

Necrología

El DR. WILHELM GROSSKOPF, Consejero Científico y Jefe del Departamento de Ecología Forestal y Estudios del Suelo en el Instituto Federal de Investigaciones sobre Economía Forestal y de la Madera en Reinbek, Alemania, falleció después de una breve enfermedad en Reinbek el día 24 de Febrero de 1955. En el año de 1954 el DR. GROSSKOPF realizó un viaje bastante largo a El Salvador y estudió allá problemas de suelos y ecología forestal. Así logró conocer personalmente, poco antes de su fallecimiento, los campos tropicales de su especialidad científica que le habían ocupado teóricamente desde hacía muchos años.

El DR. GROSSKOPF recibió su educación respecto a la investigación del suelo por los catedráticos DRS. H. VATER y G. A. KRAUSS en Tharandt. En su especialidad, el estudio forestal del humus, el DR. GROSSKOPF realizó una serie de estudios importantes sobre comparaciones metódicas de análisis químicos y morfológicos del lecho de hojas secas en bosques y del humus, tanto como sobre la ampliación del método en este campo. En 1936 se encargó del departamento de Ecología Forestal de los Trópicos en el Instituto Federal y se ocupaba en problemas del humus tropical. Por causa de la guerra no pudo extender a los trópicos sus amplias experiencias con suelos europeos. Después de la guerra estudió la distribución regional de las raíces de diferentes especies de madera y un método para la determinación cuantitativa de las raíces finas.

CATALOGADO

SOBRE LA MORFOLOGIA DE LOS SUELOS EN BOSQUES Y CAFETALES DE EL SALVADOR Y SU PENETRACION POR RAICES

W. Grosskopf

Con la colaboración de M. v. BUCH.

Instituto Federal de Investigaciones sobre Economía Forestal
y Madera, Reinbek, Alemania

DC. 631.44 (728.4).

Contenido

- A) Problemas y métodos
- B) Los factores formativos del suelo y la intervención del hombre
- C) Descripción de los distintos suelos
 - 1 La tierra blanca joven cerca de San Salvador
 - 2 Suelos pardos de bosques secos bajo cafetales en el "Tigre"
 - 3 a) Las formaciones secas de Morrales y Chaparrales
 - 3 b) Arcilla roja bajo pinares y encinares secos cerca de "Majadita"
 - 4 Tierra parda tropical bajo encinares nebulosos en "Montecristo"
- a) Posición, clima, comunidad vegetal
- b) Formación de humus y penetración por raíces
- 5 Suelo de pradera de varios estratos bajo bosques aluviales perennifolios cerca de San Marcos Lempa
 - a) Posición, clima y composición del bosque
 - b) Contenido de agua y penetración por raíces.
- D) Tipo del suelo
- E) Resumen

A) Problemas y métodos

Desde hace mucho tiempo había deseado una permanencia en un país caliente para completar mis investigaciones sobre ecología forestal (2-4) estudiando en el propio lugar las características de suelos silvestres tropicales y su penetración por raíces. Mi deseo fué satisfecho en el año de 1954. Desde principios de enero hasta fines de mayo pude trabajar como investigador huésped del Instituto Tropical de Investigaciones Científicas de la Universidad de El Salvador y de tal modo realicé viajes científicos en la República Centroamericana de El Salvador. Había escogido para mi permanencia allá principalmente la estación seca tropical, porque ésta facilitaba esencialmente los estudios del suelo en el campo y los hacía posibles aun en los terrenos bajos, cuando aun los caminos secundarios son fácilmente transitables.

La tarea que me había propuesto era la investigación ecológica de los suelos silvestres bajo las distintas formaciones de bosques, que todavía existen como selvas residuales. Este campo de estudios tiene una gran importancia práctica en relación con la conservación del suelo y el creciente peligro de la erosión y del aumento del azolve transportado por los ríos.

Pero en muchos tipos de suelos y sitios ya no hay a la disposición selvas considerables características. Por otra parte tenía que formarme una idea sobre el efecto cuidadoso que ejercen las más importantes plantas cultivadas en El Salvador sobre el suelo elaborado. Por eso extendí mis estudios a sitios en cafetales y a algunos suelos de cultivos y potreros. Como factores más esenciales del lugar traté la economía del agua y de las sustancias nutritivas de los suelos y de los árboles o arbustos, respectivamente, lo que estudié con especial atención a base de la distribución regional de las raíces y del análisis de muestras de mantillo y de humus. El hecho de que se trata de rocas volcánicas jóvenes de diferentes edades y muchas veces de suelos relativamente jóvenes, da un carácter especial a estos trabajos y requiere además estudios y consideraciones sobre la formación del suelo.

Para encontrar localidades apropiadas de donde se podrían sacar muestras de suelos para los estudios proyectados, realicé numerosos viajes en el país que se presentan en el mapa adjunto (fig. 1). Especialmente los sitios donde todavía hay selvas originarias se comprobaron de difícil acceso, así fuera en viajes a través

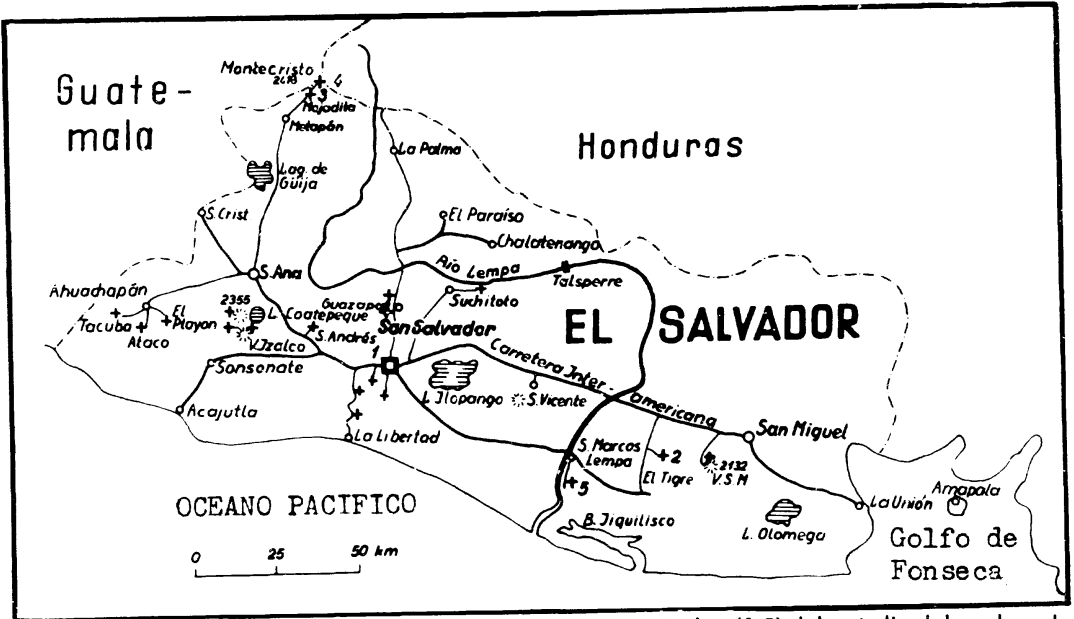


Fig. 1. Rutas de viaje, sitios de muestras (+) y puntos principales (1-5) del estudio del suelo y de las raíces (Según W. GROSSKOPF)

1. Tierra Blanca bajo potrero.
2. Suelos pardos de bosque seco bajo cafetales.
3. Arcilla roja tropical bajo pinar.
4. Tierra parda tropical bajo encinar nebuloso.
5. Suelo de pradera de varios estratos bajo bosque aluvial perennifolio.

de carreteras bien pavimentadas del país o en expediciones a las montañas que solamente podían verificarse por medio de mulas.

No es muy sencillo tomar muestras en el campo. Se empieza tomando muestras del suelo en distintos horizontes, coleccionando hojas verdes de los árboles que crecen en cada sitio y recogiendo el mantillo de hojas secas; en las zonas cálidas se forma una capa de humus superficial, sea por retardación de la descomposición, como en las zonas montañosas más frescas y más húmedas que hay que tomar aparte. Además hay que sacar perfiles del suelo natural en los lugares más importantes por medio del método combinado de películas de barniz y de cajas (E. VOIGT (12) y W. GROSSKOPF), conservando y preparando convenientemente las raíces. Por fin hay que tomar en los mismos sitios bloques apropiados del suelo, los llamados bloques de raíces, que son necesarios para la determinación posterior de las intensidades de las raíces finas. (W. GROSSKOPF (4). En el mapa (fig. 1) se indicaron con cifras más grandes aquellos sitios que se tratan detalladamente en la publicación presente, como puntos principales del estudio de suelos y raíces.

B) Los factores formativos del suelo y la intervención del hombre

El Salvador presenta un terreno montañoso separado por montañas altas desde los estados de Honduras y Guatemala, vecinos en el noreste y noroeste. Algunos volcanes sobrepasan la altitud promedio de 300-900 m s.n.m., llegando a más de 2000 mts y forman una hilera costera compuesta de materias volcánicas jóvenes. La parte norte del país consiste principalmente en materias eruptivas más antiguas (Terciarias) (H. MEYER-ABICH (7), cuyos volcanes están completamente extinguidos y en parte aplanados. Los suelos procedentes de las cenizas, tobas y basaltos de los dos periodos volcánicos son, más o menos jóvenes respecto a su evolución.

La posición a 14° de latitud norte condiciona un clima subtropical. Las precipitaciones de agua de 1500-2000 mm (10) son más bajas que en los países vecinos, por razón de las montañas que opuestas al viento norte disminuyen la lluvia en este país. El 90% de las precipitaciones caen en la estación lluviosa entre

taciones en todo el país de El Salvador es relativamente uniforme, si se omiten algunas regiones al abrigo de las lluvias. Estas regiones protegidas de los vientos del SO que traen lluvias, se encuentran principalmente en la cuenca media y superior del Río Lempa y esporádicamente también al norte de los macizos volcánicos. En la cordillera costera la cantidad anual de llu-

vias aumenta según la altitud sobre el nivel del mar desde 1600 mm hasta 2100 mm a 1100 mts de altura. En el norte del país el aumento y la cantidad absoluta de lluvias es un poco menor.

La división en zonas según su altura es muy importante para las condiciones climáticas.

		temperatura media	variación diaria
Tierra caliente	0-800 m	27-21°C	5-7°C
Tierra templada	900-1000 m	21-17°C	8-9°C
Tierra fría	más de 2000 m	15-10°C	10-12°C

El enfriamiento fuerte en la noche y la mayor humedad en las regiones más altas influyen también en el suelo y posibilitan una acumulación considerable de humus. No hay mediciones de precipitación de allá, pero se debe suponer que la cantidad anual alcance más de 4000 mm.

Las formas de vegetación de El Salvador dependen por un lado del clima y del suelo, pero por otro lado intervienen mucho en la evolución de tipos característicos de suelo los desperdicios de sus plantas que representan al material originario para la formación del humus. Hace poco W. LAUER (5) dió un resumen de las formas de vegetación del país por medio de un mapa a colores. En el presente trabajo se indicarán solamente aquellas formas de vegetación que se usaron para el estudio de los suelos. Según el aumento de la humedad del suelo se ordenan como sigue: sabanas de grama con pocos árboles, bosques secos caducifolios y pinares (*Pinus oocarpa*), entre los cuales hay que clasificar los cafetales con sus árboles de sombra, y bosques húmedos perennifolios como los bosques nebulosos y aluviales.

El suelo puede desarrollarse hasta alcanzar su forma madura naturalmente sólo cuando los factores formativos del suelo pueden actuar mucho tiempo sin disturbios. Pero esta condición no es realizada en todas partes, pues depende esencialmente de que el suelo en formación está situado horizontalmente o en una pendiente. Solo en el primer caso la evolución de un tipo de suelo más maduro puede realizarse, mientras en el otro caso tal desarrollo está más o menos estorbado o completamente impedido por la erosión. En otras palabras: la estructura de la superficie de un país es de importancia básica para la formación de sus suelos. La formación es tanto más variada cuanto más completa es la representación del relieve. No hay que sub-

rayar especialmente en qué grado tan alto se ofrece esto en El Salvador.

Rocas originarias, clima, vegetación y relieve juntos con el suelo, representan un conjunto efectivo, que ya ha alcanzado su equilibrio o tiende a éste. Tal equilibrio puede destruirse en países con volcanismo activo, por nuevas erupciones de volcanes que estuvieron apagados por decenios o más. El hombre también actúa como perturbador del estado de equilibrio ecológico, cuando destruye el bosque con el objeto de ganar espacio para cultivos y potreros. La destrucción del bosque es necesariamente más efectiva allá donde la densidad de población es la más alta. Con unos 60 habitantes por km², la República de El Salvador es la más densamente poblada entre todos los países centroamericanos, mientras—por ejemplo—Guatemala tiene 25 y Honduras solamente 13 habitantes por km². A consecuencia de eso solamente pocas selvas originarias se han conservado en algunos lugares en El Salvador y la deforestación de las pendientes puede conducir finalmente a la esterilización completa de dichos suelos. Por fortuna los daños de erosión peligrosa y en estado progresivo se encuentra en El Salvador solamente en unos pocos tipos de suelo, pero fuera de eso hay en muchas partes gran peligro en pendientes desmontadas. La vegetación del bosque secundario, que crece rápidamente impidió en muchos casos la destrucción del suelo en las áreas desboscadas. También los cafetales con su sombra se comprobaron en general como favorables desde este punto de vista, pues su efecto conservador y cuidadoso sobre suelo, en algunos aspectos, se parece a una reforestación de gran extensión. Pero en un cuadro del uso del suelo según E. LOENHOLDT (6) demuestra que en la parte ocupada por terrenos incultos y campos arados sobresale mucho la parte con tipos de suelo...

erosión. La extensión del bosque propiamente dicho alcanzará apenas un poco más de 22.000

hectáreas es decir más o menos 1% del terreno total del país:

Terreno de El Salvador	2.116.000	hectáreas	100,0%
Cultivos arados	297.162	“	14,0%
Cultivos no arados, plantaciones, potreros	268.469	“	12,6%
Bosque (pantanos, montañas)	26.882	“	1,3%
Terreno inculco con condiciones favorables para el cultivo	211.000	“	10,0%
Resto del terreno inculco, población, etc.	1.312.487	“	62,1%

C. Descripción de los distintos suelos

1. La Tierra Blanca joven cerca de San Salvador

Primeramente visité los alrededores de la capital para conocer allá las condiciones geológicas y características del suelo del país. San Salvador queda en una planicie amplia sedimentada de 700 mts de altura s.n.m. al pie del volcán del mismo nombre, que se levanta unos 1000 mts sobre la ciudad. La superficie de la planicie consiste en una ceniza polvorosa volcánica, blanca: la Tierra Blanca joven. Este depósito alcanza espesores de 20 mts y cubre en algunas partes una capa oscura que representa la superficie antigua de una Tierra Blanca más vieja. En la capa cultivada se encontraron tiestos de barro de unos 1500 años de edad, procedentes de la época arcaica de los Mayas, lo que permite conclusiones acerca de la edad máxima de la tierra blanca joven. Esta estaba cubierta en zonas secas por una sabana de árboles, rica en grama, cuyos desechos orgánicos se descompusieron rápidamente y por eso dieron al suelo mineral solamente un color débil de humus. Su transformación en potreros no ha cambiado casi nada a ese respecto. Las Tierras Blancas joven y vieja ocupan en total un terreno de 100.000 hectáreas

En un sitio de tal clase, cerca del Instituto Tropical, tomé un perfil del suelo natural según el método de películas de barniz y cajas y saqué cuidadosamente las raíces. El horizonte A de color gris claro consiste en un suelo mineral de unos 30 cms de espesor, pero cuyo contenido de humus alcanza solamente los 2,9%. Este es el valor más bajo entre todos los suelos salvadoreños estudiados por mí hasta ahora. Está penetrado en la superficie por la raigambre densa de una graminácea (*Paspalum notatum* FLUEGGE) que es muy frecuente allá y se llama simplemente “grama”. Unas raíces de arbustos siguiendo a una grieta de desecación llegan a

profundidades mucho más grandes que las raíces de la grama, hasta muy adentro del horizonte C blanco. El horizonte C tiene una estructura desmigajada igual al horizonte A; ambos se componen de arenas polvosas de silicato y de polvo pero probablemente son pobres en arcillas. Salta a la vista que ambos horizontes muestran una dureza muy alta que parece equivaler a la dureza de tobas. Evidentemente todo el suelo se encuentra en una dureza de resequeidad extraña. El volumen poroso grande de estos suelos y el componente alto de agua fuertemente retenida, dejan suponer que la Tierra Blanca contiene cierta cantidad de agua disponible para las plantas también en la estación seca (agua de espacios porosos, agua capilar tendida). Pero el drenaje extremo de estos suelos origina una sequía general que permite solamente una vegetación parecida a aquella de las sabanas y en potreros. En zonas más altas y húmedas se cultivan los cafetos.

La Tierra Blanca está frecuentemente entrecortada por barrancos, que se originan por una erosión vertical rápida, producida por el desagüe de aguaceros en la estación lluviosa. Sus paredes casi perpendiculares en algunas partes están desnudas hasta el “Talpetate” y permiten enterarse del orden de los estratos geológicos en los depósitos de cenizas volcánicas jóvenes. Hay que notar que el “Talpetate” consiste en una capa de arcilla muy dura y más vieja, que representa aquí el lecho de la Tierra Blanca. La erosión vertical rápida que va socavando las paredes, descubre a veces raíces de los árboles en la orilla hincadas a unos metros de profundidad para alcanzar el agua subterránea que está bajando continuamente.

Los daños causados en el suelo de la región de la Tierra Blanca son ya bastante grandes. La erosión vertical origina, además del despedazamiento del terreno, una resequeidad

todavía más fuerte de los suelos. La erosión por el viento interviene además en muchas partes. El aumento del sedimento transportado por el Río Lempa, compuesto en su mayoría de cenizas volcánicas blancas es también muy desfavorable porque representa un peligro para las presas construídas allí mismo.

2. Suelos pardos de bosques secos bajo cafetales en El Tigre.

Fuera de la Tierra Blanca joven, incluí los suelos de los cafetales en el estudio ecológico comparado en los suelos silvestres originarios de El Salvador, porque opino que éstos quedaron generalmente como suelos silvestres y apenas cambiaron sus caracteres dinámicos, aun en estado de cultivo. El cafeto como arbusto no solamente queda unido al suelo por decenios y lo influye por su follaje caído, sino también se cultiva aquí bajo árboles silvestres que deben suministrarle protección de la insolación demasiado fuerte y especialmente de las pérdidas grandes por transpiración en la sequía. La sombra consiste en árboles de fronda que solamente poco tiempo carecen de su follaje.

Los árboles de sombra se habían encontrado en los bosques secos originarios que ocuparon predominantemente las faldas inferiores y medianas de las montañas. Estos bosques secos se transformaron en cafetales, ya por desmonte completo y plantación nueva o por reducción del bosque seco e intercalación de cafetos en éste. La dinámica de suelo y sitio quedó bastante conservada donde se aplicó el método de aclaramiento e intercalación.

Visité varias fincas para estudiar el suelo de los cafetales, p.ej. en el Picacho que forma la parte más alta del volcán de San Salvador; además en fincas de la región del macizo volcánico del Santa Ana y finalmente en fincas cerca de la ciudad de Ahuachapán y en los cerros de Tacuba, cerca de la frontera con Guatemala. Las fincas mencionadas quedan todas en la parte occidental del país que está separada del oriente por el Río Lempa, el río más grande de El Salvador. En la parte oriental visité la finca El Tigre, situada en el volcán del mismo nombre cerca de la ciudad de Santiago de María, y la finca Miracielos situada a unos 1100 mts s.n.m. en la falda norte del volcán de San Miguel. Este es el volcán más alto y más hermoso en el oriente de El Salvador.

Condiciones muy favorables para el establecimiento del segundo punto principal para el estudio de suelos y raíces se ofrecieron en la finca El Tigre. Aquí se podían comparar sitios de cafeto muy fértiles con otros casi es-

tériles. Pero elegí El Tigre también porque encontré en el administrador alemán Sr. HERBERT VIAU, tanto un especialista excelente para todos los problemas del café, como un anfitrión muy amable y altruista.

Uno de los sitios más fértiles de El Tigre es el tablón La Gutiérrez, situada en una zona casi plana y relativamente húmeda de unos 950 mts de altura. Los cafetos de la clase Arábigo tienen aquí unos 20 años de edad y crecen en la propia localidad de la muestra, bajo la sombra de Pepeto del Río, con hojas de unos 8 cms de largo. Este pepeto, una especie de *Inga*, perteneciente a la familia de las Mimosáceas, suministra más sombra que el Madrecacao (*Gliricidia sepium* (JACQUIN) STEUDEL, Papilionáceas) que es más claro y tiene hojas más delgadas y pequeñas. En la misma superficie del suelo mineral con humus se encuentra una capa de hojas mezcladas, parda muy floja, de unos pocos centímetros de espesor compuesta de hojas del cafeto de unos 15 cms de largo y de hojas más cortas que el pepeto. En las condiciones óptimas de este sitio, que son temperatura uniformemente alta, hay bastante humedad del suelo sin variaciones demasiado grandes y aireación buena del suelo, el mantillo de hojas mezcladas se descompone rápidamente por la actividad viva de los zompopos y de otros insectos. En la incorporación igualmente rápida en el suelo mineral intervienen no solamente numerosas lombrices terrestres, sino también las larvas de las chicharras provistas de órganos fuertes para excavar. Construyen en el suelo numerosos tubos de más o menos 1 cm de diámetro y de más de 1 metro de profundidad. La descomposición rápida del humus en el suelo está compensada por un envío correspondiente de parte del mantillo de hojas secas disponible en grandes cantidades. Así se forma un horizonte A relativamente rico en humus que alcanza hasta 1.30 mts de espesor con 3,8% de humus en la zona superior, de unos 15 cms de espesor. Todo el horizonte A muestra un color café, lo más oscuro hacia arriba.

La comparación entre muestras del suelo natural y muestras calcinadas hace ver el estado de descomposición del suelo porque entonces los hidratos de hierro libres se dan a conocer claramente por medio de su color rojo.

Hay que añadir respecto al horizonte A del suelo de La Gutiérrez, que las precipitaciones pueden penetrar muy fácilmente por la sedimentación floja del mantillo de hojas y por la estructura desmigajada fina y profunda. Por la misma razón el agua se almacena allá mucho tiempo hasta muy tarde en la estación seca,

especialmente porque la evaporación directa del suelo está disminuida por el follaje más denso del pepeto, de la misma manera que la transpiración de las hojas del cafeto. Desde el punto de vista de la silvicultura, los cafetales de Centroamérica pueden compararse con comunidades mezcladas estratificadas, donde el cafeto que soporta media sombra forma el estrato inferior y los árboles que requieren luz y suministran más o menos sombra como el Pepeto del Río y el Madrecacao, constituyen el estrato superior.

El tablón La Abelina, uno de los sitios más desfavorables y más secos de El Tigre, se encuentra en una pendiente extremadamente inclinada del volcán hacia el S a unos 1050 mts de altura. La resequedad está originada tanto por la salida rápida del agua lluviosa como por la exposición al viento. Así se reduce también esencialmente la protección contra la evaporación por los árboles de sombra, que en la localidad de la muestra consisten en diferentes especies, entre éstas también el pepeto con sus hojas grandes. El cafeto tipo Arábigo de 20 años de edad, muestra aquí un crecimiento poco satisfactorio. Por eso la producción de restos vegetales está también reducida; y una gran parte de ésta se perdería además por dispersarse, si la plantación no hubiera sido construida en terrazas protegidas frecuentemente en sus márgenes por los pequeños árboles del Izote (*Yucca elephantipes* REGEL). El enriquecimiento de la materia orgánica en pequeños hoyos y el abono adicional con humus mejoran esencialmente el estado del suelo mineral de tal manera que éste sobresale un poco de aquel del suelo de La Gutiérrez con un contenido de humus de 3,9%. Pero eso no tiene suficiente efecto ecológico porque persiste siempre la humedad deficiente.

En La Abelina el horizonte A con humus de 90 cms de espesor es menor que el de La Gutiérrez y su contenido de humus es también más bajo. Salta a la vista que en este suelo los colores rojos de los compuestos de hierro predominan mucho más que en La Gutiérrez. El suelo de La Abelina debe su color ocre a la descomposición y oxidación de una roca rica en hierro, que se compone de conglomerados gruesos de basalto de andesita. No hay que indicar especialmente que el fondo de granos gruesos aumenta más aun la resequedad del suelo de La Abelina por su permeabilidad alta para agua.

Las diferencias grandes en la humedad y la estructura de los suelos de La Gutiérrez y de La Abelina influyen en el desarrollo de las raíces del cafeto. Exploraciones provisionales

ya dejan ver que el cafeto en La Gutiérrez forma un sistema radicular acorazonado, excelente y muy intenso que ha atravesado el horizonte A con humus y de 1,30 mts. de espesor hasta el horizonte C. De las determinaciones posteriores se obtendrán no solamente datos sobre la distribución de las raíces y la intensidad de las raíces finas, sino también el dato si hay todavía raíces más finas en el suelo mineral sin humus. Lo mismo, con los cambios correspondientes, puede decirse de La Abelina. Aquí el cafeto ofrece un sistema radicular de una distribución reducida de las distintas raíces que se podía descubrir solamente en parte en el suelo duro.

3 a. Las formaciones secas de Morrales y Chaparrales.

En otros viajes visité las regiones secas al sur y al norte del curso medio del Río Lempa, más o menos hasta Suchitoto y Chalatenango, y los bosques montañosos secos y húmedos de Montecristo cerca de la frontera de Honduras y Guatemala.

Las regiones secas están generalmente cubiertas de sabanas secas que se llaman Morrales por un árbol característico pequeño, el morro (*Crescentia alata* H.B.K., *Bignoniaceae*). Además hay allí especies de Acacia, Gramináceas, y Orquídeas. Esta formación vegetal se encuentra en los terrenos bajos y en las cuencas de los ríos. Los suelos —a menudo depósitos fluviales— son muy densos y de un drenaje extremadamente malo, muy secos y duros en la estación seca y húmedos hasta inundados en la estación lluviosa. Estos sitios ofrecen hasta ahora escasas o nulas posibilidades para cultivos.

En las orillas de los ríos se encuentran los bosques de galería, que aprovechan en la estación seca el agua subterránea de los ríos.

La economía de agua de los Chaparrales situados un poco más alto, no presenta tales extremos, sobre todo la fase húmeda es muy reducida. Este sitio está cubierto por un monte seco parecido a la macchie; posiblemente se trate de una formación secundaria que había ocupado los campos de los cultivos de índigo ahora abandonados. Los Chaparrales ofrecen solamente malos potreros.

3 b. Arcilla roja bajo pinares y encinares secos cerca de Majadita

El terreno montañoso que sigue hacia el norte consiste en material volcánico terciario y forma la frontera con Honduras en sus partes

más altas que alcanzan unos 1900 mts. s.n.m. Al norte de Metapán, Tejutla y Chalatenango, así como al norte de San Francisco en el oriente, se encuentran todavía residuos de pinares y encinares secos (*Pinus oocarpa* SHIEDE, *Quercus grandis* LIEBMAN y *Quercus comasagua* TRELEASE). M.L. ROCHER (8) había planeado una reforestación de estas regiones. Se dice que en algunas partes antes desnudas existen ahora nuevas plantaciones de *Pinus oocarpa*, resultado de una reforestación natural.

Una localidad en un pinar originario, situado en la mitad de la falda sur de Montecristo a unos 1300 mts, cerca de la Hacienda Majadita (véase punto 3 del mapa fig. 1), me pareció apropiada para la primera muestra para el estudio de los residuos de suelos silvestres naturales en El Salvador. Hasta aquí llega un nuevo camino desde la Hacienda San José situada a 900 mts s.n.m. que aunque es muy inclinado puede pasarse con Jeep. En las secciones al lado del camino se han descubierto suelo y roca en grandes extensiones que ofrecen perfiles del suelo en colores frescos; entre estos, lo rojo de las zonas de oxidación hace evidente las particularidades de la formación de los suelos tropicales. El árbol característico de este bosque es el pino, *Pinus oocarpa* SHIEDE. Este pino tiene hojas aciculares en conjuntos de cinco; estas hojas tienen más o menos el doble largo de aquellas del *Pinus cembra* L. pero que son menos anchas. Emiten un olor fino y aromático que llena todo el bosque. Principalmente robles y esporádicamente Liquidambar se encuentran entremezclados con aquéllos. Entre los arbustos hay que mencionar el Civin (*Miconia ambigua* HUMB. & BOMPL.) que es muy abundante y pertenece a la familia de las Melastomáceas.

A propósito se eligió para la muestra una localidad donde el lecho de hojas se componía solamente de hojas de pinos. Las hojas aciculares largas pardas son muy movedizas, forman una capa de unos 2 cms de espesor y se descomponen rápidamente por animales pequeños de tal manera, que no se forma una capa de humus, sino una capa superior del suelo evidentemente con humus, de unos 10 cms de espesor. Esta debe clasificarse como un horizonte A₁ y tiene un color pardo rojizo. El contenido de humus alcanza los 5,3% y es mucho más alto de los que haría suponer el color del suelo. Este hecho se explica en razón que los colores rojos intensos del suelo mineral cubren los colores del humus. Bajo del horizonte A₁ de 10 cms

de espesor se puede distinguir un horizonte A₂, pobre en humus, de unos 15 cms de espesor. Según el análisis calcinado, contiene menos hidratos de óxido de hierro que el horizonte B en su lecho. Luego una migración considerable del hierro debe haber ocurrido. Pero todavía hay que comprobar este proceso por un análisis químico cuantitativo. Era de suponer que la zona de oxidación intensamente roja (horizonte B) mostrara el color rojo más intenso también en el análisis calcinado. Pero la muestra calcinada del horizonte C tiene un color mucho más rojo que la muestra del suelo sin calcinar. Esta diferencia deja deducir un componente alto de hierro de los suelos tropicales, que había sido liberado por la descomposición química más intensa de los silicatos de las rocas.

Las rocas son rocas de contacto preterciarias y consisten en una anfibolita de epidota de granos finos. Se descompone en una arcilla roja, que es bastante permeable por los granos gruesos del suelo mineral más abajo. La arcilla roja del horizonte A con humus esta finamente desmigajada y deja penetrar las aguas de las lluvias fácilmente. Parece un poco más densa en la zona de oxidación no obstante los restos más gruesos de piedras, porque el contenido de polvo y arcilla que parece muy bajo en general, es probablemente más alto aquí. El horizonte A₁ con humus y la zona de oxidación del horizonte B tienen mejor densidad de raíces.

4. Tierra parda tropical bajo encinares nebulosos en Montecristo.

a. Posición, clima y comunidad vegetal. Los encinares nebulosos de Montecristo fueron el objetivo de mi próximo viaje (véase punto 4 del mapa). Como no hay carretera desde Majadita hasta arriba a la Hacienda Montecristo, tuvimos que usar mulas para el transporte del equipaje y para nosotros mismos. Montecristo, con 2400 mts de altura, es el pico principal del Trifinio, cerro situado cerca de las fronteras de Honduras y Guatemala. Sus zonas altas y culminantes están cubiertas por un bosque nebuloso continuo que junto con la parte hondureña del mismo tamaño alcanza unas 6000 hectáreas de extensión. Esa es una de las selvas vírgenes más grandes todavía existentes en El Salvador y pertenece por su altura a la llamada Tierra Fría. Las temperaturas del aire que medimos en la Hacienda mostraron en dos ocasiones la variación diaria siguiente:

Lugar: Hacienda Montecristo. altura 2200 mts.

Fecha	Tiempo	Temperatura del aire en °C		
		a las 14 horas (2 p.m.)	a las 2 horas (2 a.m.)	variaciones
Febrero 1954				
4 y 5	Lluvia y niebla	11,2°	6,5°	4,7°
7 y 8	Sol, noche clara	19,5°	5,1°	14,4°

Las precipitaciones que solamente pueden estimarse alcanzan probablemente más de 3000 mm anuales y caen en todos los meses, así que se ofrecen las condiciones apropiadas para un bosque de fondo perennifolio montañoso. Debido a las temperaturas diarias bastante bajas y las temperaturas nocturnas más bajas todavía, cuyas variaciones originan frecuentemente la formación de nieblas, el bosque de fronda perennifolio se representa aquí como un bosque nebuloso.

Robles perennifolios de 25-30 mts de altura forman el componente principal del bosque nebuloso de Montecristo. Tienen hojas parecidas a laureles y pertenecen a especies diferentes, entre las cuales quisiera mencionar solamente *Quercus geniaefolia* *). Los robles muestran un aspecto extraño y bizarro, porque sus troncos y coronas ramificadas están completamente cubiertos por epifitas pertenecientes a familias vegetales muy diferentes. Especies de *Tillandsia* de la familia de las Bromeliáceas, saltan especialmente a la vista, porque dejan aparecer los ramos de los robles como cubiertos de líquenes. Lianas de tipos variados cuelgan además de las coronas de los robles hacia abajo. En el monte bajo denso se observan helechos arbóreos (probablemente *Cibotium guatemalense* REICHENBACH) con sus frondas procedentes del extremo superior del tallo. Crecen en las capas húmedas de humus que solamente se encuentran en los bosques nebulosos más frescos.

b. Formación de humus y penetración por raíces. El material originario para la formación del humus en la selva virgen consiste en los troncos podridos y en el lecho de hojas, que en la mayoría de los casos representa el componente predominante. En el caso presente se trata de un lecho de hojas flojas, de unos 2 cms

de espesor. Debido a la disminución considerable de la velocidad de descomposición se acumula una capa de humus de unos 12-15 cms de espesor sobre el suelo mineral. Muestra un color negro profundo en estado húmedo y pasa insensiblemente a suelo mineral de humus del mismo color negro. A pesar de la reacción bastante ácida (pH = 5,0) la capa contiene numerosas lombrices terrestres y tiene una estructura desmigajada excelente. Según sus calidades biológicas y físicas notables hay que denominarla Tierra podrida fina, cuya fertilidad posiblemente no será inferior a aquella del tipo más favorable del humus, del llamado "Mull". Por consiguiente la tierra podrida fina está penetrada por muchas raíces finas, que pertenecen en su mayoría a la flora baja (véase fig. 3).

La capa de humus se convierte progresivamente en un suelo mineral de humus, horizonte A, de unos 40 cm de espesor. Este tiene color negro profundo por causa de su contenido alto en humus (un 26%) y posee también una estructura desmigajada gruesa. El horizonte B superior (40-80 cms) aparece en estado húmedo, apenas menos oscuro que el horizonte A. Tiene una estructura desmigajada fina con 16,7% de substancia orgánica y es bastante rico en hierro (un enriquecimiento de hierro bastante grande). El horizonte B inferior (80-140 cms) tiene un color pardo rojizo oscuro con un contenido decreciente de humus, pero todavía con mucho hierro. Los horizontes de transición hacia el suelo mineral sin humus en 180-210 cms tienen un color amarillo anaranjado. La roca originaria consiste en tobas amarillas hasta blancas de granos finos del volcanismo terciario, que cubre las rocas preterciarias de Montecristo. El material posee una estructura más densa sin que haya vestigios de un drenaje obstaculizado.

Según el perfil de la película de barniz la tierra parda estudiada está penetrada por

*) Determinado por P. C. STANDLEY.

raíces de árboles hasta muy adentro del horizonte B, abundando especialmente en el horizonte A. Disminuyen paulatinamente hacia abajo y forman en total un sistema radicular acorazonado de más de 160 cms de profundidad. De la investigación más detallada resultará como se distribuyen las raíces en los distintos horizontes y qué valor tienen las intensidades de las raíces finas.

5. Suelo de pradera de varios estratos bajo bosques aluviales perennifolios cerca de San Marcos Lempa.

a. Posición, clima y composición del bosque. Uno de mis últimos viajes más prolongados en El Salvador se destinó a un bosque que por la intensidad de la vegetación y la riqueza en especies de árboles semeja mucho un bosque lluvioso tropical. Se trata del bosque aluvial perennifolio a 8 kms al sur de San Marcos Lempa (véase punto 5 del mapa fig. 1). Formaba parte de una región selvática anteriormente mucho más grande que se extendía al sur de la mencionada población a lo largo de la orilla izquierda del Río Lempa y de sus ríos tributarios hasta la zona de los manglares en la costa del Pacífico. Hoy la mayor parte de este bosque está entrecortado o intensamente aclarado, en su lugar se encuentran potreros que sirven para la ganadería.

Como parte de las anchas llanuras costeras del Río Lempa esta área pertenece completamente a la región de clima caliente que ofrece en la estación seca temperaturas del aire hasta 40° centígrados. A fines de la sequía el suelo está bastante desecado y capas gruesas de polvo cubren las hojas de los árboles en las veras. Pero no obstante eso nos circunda una selva exuberante desde cuyo monte bajo y denso se levantan árboles de frondas enormes con coronas amplias. La mayoría de los troncos que alcanzan hasta varios metros de diámetro poseen raíces tabulares, detrás de las cuales es posible que un hombre de pie pueda esconderse fácilmente. Plantas enredaderas y trepadoras crecen alrededor de los troncos y lianas cuelgan de las ramas hacia abajo.

El bosque aluvial de San Marcos Lempa se denomina "bosque de Ojushte y Huiscoyol" según la especie de árboles predominante, el Ojushte (*Brosimum terrabanum* PITTIER), una Morácea, y el Huiscoyol (*Bactris subglobosa* WENDLAND). Las hojas de la palmera mencionada están provistas de espinas largas y agudas y transforman el monte bajo en una espesura casi intransitable. Pero el bosque contiene,

además de éstas, numerosas otras especies de árboles que se encuentran entre los más valiosos del país. Solamente pocos de éstos son mencionados:

De la familia de las Moráceas:

Mora, *Chlorophora tinctoria* (L) GAUDICHAUD, una madera tintórea fina y dura, utilizable en carpintería.

Hule, *Castilloa gummiifera* (BERTOLINI) PITTIER, el caucho de El Salvador.

Amates, diferentes especies de *Ficus*, de hojas gruesas, de follaje denso y que proveen mucha sombra.

De la familia de las Mimosáceas:

Conacaste, *Enterolobium cyclocarpum* (JACQUIN) GRISEBACH, con hojas pennadas y frutos en forma de orejas, madera muy valiosa para construcciones y usada también en carpintería. Carreto, *Pithecolobium saman* (JACQUIN) BENTHAM; discos del tronco de éste se usan para ruedas de carretas.

De la familia de las Meliáceas:

Caoba, *Swietenia humilis* ZUNCC., la especie de caoba de El Salvador, madera muy buena para carpintería y muebles.

Cedro Real, *Cedrela mexicana*, madera muy valiosa para muebles, tallados y lápices, exportada en gran escala.

Además:

Ceiba, *Ceiba pentandra* (L) GÄRTNER, una Bombácea, el árbol sagrado de los Indios. Suministra sombra y sus raíces fuertes que se extienden en la superficie servían de sillas durante las reuniones locales. La madera no sirve para carpintería sino solamente para combustión.

Bálsamo de El Salvador, *Myroxylon pereirae* (KLOTZSCH) BAILLON, una Fabácea (*Papilionáceas*). Este árbol silvestre grande se encuentra también en las zonas más secas de la cumbre costera y allá pierde su follaje por poco tiempo. Suministra el famoso Bálsamo del Perú, pero también ofrece una madera muy resistente para construcciones y otros usos.

b. Contenido de agua y penetración por raíces. El bosque aluvial de San Marcos Lempa no es un bosque lluvioso perennifolio cuya existencia se debe a precipitaciones copiosas en cada mes, sino tiene que sobrevivir una sequía de medio año de noviembre hasta abril, cuando cae solamente el 10% de las precipitaciones anuales. Pero solamente tiene tal carácter, porque tiene a su disposición agua subterránea adicional.

El suelo silvestre de San Marcos Lempa debe clasificarse según su origen geológico como un suelo aluvial de varios estratos. Encima de dos capas de suelo pardo oscuro, originadas de rocas volcánicas más antiguas y trasladadas —probablemente tobas— el Río Lempa ha depositado una tercera capa de cenizas finas blancas del volcanismo joven (Tierra Blanca) cuya posición estratificada todavía deja ver claramente el proceso de sedimentación. La formación del suelo se interrumpió en los dos estratos inferiores por la capa sedimentada, pero podía empezar de nuevo en aquella superior y más joven. Tan pronto como el bosque aluvial actual hubo conquistado la nueva superficie del suelo, se produjeron grandes cantidades de desperdicios vegetales. Pero su desintegración y descomposición se efectúan tan rápidamente durante la estación lluviosa húmeda y cálida, que a pesar de la producción grande de vegetales caídas existe solamente un lecho delgado de hojas.

El suelo mineral con humus de la capa superior, de unos 20 cms de espesor, se puede repartir en dos horizontes A: el superior de color pardo. Es relativamente rico en humus (6, 6%) y desmigajado grueso, mientras el inferior tiene color pardo claro y una estructura desmigajada más fina. Sigue un horizonte C de unos 30 cms de espesor con poco o nada de humus, que en su parte superior todavía está algo desmigajado, pero en su parte inferior consiste en capas estratificadas de una ceniza volcánica blanca y fina. Las muestras calcinadas correspondientes tienen colores anaranjados oscuros o claros, parecidos a aquellos de la Tierra Blanca volcánica joven. Muy claramente separada de la capa superior del suelo sigue una capa mediana de suelo de unos 25 cms de espesor, de color pardo oscuro y desmigajada de manera más gruesa, con un contenido de humus de 1, 9%. Está impregnada de pedacitos rojizos de roca, originados de la descomposición de tobas trasladadas, probablemente más antiguas. Sigue una capa inferior de suelo de color café y desmigajada de manera más fina. Parece más densamente depositada y contiene además piedritas blancas además de las rojas. Según el color rojo más intenso de la muestra calcinada la capa mediana del suelo está más intensamente descompuesta que la inferior. Ambas capas inferiores de suelo forman ahora el horizonte del agua subterránea (horizonte C) que se alimenta permanentemente del Río Esuino.

El sistema de raíces de los árboles silvestres está adaptado a estas condiciones especiales de la distribución del agua, característica para los suelos de pradera. Está dividi-

do en dos horizontes que se completan entre sí en la alternación de las estaciones lluviosas y seca.

Durante la estación lluviosa el horizonte superior de raíces que está desarrollado en forma de un sistema radicular acorazonado intenso, se encarga principalmente del suministro de agua desde el suelo silvestre mojado por las precipitaciones. Después de lluvias prolongadas fuertes, los llamados temporales, hay además aguas de las inundaciones, cuyos sedimentos orgánicos y anorgánicos intervienen notablemente en el aumento de la fertilidad del suelo. Pero el sistema radicular superior ofrece además otra particularidad en la distribución de las raíces más fuertes. Estas se extienden horizontalmente en el horizonte A con humus, pero emiten ramos verticales hacia abajo que atraviesan el horizonte C sin ramificarse. Se ramifican de manera radiada no antes del horizonte G superior y forman un segundo sistema de raíces que llega muy hacia adentro el horizonte G inferior. Aquí las raíces encuentran suficiente agua subterránea aun durante la estación seca, que se completa por el río tributario. Solo así llega a ser posible la existencia del bosque aluvial perennifolio porque logra soportar la sequía sin lluvias, por medio de aguas adicionales. Si tratamos de estimar la distribución del sistema total de raíces, del cual pudimos exponer solamente una pequeña parte, resulta que casi un 50% de las raíces pertenecen al horizonte superior y el 40% al inferior, mientras los ramos verticales no ramificados del intervalo no tienen más del 10%.

D. Tipo del suelo

La clasificación de los suelos de El Salvador ofrece ciertas dificultades, porque la mayoría es muy joven y poco evolucionada. Por eso poseen horizontes del suelo solamente poco desarrollados que no siempre pueden clasificarse con certeza por características superficiales como color y estructura. En tales casos hay necesidad de saber algo más acerca de la calidad del humus y también de hacer visibles los compuestos de hierro, de manera más sencilla por calcinación, si están cubiertos por un color intenso del humus.

En la fig. 2, donde los horizontes A se han colocado según su contenido de humus, resulta que la Tierra Blanca joven no solamente posee el contenido más reducido de humus sino también la cantidad más pequeña de ácidos húmicos fácilmente difusibles. La muestra calcinada del horizonte A muestra un color rojo claro, que indica un contenido de hierro relativamente bajo (analizado por disgregación 1,7%

de Fe_2O_3 y extraído con ácido clorhídrico 1,6% de Fe_2O_3). Estos valores pertenecen a los valores de hierro más reducidos entre las rocas en cuestión, como resulta del Cuadro 1. El Cuadro muestra además las pérdidas por calcinación y los contenidos de humus, de cuya diferencia resulta una indicación de la cantidad de agua molecular. Como en la descomposición tropical las rocas silíceas aceptan mucha agua molecular, la cantidad de ésta representa otro criterio para la fase de formación del suelo. En este caso la fase debe considerarse sumamente temprana porque el contenido de agua molecular casi no ha aumentado comparado con el de la roca originaria.

Tanto las características externas como los datos analíticos adicionales, el suelo de la Tierra Blanca joven debe clasificarse como un "suelo silvestre de sabana muy poco evolucionado". El color gris blanco depende sobre todo del grado evolutivo juvenil del suelo y del material originario pobre en hierro. Otras particularidades para la evolución del suelo son el drenaje extremo y en ciertas partes las precipitaciones reducidas de las regiones al abrigo de las lluvias.

Los suelos pardos del bosque seco de los cafetales de El Tigre poseen no solamente contenidos de humus más altos que la Tierra Blanca, sino también su componente de ácidos de humina es notablemente más alto, especialmente en el suelo más húmedo de La Gutiérrez. El color de humus de las muestras de La Abelina y de La Gutiérrez disminuye de arriba hacia abajo de la misma manera que los colores de hierro de las muestras calcinadas respectivas. Las de La Abelina son más rojas en general porque la roca originaria de basalto es considerablemente más rica en compuestos de hierro que la ceniza volcánica gris parda de La Gutiérrez. Además está más intensamente descompuesta lo que resulta del contenido de agua molecular esencialmente más alto del horizonte A (véase Cuadro 1).

Como los suelos silvestres secos pardos de El Tigre poseen por un lado contenidos notables de ácidos de humina y por el otro lado no han desarrollado todavía horizontes B distinguibles, sería apropiado clasificarlos como una "tierra parda tropical poco desarrollada".

La "arcilla roja tropical bajo pinares" cerca de Majadita, en cambio, muestra un horizonte B pronunciado, que se distingue claramente por el color y la estructura del perfil del suelo natural y también por el color rojo sumamente intenso de la muestra calcinada. Esta tiene contenido de hierro más de tres veces su-

perior al de la roca originaria consistente en anfibolita de epidota (véase Cuadro 1).

El suelo de los encinares nebulosos de Montecristo debe clasificarse según su contenido alto de humus, la estructura del horizonte B y la movilización del hierro, como "tierra parda tropical rica en humus". Los valores se han trasladado muy hacia la derecha de la fig. 2 por su contenido alto de humus y ácidos de humina. La retardación de la desintegración del humus por las temperaturas bajas y la humedad más alta en la Tierra Fría saltan a vista.

Tanto los valores de hierro como los del agua molecular en el Cuadro 1 muestran que la roca originaria, compuesta de tobas blancas del volcanismo más antiguo, está descomponiéndose intensamente, lo que indudablemente está bastante favorecido por la acidez pronunciada del humus, $\text{pH} = 5,0$ en el horizonte A más alto.

El suelo de pradera del bosque aluvial perennifolio de San Marcos Lempa se ha tratado ya detalladamente. La composición de varios estratos resulta claramente de los datos del Cuadro 1, sin que hubiera necesidad de discutir los valores de los contenidos de hierro y agua molecular aparte. El estrato superior, una "tierra parda muy poco desarrollada", se ha formado por la descomposición de una ceniza pulverulenta volcánica joven depositada en el agua del río y trasladada. Los estratos cubiertos del suelo de tobas más descompuestas pertenecen probablemente al volcanismo terciario. Pero los estratos superiores e inferiores forman ahora un perfil de suelo de pradera uniforme, que está unido por la dinámica de su contenido de agua.

Este ensayo de tipos de los suelos estudiados de El Salvador no se ha realizado con el objeto de dar ejemplos típicos para un levantamiento posterior de un mapa de suelos. El levantamiento de un mapa de suelos se facilitaría o mejor dicho se posibilitaría por un levantamiento geológico anterior del país, porque la mayoría de los suelos jóvenes y poco desarrollados son todavía muy semejantes a las rocas originarias respecto al tipo de posición, color, estructura y contenido de minerales. Según lo que puedo entender hasta ahora, la formación posterior de los tipos de suelos dependientes de las rocas volcánicas se deberá menos a la edad de la roca originaria y más al tipo de la roca, olvidando la influencia esencial del humus, porque las cenizas, por ejemplo, contienen un 2% de Fe_2O_3 mientras que las lavas, tienen en cambio un 7%.

Pero la tipificación de los suelos, basada en el conocimiento más exacto posible de los distintos horizontes, representa una parte esen-

cial de los estudios ecológicos forestales, que tienen por objeto la investigación de la fertilidad de los suelos silvestres. Naturalmente no basta para eso el conocimiento de las características morfológicas que constituye el contenido principal de este informe, sino se necesitan además estudios detallados de cómo se efectúa exactamente el ciclo de las sustancias nutritivas, es decir, qué cantidades de agua y sustancias nutritivas aprovechables hay en los distintos horizontes, qué porción de éstas toma el bosque por medio de sus raíces finas y qué cantidades de sustancias nutritivas devuelve al suelo por desperdicios vegetales y hojas caídas.

Estos problemas tienen importancia sumamente grande para el análisis de la fertilidad, como ya subrayé muchas veces en otra parte, porque las demandas de un bosque a su suelo no son temporales sino continuas. Por eso el abastecimiento de agua y de sustancias nutritivas debe ser continuo, o en otras palabras: El suelo silvestre debe poseer una persistencia suficiente que depende en primer lugar de sus características dinámicas, en segundo lugar de la reserva de sustancias nutritivas. Lo mismo puede decirse de la fertilidad de los suelos en cafetales, aunque los cultivadores pueden influir esencialmente el ciclo de las sustancias nutritivas por abonos orgánicos y minerales(4), de manera a obtener efectos especiales.

E. Resumen

A. Problemas y Métodos.

El autor trabajó desde principios de enero hasta fines de mayo de 1954 como investigador huésped en el Instituto Tropical de Investigaciones Científicas de la Universidad de El Salvador. Siguiendo su especialidad —ecología forestal comparada— intentó estudiar la economía de agua y de sustancias nutritivas en diferentes formaciones silvestres y en cafetales y comparó los resultados. Relacionado con esto verificó una clasificación preliminar de los tipos diferentes de suelo a base de estudios morfológicos, dinámicos y genéticos.

Realizó numerosos viajes para elegir sitios apropiados para tomar muestras. Primero se denominan y describen los métodos más importantes del análisis y de tomar muestras.

B. Los factores formativos del suelo y la intervención del hombre.

Las condiciones locales se originan por el clima subtropical poco húmedo, con 1500-2000 mm de precipitación y una estación lluvio-

sa de 6 meses. La división en zonas según la altura y la roca volcánica de diferentes edades tiene gran importancia para la formación del suelo. Un cuadro estadístico del uso del suelo muestra que el bosque ocupa menos de 1% del terreno total de El Salvador, y que también los terrenos baldíos predominan sobre los terrenos cultivados. Son evidentes tanto las necesidades de una población relativamente densa como la demanda necesaria de un aumento del terreno dedicado a bosques y la conservación de la persistencia del suelo.

C. Descripción de los suelos distintos.

1. Tierra Blanca: suelo silvestre de sabanas relativamente seco. Depósitos más jóvenes de cenizas volcánicas. Suelo regular para cultivos. Drenaje extremadamente fuerte, peligro de erosión.

2. Suelos pardos de bosques secos bajo cafetales: cenizas y tobas volcánicas jóvenes. Suelo bueno hasta regular para cultivos. Drenaje bueno.

3a. Región seca de los morrales en las llanuras del Río Lempa. Sedimentos fluviales, basaltos, tobas. Precipitaciones reducidas, región al abrigo de las lluvias. Sitios uniformes de sequedad alternante.

3b. Arcilla roja bajo pinares y encinares secos sobre tobas terciarias y basaltos. En estos sitios crecen los bosques residuales de El Salvador. Las partes septentrionales de Oriente y Occidente de El Salvador serían apropiadas para un programa de reforestación.

4. Tierra parda tropical, rica en humus, de encinares nebulosos. La riqueza en humus y sustancias nutritivas, la profundidad del suelo y la actividad de la fauna en el suelo, no obstante su reacción ácida, caracterizan este sitio tanto como la vegetación exuberante.

5. En el sitio de bosque de pradera en el curso inferior del Río Lempa, se trata de un suelo de varios estratos de cenizas más jóvenes y tobas más antiguas. El abastecimiento de agua para la vegetación exuberante de árboles está garantizado por agua subterránea que se manifiesta en la distribución regional de las raíces de los árboles.

Los puntos principales donde se tomaron muestras y las rutas de viaje se demuestran en la figura 1.

D. Tipo del suelo.

En este capítulo se comparan los resultados morfológicos, locales y ecológicos del capítulo C con los contenidos de hierro y humus de los distintos suelos y horizontes. Además

se indican las diferencias en el contenido de agua molecular. Se establece una clasificación preliminar de los suelos que ofrece grandes dificultades en los suelos jóvenes y poco desarrollados de El Salvador. Los resultados de los análisis se representan en el Cuadro 1 y en una gráfica (fig. 2). Un dictamen acerca de la fertilidad de los suelos no se puede hacer antes que se hayan realizado los estudios proyectados sobre la capacidad de agua y de sustancias nutritivas y sobre las raíces.

Al final quisiera expresar mis agradecimientos a todos los que ofrecieron gran ayuda a mis investigaciones: Al PROF. A. MEYER-ABICH (Hamburgo); al DR. A. PALACIOS (San Salvador) como Director General del Instituto Tropical de Investigaciones Científicas; a la Deutsche Forschungsgemeinschaft (Bad Godesberg) y al Ministerio de Alimentación, Agronomía y Silvicultura (Bonn).

Summary

Contribution to the Knowledge of the Morphology and the Interweaving with Roots of Forest Soils and Soils under Coffee Plantations in Salvador.

The author studies the supply of growth substances and water in soils of different forest formations and coffee plantations in Salvador. These studies are based on soil dynamic, genetic and systematic considerations. In this country with its relatively dense population, extremely low forest per cent and soil, partly threatened by erosion, these questions are of high importance when considering conservation of soil and fertility.

By use of comparative studies of the content of iron and humus and its management, a pre-

liminary classification comprising the following type groups has been carried through:

1. Tierra blanca relatively dry savanna forest soils, pasture farming;
2. Brown dry forest soils under coffee plantations;
3. Dry soils of Morro vegetation;
4. Red loam under pine-oak dry forest;
5. Tropical brown soil rich of humus under oak cloud forest;
6. Seasonal swamp forest.

Résumé

Contribution à la connaissance de la morphologie et l'entrelacement par des racines des sols forestiers et des sols des plantations de café en Salvador.

L'A. étudie en Salvador l'approvisionnement des différentes formations de forêt en éléments nutritifs et en eau. Ces études sont basées sur considérations de la dynamique, génétique et systématique du sol. Quant à la conservation du sol et de la fertilité, ces problèmes sont de haute importance pour ce pays où la population est dense, le taux de boisement extrêmement bas et le sol partiellement menacé de l'érosion.

A l'aide des études comparatives sur la teneur en fer et humus et son aménagement, une classification préliminaire a été faite. Celle-ci comprend les groupes de types suivants.

1. Tierra blanca, sol de forêt de savanne relativement sec, pâturage;
2. Sols bruns de forêt sec sous plantations de café;
3. Sols secs de la végétation Morro;
4. Argile rouge sous forêt sèche pin-chêne;
5. Sol brun tropical riche en humus dans la région montagneuse des nuages;
6. Forêt de bords de rivières.

Literatura

1. CALDERON, S. STANDLEY P. C. Lista Preliminar de Plantas de El Salvador.- Imprenta Nacional San Salvador, El Salvador, 1944.
2. GROSSKOPF, W.: Über die Nachhaltigkeit tropischer Regenwaldböden.- Kolonialforstl. Mitt. 3 (4): 277-288, 1940.
3. ---: Entstehung und wirtschaftliche Bedeutung des Humus in einheimischen und tropischen Wäldern.- Mitt. Reichs-ints. ausländische u. koloniale Forstwirtschaft 1, 1944.
4. ---: Bestimmungen der charakteristischen Feinwurzelintensitäten in ungünstigen Waldbodenprofilen und ihre ökologische Auswertung.- Mitt. Bundesanstalt Forst- u. Holzwirtschaft 11, 1950.
5. LAUER, W.: Las formas de la vegetación de El Salvador.- Comun. Inst. Trop. El Salvador, 3 (1): 41-46, 1954.
6. LOENHOLDT, F.: La economía agrícola de El Salvador.- Unión Asistencia Técnica ONU El Salvador. Oct. 1953

7. MEYER-ABICH, H.: Los ausoles de El Salvador, con un sumario geológico-tectónico de la zona volcánica occidental.- Comun. Inst. Trop. El Salvador, 2 (3/4): 55-102, 1953.
8. ROCHER, M. L.: Informe de la situación forestal de El Salvador y bases para la Elaboración de un Plan Estatal de Reforestación.- Ministerio de Agricultura y Ganadería El Salvador.
9. VOIGT, E.: Die Anwendung der Lackfilm-methode bei der Bergung geologischer und bodenkundlicher Profile (mit 6 Tafeln im Text und 2 Abb.).- Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg 19 1949.

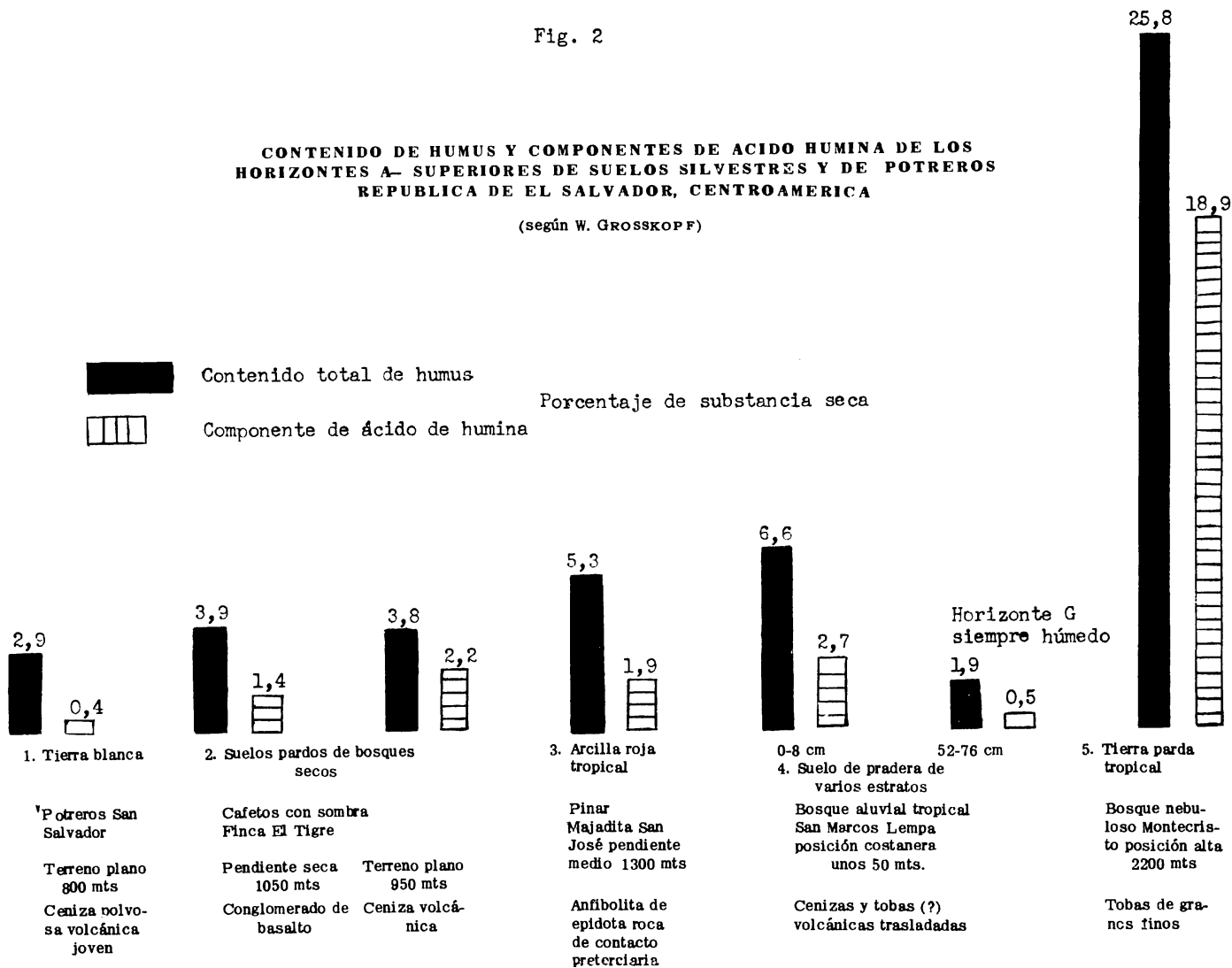
Datos climatológicos de El Salvador. Boletín Técnico Nr. 17, Okt. 1953. Ministerio de Agricultura y Ganadería Centro Nacional de Agronomía.

Trad. O. SCHUSTER-DIETERICH

Fig. 2

CONTENIDO DE HUMUS Y COMPONENTES DE ACIDO HUMINA DE LOS HORIZONTES A- SUPERIORES DE SUELOS SILVESTRES Y DE POTREROS REPUBLICA DE EL SALVADOR, CENTROAMERICA

(según W. GROSSKOPF)



CONTENIDO DE HUMUS Y COMPONENTE DE ACIDO DE HUMINA EN PORCENTAJE DE SUBSTANCIA SECA

DESCRIPCION DEL HORIZONTE Y PENETRACION POR RAICES

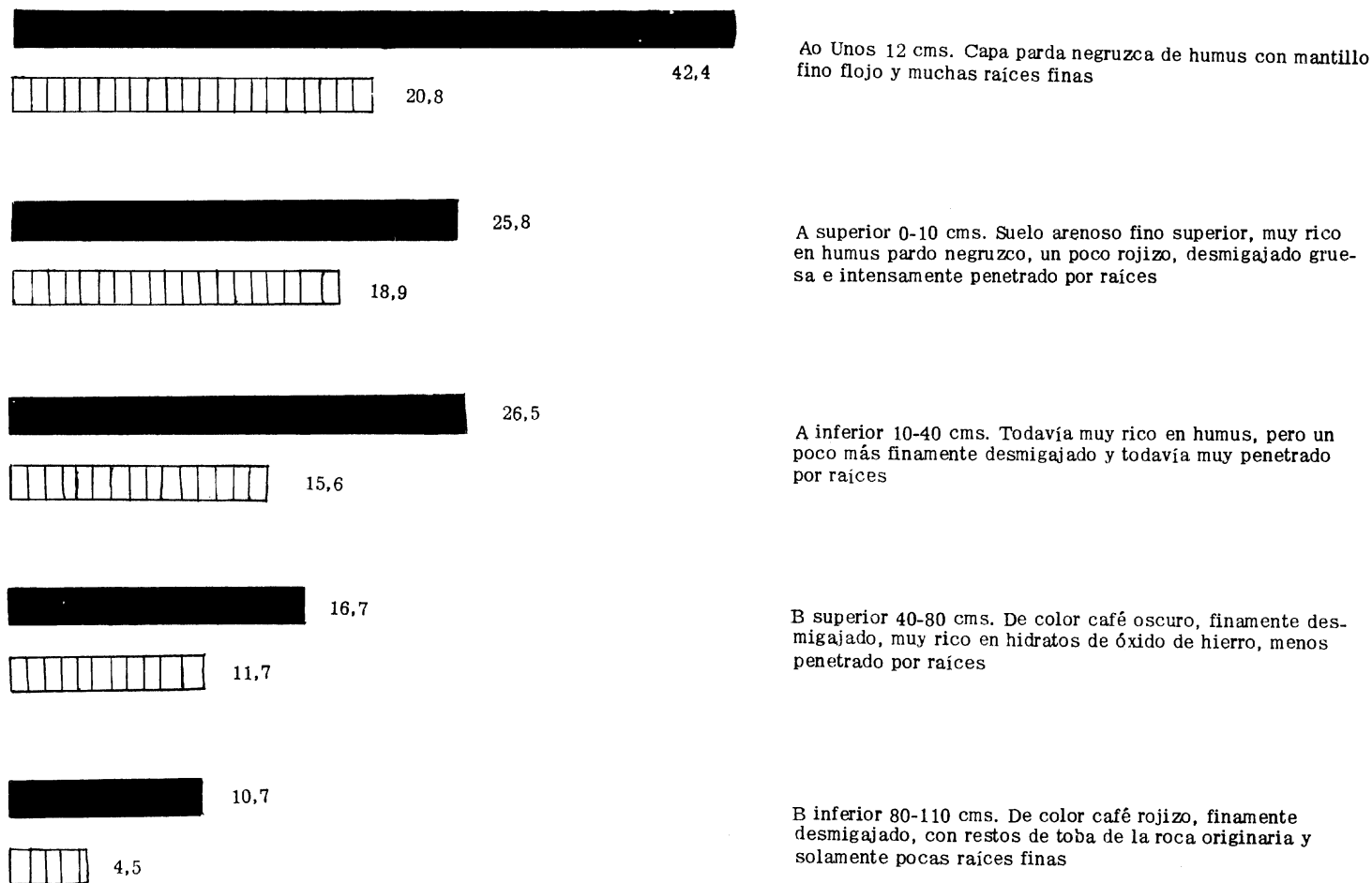


Fig. 3. Perfil de una tierra parda tropical, rica en humus, bajo encinarembuloso perennifolio. Montecristo, 2200 mts República de El Salvador, Centroamérica (Según W. GROSSKOPF).

Análisis para la Genética de suelos salvadoreños

Sitio y suelo	Profundidad del suelo	Horizontes roca originaria	Pérdida por caldear	Contenido de humus	Agua molecular	Fe ₂ O ₃	
						Después de la desgregación	Soluble en ácido clorhídrico
1. San Salvador	en cms 0-10	Horizonte A	7,5	2,9	↑ 4,6		
Tierra Blanca joven	200	ceniza volcánica polvosa	4,5	—	↑ 4,5	1,7	1,6
El Tigre: 2a. La Abelina	0-10	Horizonte A superior	18,0	3,9	↑ 14,1	.	↑ 9,4
Suelo Pardo de bosque seco	130	basalto de andesita	2,0	—	↑ 2,0	7,0	↑ 6,8
2b. La Gutiérrez	0-15	Horizonte A	12,6	3,8	↑ 8,8	.	↑ 6,2
Suelo pardo de bosque seco	140	ceniza volcánica polvosa	5,1	—	↑ 5,1	2,8	↑ 2,6
3. Majadita	0-10	Horizonte A	10,8	5,3	↑ 5,5	.	.
Arcilla roja tropical	25-60	Horizonte B	12,3	.	↑ .	.	↑ 6,4
Bajo pinares	130	anfíbolita de epidota	3,8	.	↑ 3,8	3,0	↑ 1,4
4. Montecristo	0-10	Horizonte A	46,2	25,8	↑ 20,4	.	.
Tierra parda tropical	40-80	Horizonte B	42,3	16,7	↑ 26,1	.	↑ 6,4
Bajo encinares nebulosos	220	tobas más antiguas	7,4	.	↑ 7,4	2,6	↑ 1,4
5. San Marcos	0-8	Hor. A superior	14,3	6,6	↑ 7,7	.	↑ 5,8
Lempa	11-17	Hor. A inferior	5,5	.	↑ .	.	↑ 3,6
Suelo de Pradera I de varios estratos	17-52	ceniza polvosa trasladada	4,7	.	↑ 4,7	2,8	↑ 2,0
Bajo bosques aluviales II	52-76	Horizonte G superior	13,1	1,9	↑ 11,2	.	↑ 8,8
perennifolios III	76-102	Horizonte G inferior	12,8	.	↑ .	9,6	↑ 7,0

Análisis adicionales para la Morfología y Genética de unos suelos de El Salvador.

1. Apenas descompuestos: aumento reducido del agua molecular (↑), contenido de hierro muy poco.
- 2a. Muy descompuesto: aumento muy fuerte del agua molecular, aumento fuerte del hierro (↑).
- 2b. Poco descompuesto: aumento regular del agua molecular, aumento fuerte del hierro.
3. Más descompuesto: aumento regular del agua molecular, aumento muy fuerte del hierro, hor. B
4. Más descompuesto: aumento regular del agua molecular, aumento muy fuerte del hierro, hor. B
5. I. Poco descompuesto: aumento regular del agua molecular, aumento fuerte del hierro.
 II. Muy descompuesto: contenido alto de agua molecular, contenido alto de hierro.
 III. Lo mismo roca originaria; volcanitas antiguas.