

ESTUDIO MICROMORFOLOGICO DE ALGUNOS SUELOS VOLCANICOS CHILENOS

por

ARNOLDO MELLA LAGOS (*)

El presente trabajo ha sido realizado en el Instituto de Edafología y Fisiología Vegetal, dependiente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, España, que dirige el Prof. Dr. José María Albareda, a quien expreso mis profundos agradecimientos por todas las facilidades que me fueron dadas. El estudio mismo fué dirigido por el Prof. Dr. Walter Kubiena, tanto en el Instituto de Madrid, como en Reinbek, Alemania, a quien agradezco su constante ayuda y el alto interés demostrado en el estudio de suelos chilenos, como también, la posibilidad de comparar nuestros suelos a la vista de su amplia colección.

Se han tomado seis perfiles de suelos correspondientes a las Asociaciones de suelos: Trumao Santa Bárbara; Collipulli; Mirador; y Trumao Misquihué, según el reconocimiento del Departamento de Conservación y Administración de Recursos Agrícolas y Forestales, Sub-Departamento de Agrología. De las dos primeras Asociaciones se han tomado dos perfiles ubicados en diferentes áreas de distribución. Se les ha estudiado microscópicamente de acuerdo a la técnica del Prof. Kubiena, es decir, primeramente se hace la observación de la muestra al binocular y seguidamente del corte delgado en el microscopio de polarización.

Acerca de la técnica para la preparación del corte delgado de suelo, que será motivo de una próxima publicación, consiste, en síntesis, en tomar muestras imperturbadas de suelo al cual se le agrega resina artificial, que mediante la acción de un catalizador y un acelerador se produce la polimerización pasando la resina del estado líquido al sólido. Con ello se logra que el suelo conserve su estructura primitiva. Los productos finales son cuerpos transparentes, vidriosos y de gran consistencia. En seguida, se procede al desbastado hasta lograr el grosor conveniente, mediante máquinas especiales, se pega en un porta-objeto para el estudio microscópico.

(*) Ingeniero Agrónomo. Sub-Departamento de Agrología. Departamento Conservación y Administración de Recursos Agrícolas y Forestales. Trabajo realizado en 1957.

La microscopía aplicada al suelo creada por el Prof. Kubiena constituye hoy día una nueva técnica que ofrece grandes posibilidades dentro de la investigación edafológica. Es una de las formas más rápidas y seguras para un buen diagnóstico de sistematización de un suelo y estudiar sus particularidades, como ser: formas de humus, caracterización de los horizontes y sub-horizontes, grado de intemperización de los minerales, formas y tamaños de los agregados, grados de rubeficación o de laterización, características de la fauna del suelo, espacios porosos, canales, etc.

Como complemento de este trabajo se compararon los "Trumaos" por observación simultánea con formaciones similares de las Islas Canarias y Guinea Continental Española, conocidos con el nombre de "Polvillos", derivados también de cenizas volcánicas.

Acerca de informaciones de arcillas y mineralogía de arenas, como datos más amplios de climatología, geología, vegetación, y génesis de estos suelos están desarrollados en el trabajo "Mineralogía de las arcillas de algunos suelos volcánicos chilenos" de Eduardo Besoain M., por lo que eliminamos dichas materias en el presente estudio.

PARTE EXPERIMENTAL

Suelo:	"Trumao Santa Bárbara".
Tipo de suelo:	Braulehm terroso.
Localidad:	Provincia de Ñuble, en las cercanías del pueblo San Fabián de Alicó. Latitud Sur, 36,5°. En la vertiente occidental de la cordillera de los Andes.
Geología:	Sedimentos glaciales de la "Morrena de la Montaña".
Clima:	Templado cálido, con estación seca y lluviosa semejante.
Precipitación:	1.600 mm. anuales.
Altitud:	500 m.s.n.m.
Vegetación:	Matorral pre-andino de hojas lauriformes.

Descripción del perfil:

Horizonte A:	0- 40 cm. (Munsell: pardo oscuro 7,5YR 5/6).
Horizonte A/E(B):	40-150 cm. (Munsell: pardo amarillento 10YR 6/4).
Horizonte E/(B):	150-350 cm. (Munsell: pardo amarillento 10YR 5/6).
Horizonte D:	+ 350 cm. (Munsell: pardo rojizo 2,5YR 4/4).

HORIZONTE A

Observación al binocular con luz directa:

La masa del suelo está formada principalmente por agregados redondeados de un tamaño variable entre 1/4 a 2 mm. de diámetro, observándose algunos agregados mayores en forma de fragmentos algo angulosos. Entremezclados con estos agregados existe polvo fino, los cuales también se presentan como finísimos agregados, igualmente redondeados. Todo este conjunto forma una clase de estructura de esponja, débilmente cementada, de manera que, el suelo tiene el carácter de un polvo suelto.

En la formación de los agregados se evidencia la actividad biológica por la variación en el contenido de humus, el cual están formados en parte de deyecciones de la fauna del suelo.

Observación microscópica del corte delgado:

En la estructura hay partes completamente sueltas y otras compactadas, estas últimas corresponden a fragmentos algo angulosos, fáciles de observar a simple vista, o con el microscopio con luz incidente.

En su totalidad, la parte suelta consiste en agregados de tamaño mediano; cuyo interior muestra un material de muy diferente carácter, dominando uno, más o menos floculado y rico en humus. El contraste de estos con la masa basal se encuentra establecido por el material parcialmente peptizado de color amarillo ocráceo, que proviene del horizonte E/(B). Las formas y delimitaciones varían considerablemente, pero siempre existe un predominio de las formas redondeadas bien definidas. Los fragmentos mayores tienen una estructura de esponja, con pequeñas cavidades, constatándose que proviene de una estructura compacta. Se reconoce fácilmente que los elementos estructurales están formados por agregados redondeados, fusionados y cementados unos con otros. La estructura de la masa muestra una intensa floculación; se observan concreciones de hidróxido de hierro, de modo que puede clasificarse como "estructura de Braulehm terroso".

HORIZONTE A/E(B)

Observación al binocular con luz directa:

Este horizonte tiene una estructura muy semejante al anterior. Aumentan los agregados redondeados de tamaño medio y disminuyen los más finos. Existen menos agregados ricos en humus y aumentan los agregados de superficies más lisas y de color ocre claro, proveniente del horizonte E/(B). En general tiene aspecto menos de polvo que el

horizonte anterior. La superficie de los agregados es más compacta, aunque falta el aspecto liso, casi brillante, que tienen los agregados del suelo "Misquihué" que se estudiará más adelante.

Observación microscópica del corte delgado:

La observación del corte delgado verifica el aspecto que se vió con luz incidente. Hay un mayor número de agregados de color amarillo de los horizontes E/(B) y D o substratum. Aumentan los agregados de tamaño medio, disminuyen los finos. Se encuentran también fragmentos compactos que presentan parcialmente una estructura de esponja poco desarrollada. Se aprecia, con más claridad que en el horizonte A, que esta estructura se ha formado por fusión y cementación de los agregados redondeados.

HORIZONTE E/(B)

Observación al binocular con luz directa:

Hay un gran aumento de fragmentos con delimitaciones angulosas irregulares. La superficie de estos fragmentos son más o menos compactos. Se observa en la masa una abundancia de agregados fusionados. En las partes sueltas aumentan también los agregados de tamaño medio y grande. A causa de esto, la consistencia del horizonte es suelta, pero con menos aspecto de polvo que los horizontes anteriores. El color de los agregados y fragmentos es más uniforme que los horizontes A y A/E(B), puesto que casi no existen agregados ricos en humus.

Observación microscópica del corte delgado:

El corte delgado se preparó con trozos de mayor tamaño.

La estructura de los fragmentos es mucho más esponjosa y rica en cavidades que la del horizonte anterior. Es claramente visible que la formación de los agregados es originada por cementación de elementos redondeados más pequeños. Por el hecho de estar los agregados menos fusionados entre sí aumenta el contenido en cavidades. El interior de estos agregados se encuentra menos floculado que en los horizontes anteriores.

HORIZONTE D

El substratum es completamente distinto del material del suelo, de modo que no hay concordancia entre éste y los horizontes superiores. Es compacto y en estado seco se endurece como una piedra. Al tacto es áspero y arenoso por carecer de la untuosidad de las arcillas. Se nota

una gran diferencia de coloración entre diferentes grados de humedad. El color en seco es 2.5Y 9/6 y en húmedo 2.5YR 4/4. Al humedecerlo da la impresión que su constituyente principal es sílice. Mojado no presenta plasticidad. El peso específico parece ser menor que la masa general del suelo.

Observación al binocular con luz directa:

La estructura del material es compacta; la superficie no tiene brillo y se destacan en ella partes más densas. El color en seco es blanco (Munsell, 2,5Y 9/2), con manchas de hierro de color amarillo ocre muy vivo que alcanza hasta un tono rojizo; también existen concreciones de color rojo oscuro. En húmedo el color de la masa basal se transforma bruscamente a un rojo amarillento con manchas de color oscuro. En húmedo la masa tiene una estructura de brecha compuesta de materiales de muy distinto carácter. Existen fragmentos de lava volcánica con predominio de basaltos, granos de cuarzo, cristales columnares muy oscuros (augitas), concreciones de hierro, etc.

Observación microscópica del corte delgado:

Se escogió un trozo que está formado fundamentalmente por rocas volcánicas, granos grandes de augita, feldespatos (plagioclasas), cuarzo y otros.

La masa basal muestra diferentes elementos estructurales, incluyendo cuarzo y vidrios volcánicos. Es de color amarillo claro, causado por el hidróxido de hierro peptizado, el cual se concentra en formas de orlas, rodeando las inclusiones de vidrios, como también en formas de manchas irregulares y en parte en la superficie de grietas y hendiduras. Según el grado de concentración de estas precipitaciones varía el color, cambiando entre ocre pardusco, a pardo rojizo hasta pardo oscuro. Esta dinámica del hidróxido de hierro es similar a la que se efectúa en la estructura de Braulehm.

Las inclusiones de vidrio volcánico tienen formas muy variables, destacándose las formas sinuosas y muy articuladas. Es interesante resaltar que las orlas de hidróxido de hierro sólo se forman en los bordes de las inclusiones de vidrio y no en los fragmentos de rocas y minerales cristalinos.

CONCLUSIONES

Este suelo corresponde a un Braulehm terroso de carácter de "Trumao". La formación de agregados redondeados es muy pronunciada y tiene mucha semejanza a los "Polvillos" de las Islas Canarias, diferen-

ciándose sólo en que la transformación de la masa en agregados redondeados está más desarrollada que en aquéllos.

La floculación del hidróxido de hierro en la masa basal está muy desarrollada en el horizonte A y A/E(B) y menos visible en el horizonte E/(B), lo que indica que se trata de una transformación de un Braulehm a un Braulehm terroso por la acción del clima y las condiciones ambientales de la época actual.

El horizonte D es un substratum que no tiene relación directa con el suelo.

Suelo:	"Trumao Santa Bárbara".
Tipo de suelo:	Braulehm terroso.
Localidad:	Provincia de Bío-Bío, en la Hacienda Corcovado en Santa Bárbara. Latitud Sur, 37° 65". En la vertiente occidental de la cordillera de los Andes.
Geología:	Sedimentos glaciales de la "Morrena de la Montaña".
Clima:	Clima templado cálido con menos de cuatro meses secos.
Precipitación:	1.643 mm. anuales.
Vegetación:	Matorral pre-andino de hojas lauriformes.
Horizonte A:	0- 15 cm.
Horizonte A/E(B):	15-100 cm.
Horizonte E/(B):	100-150 cm.

HORIZONTE A

Observación al binocular con luz directa:

Se observa que los mayores agregados tienen formas redondeadas y una estructura interior compacta; los pequeños agregados presentan un aspecto floculado de formas irregulares. Se aprecia con poco aumento al binocular, que la precipitación de los hidróxidos de hierro en este horizonte se encuentra muy avanzada.

Observación microscópica del corte delgado:

Los agregados muy finos son abundantes, estos provienen de una intensa floculación del hidróxido de hierro, el cual contrasta por su color con el alto contenido en humus de la muestra. Los agregados grandes tienen, igualmente, una estructura de microesponja muy suelta, causada por la unión de pequeños agregados de primer orden, y poseen formas redondeadas. En el interior de estos agregados se observa una acumulación de hidróxido de hierro muy avanzada.

HORIZONTE A/E(B)

Observación al binocular con luz directa:

El material de este horizonte es muy parecido al anterior. Se ven, agregados densos y redondeados, pero la masa principal consiste en agregados muy finos con una floculación intensa.

Observación microscópica del corte delgado:

El aspecto de este material corresponde casi enteramente al horizonte A, con la única excepción que este horizonte posee una mayor cantidad de material amarillo, transportado por lombrices desde el horizonte E/(B).

HORIZONTE E/(B)

Observación al binocular con luz directa:

Los agregados grandes están formados por otros más pequeños, de manera que se llega a formar una estructura de microesponja. Estos agregados pequeños, de primer orden, poseen también formas redondeadas, con contornos bien delimitados, de manera que el conjunto tiene la apariencia de deyecciones de pequeños anélidos, posiblemente enquitreídos. En algunos agregados esta estructura se pierde completamente, originándose una estructura completamente compacta. Es posible que, esta, corresponda a la estructura original de Braulehm, y la menos compacta; y el color más oscuro, a la transformación del suelo debido a las condiciones actuales. El color de los agregados esponjosos es más oscuro que los de estructura compacta, y se produce, en primer lugar, por la precipitación de los hidróxidos de hierro, como también, por su contenido en humus. Existen, además, agregados oscuros, que indudablemente provienen del horizonte de humus transportado al sub-suelo por las lombrices.

En la masa basal se observan, además, inclusiones de color rojo, que parecen ser productos de transformación post-volcánica.

CONCLUSIONES

Este suelo corresponde a la transformación de un material de tipo Braulehm. Con la sola investigación de las muestras no puede deducirse si el material de Braulehm, se ha transformado en un clima anterior "in situ", posiblemente a partir de sedimentos de cenizas volcánicas frescas, o bien, si se ha formado en otro y fué depositado en estado de

descomposición. Se ve muy bien que en un clima posterior, posiblemente el actual, este Braulehm se ha transformado en un Braulehm terroso, por haber variado la estructura de Braulehm compacto con poca estabilidad y con intensa peptización de los hidróxidos de hierro, a un suelo con una amplia precipitación de los hidróxidos de hierro, estructura floculada muy estable y con morfología de microesponja.

La formación de humus se produce en forma de "mull", con buena descomposición y humificación y buena unión entre la parte orgánica e inorgánica; siendo previo a esto último la unión de las arcillas y de los hidróxidos de hierro.

Suelo:	Trumao Misquihué.
Tipo de suelo:	Braulehm.
Localidad:	Provincia de Llanquihue, en las cercanías de Maullín. Latitud Sur 41°5'.
Geología:	Sedimentos fluvio-glaciales.
Clima:	Clima de costa occidental con influencia mediterránea.
Precipitación:	1.946 mm. anuales.
Vegetación:	Formación de <i>Nothofagus obliqua</i> y <i>Laurelia sempervirens</i> .

Descripción del perfil:

Horizonte A/E(B): 0- 60 cm. (Munsell: rojo amarillento 5YR 5/6).
Horizonte E/(B): 60-250 cm. (Munsell: pardo fuerte 7,5YR 5/8).

Del horizonte E/(B) se tomaron dos muestras: de 60 a 120 cm. y de 120 a 250 cm.

HORIZONTE A/E(B)

Observación al binocular con luz directa:

Se observan fragmentos angulosos y agregados redondeados de formas tuberosas. Las superficies son más lisas que los horizontes inferiores y domina el color oscuro. La masa del suelo se encuentra completamente compacta. El color al microscopio alcanza un pardo sepia, según Munsell (7,5YR 4/4, pardo intenso) como tono más oscuro.

Observación microscópica del corte delgado:

A pesar de las diferencias vistas con luz directa, el corte delgado es muy semejante a los horizontes inferiores. La estructura de esponja

se encuentra muy desarrollada, y se puede apreciar que ella no sólo se ha formado por la fusión de los agregados redondeados, sino también, por la formación de pequeñas grietas de desecación.

La masa de este horizonte corresponde a una estructura típica de Braulehm. El tono oscuro, tan característico en el color externo de los agregados y fragmentos, no se observa en su interior.

HORIZONTE E/(B) (60-120 cm.)

Observación al binocular con luz directa:

El carácter de Braulehm es muy acentuado y la única diferencia con el Braulehm corriente es su color. Se observa con nitidez agregados de color ocre oscuro, algunos con aspecto sucio y otros de aspecto claro. La masa está formada en gran parte por deyecciones, algunas de formas redondeadas y otras de formas tuberosas, con superficies muy lisas.

Observación microscópica del corte delgado:

La masa de este horizonte corresponde en gran parte a la del horizonte inferior y el carácter de Braulehm es muy pronunciado. El color es poco menos amarillento y algo más rojizo, siendo lo más parecido en la escala de Munsell 10YR 7/8. La estructura de esponja se encuentra bastante desarrollada y parece ser que la estabilidad de esta estructura es mucho mayor que en los Braulehm corriente. El contenido de fragmentos rojizos, embutidos en la masa basal de este horizonte, es bastante mayor y se presentan de formas redondeadas con un color que varía entre rojo pardusco y pardo rojizo.

HORIZONTE E/(B)

Observación al binocular con luz directa:

La muestra consiste en fragmentos compactos de un diámetro de 1-2 cm. y agregados pequeños, redondeados de un diámetro de 0,6-1 mm. Estos agregados tienen superficies lisas, brillantes y su masa es completamente compacta, con un aspecto de cera, de color ocre pardusco, teñido ligeramente de gris (Munsell 10YR 6/4-6/6, pardo amarillento claro a amarillento pardusco). Los fragmentos mayores poseen una estructura muy compacta y superficies más o menos lisas. En parte se observa que la masa compacta está formada de agregados redondeados, parcialmente fundidos.

Observación microscópica del corte delgado:

Posee una estructura típica de Braulehm, en la cual los hidróxidos de hierro se encuentran muy peptizados. Esta estructura consiste en agregados bien delimitados o de fragmentos algo angulosos, estando el interior de ellos completamente compactos y no mostrando casi ninguna floculación. El color es amarillo ocráceo, acercándose a un amarillo limón (Munsell: 2.5Y 8/8).

En la masa basal, se ven algunas concreciones más o menos rubeficadas que seguramente provienen de otros suelos rubeficados, posiblemente con carácter de "Collipulli". Existe, también, fragmentos muy rojos embutidos en la masa basal. En los fragmentos grandes se forma, en parte, una estructura esponjosa originada por fusión y compactación de los agregados redondeados. Estos presentan deyecciones de la fauna del suelo, posiblemente de pequeñas lombrices.

CONCLUSIONES

Este suelo posee un carácter muy diferente de los "Trumaos" estudiados anteriormente. Existen también agregados redondeados, evidentemente estables, pero el interior de ellos muestra una estructura típica de Braulehm con los hidróxidos de hierro completamente peptizados y con falta o gran escasez de floculación. No se trata de un Braulehm terroso que es el carácter principal de los suelos de "Trumaos" típicos.

Este suelo tiene, según su estructura elemental, un carácter muy semejante a los Braulehm del bosque ecuatorial de Africa Central. La diferencia está en la formación de agregados redondeados con superficies oscuras y en la estabilidad de ellos.

Suelo:	Collipulli.
Tipo de suelo:	Rotlehm.
Localidad:	Provincia de Ñuble, en la cercanía de Chillán. Latitud Sur 36°,36".
Geología:	Sedimentos glaciales "Morrena de la Montaña".
Clima:	Templado cálido, con estación seca y lluviosa semejante.
Precipitación:	10,33 mm. anuales.
Vegetación:	Matorral pre-andino de hojas lauriformes.

Descripción del perfil:

Horizonte A:	0-14 cm. (Munsell: rojo amarillento 5YR 5/8).
Horizonte A/E(B):	14-23 cm. (Munsell: rojo amarillento 5YR 4/6).
Horizonte E/(B):	23-82 cm. (Munsell: pardo rojizo 2,5YR 4/4).

HORIZONTE A

El suelo contiene poco humus, de manera que el horizonte A se distingue más bien por su estructura de polvo que por la variación de color.

Observación al binocular con luz directa:

El material de este horizonte consiste en agregados más o menos redondeados, bastante porosos y de un diámetro de 0,5 hasta 7 mm. La forma redondeada parece provenir de la estructura suelta y frágil en estado seco y se encuentra conservada en los fragmentos mayores, mientras que en la parte más fina, muy abundante, predominan las formas irregulares, algo grumosas.

Observación microscópica del corte delgado:

El interior de los agregados y fragmentos muestra una estructura de esponja bien desarrollada, formada por fusión de pequeños agregados de formas irregulares o redondeadas (dyecciones). Existen también algunas cavidades en formas de grietas originadas al secarse. La masa basal es de color pardo rojizo y se compone de una masa compacta, pero con floculación interna donde están metidos los granos de minerales, tales como : cuarzo, vidrios volcánicos, feldespatos y fragmentos de concreciones de hierro y manganeso de color rojo y negro respectivamente. Todos ellos de tonos opacos. Además, existen trozos de material proveniente de descomposición hidrotermal post-volcánica.

La estructura de esponja bien desarrollada, indica una buena estabilidad de los agregados frente al agua. El aspecto pulverulento del material de este horizonte es causado por la presencia de un gran número de agregados muy finos. Posiblemente la trituration debe ser causada por la influencia de las estaciones secas y cálidas, y el gran número de agregados finos a la influencia de la erosión eólica.

El contenido en humus y sustancias orgánicas es escaso.

HORIZONTE A/E(B)

La estructura de este horizonte es más grumosa y de polvo que los horizontes inferiores y menos suelta que el horizonte A.

Observación al binocular con luz directa:

Aumenta el número de agregados mayores y disminuye la fracción de polvo de los agregados muy finos. Los agregados mayores alcanzan tamaños hasta de 1,5 cm. Ha cambiado también la forma de los frag-

mentos en los que se observan delimitaciones más angulosas y estructuras un poco más compactas.

Observación microscópica del corte delgado:

Todavía se observa una estructura de esponja bien desarrollada. En algunas cavidades se ven acumulaciones de deyecciones de la fauna del suelo bien conformadas.

HORIZONTE E/(B)

Observación microscópica con luz directa:

El material, de este horizonte, consiste en fragmentos algo angulosos, bastante duros y firmes, los cuales alcanzan un diámetro de 2,5 cm. El interior de estos agregados parecen ser más compactos que en los horizontes anteriores. El material tiene más acentuado el aspecto ceroso, aunque la superficie no es lisa sino bastante rugosa.

Observación microscópica del corte delgado:

La estructura de esponja es lo dominante, pero, en algunas partes, se observa otra casi completamente compacta y con muy pocas cavidades. La masa basal tiene un tono más rojizo que en los horizontes anteriores.

CONCLUSIONES

Se trata de un suelo "Collipulli", pero con poco humus en el horizonte A y poco empardecimiento en las partes superiores del perfil. Esto, evidentemente, es una influencia del clima, puesto que se trata de un suelo situado en una área más seca que la de otro "Collipulli", que se estudiará más adelante, el cual posee un horizonte de humus bien desarrollado y buen empardecimiento.

Suelo:	Collipulli.
Tipo de suelo:	Rothelm empardecido terroso.
Localidad:	Provincia de Malleco, en el pueblo de Collipulli.
	Latitud Sur 37°53'.
Geología:	Sedimentos morrénicos.
Clima:	Templado cálido con menos de cuatro meses secos.
Precipitación:	1.300 mm. anuales.
Vegetación:	Parque.

Descripción del perfil:

Horizonte A: 0- 18 cm. (Munsell: pardo rojizo 5YR 4/4).
Horizonte A/E(B): 18- 43 cm. (Munsell: rojo amarillento 5YR 4/6).
Horizonte E/(B): 43-150 cm. (Munsell: rojo amarillento 5YR 5/6).

En el horizonte E/(B) a la profundidad de 43-63 cm. se encontró un resto de fragmento de roca y material con carácter de horizonte C_m que se prepararon microscópicamente. Igualmente se estudia otro fragmento de roca tomado entre 63-150 cm.

Los fragmentos de la roca:

Corte delgado (63-150 cm.): La roca es fundamentalmente basáltica, con masa basal fina. Existen abundantes fenocristales de plagioclasas y una elevada cantidad de olivinos que se alteran dando una masa foliácea de color ocre-rojizo-oscuro ("Bowlingita"). Se observan pocas augitas.

Corte delgado (43-63 cm.): Es muy parecida a la anterior, con masa basal compacta. Presenta microcristales de magnetita más finos que en el corte anterior. Hay muchos cristales de plagioclase y los olivinos están menos alterados, aunque en algunos granos la alteración produce orlas rojas. En el borde del fragmento, la roca muestra una orla con acumulación de hidróxido de hierro de color ocre pardusco. Se comprueba fácilmente que el color del suelo proviene de estos olivinos.

Material con carácter de horizonte C_m (43-63 cm.): El material de este horizonte presenta una clase de "fragipan". Es de color gris-verdoso, compacto, con fuerte alteración química, aunque poca oxidación. El horizonte es blando, y muestra, todavía, la estructura de la roca.

Presenta una estructura de brecha, de lo que se deduce que no se ha formado "in situ" sino que ha habido una traslocación. La masa basal del horizonte es bastante clara, de color gris y no presenta birrefringencia. Es evidente que se trata de material de feldespatos transformados en arcillas o sustancia arcillosas. La masa es pobre en granos de magnetita, y en ella se encuentran embutidos fragmentos de diferentes rocas, bastante alterados químicamente, pero con su estructura perfectamente conservada. En primer lugar, se trata de basalto de estructuras diferentes a los basaltos de los cortes anteriores. Las plagioclasas han perdido casi toda su birrefringencia. Los olivinos, que se encuentran en grandes cantidades en estos fragmentos están muy transformados y alterados en masas blandas que varían en su coloración desde rojas muy intensas a pardo rojizas. En las grietas del fragmento se han depositado masas, muy peptizadas y móviles, de arcilla coloreada de ocre-amarillento muy vivo,

HORIZONTE E/(B)

Observación al binocular con luz directa:

El material consiste casi completamente en agregados de 1.4 mm. de diámetro. Se trata generalmente de fragmentos angulosos de una capa sedimentaria.

Los agregados tienen una estructura interior muy compacta y su superficie se encuentra totalmente cubierta de polvo fino, constituido de pequeñas grumilas. Los agregados se han formado, posiblemente al secarse esta masa que es muy expandible.

Observación microscópica del corte delgado:

Los agregados son de formas muy irregulares, angulosas y bien delimitadas, mostrando una estructura interna compacta. Se pueden ver en ellos unas grietas formadas al secarse el material, que indica el modo de formación tanto de los agregados como fragmentos de una masa densa.

La masa basal está intensamente coloreada de rojo pardusco (Munsell 2,5YR 4/6). Se trata de la masa basal de un Braulehm rubeficado hasta un Rotlehm poco floculado. Hay una floculación interna, pequeña, con poca influencia en la estructura general y en la formación de los agregados. Sin embargo, se ven algunos fragmentos con floculación más avanzada, de color pardusco. Esta floculación tiene una influencia visible en la formación de los agregados, que se tornan más flojos, con grietas más irregulares y menos angulosos. El color se cambia gradualmente de rojo pardusco a ocre-rojizo-pardusco. Parece ser que estos agregados provienen de capas superiores traídos a este horizonte por la fauna del suelo. Existen también agregados de un horizonte C_m de un "fragipan" descrito ya en el corte anterior. Esto indica que se trata de un suelo formado en un clima tropical o sub-tropical muy húmedo a partir de materiales fácilmente alterables (lavas o cenizas basálticas) en forma de una variante de Braulehm o Rotlehm de Matadero.

Los agregados rojos presentan una desintegración química intensa.

HORIZONTE A/E(B)

Las características generales y micromorfológicas, como la forma de los agregados, son muy semejantes al horizonte anterior. Sin embargo, es más escaso el material con carácter de horizonte C_m . Esto hace que la masa total del horizonte, a simple vista, tenga un tono más rojizo.

HORIZONTE A

Observación al binocular con luz directa:

El material del suelo consiste en agregados grandes, del mismo tamaño que en el horizonte E/(B), pero las formas angulosas se han perdido en gran parte y las formas irregulares están algo redondeadas. En muchos agregados las formas angulosas son todavía reconocibles. El interior de los agregados es muy compacto; pero al lado de estos grandes agregados existen, en abundancia, pequeños agregados muy terrosos, con intensa floculación y que representan la mayor parte de la muestra.

El color de la masa total, a simple vista, tiene un tono más pardo y menos rojo que los horizontes anteriores.

Observación microscópica del corte delgado:

Existe una diferencia muy notable en comparación con el horizonte E/(B) y consiste en una floculación bastante intensa de la masa basal y también en la transformación del color hacia un tono más pardo. En esta transformación, en general, el empardecimiento terroso del Rotlehm, origina una estructura de microesponja en los agregados modificados, se pierde la estructura compacta interna y las delimitaciones son mucho más variadas e irregulares.

La masa basal ha sufrido sólo en algunos sitios una gran floculación, el resto está constituido por los hidróxidos de hierro, totalmente peptizados, los cuales, probablemente, son un remanente del estado anterior del suelo.

El contenido en humus no es muy grande, pero la forma de humus es favorable al suelo, de modo que se puede decir, que existe una buena formación de "mull". La descomposición y la humificación de los restos vegetales es casi completa y las sustancias húmicas finas se encuentran unidas a las sustancias inorgánicas finas.

CONCLUSIONES

Se trata de un suelo de tipo Rotlehm, con características cercanas a un Braulehm rubeficado.

En las capas inferiores domina totalmente la estructura de Braulehm y la floculación roja es muy pequeña. Existe mucho material con carácter de horizonte C_m que es testigo de un clima tropical o sub-tropical húmedo. Por la sola investigación micromorfológica y la carencia de material de la roca madre, no puede deducirse la distancia que recorrió en su transporte. Todos los indicios están a favor de una formación que no es "in situ". La transformación "in situ" actual consiste en el empardeci-

miento terroso del material que se produce desde la superficie hacia abajo y que se encuentra muy avanzada en el horizonte A. Esta transformación causa un cambio de la estructura a tipos estables y grumosos.

Suelo:	Mirador.
Tipo de suelo:	Sedimentos de Rotlehm.
Localidad:	Provincia de Ñuble, en la cercanía de Chillán. Latitud Sur 36°,40'. En el llano central.
Geología:	Sedimentos glaciales y fluvio-glaciales.
Clima:	Templado cálido con estación seca y lluviosa semejante.
Precipitación:	1.033 mm. anuales.
Vegetación:	Estepa de acacia cavenia.

Descripción del perfil:

Horizonte A:	0-15 cm.
Horizonte A/E(B):	15-26 cm.
Horizonte E/(B):	26-70 cm.

HORIZONTE A

Observación binocular con luz directa:

La masa de este horizonte consiste casi totalmente en agregados irregularmente angulosos, de superficie rugosa y de estructura algo compacta hasta ligeramente porosa. El tamaño de los agregados varía entre 1 hasta 8 mm.

Observación microscópica del corte delgado:

La masa de los fragmentos se compone de trozos de suelos redondeados de muy diferente carácter, embutido en una masa algo floculada, de color ocre pardusco. Se trata de sedimentos de diferentes suelos. El carácter de los fragmentos redondeados varía desde un Braulehm bastante peptizado hasta un Braulehm terroso; de Rotlehm empardecido a Rotlehm coloreado de rojo muy intenso. Se observa también que en algunos fragmentos, no solamente existen indicios de rubeficación, sino también de laterización, o más probablemente de descomposición hidrotermal.

La masa basal muestra, ya sea, una estructura de esponja poco desarrollada, o bien, una estructura completamente compacta. Las cavidades que se han originado al secarse el suelo tienen muy diferente carácter en las masas duras. Se observan indicios de la fauna del suelo.

HORIZONTE A/E(B)

Observación al binocular con luz directa:

En este horizonte destacan fragmentos mayores que alcanzan un tamaño hasta de 1,5 cm.

El carácter de los fragmentos es muy semejante con aquellos del horizonte A. Abundan las partes con estructuras compactas y superficies casi lisa, de aspecto de cera, típico para un Rotlehm que se aproxima a un Braulehm.

Observación microscópica del corte delgado:

Se observa una estructura de esponja con una gran abundancia de grietas que se han originado al secarse el suelo, aunque con una masa basal más o menos floculada. La floculación, sin embargo, tiene poca influencia sobre la estructura, aunque, indudablemente, aumenta su estabilidad.

En las cavidades se ve la formación de agregados con un carácter definido de deyecciones.

La masa de este horizonte se compone, también, de trozos de suelos de distinto material embutidos en una masa basal semejante al horizonte A. Se encuentran, igualmente fragmentos de basaltos.

HORIZONTE E/(B)

Observación al binocular con luz directa:

Abundan los fragmentos que alcanzan hasta 2,5 cm. La masa de estos fragmentos presenta una estructura casi totalmente compacta, con aspecto de cera, de tonalidades más claras y ocráceas.

Observación microscópica del corte delgado:

Muy semejante al horizonte anterior, con dominio de las estructuras compactas, cruzadas por grietas angulosas, formadas durante la desecación. El color ocre es un poco más acentuado que en los horizontes anteriores, el cual cambia mucho con luz incidente, hasta alcanzar en este caso a un color rojo anaranjado. Esta diferencia de color también se observa en las preparaciones anteriores.

CONCLUSIONES

Se trata en primer término de un sedimento de suelo de tipo Rotlehm, con carácter parecido a un Braulehm.

El empardecimiento de este material es menos fuerte que en los "Collipulli". Es evidente que el clima actual no ha tenido mucha influencia en este aspecto. La variación entre los diferentes horizontes no es muy grande, sólo se ve la formación de un horizonte A con poco humus y una estructura algo más suelta.

Relación de los "Trumaos" con suelos similares de Guinea Española (Fernando Poo) e Islas Canarias.

El estudio comparativo fué posible gracias a la gentileza del Prof. Dr. W. Kubiena, quien, facilitó las muestras necesarias de su colección de suelos.

Como resultado de esta comparación se constata la igualdad que existe entre los "Trumaos" y los "Polvillos" de Guinea e Islas Canarias, en cuanto se refiere a un tipo determinado de suelo (Braulehm terroso) y sus formas micro-estructurales (polvillo). De ahí que el autor haya propuesto la palabra "polvillo", como palabra técnica internacional para la designación de suelos que tengan este tipo tan especial de estructura, en el Congreso de la Sociedad Alemana de Edafología, efectuada en Bremen, Septiembre de 1957.

A pesar de las diferentes condiciones ambientales, tanto en Chile, como en Guinea y Canarias, únicamente se puede llegar a la conclusión que: a partir de un Braulehm típico como formación en un clima puramente tropical, por cambio de éste se ha producido la terrificación, es decir, la destrucción de la estructura densa del Braulehm típico, a la forma suelta, terrosa, esponjosa del Braulehm terroso, como también la floculación del hierro dentro de los agregados, aunque conservando dentro de ellos la estructura densa típica del Braulehm.

Otra comprobación del cambio de clima y consecuentemente del Braulehm típico al sub-tipo Braulehm terroso, se observa en el hecho que la transformación se produce siempre de la superficie hacia abajo. Por otra parte, jamás se ha observado la estructura descrita de "polvillo" en los Braulehm actuales derivados de rocas eruptivas básicas en los trópicos y sub-trópicos, salvo en las partes de mayor altura que corresponde a un clima menos tropical. A pesar que este clima de altura pertenece, en un amplio sentido, también a un clima tropical.

En Chile los "Trumaos", suelos de estructura de "polvillo" se encuentran dentro de un clima templado, en alturas de 400 a 500 metros. En cambio en Guinea a esta altura sobre el nivel del mar se desarrolla un Braulehm típico, sin ninguna terrificación y con estructuras completamente compactas. Sin embargo, a partir de los 800 metros hasta los 2.500 metros de altura principia a desarrollarse la terrificación a causa del clima de altura. Igual fenómeno se observa en las Islas Canarias aunque con mayor intensidad.

CONCLUSIONES GENERALES

1. *Trumaos*. — Estos suelos corresponden dentro de la Sistemática Natural de los Suelos del Prof. Kubierna al tipo Braulehm.

La Asociación "Trumao Santa Bárbara" al sub-tipo Braulehm terroso, caracterizado por su estructura de "polvillo". La floculación del hidróxido de hierro se encuentra muy avanzada, lo que origina la formación de una estructura de microesponja muy desarrollada. La terriificación se produce siempre siguiendo la secuencia de los horizontes.

El "Trumao Misquihué" presenta una estructura típica de Braulehm, en el cual los hidróxidos de hierro están totalmente peptizados debido a la gran actividad peptizadora del ácido silícico.

La formación de humus en los "Trumaos" se produce en forma de "mull", o sea, una total humificación de la parte orgánica.

2. *Collipulli y Mirador*. — Son suelos de tipo Rotlehm.

Las características micromorfológicas indican que se trata de un suelo que no corresponde a las condiciones ambientales actuales. Por cuanto, la transformación "in situ" actual, consiste en el empardecimiento terroso del suelo partiendo de la superficie hacia abajo. Por otra parte la presencia de material con carácter de horizonte C_m es testigo de un clima tropical o sub-tropical húmedo.

La formación de humus es de tipo "mull", dependiendo su cantidad de la zona en que se tomaron las muestras.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEYDA ARROYO, E. 1958. — Recopilación de datos climáticos de Chile. Ministerio de Agricultura.
- KUBIENA, W. 1956. — Materialien zur Geschichte der Bodenbildung auf den Westkanaren (Unter Einschluss von Gran Canaria). Rapp. VIe Congrès Intern. Sci. Sol. Paris. E 241.
- KUBIENA, W. 1956. — Para la terminología actual de la denominación de horizontes en el perfil del suelo. Anales de Edafología y Fisiología Vegetal C.S.I.C. Madrid, Tomo IX, Nº 2. Pág. 117-128.
- KUBIENA, W. 1953. — Claves Sistemáticas de Suelo. C.S.I.C. Madrid.
- KUBIENA, W. 1955. — Ueber die Braulehmrelikte des Atakor. Sonderbruck aus "Erdkunde". Tomo IX, Nº 2. Fer. Duemmlers Verlag. Bonn.
- KUBIENA, W. 1938. — Micropedology. Collegiate Press Arnes Iowa.
- MELLA LAGOS, A. 1958. — Vergleichende Untersuchungen ueber eine wichtige chilenische Bodenform und aenliche Bildungen in Spanisch-Guinea und auf den Kanarischen Insel. Zitschrift fuer Pflanzenernaehrung, Duengung, Bodenkunde. Verlag, Chimie, GmbH., Weiheim/Bergstrasse und Berlin. Nº 2, pag. 97-103.
- MUNOZ CRISTI, J. 1950. — Bosquejo geológico de Chile. Geografía Económica de Chile. Corfo. Tomo I, pag. 51-184. Santiago, Chile.
- PISANO, E. 1950. — Mapa de las formaciones fitogeográficas de Chile. Geografía Económica de Chile. Corfo. Santiago, Chile.
- SANCHEZ CALVO, Ma. 1958. — El Braulehm y las tendencias de alteración en las Canarias Occidentales. I. Estudio químico edáfico de los suelos. Anales de Edafología y Fis. Vegetal. Tomo XVIII, Nº 5, pag. 407-502. Madrid.