementadas de calcio son casi insolubles en agua fría, y donde se encuentran cerca de la superficie, restringen considerablemente el potencial agrícola del suelo. En ciertos lugares, el caliche puede encon-

trarse cubierto con una capa de arena fina o gruesa, depositada por el viento, pero generalmente aparece directamente en la superficie del suelo. Hacia los márgenes de los valles, el caliche desaparece bajo materiales más recientes de origen coluvial y aluvial.

2. Los materiales coluviales de origen más o menos reciente descienden en forma de pendiente cóncava desde los cerros rocosos de donde provienen. El proceso erosivo es de carácter intermitente, y sólo puede operar durante las escasas tormentas de lluvias. Los depósitos coluviales de origen reciente pueden tomar la forma de conos coluviales empinados. En aquellos lugares donde los procesos erosivos han sido más activos y el valle muy angosto, los depósitos coluviales pueden cubrir los sedimentos más antiguos y todo el piso del valle, de un lado a otro. Entre estos materiales coluviales más jóvenes, generalmente hay una secuencia gradual de suelos. Las partes superiores del manto coluvial dan origen a suelos muy gravosos y pedregosos, sin acumulación de sales en el perfil del suelo. A niveles inferiores, aparecen suelos con dispersas acumulaciones de sulfatos y carbonatos. A menudo estos suelos son aún pedregosos, pero contienen una mayor proporción de arena y limo. Hacia el pie de la pendiente coluvial, los suelos son a menudo muy limosos y hasta contienen una apreciable proporción de arcilla en forma de finas capas laminadas. Generalmente estos suelos contienen un alto porcentaje de carbonato de calcio y pueden poseer costras de sulfato y una pequeña proporción de cristales de cloruro. Al extremo inferior del pie de la pendiente, los cloruros aumentan en cantidad y en muchos casos, se forma una franja angosta de suelo muy salado (un tipo de salar) en la conjunción del declive coluvial con los antiguos sedimentos del piso del valle.
3. Los suelos aluviales tienen una extensión mucho menor que los coluviales. Se encuentran principalmente en lugares donde los ríos y arroyuelos emergen repentinamente de la pampa después de haber recorrido una angosta quebrada. Entre los confines de esta quebrada el volumen de agua adquiere velocidad y capacidad de acarreo, y en la desembocadura del mismo, la carga de sedimento es depositada abruptamente, por lo general en la forma de un abanico tipo delta. Estos depósitos aluviales rellenan muchas irregularidades de la superficie de la pampa, y forman un cono de poca altura que puede tener una pendiente del 5 al 10%. De cuando en cuando, el canal principal de descarga puede cambiar de dirección, y después de repetidos cambios de dirección los depósitos aluviales adquieren un micro relieve algo irregular. Los lugares bajos entre los escollos pueden concentrar sedimentos más finos y arcillosos en el transcurso de una crecida normal. Sin embargo, las crecidas que forman los materiales aluviales raras veces son equivalentes en fuerza; pueden variar considerablemente en velocidad y en cuanto al tipo de sedimentos en suspensión. Si la crecida es prin-

principalmente de origen local (debida a una fuerte lluvia en el sector adyacente a la pampa) los sedimentos probablemente estarán constituidos principalmente por arenas y aún por gravas; si el origen es más remoto (lluvias corrientes en las tierras altas de la hoya hidrográfica, los sedimentos acarreados serán de naturaleza más fina, probablemente constituidos principalmente de arena fina y limo. Debido a esta irregularidad en el origen y velocidad de las crecidas, los perfiles de las vegas aluviales son siempre notoriamente estratificados.

4. La disposición general de las principales asociaciones de suelos, en lo que pudieron ser identificados en el curso de este rápido reconocimiento, se muestran en el mapa de suelos esquemático (ver fig. 3). Algunos de los perfiles de suelos más comunes identificados en las diversas asociaciones, se describen en el apéndice que acompaña este informe.
5. Con referencia a las principales propiedades de los suelos, y según ya se ha indicado, los suelos de caliche carecen prácticamente de potencial agrícola. En efecto, bajo las condiciones de clima prevalecientes, y la inadecuada profundidad de las raíces de las plantas, estos suelos no pueden mantener una agricultura, aún cuando se disponga de grandes cantidades de agua de buena calidad. También se duda que puedan ser aptas para la implantación de bosques, aún con la existencia de abundante agua de riego. Muchos de los suelos coluviales tienen propiedades favorables al desarrollo agrícola, pero a menudo se encuentran situados en posiciones tan altas con respecto al nivel natural del agua disponible para riego, que su desarrollo económico sigue siendo dudoso, con excepción de unos pocos lugares donde existen relaves de aguas servidas cerca de los centros mineros. Las cualidades agrícolas de los suelos coluviales dependen de su posición en la pendiente del declive coluvial. Por lo tanto, los suelos salados de textura fina del pié del declive poseen escasas posibilidades agrícolas a menos que se disponga de grandes cantidades de agua dulce para lixiviarlos completamente a intervalos regulares. No se pudo encontrar suelos que cumplieran con este requisito en ninguna parte del área investigada.
6. Los únicos suelos de la región razonablemente aptos para el desarrollo agrícola son los suelos aluviales conocidos en la región como las vegas de Calama, Chiu-chiu, Lasana y Laguna. Una pequeña porción de estas vegas puede haber sido utilizada por agricultores indígenas en los tiempos pre-coloniales, pero en su mayoría estos primeros agricultores prefirieron construir terrazas en lugares donde el agua de riego podía controlarse mejor, no aprovechando probablemente la mayor parte de estas vegas, con excepción del uso temporal para pastoreo de la vegetación

natural a que se destinaron en tiempos más recientes. Las propiedades agrícolas de las vegas en su condición natural tienden a ser algo variadas, pero poseen ciertas características comunes. Todos los suelos de estas vegas están bien provistos de nutrientes para las plantas (excepto de nitrógeno de fácil adquisición); tienen una moderada reserva de materia orgánica, y la mayoría de ellos contienen capas de material aluvial de textura más fina con una adecuada capacidad de retención de las aguas. Es digno de hacer notar que, en su condición natural, estos suelos de las vegas eran salinos, o ligeramente salinos. Poseen condiciones de drenaje notablemente buenas, a pesar de las capas estratificadas de materiales finos y gruesos en sus perfiles. También es importante hacer notar que, bajo condiciones naturales, sólo recibían agua en tiempos de las crecidas, cuando las aguas del río contenían un porcentaje mínimo de sal. Probablemente durante la mayor parte del año, su capa freática natural estaba a menos de 3 m.

7. Hasta el presente, el desarrollo agrícola de estos suelos ha constituido en una aplicación poco organizada del agua del río durante todo el año. Como consecuencia, la capa freática llegó hasta 1,5 m de la superficie, en una extensa área, y en muchos lugares, en las partes más bajas de las vegas, a 50 cm de la superficie del suelo. Al mismo tiempo, para regarlas se ha usado el agua natural proveniente del río que tiene un mayor contenido de sales que las aguas naturales provenientes de las crecidas. Debido al alto índice de evaporación inherente al clima de la región, existe un potente retorno capilar de agua a la superficie del suelo, y con la evaporación de esta agua, las sales se han ido concentrando regularmente en la superficie. Uno de los resultados de este sistema casual de regadío ha sido indudablemente extender, en forma considerable, el área de grama salada y junquillo (de ciertos valores para pastoreos ocasionales), pero el uso continuado de este sistema está disminuyendo gradualmente el área disponible para otros cultivos más valiosos, tales como la alfalfa. Es verdaderamente notable el hecho que, en el curso de este reconocimiento, no se encontraron suelos completamente secos, aún donde la actual capa freática estaba a 2,5 m y donde la estratificación del suelo incluía varias capas de grava fina (las capas de grava normalmente interrumpen la columna capilar). Esto sólo puede significar que el retorno capilar es anormalmente potente. La situación en las partes bajas de las vegas de Calama y Chiu-chiu es verdaderamente desastrosa. Aquí, la calidad del agua de la capa freática es de una creciente salinidad debido a la gradual acumulación de sales a medida que el agua desciende lateralmente la pendiente, y como la actual capa freática está a menudo a menos de 50 cm bajo la superficie, el retorno capilar de sales a la superficie ha producido un salar "hecho por el Hombre".

8. No es exagerado afirmar que todas las características agrícolas desfavorables de estos suelos de las vegas se deben directamente a un descuidado manejo de las aguas de riego: son el resultado natural del mal uso del agua de riego ligeramente salina en un clima con fuerzas de evaporación muy poderosas y con total desatención al problema de drenaje. En un comienzo, estas tierras no eran del todo desfavorables para la agricultura, pero se han deteriorado debido a las malas prácticas agrícolas. En el caso de las vegas de Calama, la mayor parte de la tierra está en manos de dos propietarios, uno de los cuales controla casi todos los derechos de agua. La rehabilitación de estos suelos es perfectamente factible, pero constituirá un proceso caro y lento, y exigirá tratar cada sector de la vega como una sola unidad planificada. No puede existir rehabilitación de los suelos en base a unidades agrícolas individuales, y con el fin de rectificar la situación, no queda otra alternativa sino expropiar en último término las tierras de las vegas, y lograr su gradual rehabilitamiento siguiendo un programa cuidadosamente controlado. Sin embargo, esta expropiación debe hacerse en forma gradual y de acuerdo a un programa predeterminado.

C. Desarrollo Agrícola

1. No existe una dificultad inherente para aumentar la provisión de agua de riego que permita una extensión de la agricultura en las vegas de la región Central del Loa. Tampoco se prevé una seria dificultad para la gradual rehabilitación de los suelos mediante la creación de un buen sistema de drenaje y lixiviación. No obstante, aún cuando se complete este costoso proceso, no existe suficiente garantía de que pueda encontrarse un sistema de producción agrícola apta para la región. En efecto, sería increíblemente aventurado contemplar la práctica de estos procesos tan caros y necesarios, sólo para alcanzar un nivel de agricultura que en nada sobrepasaría el existente en la actualidad. De los datos proporcionados por los agricultores, parece evidente que el principal factor que se opone a una agricultura intensiva en la región es el clima. Esta materia necesita resolverse con el mínimo de retraso. Sin embargo, no parecen haberse llevado a cabo, en la Región Central del Loa, experimentos controlados para determinar la duración media de la estación del crecimiento, la cantidad de pasto y forraje que puede producirse mediante un buen manejo, la selección de ganado apropiado a la región, o la selección de cosechas que pueden crecer convenientemente junto con, o como alternativa, a la producción de carne y leche. Por otra parte, una investigación de la economía agraria de la región no contribuiría sino a multiplicar el aspecto especulativo del problema. Lo que se requiere es una serie de experimentos controlados, que implican la creación de una pequeña unidad experimental en la región.

2. Mirando el problema desde una perspectiva más amplia parecería extremadamente improbable que el Ministerio de Agricultura favoreciera la sugerencia de establecer un pequeño "campex" en la región, para decidir el verdadero potencial de un área de suelo relativamente insignificante mientras existen muchos otros lugares en Chile con suelos más extensos y con un potencial de producción más elevado, que esperan el establecimiento de campos de experimentación. No obstante, existen razones poderosas por las cuales algo debe hacerse, a saber:
 - (i) Las vegas de la región Central del Loa, son virtualmente las únicas tierras naturalmente cultivables de la Provincia de Antofagasta, y si no se efectúan las investigaciones del caso... seguirán constituyendo un problema político
 - (ii) se ha gastado ya bastante dinero en el ante-proyecto de regadío preparado por la Dirección de Riego del Ministerio de Obras Públicas, y cualquier persona que estudie esta investigación preliminar, debe concordar ampliamente con la conclusión de que no existe alternativa sino que expropiar la tierra e iniciar la racional rehabilitación del área, y finalmente,
 - (iii) el problema no es de exclusiva incumbencia local, ya que muchos problemas agrícolas importantes relativos a regiones áridas en todo el mundo podrían resolverse mediante un eficiente centro de investigaciones situado en la Región Central del Loa.
3. La Provincia de Antofagasta es una de las provincias mineras más importantes de Chile, y el grupo local puede con razón argumentar que parte de las ganancias de las minas deberían invertirse en el desarrollo agrícola de la Provincia. Aparte del área experimental de la CORFO, en La Chimba, que usa agua potable traída a lo largo de 250 Km desde la alta cordillera para el cultivo de verduras en la vecindad de la ciudad de Antofagasta, no hay otros proyectos que respondan, por el 25% de impuestos sobre las ganancias de las compañías mineras destinado al desarrollo agrícola del Valle del Loa después del terremoto que azotó esta región. Parte de los fondos acumulados podrían destinarse a probar el potencial agrícola de los suelos de las vegas.
4. Si la Caja de Colonización acepta la conclusión de la Dirección de Riego y sigue adelante con la idea de la expropiación como una política inmediata, puede suscitarse una situación en gran medida desafortunada. Es totalmente factible la posibilidad de que después de pagar a los actuales propietarios el monto de sus respectivas expropiaciones, y luego de llevar a cabo los necesarios trabajos de drenaje y regadío, se descubra que la tierra no es apropiada para ninguna

- ... forma de producción agrícola cuyo rendimiento justifique los elevados costos de producción.
5. La región Central del Loa es una de las regiones del mundo con clima más rigurosamente seco y constituiría una ubicación ideal para un Centro de Investigaciones Ecológicas sobre problemas de zonas áridas de Sud América. Esta fué la opinión emitida por el Profesor Kovda, Jefe del Departamento de Ciencias Naturales de la UNESCO, cuando visitó la región en Marzo, 1962. El Profesor Kovda propuso presentar el problema del establecimiento de una estación de investigaciones de zonas áridas en el área de Calama ante la Asamblea de las Naciones Unidas, en Noviembre del año en curso. Esto podría proporcionar un núcleo para un centro de investigaciones que podría incluir una sección de investigaciones agrícolas patrocinada en parte por el Ministerio de Agricultura; la CORFO, y los impuestos provenientes del cobre.
 6. Es necesario señalar que si los experimentos a realizarse en el Centro de Calama tuvieran éxito, el lógico desenvolvimiento del trabajo de avanzada que realiza el Ministerio de Agricultura en la región debería continuarse con la creación de un servicio eficaz de extensión agrícola en la Provincia de Antofagasta (que incluyera un servicio para los fruticultores de San Pedro de Atacama y de Tocomayo) y el desarrollo de un Centro de Adiestramiento Agrícola para los agricultores de toda la Provincia de Calama.
 7. También es importante comprender que la selección de un recinto para la experimentación agrícola en las vegas del Loa Central debe estar en función del objetivo principal, que es el estudio del clima y no de los suelos o la calidad y cantidad del agua de riego. Por este motivo, el lugar escogido debe estar situado en los mejores terrenos disponibles, con el mínimo de problemas de drenaje y riego. No es suficiente aceptar la oferta de tierra de cualquier agricultor con sentido cívico, sin consideración a las propiedades de los suelos. Primero deben escogerse los suelos y adquirirse el área experimental que posea las ventajas necesarias.
 8. Es de capital importancia que se efectúe un reconocimiento de los suelos de todas las tierras de las vegas de la región Central del Loa en cierto detalle antes de considerar futuros planes de desarrollo. El área es

relativamente pequeña, involucrando sólo alrededor de 18 hombres/semanas. El costo de este estudio básico es bastante insignificante comparado con el gastoya ocurrido y el costo de los trabajos contemplados por la Dirección de Riego y la Caja de Colonización. Un reconocimiento detallado de suelos es particularmente necesario para el planeamiento de un sistema de drenaje eficiente; los exámenes preliminares demuestran que la implantación de una sola red de drenaje de tipo sencillo y sus modificaciones locales dejaría sectores insuficientemente drenados, y por otra parte, proveería drenes en lugares donde no se necesitan.

DESCRIPCION DE LAS ASOCIACIONES DE SUELOS
DE LA REGION CENTRAL DEL RIO LOA

Las siguientes descripciones de suelos de la región central del valle del río Loa se hicieron en un Reconocimiento Preliminar a objeto de encontrar algunos otros suelos que tuviesen importancia agrícola y pudieran ponerse en riego, fuera de las áreas de las vegas de Calama y Chiu-Chiu.

El desarrollo general de las Asociaciones de Suelos se dan en un Mapa Preliminar que se acompaña.

I. SUELOS DESARROLLADOS EN CONDICIONES DE TOPOGRAFIA PLANA,
PLANO INCLINADO Y ONDULADO

Esta categoría incluye los suelos de las llanuras ligeramente inclinadas que se extienden desde la parte alta del piso del valle hasta el pié de los cerros. En algunos casos el ángulo de estas pendientes casi alcanza el máximo permitido para el riego sin la formación de terrazas. La formación de terrazas o cualquier otro sistema mecánico del manejo de suelos es totalmente posible en estas pendientes de suelos coluviales siempre que el agua de riego sea económicamente aprovechable, por ejemplo, las aguas servidas del centro minero de Chuquicamata que ahora se aprovechan en parte en estos suelos.

Están incluidos en la categoría I:

- A. Suelos derivados de sedimentos aluviales (recientes) del valle.
- B. Suelos derivados de sedimentos coluviales y aluviales (jóvenes y recientes) de las planicies del piemonte.
- C. Suelos derivados de sedimentos aluviales y lacustres de la época del Cuaternario.

A. Suelos derivados de sedimentos aluviales (recientes) del valle

Dentro de esta categoría se aprecian por lo menos cuatro principales Asociaciones de suelos. La Asociación Calama, de suelos fuertemente estratificados, los cuales se encuentran en las vegas de Calama y Chiu-Chiu; la Asociación Salado formada principalmente por suelos arenosos más uniformes en el valle del río Salado; y la Asociación Pañiri, de suelos 'gleizados' y "half-bog" formados donde las aguas de las montañas vacían sus sedimentos en las planicies desérticas cerca de Aiquina.

1. Asociación Calama

Dentro de esta Asociación están incluidos los suelos de las vegas de Calama y Chiu-Chiu. Estas vegas se han formado en las partes donde el río Loa emergió repentinamente de los profundos desfiladeros: la expansión repentina del agua, durante los tiempos de crecida, produjeron un depósito en forma de delta o cono coluvial de los sedimentos llevados en suspensión. El punto de origen de las inundaciones, la naturaleza de los sedimentos llevados por el río varían de una crecida a otra, dando como resultado una asociación de suelos cuya característica principal es una fuerte estratificación. Estratos arenosos, gravosos, limosos y arcillosos siguen cualquier orden en el perfil de estos suelos.

La Asociación de suelos Calama tiene dos sub-asociaciones, ubicadas en las vegas de Calama y Chiu-Chiu, respectivamente. La sub-asociación Calama está formada de materiales aluviales aportados tanto por el río Loa y el río Salado. La sub-asociación Chiu-Chiu está formada por sedimentos aluviales traídos solamente por el río Loa.

a. Sub-asociación Calama

Una investigación más detallada de la sub-asociación nos permitirá encontrar algunas series de suelos más definidos, dependiendo de la naturaleza de la estratificación del suelo, la profundidad del suelo y la textura superficial. Todos los suelos son más o menos calcáreos. En general, en base a este Reconocimiento, los suelos de esta sub-asociación caen dentro de tres grupos bien definidos.

- i. Suelos con predominio de estratos arenosos, con muy pocos o muy delgados estratos limosos o arcillosos. Este grupo se encuentra generalmente en los terrenos más altos, cerca del río Loa y en la cúspide del cono aluvial. Un perfil típico sería:

0- 25 cm	franco arenoso; 10YR 5/2 (todos los colores se refieren a suelos húmedos); friable; no plástico, no adhesivo; estructura bloques medios y finos, débiles; algunos cristales de sal en la superficie, pero no cementados; límite claro.
25- 50 cm	franco arenoso fino; 7.5YR 4/4; friable; no plástico, no adhesivo; estructura bloques muy débiles; límite claro.

- 50- 70 cm franco limoso; 7.5YR 4/2; friable a firme; ligeramente plástico y adhesivo; estructura bloques gruesos, se rompen en gránulos; límite claro.
- 70- 80 cm franco gravoso; 10YR 5/3; suelto; no plástico, no adhesivo; sin estructura; límite claro.
- 80- 85 cm franco arcilloso; 5YR 4/2; firme; plástico y adhesivo; estructura maciza; límite claro.
- 85-115 cm † franco arenosa arena francoso; 10YR 6/3; suelto; no plástico, no adhesivo, sin estructura.

ii. Suelos que tienen una gran proporción de estratos limosos y arcillosos. En general estos suelos se presentan en el sector central de las vegas de Calama. Algunas de las series de este grupo presentan algo de moteado en el subsuelo lo que indica que el paso del agua a través del suelo puede ser lento. Los suelos no tienen un drenaje restringido, pero cuando se aplica exceso de agua, esta no pasa a través del suelo tan rápidamente como en el caso del primer grupo de suelos anteriormente mencionados. Un perfil típico sería:

- 0- 20 cm franco arenoso muy fino; 10YR 3/3; ligeramente cementada con sal; ligeramente plástico y adhesivo; estructura de bloques finos, subangulares, gránulos gruesos y límite claro.
- 20- 25 cm franco limoso; 10YR 4/3; friable; ligeramente adhesivo, moderadamente plástico; estructura de bloques finos y gránulos; ligeramente moteado, 7.5YR 6/8; límite claro.
- 25 - 45 cm arena fina; 10YR 7/3; friable; no adhesivo, no plástico; bloques medios, débiles; límite claro.
- 45- 54 cm franco limoso pesado; 7.5YR 4/2; firme; ligeramente adhesivo, moderadamente plástico; macizo, se rompen en bloques irregulares; ligeramente moteado, 5YR 6/8; límite claro.
- 54- 70 cm arena gravoso; 10YR 5/3; suelto; no adhesivo no plástico; sin estructura; límite claro.
- 70-100 cm franco arcillo-arenoso; 10YR 6/2; firme; adhesivo y muy plástico; estructura casi prismática; moteado 5YR 7/8; límite claro.
- 100-130 cm † arena y grava con estratos finos de material arcillo-limoso; 10YR 6/3 y 10YR 5/3; moteado en las estratas finas; algunas estratas casi cementadas.

iii. Suelos fuertemente contaminados con sales en la superficie y generalmente con fuerte moteado en el subsuelo. Estos suelos se encuentran en las partes bajas de las vegas de Calama y cuando se riega en las partes altas la napa de agua sube hasta los 50 cm. Un perfil típico sería:

0- 30 cm	franco arcillo-arenoso fuertemente cementado por sales; 5YR 3/2; muy firmes; ligeramente adhesivo y moderadamente plástico después de la disolución de las sales; abundantes raíces de grama salada; límite claro; (no calcáreo).
30- 50 cm	franco arcillo-arenoso fino; 7.5YR 4/4, ligeramente moteado 7.5YR 6/8; friable; ligeramente adhesivo y plástico; estructura de bloques, muy débiles; manchas blancas de cristales muy finas, no calcáreas, que ocupan la posición de las raíces muertas; límite difuso.
50-100 cm	areno-francoso; 10YR 4/6; friable a firme, no adhesivo, no plástico; macizo o sin estructura; moteado 5YR 6/8 y 7.5YR 3/2; límite claro.
100-115 cm	arcillo-limoso; 5YR 6/4; friable; adhesivo y plástico; macizo; límite claro.
115-125 cm	arena; 10YR 5/3; firme; no adhesivo, no plástico, sin estructura. (Napa de agua freática a 55 cm).

b. Sub-asociación Chiu-Chiu

Los suelos de la sub-asociación de Chiu-Chiu son a menudo similares a aquéllos de las vegas de Calama, pero de estratificación más regular y contienen capas negras de materiales orgánicos, y capas rojizas de materiales orgánicos quemados. También abundan en este perfil las capas de arenas pumicíticas (riolíticas).

Varias series de suelos pueden identificarse, pero no en este Reconocimiento en que la diferencia importante está entre los suelos que tienen muy poca o nada de contaminaciones de sales con aquéllos que están fuertemente contaminados.

i. Suelos sin serias contaminaciones de sales se encuentran principalmente en las terrazas más altas cerca de Chiu-Chiu. Un perfil típico sería:

0- 16 cm	franco arenoso fino; 7.5YR 4/3, friable; muy ligeramente adhesivo y plástico; estructura granular o de bloques muy finos; límite claro.
----------	---

- 16- 20 cm franco arenoso muy fino, 2,5YR 6/4 - 5/4; friable; estructura de bloques muy finos; ligeramente adhesivo, moderadamente plástico; ligeramente moteado 7.5YR 6/8; límite claro.
- 20- 40 cm franco arcillo-arenoso; friable a firme; estructura de bloques medios, se rompen en gránulos; ligeramente adhesivo, moderadamente plástico, límite claro.
- 40- 44 cm (igual a 16-20 cm).
- 44- 47 cm (igual a 20-40 cm).
- 47- 50 cm franco limoso; 7.5YR 2/0; friable; ligeramente adhesivo, no plástico; sin estructura; límite claro.
- 50- 90 cm franco arcillo-arenoso muy fino; 5YR 3/3; friable, ligeramente adhesivo, moderadamente plástico; estructura de bloques medios y finos; límite claro.
- 90-150 cm arena fina, 7.5YR 3/2; muy friable a suelto; no adhesivo y no plástico; grano simple; límite claro.
- 150-153 cm (igual a 16-20 cm).
- 153-163 cm (igual a 47-50 cm).
- 163-180 cm † (igual a 20-40 cm, pero con algo de gravas).

ii. Suelos con serias contaminaciones de sales, con perfiles generalmente similares a lo descrito anteriormente, pero con las siguientes diferencias en sus primeros 50 cm.

- 0- 25 cm franco arenoso muy fino, cementados por sales; 7.5YR 3/2; abundantes raíces de 'grama salada' y 'junquillo'; límite difuso.
- 25- 50 cm franco arenoso muy fino o franco limoso, 10YR 6/4, fuertemente moteado 5YR 6/6 y 7.5YR 3/0; algo de sales, se encuentran manchas blancas de cristales de sulfatos muy finos en contacto con las raíces, y reemplazando las raíces muertas; ligeramente plásticas, no adhesivas, estructura de bloques, muy débiles; límite claro.

c. Sub-asociación Salado

Los suelos de la sub-asociación Salado están ubicados en pequeñas vegas a lo largo del cauce del río Salado. Se trata de suelos arenosos y no tan fuertemente estratificados como los suelos de Calama y Chiu-Chiu. Un perfil típico sería:

- 0- 45 cm arenoso; 1OYR 4/3; suelto; no adhesivos y no plásticos; granos simples; límite difuso.
- 45- 60 cm arena fina francosa; 5YR 4/4; friable, no adhesivo, no plástico; bloques finos muy débiles; límite claro.
- 60- 80 cm arena; 1OYR 4/3; suelto; no adhesivo y no plástico; granos simples; límite claro.
- 80-100 cm + arena y gravas, sueltas.

2. Asociación Pañiri

La Asociación Pañiri está formada por suelos 'gleyzados', ligeramente salinos y saturados con aguas provenientes de vertientes y nieves de la cordillera. Un perfil típico sería:

- 0- 4 cm franco arcillo-arenoso con abundante materia orgánica; 1OYR 4/2; no adhesivo y no plástico; estructura fibrosa por la abundancia de raíces y materia orgánica; límite claro.
- 4-11 cm franco arenoso fino; 1OYR 5/6; abundante en raíces; no adhesivo y no plástico; límite claro.
- 11-18 cm franco arenoso (pumicítico); 1OYR 7/4; ligeramente plástico, no adhesivo; estructura de bloques, grisáceos y medianos; límites difusos.
- 18-30 cm arena francosa con gravas formadas de fragmentos de cal; 1OYR 7/3; no adhesivo y no plástico; estructura de bloques finos y débiles; límites claros.
- sobre 'caliche'

B. Suelos derivados de sedimentos recientes y jóvenes de las planicies del piemonte

Dentro de esta categoría se aprecian por lo menos cuatro asociaciones de suelos bien definidos en la región central del Loa. La primera asociación (Chuquicamata) incluye un amplio margen de suelos formados sobre planicies del piemonte bajo un verdadero clima de desierto con una precipitación anual media de menos de 30 milímetros y durante muchos años los suelos permanecen secos todo el año. Estos suelos se han formado durante mucho tiempo por acumulaciones aluviales y coluviales, provocados por cortos temporales de lluvia.

1. Asociación Chuquicamata

Todos los suelos de la Asociación Chuquicamata son fuertemente calcáreos y muchas de las series son también ricas en sulfatos y aún en cloruros. Las diferencias en el perfil y en el contenido de sales están en relación con la naturaleza del material generador dominante. Los suelos dominantes están formados de sedimentos graníticos, sedimentos paleozoicos y mezcla de sedimentos riolíticos y cuaternarios.

A continuación se describe un perfil típico formado por materiales coluviales graníticos cerca de Calama.

- | | |
|----------|---|
| 0-15 cm | arena, grava fina y cristales de yeso; 10YR 7/2, colores tomados en seco; no adhesivo, no plástico; suelto; estructura laminar; límite claro. |
| 15-25 cm | arena grava fina ligeramente cementada por sulfatos; 10YR 5/4; no adhesivo, no plástico; estructura maciza pero porosa y con algunas fisuras verticales; límite difuso. |
| 25-45 cm | arena limo y grava cementada por sulfatos y carbonatos; 7.5YR 6/4; maciza, sin fisuras verticales; límite difuso. |
| 45 cm + | grava, arena, ligeramente cementada por carbonatos y sulfatos. |

2. Asociación Topain

Los suelos de la Asociación Topain son más variables que los de la Asociación Chuquicamata. Un grupo de suelos se encuentra en las planicies al pié de los volcanes San Pedro y San Pablo, en los cuales el material parental es una mezcla de fragmentos de rocas andesíticas y basálticas, combinados con una considerable cantidad de pumicita (6a). En el mismo sector, al otro lado del río Loa, los suelos están formados principalmente de fragmentos de rocas paleozoicas (6d). Al sur y al este de estos suelos, hay una gran área de suelos de piedemonte derivado principalmente de fragmentos de rocas riolíticas. En la posición más alta del plano inclinado, los suelos coluviales riolíticos son debilmente calcáreos o no calcáreos (6b), pero en las posiciones más bajas son ricos en carbonatos y sulfatos (6c).

Todos los suelos de la Asociación Topain tienen algo de vegetación, pero en muchas áreas las plantas aparecen solamente después de las tormentas. La precipitación media anual en estos suelos es probablemente de 40-70 mm.

Dos perfiles que comunmente se encuentran en los materiales de origen riolítico son los siguientes:

i. Posición alta en las pendientes del piedemonte:

- 0- 15 cm arena y grava; 7.5YR 6/2-6/4; suelto; no plástico, no adhesivo; estructura maciza y porosa; límite claro.
- 15- 30 cm grava y arena ligeramente cementada por carbonatos; 7.5YR 7/2; no adhesivo y no plástico; estructura laminar; límite claro.
- 30- 50 cm grava y arena; 7.5YR 7/1; suelto; no adhesivo y no plástico; sin estructura.

ii. Posición baja en la pendiente del piedemonte:

- 0- 25 cm limo, arena y grava; 7.5YR 8/2 ; suelto; no plástico y no adhesivo; estructura laminar y porosa; muy calcárea; límite claro.
- 25- 45 cm grava fina arena; 7.5YR 7/2; ligeramente cementada por sulfatos y cloruros; ligeramente calcárea; no plástico y no adhesivo; estructura maciza, con poros; límites claros.
- 45- 70 cm grava cementada por sulfatos y cloruros; 7.5YR 7/2; límite claro. |
- 70-100 cm grava y arena ligeramente cementada por carbonatos.

3. Asociación Loa

Los suelos de esta Asociación se encuentran en terrazas a ambos lados del valle del Loa al norte de Tapiche. Están formados por limo y arena fina mezclada con pumicita gruesa.

4. Asociación Mandua

Los suelos de esta Asociación están formados por pumicita gruesa y fina proveniente del volcán San Pedro.

Un perfil típico sería:

- 0- 2 cm arena fina y gravas de piedras pomez; 10YR 6/3; muy friable o suelto; no adhesivo y no plástico; ligeramente compactada; estructura laminar y porosa; límite gradual.
- 2-10 cm limo, arena fina y gravas de piedras pomez; 10YR 7/3; friable, no adhesiva y no plástico; estructura laminar; se rompen en bloques finos, porosos; límite difuso.
- 10-40 cm grava mediana de piedras pomez; 10YR 7/3; ligeramente cementada.
- 40-70 cm grava gruesa de piedras pomez; 10YR 8/2; suelto.

C. Suelos más antiguos, derivados de sedimentos aluviales y lacustres de la época Cuaternaria

Los suelos de esta categoría son mucho más antiguos que todos los suelos anteriormente descritos y todos tienen una fuerte formación de costras salinas gruesas y silicificadas (principalmente sulfatos y carbonatos) las cuales son insolubles en agua. Estas costras son principalmente de origen geológico y el verdadero perfil del suelo tiene solamente unos pocos centímetros de profundidad.

Provisionalmente, todos los suelos de esta categoría han sido agrupados en una sola Asociación, denominada Lasana. Las dos clases principales de suelos de esta Asociación son: los suelos que tienen costra salina principalmente formada por sulfatos, y la otra clase de suelos con costras formadas principalmente de sales de carbonato.

El primer grupo de suelos tiene el siguiente perfil general:

- 0- 8 cm arena gruesa; 7.5YR 7/4; suelto; con abundantes fragmentos de yeso silicificada; límite claro.
- 8- 70 cm arena y grava cementada por yeso silicificado; límite irregular y claro.
- 70-110 cm carbonato de cal; suelto; 7.5YR 8/0; probablemente mezclado con cenizas pumicíticas, muy finas.
- 110-130 cm + material igual al anterior, pero menos calcáreo.

El grupo de suelos más calcáreo tiene el siguiente perfil general:

- 0- 30 cm arena cementada; 5YR 8/2; estructura laminada; límite difuso.
- 30- 70 cm arena y grava fuertemente cementada por carbonatos y probablemente silicificada; 5YR 8/2 y 7.5YR 8/6; límite claro, descansa sobre una costra calcárea muy dura.

VI. SUELOS DE PENDIENTES MODERADAMENTE FUERTES

Los suelos en esta categoría se encuentran solamente en las pendientes moderadamente fuertes de los cerros. Los suelos son todos delgados, ya sea, gravosos o pedregosos.

La Asociación de suelos del grupo A. se ha desarrollado bajo condiciones de climas muy áridos. La Asociación de suelos del grupo B. se ha desarrollado en clima de lluvias escasas (40 - 70 mm) que caen generalmente durante los meses de Febrero y Marzo.

La agrupación provisional dentro de esta Asociación está hecha en base al tipo del material generador.

SUELOS DE PENDIENTES MUY FUERTES

Se trata de los suelos excesivamente delgados y rocosos de las pendientes muy fuertes de los volcanes y cordillera. Se han desarrollado bajo condiciones de climas semi-áridos o ligeramente húmedos, incluyendo nieve pero con un promedio de temperatura muy bajo.

La asociación provisional de suelos está hecha sobre la base del tipo de roca dominante.

Entre los suelos no clasificados observados durante este reconocimiento, figuran los suelos de los "salares" y las pendientes de las quebradas.

