

NACIONES UNIDAS

CONSEJO
ECONOMICO
Y SOCIAL



c. 1

GENERAL

E/CN.12/670/Add.5
23 de abril de 1963

ORIGINAL: ESPAÑOL

COMISION ECONOMICA PARA AMERICA LATINA

Décimo período de sesiones

Mar del Plata, Argentina, mayo de 1963

LOS RECURSOS NATURALES EN AMERICA LATINA, SU CONOCIMIENTO
ACTUAL E INVESTIGACIONES NECESARIAS EN ESTE CAMPO

V. LOS SUELOS

Nota: Este texto debe considerarse como una primera versión provisional y tiene que revisarse lo mismo técnica que editorialmente antes de su publicación final. Con esa reserva, se distribuye a los Gobiernos Miembros de la Comisión como un anticipo del estudio que se está llevando a cabo.

La Iniciativa
C.1

INDICE

	<u>Página</u>
I. ANALISIS DE LOS ESTUDIOS SOBRE SUELOS EN LOS PAISES LATINOAMERICANOS,	1
1. El levantamiento de mapas o inventarios de suelos.	1
a) Argentina	1
b) Brasil.	2
c) Chile	2
d) Colombia.	4
e) Costa Rica.	5
f) El Salvador	5
g) Belice (Honduras Británica)	5
h) Guayana Británica	5
i) Guatemala	6
j) Haití	6
k) México.	7
l) Surinam	7
m) Panamá	8
n) Perú.	8
o) Puerto Rico	8
p) Uruguay	9
q) Venezuela	9
2. Resumen.	9
3. Importancia de las investigaciones básicas sobre suelos	11
4. Métodos de evaluación del potencial agrícola de los suelos.	15
5. Los medios de que disponen los países latinoamericanos para estudiar y evaluar sus recursos de suelos.	18
Anexo	23

I. ANALISIS DE LOS ESTUDIOS SOBRE SUELOS EN LOS PAISES
LATINOAMERICANOS

1. El levantamiento de mapas o inventarios de suelos

A raíz de las recomendaciones hechas por las reuniones latinoamericanas convocadas por la FAO y el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), en agosto de 1960 se celebró en Raleigh (Estados Unidos) una reunión de científicos del suelo, representando 12 países. En esa oportunidad se informó sobre los adelantos logrados por cada país en las tareas destinadas a conocer este recurso. Sobre la base de esta información, más la complementaria que pudo obtenerse para los países no representados en esa oportunidad, resumiremos el estado de estas investigaciones en los distintos países.

a) Argentina

El desarrollo económico de la República Argentina ha dependido en gran medida de la fertilidad de sus recursos de tierras, por lo que prontamente se reconoció la necesidad de poseer un conocimiento fundamental de los recursos de suelos del país. El reconocimiento de suelos en todo el país corre a cargo del Instituto de Suelos y Agrotecnia. Este Instituto es una filial del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Los estudios comenzaron hacia el año 1940. Hasta 1958, las actividades de reconocimiento de suelos, que abarcaron las tres cuartas partes del país, se efectuaron a escalas de 1:500 000 a 1:250 000, además de levantarse mapas semidetallados a escalas comprendidas entre 1:50 000 y 1:25 000 de zonas de proyectos de riego y proyectos de fomento agrícola. Se comenzó el levantamiento de mapas semidetallados en una zona escogida de 40 000 km². Se basan en fotografías aéreas y mapas fotogramétricos a escala 1:25 000 del Instituto Geográfico Militar.

Además, el Departamento de Cartografía del Instituto de Suelos y Agrotecnia prepara un mapa general de los suelos del país a escala 1:2 500 000. El Instituto posee laboratorios adecuados para las necesidades de las investigaciones edafológicas fundamentales.

Hay también un mapa "Grandes Grupos de Suelos" disponible para todo el país.

/b) Brasil

b) Brasil

El reconocimiento de suelos por técnicas modernas comenzó en Brasil en 1953 al constituirse la Comisión de Suelos del C.N.E.P.A. (Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronómicas). Se han preparado o están en vías de ellos los siguientes mapas de reconocimiento:

Estado de Río de Janeiro: a escala 1:400 000

Estado de São Paulo : a escala 1:500 000

Minas Gerais (nordeste) : a escala 1:500 000

Minas Gerais (sur)

Pernambuco

Pará, valle del Bajo Amazonas; dos mapas: 1) Zona de Bragança, distrito agronómico cercano a Belem, donde los trabajos los efectúa principalmente el Instituto Regional del S.N.P.A. 2) En partes de la selva virgen se prepara un mapa en cooperación con el inventario forestal, ejecutado por la FAO.

Se iniciará también la preparación de mapas de reconocimiento en la zona de Brasilia y en el Estado de Río Grande do Sul.

Estos mapas servirán de base para investigaciones más detalladas en lo relativo a fertilidad, ordenación y aprovechamiento recomendado de la tierra. Además servirán para la preparación de planes de fomento y colonización de tierras.

La Comisión de Suelos, los Institutos Regionales y ciertos organismos estatales han efectuado reconocimientos de suelos detallados y semidetallados en diferentes zonas.

c) Chile

Los reconocimientos de suelos en este país los efectúa el Ministerio de Agricultura. Hasta la fecha se han reconocido las zonas siguientes:

Escala 1:100 000 128 000 ha

1:250 000 8 403 765 ha

1 580 000 ha

Mediante reconocimientos detallados en escalas comprendidas entre 1:5 000 y 1:50 000 se han cubierto 340 689 ha.

/Los mapas

Los mapas de reconocimiento de suelos abarcan, más o menos, un tercio del país e incluyen en su mayor parte las áreas agrícolas importantes. Hay un mapa "Grandes Grupos de Suelos" disponible para todo el país. Se han efectuado varios estudios a escalas mayores, para proyectos locales de desarrollo. Sobre la base de estos mapas las correlaciones de suelos son deficientes, pero se puede esperar que mejoren después de la creación reciente del Instituto de Suelos que centralizará los estudios existentes. Las investigaciones para uso de la tierra y la evaluación del recurso suelo, han cobrado un nuevo impulso, a raíz de un convenio del Gobierno con la OEA, que puso en operación un proyecto basado en la aerofotointerpretación, que abarca un área de unos 120 000 km² de la zona central y centro-sur del país, la más poblada y la que aporta más del 90 por ciento de la producción agrícola nacional.

Este proyecto, surgido a raíz de la necesidad de evaluar rápidamente los daños causados por el gran terremoto de 1960, amplió sus objetivos para servir también de base a las reformas tributaria y agraria, que se estudiaban a la misma fecha y para realizar una cierta prospección petrolífera que podía hacerse simultáneamente sin gran costo adicional.

El proyecto se propuso tres líneas básicas de trabajo: i) identificación de propiedades agrícolas; ii) relevamiento del uso actual de la tierra; y iii) determinación de la capacidad de uso de los suelos.

En las tres se hace uso intensivo de la fotografía aérea y del mosaico fotográfico controlado con mediciones de terreno.

Se identificarán en las hojas de mosaico y se comprobarán con los propietarios en el terreno unos 200 000 predios agrícolas, lo que ordenará definitivamente la base tributaria correspondiente.

La fotointerpretación complementada con visitas al terreno permitirá definir el uso que se da actualmente a los terrenos y la extensión de los cursos de agua y redes de riego artificial, lo que se anota en otra copia transparente del mosaico.

Con el concurso de expertos agrícolas, forestales, geólogos, geomorfólogos, edafólogos e hidrólogos se determina la capacidad de uso de estos mismos terrenos ya identificados, lo que se anota en otro transparente.

/La superposición

La superposición y cotejo de estos dos últimos relevamientos da, como es fácil comprender, la base más valiosa para una programación agrícola racional a la vez que aportará antecedentes decisivos para la equidad tributaria.

Por último, los aviones que se usan para la fotografía aérea se han aprovechado para hacer reconocimiento geofísico a base de magnetómetro que dará la base para un análisis tectolineal en busca de zonas propicias para la existencia de petróleo.

El proyecto durará dos años y medio y tendrá un costo equivalente a 3.8 millones de dólares, un 75 por ciento de lo cual debe gastarse en divisas.

d) Colombia

Durante los últimos años se han hecho en Colombia considerables progresos en lo relativo a reconocimiento y evaluación de suelos. En este país se efectúan cuatro tipos principales de reconocimientos de suelos: 1) reconocimientos preliminares; 2) reconocimientos generales; 3) reconocimientos semidetallados; y 4) reconocimientos detallados, principalmente a cargo del Departamento de Agrología del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi".

He aquí la marcha de los reconocimientos en el país:

Reconocimientos preliminares	260 000 ha
Reconocimientos generales	17 175 794 ha
Reconocimientos semidetallados	2 815 967 ha
Reconocimientos detallados	516 233 ha
	<hr/>
	20 768 039 ha

Gran parte de la labor de reconocimiento de suelos se lleva a cabo con la ayuda de la interpretación estereoscópica de las fotografías aéreas, actividad en la que Colombia ha hecho grandes adelantos últimamente. Están en operación los proyectos siguientes: a) reconocimiento de los suelos de los Llanos Orientales (63.9 millones de ha) en cooperación con la FAO y el Fondo Especial de las Naciones Unidas; b) reconocimiento general de los suelos de la parte occidental de las laderas orientales de la Cordillera; c) continuación de los reconocimientos detallados del Valle del Cauca en Tolima; d) otros estudios en una extensión de unas 600 000 ha, en cinco departamentos del país. Se proyecta hacer un inventario completo de los suelos del país durante el año 1963.

e) Costa Rica

e) Costa Rica

Los reconocimientos de suelos los realiza el Departamento de Conservación de Suelos. Los primeros reconocimientos se iniciaron en 1950. Se han levantado las siguientes superficies:

Escala: 1: 50 000	132 700 ha
1:100 000	130 420 ha

En estos estudios se utilizó la aerofotometría y la interpretación estereoscópica.

En Cuba y Ecuador existen reconocimientos generales hechos con la colaboración de destacados especialistas. Actualmente se preparan mapas detallados para algunas áreas donde se piensa intensificar los cultivos.

f) El Salvador

Utilizando un mapa base fotogramétrico se han hecho reconocimientos exploratorios detallados en una zona de 70 000 ha en el valle del río Lempa. Existe un levantamiento menos preciso de 63 100 ha en la zona de San Andrés.

En la actualidad el Gobierno proyecta efectuar un reconocimiento completo de los suelos del país, que sirva de base para la colonización.

Hace algunos años se realizó un reconocimiento general de suelos, fundado en datos geológicos, para determinar las posibilidades de conservación del suelo.

g) Belice (Honduras Británica)

En el año 1953 se completaron y en 1958 se publicaron los mapas de reconocimiento de suelos, de uso potencial de la tierra y de vegetación de todo el país. Actualmente estos mapas son usados por los grupos económicos y de planificación, por comités de tributación de tierras y por otras organizaciones que abarcan programas agrícolas a largo plazo. Los mismos se han usado como base para el desarrollo de las comunicaciones (nuevos caminos, etc.) durante varios años y ya han demostrado su valor para el desarrollo económico de este país.

h) Guayana Británica

Hasta 1952 el conocimiento que se tenía de los suelos se limitaba en gran medida a los llanos costeros en que se cultiva azúcar y arroz. En 1953, gracias a un levantamiento en parte aéreo y en parte terrestre realizado en el interior del país, se señaló la atención hacia los problemas

/edafológicos y

edafológicos y agrícolas de esa región y se indicaron algunas zonas nuevas con buenas probabilidades agrícolas. La Dirección de Suelos del Centro Regional de Investigaciones del Colegio Imperial de Agricultura Tropical de Trinidad emprendió entre 1955 y 1960 una serie de levantamientos topográficos semidetallados del interior y se realizaron estudios análogos en la mayor parte de las zonas no cultivadas hasta ahora del llano costero, con la asistencia técnica de la Administración de Cooperación Internacional (ACI). En la actualidad, en virtud de un proyecto del Fondo Especial de las Naciones Unidas, dirigido por la FAO, se están terminando levantamientos pormenorizados de algunas zonas del llano costero y se está efectuando un inventario general de esos recursos en todo el país. Se estima que este inventario durará tres años y que costará aproximadamente 900 000 dólares, de los cuales la mitad corresponde a moneda local.

En cuanto a la zona en que se va a realizar el levantamiento, 2 millones de acres se estudiarán en forma semidetallada y se hará un reconocimiento de 55 000 millas cuadradas.

Es interesante citar el párrafo siguiente de las finalidades del proyecto: estos estudios e investigaciones ayudarán al Gobierno en la planificación de los proyectos de habilitación y mejoramiento de tierras, sobre todo para los efectos de la colonización, avenamiento y riego, conservación de los suelos, aprovechamiento racional de los recursos forestales y desarrollo económico general del país.

i) Guatemala

A fines de 1944 se comenzaron los primeros estudios edafológicos cerca de la colina de Poptún, en el departamento del Petén. En 1957 se publicaron amplios mapas de todo el país que actualmente son consultados cuando se preparan nuevos proyectos de desarrollo locales, que demandan mapas detallados. No son aprovechados para planificaciones regionales, pero, si fuera necesario, se podrían usar como base fundamental para esa finalidad.

j) Haití

Los reconocimientos se efectúan bajo la dirección de la Sección de Suelos y Química de la Escuela Nacional de Agricultura, desde 1925. Hasta hace pocos años la labor cartográfica era muy escasa. La falta de apoyo económico y de una organización apropiada, limita el volumen de trabajo de campo que puede efectuarse.

/Poco se

Poco se ha progresado en el reconocimiento sistemático de los suelos de este país. En años pasados se han hecho algunos buenos estudios, de alcance limitado, generalmente relacionados con proyectos de riego. El servicio de Química Agrícola y de Utilización de Tierras del Ministerio de Agricultura está en condiciones de hacer análisis de suelos, aunque con los escasos fondos de que dispone, puede hacer poco más que la asesoría docente que presta a la Escuela Nacional de Agricultura.

La buena cobertura aero-fotográfica y el relevamiento cartográfico prácticamente total que existe en el país sería una buena base para ampliar los estudios cuya necesidad es evidente en vista de la escasez de suelo agrícola que confronta.

k) México

México tiene una larga historia en reconocimiento de suelos. Los reconocimientos se comenzaron en relación con problemas de riego, y han proseguido hasta el presente. Este país fue un precursor en este aspecto, ya que sus detallados mapas de suelos y su clasificación de las tierras para el riego datan de 1927.

Los datos siguientes indican la evolución de los reconocimientos hechos por el Departamento de Agrología de la Secretaría de Recursos Hidráulicos:

De 1927 a 1955, este Departamento levantó mapas detallados de suelos de más de 3 500 000 ha y mapas de reconocimiento preliminar de más de 4 200 000 ha. Terminado el inventario de recursos de suelos de México, el Departamento clasificó los suelos con arreglo de los Grandes Grupos de Suelos y determinó la superficie total ocupada por cada uno de los suelos principales.

l) Surinam

Se han efectuado satisfactoriamente reconocimientos de los suelos en los últimos años en Surinam y en la zona de las Antillas. El inventario de los recursos naturales recibió un fuerte estímulo con la fotografía aérea, hasta el punto de que en 1948 se comenzó el reconocimiento sistemático de los suelos.

Desde 1954 estas labores se llevaron a cabo principalmente en los proyectos regionales y locales de fomento de la zona costera. En la actualidad los estudios de fertilidad del suelo los efectúa la Estación Experimental Agronómica. El Departamento de Reconocimiento de Suelos depende del Ministerio de Fomento.

/m) Panamá

m) Panamá

Se han efectuado reconocimientos de suelos en cooperación con técnicos de los programas de Ayuda Exterior de los Estados Unidos y de la United Fruit Company. Esas labores permiten contar con los mapas cuyas escalas y superficies que cubren, se dan a continuación:

1:1 000 000	1 500 000 ha
1: 250 000	500 000 ha
1: 50 000	420 000 ha
1: 5 000	8 000 ha

n) Perú

La división de Agrología del Ministerio de Agricultura, el ex Departamento de Suelos del SCIPA y la Dirección de Irrigación del Ministerio de Fomento están llevando a cabo reconocimientos de suelo.

El Perú cuenta con cuatro laboratorios principales para análisis de suelos, debidamente dotados para efectuar las principales determinaciones de laboratorio.

Los datos siguientes indican la marcha de esos trabajos en el país:

Reconocimientos detallados y semidetallados: 1 120 000 ha

Reconocimientos exploratorios: 40 000 000 ha.

A ese respecto conviene señalar que el Programa de Evaluación de Recursos Naturales del SCIF (ahora incorporado a ONERN - Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales - que forma parte del Instituto Nacional de Planificación), ha llevado a cabo recientemente trabajos de evaluación de suelos en diferentes regiones del Perú, incluyendo las pequeñas irrigaciones en la Sierra y ciertas Zonas, potencialmente tan ricas, ubicadas entre la ceja de selva y el llano amazónico.^{1/} Más importante aún: esos estudios forman parte de proyectos integrales para desarrollo de aquellas localidades.

o) Puerto Rico

Entre los años 1928 y 1936, la Secretaría de Agricultura de los Estados Unidos y la Estación Agronómica de Experimentación de la Universidad de Puerto Rico efectuaron conjuntamente un reconocimiento de suelos. El mapa resultante de este reconocimiento se publicó en 1942 a escala

^{1/} Pueden citarse como ejemplos sobresalientes los estudios de 800 000 ha en el departamento de San Martín, en la selva y de 300 000 ha sobre el río Apurímac.

1:50 000. Los datos contenidos en este mapa, complementados con detalles relativos a pendiente y erosión, se utilizan como base para la asistencia técnica en lo relativo a la conservación de suelos y aguas. Actualmente, se efectúan estudios detallados de campo en el laboratorio de zonas escogidas para ver el modo de preparar un mapa mejor.

p) Uruguay

Dos instituciones oficiales realizan trabajos de reconocimiento de suelos en este país, a saber: el sector Suelos del Departamento de Recursos Naturales Renovables y el Instituto de Colonización. Estos organismos tienen como objetivo inmediato la preparación de un mapa de suelos del país.

q) Venezuela

Los estudios de suelos realizados desde 1937, fueron coordinados de modo tal que fue posible resumirlos en un mapa de los Grandes Grupos de Suelos. La Sección Suelos del Centro de Investigaciones Agronómicas del Ministerio de Agricultura y la Sección de Estudios Agroeconómicos del Ministerio de Obras Públicas, tienen en marcha proyectos para evaluar este recurso, mediante estudios más detallados.

Tanto el Ministerio de Agricultura como el de Obras Públicas han venido realizando estudios de suelos desde hace años. Además de estos estudios oficiales existen numerosos trabajos de investigadores particulares y universitarios y la Fundación Mendoza ha publicado un índice de todos éstos con un breve resumen de su contenido.

Recientemente un grupo de la FAO realizó un estudio preliminar con el objetivo de coordinar la variedad de criterios con que se ha procedido en el pasado y llegar a una primera clasificación general y mapa de grandes grupos de suelos del país.

Los Ministerios citados tienen en marcha proyectos de relevamiento de suelos que abarcan extensiones de consideración en los llanos (20 000 km²) y en la Costa Nororiente (32 000 km²).

2. Resumen

En resumen: sobre la base que proporciona la información suministrada por los países y que fuera brevemente reseñada en lo que precede, se puede calcular que los distintos tipos de mapas sobre suelos confeccionados en Latinoamérica cubren los siguientes porcentajes aproximados de la superficie de la región:

/Mapas de

Mapas de reconocimiento (1:1 000 000 a 1:250 000 (excl.))	8 a 10 por ciento
Mapas semidetallados (1: 250 000 a 1: 50 000 (incl.))	4 a 5 por ciento
Mapas detallados (1: 50 000 y menor)	casi 1 por ciento

Estos porcentajes hablan por sí solos, eximiendo cualquier comentario acerca del grado de conocimiento alcanzado en la región sobre el recurso suelo. Sin embargo, es necesario tener en cuenta otros elementos de juicio.

Casi todos los países de América Latina, como se ha visto, poseen mapas generales (escala mayor de 1:1 000 000) que muestran los Grandes Grupos de Suelos. Pero se debe advertir que la calidad de estos mapas varía con la interpretación que los diferentes autores hicieron acerca del estado del conocimiento sobre los suelos del país, en el momento en que los mapas fueron preparados.

En algunos casos, estos mapas dan una valiosa idea de los recursos totales de suelos del país, pero en general, conducen a conclusiones erróneas. En todos los países de la región existen, además, mapas de reconocimiento de semidetalle y detallados en áreas locales que han sido preparados para desarrollar proyectos especiales. Las unidades de suelo que muestran estos últimos mapas, rara vez están referidos a alguna clasificación regional y para poder hacer una correlación exacta con otros suelos, se necesitan nuevos estudios del terreno.

Toda esta información miscelánea sobre los suelos fue examinada por los principales expertos en una reciente reunión celebrada en Río de Janeiro (julio de 1962), y que fue convocada por la FAO para promover la correlación de los problemas existentes para el uso racional del suelo en Latinoamérica. Ese análisis puso en evidencia que la diversa información disponible, muy difícilmente podía ser integrada de modo que pudiera usarse para los fines que se perseguían. A los expertos que sólo habían trabajado en otras regiones geográficas y que asistieron a la reunión, les llamó la atención el escaso conocimiento existente sobre los suelos latinoamericanos y las dificultades para correlacionar aquellos disponibles.

Esta circunstancia hace imposible que pueda pensarse en obtener, sin esfuerzos deliberados y persistentes, un cálculo correcto del potencial de los recursos de suelos que posee América Latina. Existen estimaciones que atribuyen, por ejemplo, una gran riqueza potencial a los suelos del valle del Amazonas y a otras áreas todavía no desarrolladas, que son consideradas

/reservas cuya

reservas cuya futura contribución ayudaría sustancialmente a solucionar los problemas que plantea la alimentación mundial. Sin embargo, las pocas informaciones disponibles demostrarían que la baja fertilidad de los suelos que cubren grandes superficies de esas áreas, hace que muy difícilmente convenga desde el punto de vista económico desplazar los bosques existentes para implantar cultivos agrícolas. Resulta más lógico pensar que el aumento principal de la producción agropecuaria se obtendrá con una buena administración de las tierras de mayor fertilidad potencial, que incluya, por cierto, el uso de métodos capaces de favorecer los mecanismos naturales que permiten conservar y en algunos casos aumentar la fertilidad de los suelos.

Lógicamente, en casi todos los países latinoamericanos es necesario solucionar, simultáneamente, problemas socioeconómicos básicos, económicos, técnicos para que no siga aplazándose el fuerte impacto que puede hacer la moderna tecnología agropecuaria en el mejoramiento de la producción de los suelos, y que sin duda modificará las ideas actuales sobre el potencial de los suelos de la región.

Evidentemente, la producción agropecuaria de la región, calculada en unos 13 000 millones de dólares, sin incluir la forestal, no refleja sino parte de la riqueza que anualmente se puede extraer del total de los recursos de suelos que posee Latinoamérica.

3. Importancia de las investigaciones básicas sobre suelos

Desde el punto de vista científico y técnico, para alcanzar las metas de producción a que puede aspirar la región, se necesitan programas más activos en la preparación de mapas de suelos, en casi todos los países. Ahora bien, para que estos mapas cumplan la función que les corresponde como instrumento fundamental para la difícil tarea de evaluar los recursos de suelos, deben ir acompañados de memorias que los interpreten inteligentemente. Tales documentos no se pueden preparar sin los datos que suministran las investigaciones básicas sobre fertilidad de los suelos. Resulta esencial, entonces, que las tareas de interpretación de los suelos estén fundadas en conceptos científicos serios y de aplicación universal. Especialmente para los países cuya economía está basada en la producción agropecuaria, es importante que los edafólogos y agrónomos interpreten con conceptos científicos uniformes la capacidad del suelo para alimentar las plantas, animales y seres humanos.

/Combinando los

Combinando los datos que proporcionan los mapas de suelos y las investigaciones edafológicas básicas con los resultados prácticos de los cultivos experimentales se puede obtener un cuadro claro de las reservas disponibles de este recurso.

El avance de los conocimientos acerca de la formación y evolución de los suelos y de cómo se puede influir en la dinámica de los complejos procesos naturales vinculados con estas cuestiones, han llegado a tal punto que, por primera vez en la historia de la ciencia del suelo, se puede esperar con confianza una actuación racional del hombre frente a los problemas que plantea el uso del suelo.

En Latinoamérica, además de activar la preparación de los mapas de suelos, resulta imprescindible mejorar rápidamente las facilidades existentes para desarrollar las investigaciones edafológicas fundamentales a fin de estar en condiciones de mejorar la actual situación en este sector.

La necesidad de vincular muy estrechamente los estudios de suelos con el desarrollo agropecuario proyectado, es evidente y reviste una extraordinaria importancia. Ello es vital para la determinación de las zonas más aptas para la producción de los diversos rubros agropecuarios, a fin de poder definir con mayor precisión dónde y cómo podrá América Latina incrementar su producción en concordancia con el aumento previsto de la demanda. De paso, esto permitiría, también, establecer las bases para una cierta especialización regional.

El mapa edafológico que muestra la distribución y superficie que ocupan las distintas clases de suelos representa una pequeña contribución al conocimiento de este recurso, pero sólo es un comienzo. Si no se investigan las características de las principales clases de suelos no podrá saberse qué significan las unidades que aparecen en el mapa y éste puede no servir así más que de insólita decoración mural. Ello ha ocurrido con tanta frecuencia que es curioso que todavía se ignoren u olviden las investigaciones básicas. Estas son esenciales para que el mapa edafológico sirva de algo. Por ejemplo, es interesante conocer exactamente en Chile los límites de los suelos de trumao, derivados de la ceniza volcánica, pero esta información tiene escasa utilidad si no se averigua por qué estos suelos peculiares tienen una productividad relativamente baja cuando evidentemente reúnen excelentes propiedades

/físicas para

físicas para la agricultura. Durante varios años este problema preocupó a los edafólogos chilenos hasta descubrir que la causa radica en la elevada fijación de fosfatos complicada con algún exceso de alúmina.

La falta generalizada de investigaciones edafológicas básicas y coordinadas en América Latina obedece en parte a la falsa creencia de que esas investigaciones pueden desarrollarse en mejores condiciones en los laboratorios bien equipados de los países técnicamente más avanzados. No existe un sustitutivo satisfactorio de la investigación edafológica realizada en el propio país pues una vez que el suelo ha sido separado de su medio natural, deja de ser el mismo y sus reacciones de laboratorio no podrán interpretarse satisfactoriamente a varios miles de millas de distancia. Desde hace más de medio siglo las investigaciones edafológicas básicas de la Guayana Británica han estado en su mayoría a cargo de los especialistas británicos muy preparados y, sin embargo, en todo este tiempo se ha hecho poco por resolver los problemas de índole práctica. En cambio, han contribuido mucho más los pequeños laboratorios de investigación científica de los suelos que mantiene la industria azucarera del país. Del mismo modo los difíciles problemas que presentan los suelos de la hoya amazónica no serán resueltos, a la postre, sino en esa misma región. Para ese fin, convendría que el Brasil, Colombia, Bolivia, Ecuador, Venezuela y el Perú asociaran sus fuerzas tecnológicas o contribuyeran a formar un centro único de investigaciones edafológicas situado, por ejemplo, en Manaos.

En América Latina ya están surgiendo varios centros de investigación edafológica bien equipados, y en todo caso el problema fundamental no es la falta de equipo sino de programación realista de las investigaciones, formación del personal y una abnegada dirección. Sobre la base de la relación entre los diversos procesos edafológicos, América Latina necesitaría siete o más centros de investigación en este campo. Debería existir un centro para estudiar los problemas relacionados con los suelos desérticos, en que participaran igualmente Chile, la Argentina y el Perú, que podría convenientemente estar ubicado en Antofagasta. El problema de mantener fértiles las húmedas tierras bajas tropicales se concentra en la cuenca del Amazonas y ya se ha sugerido Manaos como el lugar apropiado.

/La zona

La zona de clima fresco y templado de los Andes la comparten la Argentina y Chile, y este último país tiene que solucionar los problemas que plantean sus extensas superficies de suelos derivados de la ceniza volcánica. El Perú, Ecuador, Bolivia y, en cierta medida, Colombia tienen una serie de problemas comunes relacionados con los suelos del altiplano seco y frío y que podrían investigarse satisfactoriamente desde un centro ubicado en La Paz. Colombia y el Ecuador presentan problemas afines relacionados con los suelos tropicales de ceniza volcánica y junto con Venezuela afrontan problemas comunes derivados de los suelos de las tierras bajas tropicales de la costa. El Brasil y las Guayanas tienen que afrontar los mismos problemas en sus suelos de la superficie terrestre muy antigua y estable. Si bien es imposible establecer simultáneamente todos estos centros de investigaciones edafológicas, no es lógico que la solución de estos problemas se vea limitada por las fronteras nacionales.

Entre las investigaciones básicas que es necesario realizar en la región donde se presentan los problemas cuentan los estudios completos químico-físicos y físico-químicos de los suelos; determinación de la naturaleza y condiciones de las principales reservas de materias nutritivas de los suelos y la tasa de su consumo por parte de las plantas en desarrollo; el equilibrio de micro-elementos en el caso de suelos específicos; fijación de fosfatos y potasa y ausencia de elementos nutritivos en algunas clases de suelos; la naturaleza de las arcillas más abundantes en los suelos y muchas cuestiones afines. Las investigaciones de laboratorio no pueden separarse de los experimentos sobre el terreno que se realizan con los cultivos. Este es otro motivo por que raras veces resulta práctico transportar muestras de suelos a un laboratorio distante.

Uno de los campos de la edafología latinoamericana que más se ha descuidado es la microbiología del suelo. Son escasísimos los microbiólogos especializados en suelos y aun más escasos los laboratorios debidamente equipados para que ellos trabajen. Existe urgente necesidad de definir los problemas relativos a la microbiología del suelo, inaugurar centros de estudio apropiados, seleccionar y formar personal en esta ciencia exacta.

/En muchos

En muchos países el futuro de la ganadería depende en gran medida de la selección y adaptación de pastizales y legumbres forrajeras mejoradas lo que a su vez suele depender de los microbiólogos de suelos.

Actualmente en América Latina las investigaciones edafológicas se encuentran en su mayoría en manos de las Universidades y de unos cuantos Institutos edafológicos. Gran parte del trabajo que se realiza es de calidad superior pero en muchos casos las investigaciones básicas abordan solamente una o dos de las muchas facetas de los problemas interrelacionados que ofrecen los suelos y hay poca coordinación entre grupos e incluso entre un año y el siguiente. Evidentemente ya es tiempo que en este campo un tanto disperso de esfuerzos aislados se apliquen medidas internacionales encaminadas a la especialización en investigaciones edafológicas y que fomenten el estudio planificado de los suelos en relación con los problemas más evidentes que ofrece América Latina en este campo. La UNESCO está interesada en forma activa en promover el establecimiento de un centro latinoamericano para estudiar los problemas de los suelos desérticos y quizá a la postre esta ayuda activa invada también otros campos de la investigación edafológica básica para complementar por el lado científico la gran iniciativa de la FAO relacionada con la preparación de mapas edafológicos de utilidad práctica y el desarrollo agrícola aplicado.

4. Métodos de evaluación del potencial agrícola de los suelos

Idealmente, la evaluación del potencial agrícola sólo debiera efectuarse sobre la base de fotografías aéreas o mapas topográficos exactos preparados con suficiente detalle sobre la base de los primeros. En muchísimos casos no se cuenta con esos materiales básicos y la evaluación del potencial agrícola de una zona debe descansar sobre fundamentos mucho más precarios. La fotografía aérea es todavía onerosa y muchas veces no se emprende por falta de fondos. Otras dificultades en muchas partes de América Latina derivan de la topografía montañosa y cubierta de nubes (como en el sector Mazaruni de Guayana Británica), o de la carencia de buenos medios de aterrizaje para las naves aéreas (como en partes de la Cordillera de los Andes).

/La falta

La falta de fotografías aéreas no es óbice para la evaluación de los suelos, pero implica que la información será necesariamente menos precisa y demandará mayor trabajo de investigación directa en el terreno. El éxito de la evaluación estará supeditado entonces en gran parte a la calidad de los mapas topográficos, la calidad de las misiones de estudio, y los medios de acceso a la región.

Donde sólo existen mapas generales, a menudo inexactos, y donde la penetración casi sólo puede hacerse a pie (como en el Sur de Chile), a caballo o en mula (como en los altos Andes), o en canoa (como en el Amazonas), las informaciones sólo podrán obtenerse mediante arduos viajes y, en general, los datos serán muy poco completos. Sin embargo, ese trabajo a menudo es útil para localizar y definir los límites generales de determinadas zonas con suficiente potencial agrícola como para merecer un estudio más detenido. Este fue el método aplicado en la Guayana Británica en 1953, y la denominación que mejor le cuadra es la de "evaluación exploratoria". Al llevar a cabo tales exploraciones, habrá que aprovechar al máximo los conocimientos de la población autóctona. Las personas que viven de una agricultura de subsistencia siempre son conocedoras de la importancia de ciertas especies y formas vegetales que consideran como "indicadoras" de la productividad potencial del suelo con relación a los cultivos que les interesan.

No podrán demarcarse los suelos precisa y rápidamente a menos que se cuente con fotografías aéreas. Las mejores para levantamientos edafológicos son en la mayoría de los casos las que se toman de un avión verticalmente sobre el lugar, a una escala no mayor que 1:20 000 ni inferior a 1:50 000. Las fotografías deberán suministrarse a los que trabajan en el terreno en la forma de pares estereoscópicos. Estos se emplean sobre el terreno, y las informaciones sobre los suelos se anotan en un mosaico maestro que se forma juntando gran número de fotografías aisladas sujetas a una base catastral. Las hojas del mosaico pueden emplearse como el mapa final, o podrán prepararse mapas planimétricos y publicarse las informaciones en esa forma. Es aconsejable iniciar los trabajos de exploración mientras está en marcha la fotografía aérea, y cuando

/se dispone

se dispone ya de las primeras hojas básicas del mosaico, puede procederse simultáneamente a la interpretación de las fotos y al planeamiento de las investigaciones directas siguientes. Tener fotografías aéreas y mosaicos no significa que pueda omitirse la investigación directa, pero permite que ésta se lleve a cabo con el máximo de eficacia y economía. Sobre la base de las configuraciones del terreno que aparecen en las fotografías, pueden planearse las exploraciones en el terreno en tal forma que las zonas efectivamente visitadas tengan el máximo valor extrapolativo. El muestreo de terrenos, la interpretación de fotografías y la extrapolación de las informaciones edafológicas permiten preparar un mapa preliminar de los suelos; cuando se efectúan confrontaciones directas adicionales en las zonas extrapoladas se consigue preparar un mapa de suelos útil para la evaluación agrícola. El único peligro que presenta la aerofotografía es que estimula una tendencia a eliminar las investigaciones directas esenciales y a sustituirlas por estimaciones basadas enteramente en la interpretación fotográfica.

Aunque se efectúen muchas investigaciones en el terreno, la evaluación de los suelos (y también de los bosques y recursos geológicos e hidráulicos, que pueden realizarse simultáneamente), sobre la base de la aerofotogrametría resulta relativamente barata aparte del costo mismo de las fotografías. En 1952 se evaluó todo el territorio de Belice (Honduras Británica), con una extensión de unas 9 000 millas cuadradas, en un plazo de 18 meses, usando a tres investigadores y con un costo inferior a 4 dólares por milla cuadrada, excluido el costo de las fotografías. Los mapas de suelos, uso de tierras y bosques resultantes han sido de valor incalculable para planificar y orientar el desarrollo agrícola, forestal y social del país.

En Chile se está terminando un proyecto similar. La mayor parte de los suelos agrícolas y potencialmente cultivables del país han sido evaluados ya y esta información prestará utilidad inmediata en el programa de reforma de la legislación y sistema de tenencia de tierras que está en marcha. En el Perú, Colombia y Bolivia se están estudiando proyectos aerofotogramétricos análogos. Se estima que en 1962 alrededor del 36 por ciento de América Latina había sido forografiado aéreamente a escalas inferiores a 1:30 000; alrededor del 10 por ciento a escalas entre 1:10 000 y 1:30 000 mientras que sólo el 1 por ciento lo había sido a escalas superiores a 1:10 000.

/Aparte de

Aparte de la fotografía aérea, que reconocidamente ha sido poco aplicada en América Latina, faltan también en alto grado mapas topográficos y catastrales adecuados para emplearse como base de los estudios edafológicos cuando no existen fotografías aéreas. Aun con las fotografías en pequeña escala (es decir, 1:100 000 a 1:250 000) sólo se ha cubierto un 60 por ciento de la superficie y en algunos países no existen ni siquiera buenos mapas a esta escala inadecuada. Los mapas en mediana escala (1:20 000 a 1:100 000) cubren sólo un 20 por ciento de América Latina y no son tampoco numerosos los mapas a escalas mayores que 1:20 000. En algunos países existen excelentes mapas geológicos a escala mediana que pueden servir como base de los levantamientos edafológicos.

Para acelerar la preparación de inventarios nacionales de suelos los organismos internacionales prestan asistencia considerable y en algunos casos la labor se realiza por contrato con empresas especializadas en la interpretación fotográfica. A este respecto, conviene señalar la importancia de aprovechar al máximo el equipo nacional de edafólogos profesionales que existe en muchos países latinoamericanos. A veces se ignora esta condición, lo que significa una pérdida de tiempo mientras el personal extranjero aprende a conocer los suelos locales y a menudo aparecen errores en la evaluación final porque se han aceptado correlaciones inadecuadas. El agricultor es quien mejor conoce sus suelos; a continuación viene el edafólogo del país, que está en contacto continuo con los agricultores. Un extraño tiene que asimilar todos estos conocimientos antes de poder efectuar una evaluación inteligente de los suelos de una nueva región.

5. Los medios de que disponen los países latinoamericanos para estudiar y evaluar sus recursos de suelos

Casi todos los países latinoamericanos sufren los graves efectos derivados de la falta de adecuados organismos nacionales que se dediquen al estudio de los suelos. Además, existe la tendencia de dividir las tareas relacionadas con el levantamiento de mapas de suelos, con las investigaciones edafológicas básicas y con la experimentación de campo, entre distintos sectores. Esto da origen a la formación de grupos que trabajan separadamente, sin coordinación alguna y, a veces, con criterios antagónicos.

/Existen casos

Existen casos donde el país cuenta con excelentes grupos de estudiosos del suelo trabajando en forma superpuesta, sin que hasta ahora haya sido posible integrarlos en una organización central capaz de coordinar los esfuerzos.

La investigación sobre suelos, lamentablemente, también está fraccionada en otros países, y la falta de coordinación impide avanzar más rápidamente con las labores destinadas a completar la información que ya se dispone.

Brasil, que tiene grandes problemas derivados de la extensión de su territorio, está haciendo excelentes progresos con la ayuda técnica de la FAO, que desde hace cinco años mantiene una misión en el país. Argentina también ha superado los problemas de organización y cuenta con uno de los más progresistas y amplios Institutos de Suelos de América Latina. Chile, por su parte, cuenta con la ayuda técnica de una misión de la FAO y de un proyecto especial, con la OEA, habiendo organizado un Instituto de Suelos, recientemente. Otros países tienen organismos responsables de este tema con distintos niveles de eficiencia operativa, pero también existen varios países, como Bolivia y Paraguay, por ejemplo, donde nunca ha surgido un grupo de especialistas en suelos.

Un examen general de los medios con que cuentan los países de la región para estudiar los suelos, indica que debe hacerse un esfuerzo muy grande para elevar el nivel científico de casi todos los Servicios o Institutos existentes, a los efectos de estar en condiciones de aumentar convenientemente los conocimientos acerca del recurso. Por cierto que sería ideal proyectar y crear de inmediato servicios adecuados en aquellos países que aún no los tienen. El apoyo internacional dirigido a fortificar los programas de investigación sobre suelos, puede desempeñar una función muy importante, no sólo en las labores de orden nacional, sino también a las más amplias relacionadas con la correlación de los estudios en distintos países y regiones.

Aparentemente también las agencias internacionales deben extremar sus precauciones para no promover una mayor fragmentación de los trabajos que se realizan en la región sobre este campo. El hecho, por ejemplo, que FAO sea responsable de los trabajos sobre reconocimientos y fertilidad de los suelos y UNESCO sobre las investigaciones científicas básicas, exigió que ambos organismos crearan conjuntamente la Oficina de Recursos Mundiales de Suelos, para evitar cualquier falta de coordinación e, incluso, la duplicación inútil del mismo trabajo.

/En esta

En esta forma, FAO y UNESCO han asumido correctamente la responsabilidad de suministrar información adecuada para planificar en escala mundial la producción de alimentos. Además del Mapa Mundial de los Suelos, se prepara otro sobre el Potencial de las Tierras del Mundo para Uso, que sería de gran valor para establecer correlaciones entre los continentes.

En el orden regional también se logró coordinar recientemente las labores de distintos organismos internacionales, al constituir el CIDA (Comité Interamericano de Desarrollo Agrícola; integrado por FAO, CEPAL, CEA, BID e IICA). Este Comité ya inició las tareas de recopilación y estudio de la información existente.

Resulta fundamental aplicar el mismo criterio para coordinar la ayuda internacional al nivel de los países, de un modo tal que no se estimule la dispersión de los esfuerzos de distintos sectores que persiguen los mismos fines.

El número y calidad de las investigaciones básicas sobre suelos que se realizan en la región son insuficientes. En muchos países se limitan a algunas tesis de estudiantes para obtener su título universitario, o a los trabajos de postgraduados becados por países extranjeros. Incluso en algunos programas oficiales de investigación se tropieza con dificultades, por falta de una dirección efectiva a cargo de especialistas debidamente entrenados para la investigación científica de los suelos.

Sin embargo, si se quiere llegar a obtener el verdadero potencial de los recursos de suelos en Latinoamérica resulta imprescindible resolver por medio de la investigación científica numerosos problemas que plantea el uso y la conservación de este recurso. Pero la organización de tales investigaciones al nivel mínimo necesario plantea problemas difíciles de resolver en un futuro inmediato, por ejemplo la capacitación de un número adecuado de científicos competentes y el hecho de que los laboratorios y estaciones experimentales necesarios para los trabajos de investigación son costosos, aunque la riqueza agropecuaria de la mayor parte de los países latinoamericanos justificaría con creces tales erogaciones. Además sería conveniente que se buscaran fórmulas para crear unidades especiales de investigación, sostenidas por varios países

/interesados. La

interesados. La existencia de problemas que afectan a más de un país permite desarrollar programas de esta naturaleza. Por ejemplo, una de tales unidades especiales de investigación podría estudiar los problemas fundamentales de fertilidad en los suelos de cenizas volcánicas, que interesan tanto a los agricultores chilenos en el sur del continente, como a los de los países del Pacífico hasta Colombia y que vuelven a aparecer con alguna característica diferente en Centro América. Otros ejemplos de la misma naturaleza lo ofrecen los suelos de zonas áridas similares en muchos países y los problemas de fertilidad en suelos lateríticos.

Aunque si se concretaran proyectos como el indicado sería posible acelerar los progresos en el conocimiento de los suelos de la región, de todos modos subsistirá la necesidad de que cada país cree, o introduzca mejoras sustanciales en sus organismos dedicados a los estudios edafológicos.

Es necesario tener en cuenta, en estos momentos en que se pretende programar el desarrollo latinoamericano, que no es posible pensar en una planificación que en la práctica se traduzca en mejoramientos concretos de la productividad agropecuaria, si no se cuenta con el apoyo de una información completa y segura sobre los suelos. Hasta ahora los países de la región no disponen de esa información y además carecen de medios adecuados para obtenerla a breve plazo.

Vale la pena señalar que el reconocimiento detallado, y aun frecuentemente el semidetallado de los suelos se vincula en general con proyectos en áreas nuevas o con aquellas que se hallan bajo el régimen de explotación intensiva y racional. De esa manera vastísimas zonas de uso agrícola quedan al margen de una investigación a fondo que permita conocer los antecedentes para definir el mejor uso.

A pesar de que para elaborar este informe no se pudieron conseguir datos ciertos sobre el número de edafólogos que trabajan en los países latinoamericanos, es posible afirmar que no son ni aproximadamente suficientes para cubrir las necesidades mínimas de cada país. En consecuencia, para estar en condiciones de superar el déficit de información sobre el recurso suelos, debería darse prioridad a los programas destinados a formar los especialistas que hacen falta en este campo.

Anexo

CARACTERISTICAS DEL RECURSO SUELOS Y METODOS PARA SU EVALUACION
CONCEPTOS SOBRE LA FORMACION Y FERTILIDAD DE LOS SUELOS

Para comprender los métodos usados para evaluar este recurso, es imprescindible tener en cuenta los conceptos que muy brevemente se dan a continuación.

En general, los suelos de cualquier lugar del mundo se pueden dividir en tres categorías:

i) Suelos de gran fertilidad natural o de fertilidad moderada, capaces de mantenerla por mecanismos naturales, cualesquiera que sean las condiciones que use el hombre para explotarlos.

ii) Suelos de fertilidad moderada, cuyos mecanismos naturales para mantenerla permiten obtener cosechas capaces de sustentar solamente una población limitada. Su fertilidad natural no puede soportar las actividades más intensas de la agricultura moderna.

iii) Suelos de baja fertilidad natural, en los cuales debido a su lenta recuperación, es difícil establecer una colonización permanente, con métodos intensivos.

La fertilidad natural inherente al suelo y los diferentes mecanismos naturales para conservarla, están íntimamente relacionados con los procesos de formación de los mismos.

Es necesario hacer una distinción entre fertilidad de suelo, tal como se usa en el sentido limitado de la habilidad del suelo para proveer los elementos de nutrición necesarios para formar el protoplasma; y la fertilidad del suelo usada en un sentido agrícola más amplio, que no sólo implica esos suministros, sino que también abarca los límites de humedad y temperatura que son necesarios para la utilización de las sustancias nutritivas.

La mayoría de los suelos desérticos, por ejemplo de alta montaña, son fértiles en el sentido limitado, pero en esas áreas faltan los factores concurrentes de humedad y regímenes de temperaturas. Para evitar confusión,

/será mejor

será mejor hablar de fertilidad potencial de los suelos cuando se usa la expresión en el sentido limitado, y deshechar la expresión popular de "fertilidad de suelos" con sus implicaciones de ambiente más amplias.

Dentro de América Latina un esquema de la fertilidad potencial de los suelos de la región, muestra que los menos fértiles se encuentran en las antiguas superficies de erosión de las partes tectónicamente estables de los trópicos húmedos, por ejemplo en las tierras altas de Brasil central; mientras que las reservas mayores de elementos nutritivos se encuentran en los suelos tectónicamente inestables, por ejemplo en los paisajes jóvenes de la cordillera de los Andes. Esto es cierto especialmente en aquellas áreas donde existen, en desarrollo, suelos aluviales y coluviales, o que tienen una actividad volcánica intermitente.

El mapa más sencillo posible de los recursos de suelos en América Latina, se podría confeccionar señalando: i) las áreas afectadas por la orogénea andina; ii) las tierras altas onduladas de las superficies más viejas; iii) y las áreas restantes que comprenden los amplios valles de acumulación aluvial o eólica. Solamente se necesitaría agregar las líneas que demarcan las áreas excesivamente secas y sumamente frías, para transformar este mapa en un simple mapa de fertilidad de suelos, en sentido limitado. Superponiéndole los principales índices climáticos pertinentes se tendría un mapa básico ampliado.

Un suelo se puede considerar como poseedor de características heredadas de su roca madre; características adquiridas durante la transformación de la roca madre a suelo; y características inducidas por las actividades del hombre.

Algunos suelos están formados directamente por la desintegración física y química de su propio basamento rocoso, pero muchos suelos derivan de minerales desgastados por las condiciones atmosféricas, que han sido transportados a alguna distancia de su lugar de origen, y, casi siempre, muy alterados antes de establecerse en un lugar el tiempo necesario para que la formación de suelo se lleve a cabo. En los trópicos húmedos y en las superficies de tierras que constituyen vestigios de antiguos paisajes, casi todos los suelos están formados por materiales provenientes de diferentes rocas madres, mezcladas y alteradas por el tiempo. En muchos

/casos, están

casos, están formados por capas alternadas de materiales finos de diversos orígenes, como sucede en los valles aluviales y en la cercanía de volcanes. De todos estos diversos materiales, el suelo hereda ciertas características de importancia para su mayor o menor fertilidad potencial. Por lo tanto interesa conocer la calidad, cantidad y proporción de las rocas que dieron origen a un suelo, así como la facilidad con que ellos se desintegran, alteran o disuelven. La alta fertilidad mantenida por suelos de piedra caliza, que han hecho posible los grandes centros poblados de la civilización maya en América Central, se debe, en gran parte, al hecho de que la piedra caliza es fácilmente soluble en un ambiente húmedo. Exploradores polinesios han establecido algunas de sus colonias más grandes y más duraderas en las islas basálticas del Pacífico, donde el rápido deterioro de los minerales de rocas volcánicas aseguraron la permanente fertilidad de los suelos. Por contraste, las regiones cuyos suelos están compuestos en su mayor parte por cuarzo y otros minerales poco solubles, rara vez son capaces de soportar grandes concentraciones de población, especialmente en el ambiente tropical. Los mapas geológicos comunes, que generalmente muestran la edad y el origen de la formación de las rocas, y no de su composición, suministran una guía muy insegura de la fertilidad potencial de los suelos.

La relación entre la fertilidad del suelo y la información geológica no es necesariamente estrecha, porque el suelo tiene la habilidad de adquirir nuevas características durante la transformación de la roca madre a suelo. Este aspecto está controlado, en su mayor parte, por el ambiente prevaleciente durante el proceso de la transformación, y por la duración del proceso.

El proceso de formación de los suelos implica complejas interacciones entre los materiales, la actividad de organismos vivos y agentes inorgánicos que producen disturbios mecánicos. En todos estos procesos la proporción de cambios químicos, físicos o biológicos está influenciada por la humedad y la temperatura del medio ambiente, de tal manera que las características adquiridas del suelo, a menudo muestran un cuadro regional coincidente con el mapa climático.

/Por ejemplo,

Por ejemplo, las tierras nuevas de origen volcánico en el clima subhúmedo del centro-sur de Chile están relativamente bien dotadas de elementos nutrientes, mientras que suelos de edad y origen similar en las zonas del sur de Chile, con mayores precipitaciones y temperaturas más bajas, son mucho más infértiles porque hay una pérdida de elementos nutrientes por el paso constante de agua acidulada.

La destrucción de los cristales minerales y su conversión a suelos gredosos - formación de arcillas - se opera lentamente en las regiones áridas y semi-áridas, y relativamente en un lapso menor en los ambientes húmedos y con temperaturas medias, altas. Se puede considerar que la formación de arcillas es uno de los procesos principales por el cual el suelo adquiere nuevas características durante su desarrollo, puesto que conduce a la división de sustancias inorgánicas, produciendo la liberación de nitratos, cloruros, sulfatos, sodio, potasio, etc. En ambientes húmedos estos productos pueden desaparecer del sistema de suelos o ascender por capilaridad y recristalizar en la superficie. Las sustancias menos solubles, como el calcio, sílice, aluminio, etc., normalmente permanecen en el sistema del suelo, pero pueden ser segregadas para formar horizontes específicos del perfil del suelo. Por estos procesos se produce, entonces, una verdadera redistribución de distintas sustancias que pueden enriquecer o empobrecer determinados perfiles de suelo. Bajo condiciones ambientales marcadamente húmedas, y donde la naturaleza física del suelo permite un movimiento activo del agua, la pérdida de sustancias nutritivas debilita la fertilidad heredada del suelo. Esa pérdida de fertilidad puede estar contrapesada por la actividad de los organismos vivos del suelo. La intervención de procesos vivos introduce nuevos compuestos, incorporando carbón y nitrógeno obtenidos de la atmósfera y posibilita la entrada y el almacenaje de energía solar, todo lo cual influye en los procesos físicos y químicos, produciendo nuevas condiciones en el sistema del suelo. Los elementos minerales del suelo se combinan con los productos orgánicos, formando nuevas sustancias y por esta vía quedan retenidos un mayor tiempo. La actividad orgánica evoluciona constantemente durante el desarrollo de un suelo, pero, generalmente, en algún momento se llega a un equilibrio entre los componentes vivos y los minerales del suelo y el ambiente

/que los

que los rodea. Debido a que todos los procesos vivos son intensamente influenciados por la temperatura y la humedad, los mapas climáticos proporcionan datos sobre la probable naturaleza del régimen orgánico de los suelos.

En el Norte de Chile, la cantidad de materia orgánica contenida en la capa arable del suelo y el nivel de actividad biológica de todo él se relacionan estrechamente con el régimen de lluvias y la vegetación natural de la zona.

Donde existen mapas de la vegetación, se puede evaluar mejor la actividad del régimen orgánico. Pero, para una mejor comprensión del proceso vivo en el suelo, especialmente de la actividad microbiológica, se requieren largos y complicados programas de investigación. No se puede desatender esta clase de investigaciones porque ellas pueden aclarar muchas características del suelo, importantes para la mantención de la fertilidad de los mismos.^{1/}

Como se dijo antes, bajo circunstancias favorables, el régimen orgánico puede contribuir a compensar el empobrecimiento gradual del suelo causado por la pérdida de ciertos elementos, pero rara vez logra estabilizar su fertilidad durante un largo período de tiempo. El hecho de que existan suelos con un alto nivel de fertilidad permanente, se debe a la acción de otro grupo de procesos. Son los relacionados con los disturbios mecánicos del sistema del suelo, que incluye la erosión y la acumulación, la mezcla debida a la concentración y a la expansión del suelo gredoso, las actividades de ciertos animales y de insectos, la deposición de polvos y cenizas volcánicas, etc. Prácticamente todos estos procesos producen un enriquecimiento de las capas superficiales del suelo, tanto por la eliminación de la superficie desgastada del suelo (erosión), como por el agregado de partículas minerales en su superficie (acumulación, mezcla). Muchos de estos procesos forman parte del gran ciclo de erosión geológica y se pueden evaluar mediante el estudio de los factores geomorfológicos que afectan la estabilidad del paisaje.

^{1/} En el capítulo sobre Bosques, se hace mención de la estrecha interrelación que existe entre la cubierta vegetal y los suelos.

Son corrientes los ejemplos de renovación de la fertilidad de los suelos bajos por efecto del depósito de nuevas materias aluviales, pero este proceso es de particular valor en las tierras bajas en la vertiente oriental de Los Andes, en Bolívia, Perú, Ecuador y Colombia, donde, por las condiciones tropicales prevalentes, los suelos pierden su fertilidad natural con relativa rapidez.

Muchos suelos también están influenciados por la presencia de aguas subterráneas y los movimientos estacionales de éstas. Se trata de un tipo de influencia generalmente local, y que rara vez afecta regiones grandes, excepto en el caso del drenaje de un valle, como por ejemplo, el del Amazonas. El reemplazo periódico del aire por el agua en los espacios intersiciales del suelo, provoca alteraciones por oxidación y reducción del sistema químico del suelo, que según lo demuestran algunos cultivos (arroz), parecieran contribuir al mantenimiento de la fertilidad del suelo. En relación a la fertilidad del suelo, cada uno de los principales procesos e influencias a que se ha hecho referencia, actúan como elementos positivos o negativos, según las circunstancias. Es obvio que los suelos potencialmente fértiles se encuentren en áreas donde el suministro inicial de fertilidad heredada sea alta, y por otra parte, no haya pérdidas de sustancias nutrientes y la actividad orgánica y las acciones mecánicas de erosión y acumulación actúen favorablemente. En estas áreas los suelos mantendrán su fertilidad heredada original, y continuamente podrán aumentarla bajo condiciones naturales.

Los suelos de la pampa argentina han mantenido gran parte de su fertilidad primitiva. En primer lugar, porque la precipitación anual no es tanta que se produzca una pérdida marcada de fertilidad por lixiviación; en segundo lugar, porque la cantidad de nutrientes exportados en forma de cosechas se compensa en gran parte con la llegada de nuevos minerales en el polvo que acarrea el viento en la época seca. La erosión marcada y la acumulación de polvo no son propicios para la agricultura, pero la acumulación suave y natural de finas partículas minerales ayuda a mantener la fertilidad del suelo.

En cambio los suelos no fértiles se encuentran en áreas donde el potencial de fertilidad heredada es bajo y donde los otros procesos que actúan en la formación y evolución de los suelos no son favorables. En estas áreas la pérdida de la fertilidad será constante, aun bajo condiciones naturales.

Los terrenos de aluvión ricos en cuarzo de muchas de las elevadas terrazas del valle del Amazonas dan origen a suelos que son naturalmente de fertilidad bastante baja; debido a la elevada pluviosidad de algunas partes de la región se pierde por lixiviación gran parte de la poca fertilidad original sobre todo cuando se destruye la cubierta vegetal natural para permitir el desarrollo de la agricultura.

Usando los conceptos anteriores, es posible estimar las reservas de suelos potencialmente fértiles, apoyándose en la información que suministran los estudios geológicos, climáticos, de la vegetación, etc. Esto reviste particular importancia para regiones como Latinoamérica donde son muy escasos los levantamientos de mapas de suelos, que son los instrumentos más indicados para hacer una evaluación del recurso.

La oficina de World Soil Resources de la FAO, utilizando la escasa información disponible sobre el origen y génesis de los suelos latinoamericanos, comenzó a preparar un mapa provisional en que se muestra el grado de fertilidad general de los suelos en función de los factores que limitan la productividad, en una reunión celebrada en Río de Janeiro en 1962.

Por último, resulta necesario hacer referencia a otro concepto general: la posibilidad de que el suelo adquiriera nuevas características a raíz de las actividades del hombre, que modifican los factores naturales existentes.

En muchos casos, la actividad del hombre produce intensificación y mejoras en los procesos naturales que ya están actuando sobre el suelo, especialmente la erosión y sus procesos recíprocos, la acumulación. A la larga, esto puede producir un aumento en el potencial de la fertilidad del área, pero generalmente, al mismo tiempo también debilita el régimen orgánico e intensifica tanto la pérdida de elementos nutrientes que, al fin de cuentas, el efecto inmediato se traduce en un deterioro acelerado de los suelos. El objetivo principal de la administración de suelos, al establecer una agricultura permanente, es lograr una cuidadosa integración entre los factores artificiales que introduce el hombre y los procesos

/naturales existentes.

naturales existentes. Un experto y cuidadoso agricultor alcanza este objetivo experimentando lentamente y también cometiendo errores. El asesor agrícola, que generalmente no es un agricultor práctico, debe poner especial cuidado para fundamentar con seguridad su comprensión teórica de los atributos dinámicos de un suelo determinado, o de los de una región. Si no se procede en esta forma, puede desacreditarse la ciencia del suelo, como ocurrió con el caso del famoso esquema del maní africano.

Después de la última guerra se dio comienzo en Africa Central a un proyecto de vasto alcance de habilitación de tierras. Conforme a este proyecto se despejaron mecánicamente extensas superficies de vegetación natural para permitir el cultivo del maní. Debido a que no se hizo un estudio científico adecuado de esos suelos resultó que no poseían suficiente fertilidad como para permitir el desarrollo de una industria de maní, y en consecuencia significó fuertes pérdidas de dinero, tiempo, equipo y esfuerzo humano. Estos fracasos suelen tener consecuencias políticas y sociales de gran alcance dado que permiten que la población local alcance a gozar apenas de una abundancia que les hace abrigar grandes esperanzas para el futuro para luego arrojarla bruscamente a su condición primera de una pobreza al parecer interminable cuando el proyecto de desarrollo fracasa.

Para muchos de los suelos del mundo, el hombre debe aprender a inducir modificaciones en los procesos naturales existentes y a introducir nuevos procesos en los suelos, que sean capaces de fortalecer la fertilidad potencial de los mismos, para que puedan soportar a perpetuidad una agricultura intensiva.

Muchas veces se hacen descubrimientos en forma casi casual. Las arenas de los valles de las tierras bajas desérticas del Perú son más ricas cada año debido a la incorporación de partículas de limo que el agua de riego transporta accidentalmente y las deposita. En otros casos, el mejoramiento de las condiciones del suelo es un asunto deliberado y que merece atención; tal es el caso, por ejemplo, de los agricultores inmigrantes japoneses a quienes se les cedió parcelas en los suelos podsólicos rojos relativamente áridos de las tierras bajas situadas en las proximidades de Río de Janeiro. Atendiendo cuidadosamente a la incorporación en estos suelos de grandes cantidades de materias orgánicas se ha logrado aumentar su fertilidad de modo de hacer posible en ellos una elevada y constante producción agrícola.

Si se tiene en cuenta el factor económico, la técnica actual no tiene capacidad para actuar racionalmente frente a una gran cantidad de diferentes suelos. Particularmente en muchos suelos tropicales húmedos, todavía no se tienen las bases para intentar cambiar, con provecho, los sistemas de cultivos primitivos.

Los procesos de formación y desarrollo de los suelos están influenciados por fuerzas físicas, químicas y biológicas que son comunes a todo el mundo. Debido a esto, todos los suelos pueden ser correlacionados. El conocimiento del comportamiento del suelo y su más correcta administración en un área debería, con ciertas adaptaciones, poder aplicarse en otras regiones. Desde luego, esta ventaja que permite utilizar las experiencias de las áreas técnicamente más adelantadas, exige disponer de mapas de suelos en escalas apropiadas y todas las informaciones complementarias que suministran las investigaciones básicas sobre los suelos, para establecer correlaciones que no induzcan a errores.

Pero la gran diferencia está en que los suelos de los trópicos (ya sea húmedos o desérticos) no abundan en los países más industrializados, y por consiguiente se tiene escasa información sobre ellos. Una situación similar prevalece en el Africa.

