

Suelos Oxisoles y Ultisoles

1. Los suelos del trópico y la crisis mundial de alimentos.
Sánchez, P.A. y Satanley, W.B.
2. Criterios para clasificación de suelos según la séptima aproximación en las tres categorías superiores, Knox, G.E. (Adaptación al castellano por Maldonado, P.F.)
3. Referencias bibliográficas sobre nutrición mineral en forrajes y química de suelos.

LOS SUELOS DEL TROPICO Y LA
CRISIS MUNDIAL DE ALIMENTOS ^{1/}

Pedro A. Sánchez y Stanley W. Buol

Seminario del CIAT
21 de Abril, 1977

La expresión "suelos tropicales" tiene los más diversos significados entre los especialistas y profesionales de diversas disciplinas. Las generalizaciones extremas que se hacen de suelos de áreas tropicales, han conducido a muchos conceptos erróneos acerca del potencial del trópico para la producción de alimentos. En las últimas dos décadas se ha aprendido mucho acerca de las propiedades y manejo de estos suelos. El objetivo de este artículo es el de esbozar las propiedades sobresalientes de los suelos del trópico y el papel que juegan en la producción mundial de alimentos.

Los suelos tropicales se pueden definir cuantitativamente, sólo como aquellos suelos que carecen de variaciones considerables de temperatura del verano al invierno; es decir la diferencia entre la temperatura media de verano y la temperatura media del invierno a una profundidad de 50 centímetros es menor de 5°C (1, 2). Además de esto, las condiciones responsables de la formación del suelo son tan diversas en el trópico

^{1/} Traducido de la revista Science 188: 593-603, 1975.

como en las regiones templadas. Las rocas, material parental de los suelos, son las mismas en ambas regiones. Los patrones de erosión y sedimentación no son marcadamente distintos entre las dos regiones geográficas. Tanto en las regiones tropicales como en las templadas, el tiempo de formación del suelo en cualquier superficie geomórfica puede oscilar entre ayer en las planicies inundables o suelos volcánicos recientes, hasta un tiempo indeterminado en las superficies más estables. En ambas zonas existen condiciones climáticas áridas y húmedas, calientes y frías. En consecuencia, la expresión "suelos tropicales", al igual que su corolario "suelos templados", no da cuenta de la gran mayoría de las propiedades de estos suelos.

A pesar de que la formación del suelo en las regiones tropicales no es diferente en tipo de la formación del suelo en las zonas templadas (3), la magnitud de la extensión de ciertos patrones de formación del suelo es significativamente diferente. La superficie de gran parte de la zona templada del norte fue trabajada por la glaciación del Pleistoceno y cubierta por mantos gruesos de loess. Estos procesos influyeron sobre la edad de los suelos, y al material parental se le adicionó un componente del tamaño del limo (2-30 micrómetros) que no se encuentra con frecuencia en las áreas tropicales. Gran parte de los suelos del trópico se han formado a partir de materiales que han sido trabajados desde el Precámbrico por los procesos de erosión superficial y sedimentación que meteorizan el material intensivamente. A pesar de que la extensión

superficial de los depósitos recientes de cenizas volcánicas es mayor en el trópico, en la región templada existe una mayor proporción de suelos relativamente más jóvenes.

Las generalizaciones que se hagan más allá de estas afirmaciones, empiezan a perder precisión. Las afirmaciones que indican que la laterita y los suelos lateríticos prevalecen en el trópico, y que los suelos tropicales tienen bajos contenidos de materia orgánica, son dos generalizaciones que tienden a obstaculizar el conocimiento de las condiciones de los suelos tropicales.

La Exageración Acerca de la Laterita

Probablemente no existe un concepto más erróneo que la existencia de un proceso único de formación de los suelos tropicales que conduce a la formación laterita. Cuando los edafólogos europeos y americanos viajaron al trópico durante el siglo XIX, se intriguaron por la presencia de la laterita. De regreso a sus países, escribieron y comunicaron aspectos de este fenómeno. A su vez, se ignoraron vastas regiones del trópico con suelos similares a los que se encuentran en las regiones templadas. En consecuencia, surgió la idea de que los suelos tropicales son los que tienen un alto contenido de sesquióxidos y que se endurecen irreversiblemente al quedar expuestos. Los latosoles y suelos lateríticos erróneamente se conocieron como suelos en el proceso de desarrollo hacia lateritas. Incluso en publicaciones relativamente recientes en revistas científicas muy conocidas (4), se concluye que cuando a la gran

mayoría de los suelos tropicales se les despoja de la vegetación, se convierten en pocos años en pavimento de ladrillo inservible. Algunos naturalistas se refieren a los suelos ligeramente meteorizados de áreas desérticas de la región templada como lateritas, debido a su color rojizo. Muchas de estas conclusiones erróneas se basan en el supuesto de que Buchanan (5) adoptó el término laterita debido al color rojo del suelo, mientras que lo que realmente quiso indicar fue su uso como material de construcción.

En 1933, Hardy (6) indicó que las lateritas tienen una extensión limitada en el trópico. No se tienen estimativos confiables para la totalidad del trópico que indiquen la extensión de los suelos que se transforman en lateritas al quedar expuestos. Apreciaciones regionales indicadas por algunos edafólogos y calculadas con base en mapas, proporcionan los siguientes estimativos de la ocurrencia de lateritas: 2 por ciento para América tropical (7), 5 por ciento para Brasil central (8), 7 por ciento para la parte tropical del subcontinente indiano (3), 11 por ciento del África tropical (3) y 15 por ciento para el África Occidental al sur del Sahara (9). Con base en estos y otros estimativos, se calcula que el área total del trópico en el que se pueden encontrar lateritas en/o cerca de la superficie del suelo es del orden del 7 por ciento. Además, la laterita o plintita se presenta en posiciones predecibles en el paisaje, no sólo en el trópico sino también en el sureste de los Estados Unidos (10). Es importante recordar que la laterita sólo se forma en el subsuelo.

Marbut (11) indicó que "En ningún caso se encontró el horizonte de concentración de hierro en la superficie, donde la situación local no fue tal que indicara claramente que había sido expuesto por la erosión". En consecuencia, este problema no afecta a la gran mayoría de los suelos del trópico, e incluso no es un problema a no ser que la erosión esponga la capa de plintita rica en hierro. En zonas donde ocurre laterita, esta se usa como un recurso natural para construcción de carreteras.

Hace aproximadamente 20 años, Carter y Pendleton (12) afirmaron:

"El concepto de un proceso tropical se enfocó con base en el término "laterita". La laterita fue y es un rasgo, algo específico, y no un proceso. El proceso fue inventado por aquellos que nunca habían visto el rasgo y quienes, aún peor, lo aplicaron a toda clase de fenómenos supuestamente, pero no realmente similares a la laterita como se describió originalmente."

En un intento por confinar el término "laterita" a su definición original, actualmente se utiliza en la taxonomía de suelos el término plintita, que significa material de suelo, rico en hierro y con bajo contenido de humus que se endurece por el proceso secuencial de lluvias y sequía (13).

Contenido de Materia Orgánica en el Suelo

El color rojo de los suelos en muchas áreas tropicales contrasta con el color de los suelos en las partes más frías de la zona templada. La conclusión inmediata a la que frecuentemente se llega, es que el contenido de materia orgánica en los suelos tropicales es bajo. Sin embargo, al comparar el contenido de carbón orgánico de 16 Mollisoles, Alfisoles

y Ultisoles bien drenados de los Estados Unidos y escogidos al azar, con el de un mismo número de Oxisoles, Alfisoles y Ultisoles del Brasil y Zaire también escogidos al azar, se encontraron algunas contradicciones básicas con las creencias comunes. El contenido promedio de materia orgánica en el primer metro de profundidad fue de 1,11 por ciento para los Mollisoles negros de los Estados Unidos y 1,05 por ciento para los Oxisoles rojos altamente meteorizados de Brasil y Zaire. Los Mollisoles y Oxisoles son los principales suelos de las praderas templadas y tropicales de América, respectivamente. Los Alfisoles gris-marrón de los Estados Unidos presentaron 0,52 por ciento de carbón orgánico, en tanto que los Alfisoles rojizos del trópico presentaron 0,54 por ciento de carbón orgánico. Los Ultisoles rojizos de la zona templada presentaron 0,40 por ciento de carbón orgánico, y los Ultisoles rojizos del trópico 0,66 por ciento (14). Ninguna de estas diferencias entre los suelos tropicales y templados son agronómica o estadísticamente significativas. A pesar de que el contenido de materia orgánica es bajo en muchos suelos africanos, en términos generales es mayor que en suelos del sureste estadounidense o de las áreas desérticas de U.S. que presentan promedios anuales de temperatura y precipitación similares a los de las regiones africanas.

Esta similitud entre los suelos tropicales y templados se puede entender en términos de los regímenes de temperatura y humedad, y de la regla empírica que indica que por cada aumento de 10°C de temperatura,

la tasa de actividad biológica se duplica. En las regiones templadas, las bajas temperaturas del invierno reducen en gran medida la actividad biológica. En el 78 por ciento del trópico, que presenta una estación seca pronunciada con una duración de por lo menos 90 días, la ausencia de humedad durante este período ejerce un efecto similar. Las temperaturas de la superficie del suelo y del aire durante las estaciones lluviosas en el trópico, son similares a, pero rara vez tan altas como, las temperaturas de verano correspondientes en las regiones templadas. Para el 22 por ciento del trópico donde se presenta alta precipitación y sin estación seca, la explicación es algo diferente. La mayoría de estas áreas se encuentran cubiertas por bosques húmedos tropicales. Las condiciones de temperatura y humedad en ninguna época limitan la acumulación de materia orgánica y su descomposición. Estos bosques producen aproximadamente cinco veces la cantidad de biomasa y materia orgánica del suelo por año, que bosques comparativos de la zona templada. Sin embargo, la tasa de descomposición de la materia orgánica también es aproximadamente cinco veces mayor que la que se presenta en los bosques templados (15). En consecuencia, los contenidos de equilibrio son similares.

Los Suelos del Trópico

Las condiciones climáticas o los patrones de distribución de los suelos no son de manera alguna uniformes en el trópico. Se pueden distinguir cuatro zonas ecológicas principales: las sabanas y praderas

que cubren aproximadamente el 49 por ciento de la extensión; los bosques siempre verdes que cubren el 24 por ciento; y las áreas desérticas y semidesérticas, que cubren el 16 y 11 por ciento, respectivamente (16). Aproximadamente el 23 por ciento del trópico se encuentra a 900 metros por encima del nivel del mar; estas áreas constituyen las tierras altas tropicales.

Dentro de los límites de un sólo artículo, a la discusión de un tema tan amplio como el de los suelos del trópico se necesita hacer algunas generalizaciones. Asumiendo este riesgo, se indicarán las principales diferencias entre los suelos en la zona tropical, y algunos ejemplos de las variaciones que se presentan dentro de cada uno de los principales tipos.

Las sabanas tropicales son una tentación para el desarrollo agrícola debido a que se pueden despojar fácilmente de su vegetación, y en la actualidad se encuentran subutilizadas. En el trópico americano y africano, y en menor grado en el trópico asiático y australiano, se encuentran extensas sabanas; una observación superficial indica que en todas estas regiones se encontrarían problemas similares en los suelos. Es común a estas sabanas una estación seca de por lo menos tres meses y una quema anual. Un examen más detallado de los suelos indica que las sabanas en Africa Occidental y Oriental presentan un buen contenido de bases, en tanto que los de Sur América por lo general son escasos en bases. Las variaciones en el trópico americano frecuentemente resultan

en la presencia de bosques semidecíduos entre-mezclados con las sabanas, en regiones donde la roca parental presenta una composición básica y donde se encuentra una gran cantidad de bases en el suelo.

En el trópico americano por lo general se requiere suplementar calcio y fósforo a las praderas para el pastoreo de ganado, con el fin de evitar la ruptura de huesos, debido a que el calcio y fósforo son deficientes en estos suelos y, por consiguiente, en la vegetación de las praderas. Mientras que en el trópico americano evolucionaron pocos mamíferos grandes, en África y en las praderas templadas evolucionaron vastos hatos de mamíferos grandes. Esto sugiere que la deficiencia de calcio y fósforo del suelo en las sabanas del trópico americano imposibilitó la evolución de mamíferos grandes. Los proyectos de desarrollo agropecuario en estas sabanas tendrán que poner mayor atención al suministro de bases, que proyectos similares en África.

Los bosques tropicales frecuentemente se consideran como áreas agropecuarias potencialmente viables. Los proponentes de lo anterior se apoyan en las condiciones de precipitación y temperatura o, más ingenuamente, en el volumen de biomasa presente. Los suelos de estas áreas varían en gran medida. La densidad del bosque húmedo tiende a presentar poca respuesta a las condiciones del suelo, aunque las variaciones en composición frecuentemente se relacionan con las variaciones del suelo. Dependiendo de la composición del material parental, las condiciones del suelo son muy similares a las que se encuentran en las

áreas de bosques de la zona templada que no fue afectada por las glaciaciones. En las áreas donde los materiales parentales son acidógenos, los suelos son muy similares a los del sureste estadounidense y tienen los mismos problemas de baja retención de cationes, alta acidez y alto contenido de aluminio intercambiable. Las áreas donde los suelos se derivan de materiales parentales básicos, tienden a ser menos ácidos y frecuentemente neutros. En todas las áreas de bosque, el total de nutrientes disponibles está ligado a la biomasa y altamente restringido en un ciclo cerrado de nutrimentos. Son abundantes las planicies inundables recientes que reciben sedimentos fértiles, pero rara vez se encuentran lo suficientemente próximas para sostener algo más que una explotación de subsistencia.

La agricultura migratoria es muy común en muchas de estas áreas. Los agricultores utilizan la acumulación de nutrimentos de varios años de biomasa en especies resistentes no comerciales, para fertilizar cultivos agrícolas durante 1-3 años. El fuego, que se utiliza para limpiar el terreno, acelera la liberación de los nutrimentos que se encuentran orgánicamente ligados, lo cual proporciona a los agricultores lo necesario para la producción rápida del cultivo.

Las áreas desérticas y semi-áridas del trópico, donde la precipitación anual es baja, se encuentran en todas las altitudes y bajo una gran diversidad de condiciones de temperatura. Los suelos con frecuencia son relativamente fértiles, y la única necesidad apremiante es la del riego.

En algunas de estas áreas pueden existir problemas de salinidad y alcalinidad. La población de estas áreas se encuentra dispersa, con excepción de los valles irrigados, los cuales muchos sostienen una actividad agrícola la intensiva y moderna.

Las áreas volcánicas recientes y zonas de ladera en las tierras altas tropicales, son localidades donde prevalece la agricultura intensiva de subsistencia. A pesar de que los procesos de formación del suelo y muchas de las propiedades del mismo varían en gran medida, prevalece un principio pedogénico común: los materiales del suelo no han estado sujetos a un proceso de meteorización intensiva. Por lo tanto, estos suelos suministran suficientes nutrimentos para el crecimiento de un cultivo. La erosión que en la mayoría de las áreas está en detrimento de los suelos, es frecuentemente el mecanismo que despoja de la superficie del suelo el material mineral más meteorizado y escaso en bases, y que expone el material menos meteorizado.

Se requiere tener un mayor conocimiento de las similitudes y diferencias entre los suelos de las áreas tropicales y templadas, para valorar sus propiedades y extrapolar las prácticas de manejo. El desarrollo del sistema de taxonomía de suelos (2, 13), similar a la más conocida taxonomía animal y vegetal, ha contribuido mucho a esta tarea. Actualmente, los suelos se pueden agrupar y denominar con base en sus propiedades medibles, en lugar de las clasificaciones más viejas que se basan en diversas teorías de la génesis del suelo.

En este sistema, muchos suelos templados y tropicales similares se clasifican en las mismas clases a través del quinto nivel jerárquico (la familia del suelo), en el que los criterios de temperatura del suelo los separa. Algunas observaciones antiguas, tales como las de Marbut y Manifold en 1926 (17), quienes acertaron en el hecho de que los suelos predominantes en la Cuenca del Amazonas son similares a los del sureste estadounidense, actualmente se pueden comprobar cuantitativamente (18). La FAO también ha desarrollado un sistema abreviado (19) para la preparación del mapa mundial de suelos patrocinado por las Naciones Unidas. La nomenclatura es algo diferente para ajustar diversas preferencias nacionales, pero el efecto es similar. Actualmente, es posible tener un estimativo bastante preciso acerca de la extensión geográfica que ocupan los principales suelos del trópico, con base en mapas a escala pequeña (20, 21).

Suelos con Alto y Bajo Contenido de Bases

En el trópico, la agricultura primero se desarrolló en áreas de suelos con alto contenido de bases. Estos suelos, que en la actualidad se denominan Alfisoles, Vertisoles, Mollisoles y ciertos Entisoles e Inceptisoles (13), cubren aproximadamente el 18 por ciento del trópico (16). Los centros de población del trópico se encuentran en las áreas que presentan estos suelos. El impacto de los programas de la Revolución Verde se limita en gran parte a las áreas de suelo con altos niveles de bases, y especialmente en las que disponen de riego. Estos suelos se desarrollaron a partir de sedimentos aluviales o cenizas volcánicas ricas en calcio, magnesio y potasio. Presentan problemas ligeros o nulos con la acidez, y

en consecuencia, prácticamente no requieren inversión alguna en cal. Generalmente, el nitrógeno es el nutrimento más limitante. Se presentan deficiencias de fósforo, desordenes micronutricionales y problemas moderados de salinidad, pero todos se pueden corregir a bajo costo. En otras palabras, los suelos con alto contenido de bases son casi sinónimos de suelos de alta fertilidad natural y que a un costo relativamente bajo se les pueden suministrar nutrimentos adicionales.

Un grupo de suelos más grande en el trópico, son los que presentan un bajo contenido de bases y están altamente lixiviados. Actualmente se clasifican como Oxisoles, Ultisoles, algunos Inceptisoles y Entisoles arenosos. Ocupan aproximadamente el 51 por ciento del trópico (16), en vastas extensiones del interior de Sur América y Africa Central, y extensiones más pequeñas en las regiones montañosas del sureste asiático. Por lo general, estos suelos presentan deficiencias de bases y frecuentemente presentan problemas de toxicidad de aluminio. Las deficiencias de fósforo frecuentemente son difíciles de corregir debido a que los fertilizantes fosforados reaccionan con los óxidos de hierro y aluminio y se fijan en formas ligeramente solubles. Los problemas micronutricionales y deficiencia de calcio, magnesio y azufre son comunes. La corrección de estos problemas nutricionales generalmente implica altas inversiones en fertilizantes y cal.

En el aspecto positivo, muchos de estos suelos con bajos niveles de bases, y en particular los Oxisoles, poseen excelentes propiedades físicas que facilitan su labranza y reducen los riesgos de la erosión. El hecho de que no se encuentran grandes centros de población en estas áreas, se puede

relacionar con la infertilidad de estos suelos, como también con otros factores. En la región templada, en áreas tales como el sureste estadounidense y sureste chino, se encuentran suelos similares, principalmente Ultisoles, que sostienen poblaciones altas. Estos suelos fueron cultivados intensivamente después de corregir su baja fertilidad con estiércol, fertilizantes y cal.

Un tercer grupo principal está formado por suelos con alto contenido de bases denominados Aridisoles, que se encuentran en desiertos tropicales y ocupan aproximadamente el 14 por ciento del trópico. Los principales factores limitantes son la disponibilidad de riego y nitrógeno. Cuando disponen de riego apropiado, y en consecuencia libres de problemas de salinidad, estos suelos pueden ser altamente productivos.

Un cuarto grupo está compuesto por suelos poco profundos y arenas secas, que ocupan el 17 por ciento restante de la extensión superficial del trópico.

La discusión se limitará sólo a los dos primeros grupos; el tercero corresponde al dominio de los especialistas en riego, y el potencial del cuarto es muy restringido.

No es necesario recordar a los lectores las estadísticas desconsoladoras acerca de la escasez mundial de alimentos. Las exportaciones masivas de alimento de los países desarrollados hacia las regiones donde existe el hambre sólo se debe considerar como una medida a corto plazo.

En el largo plazo, consideraciones políticas y prácticas dictaminan que los países en desarrollo deben alimentarse por sí mismos. Será factible que esto ocurra durante el resto de este siglo? Suponiendo ganancias significativas en el control de la natalidad, existen evidencias de que esto es agrónomicamente posible en ciertos países tropicales que presentan algunos suelos con altos niveles de bases, pero también vastas extensiones de suelos con bajos niveles de bases.

Se someterán a la discusión dos estrategias fundamentales diferentes para lograr esta meta: agricultura intensiva en suelos con altos niveles de bases y agricultura extensiva en suelos con bajos niveles de bases.

Producción Intensiva en Suelos con Altos

Niveles de Bases

Se ha comprobado la productividad de los suelos con altos niveles de bases; durante siglos han sostenido densas poblaciones humanas y animales grandes. La aplicación de un paquete tecnológico (nuevas variedades de trigo y arroz con altos rendimientos, fertilizantes nitrogenados, control químico de malezas y plagas y con frecuencia el riego) ha logrado inducir marcados aumentos en la producción, que se han sostenido (22).

La difusión de la Revolución Verde se encuentra limitada a las áreas de suelos con altos niveles de bases del trópico asiático y americano. Se pueden esperar aún más adelantos cuando se desarrollen variedades de altos rendimientos de otros cereales, leguminosas de grano, y especialmente tuberosas. Las adaptaciones de manejo de suelos para apoyar futuros

mejoramientos varietales serán relativamente directas. El valor de los cultivos y de la tierra probablemente justificarán altas inversiones en fertilizantes, a pesar de los altos precios actuales.

Las investigaciones relacionadas con el uso más eficiente de los fertilizantes nitrogenados mediante la utilización de fuentes que liberen lentamente el nitrógeno o mediante el mejoramiento en la manipulación de las dosis, métodos y épocas de aplicación, tienen alta prioridad y se han logrado resultados importantes (23).

Una posibilidad interesante es la de mejorar los sistemas de cultivos asociados que los agricultores de subsistencia han practicado durante siglos. Muchos agrónomos estimaron estas prácticas como primitivas, hasta que las investigaciones realizadas por Bradfield y otros (24) atrajeron la atención mundial. Muchos edafólogos han cambiado su interés de suministrar nutrimentos a un sólo cultivo, a sostener dos o más sistemas radiculares interactuantes y cosechar dos, o en algunos casos cuatro cultivos al año. Esto requerirá un mayor esfuerzo en investigaciones básicas y prácticas. Los primeros resultados de este esfuerzo indican que ciertos sistemas de cultivos asociados utilizan los fertilizantes en forma mucho más eficiente y económica que el monocultivo de las especies en una misma extensión de terreno (25).

Los aumentos en la producción de alimentos en los suelos con altos niveles de bases se verán restringidos por la extensión relativamente pequeña y la explotación intensiva actual. Es dudoso que la crisis mundial

de alimentos se pueda resolver si el desarrollo se limita a estos suelos.

Producción Extensiva en Suelos con Bajos Niveles de Bases

Las apreciaciones hechas por Kellogg y Orvedal (26) indican que las vastas selvas y sabanas tropicales constituyen el bloque más grande de suelos potencialmente arables en el mundo. Qué se ha hecho con éstos suelos? Los primeros esfuerzos investigativos, hechos por los gobiernos de las colonias europeas en el América, intentaron reemplazar el sistema aparentemente primitivo de agricultura migratoria, por la agricultura mecanizada intensiva, similar a la europea. Estos esfuerzos fracasaron debido a que no se tenía un conocimiento adecuado tanto del medio físico como social que prevalecía. Los esfuerzos posteriores hechos en Zaire se concentraron en la nacionalización del patrón de desmonte de tierras, mediante la utilización de corredores para conservar la proporción años en cultivo/años en descanso, que es esencial para mantener el sistema de agricultura migratoria (27). En contraste, en el Estado de São Paulo, Brasil, se han desarrollado prácticas agrícolas modernas en suelos con bajos niveles de bases que no son sustancialmente diferentes a los suelos de Zaire. Las investigaciones realizadas en São Paulo (28) condujeron a la utilización de fertilizantes, cal e insumos energéticos similares a los utilizados en el sureste de Estados Unidos. Estos enfoques tan extremadamente diferentes merecen discusión. Los suelos de Zaire, São Paulo y sureste de los Estados Unidos con bajos niveles de bases, presentan limitaciones similares en lo que respecta a los altos contenidos de aluminio

La transferencia directa de principios y prácticas estadounidenses y europeas a Zaire y São Paulo, fue posible a nivel de estaciones experimentales, donde la producción excedió a la de los Estados Unidos debido al clima cálido durante todo el año. En Zaire, los factores que evitaron su adopción fueron la falta de infraestructura de transporte, industria y comercialización, y las costumbres sociales arraigadas desde siglos atrás. En São Paulo, las condiciones del transporte, industria (incluyendo la producción de fertilizantes), mercados y población dispersa permitieron su adopción. En São Paulo, las altas inversiones que se hicieron en fertilizantes y cal trajeron beneficios considerables.

Con la actual escasez de energía y alto costo del petróleo y fertilizantes, es necesario hacer algunas modificaciones al método aplicado exitosamente en São Paulo. Las investigaciones agronómicas en el trópico gradualmente están dando forma a una estrategia que tiene como base la utilización de un mínimo de insumos.

La primera consideración es la conciencia que se tiene de que la agricultura migratoria es un sistema eficiente para el manejo de los suelos, si se tienen en cuenta los recursos que los agricultores tienen a su disposición en áreas de bosques dispersamente pobladas (29). Sin embargo, las presiones demográficas reducen la proporción años en cultivo/años en descenso hasta el punto en que el sistema degenera en una espiral descendente de fertilidad. La necesidad del cultivo continuo es imperiosa y requiere esfuerzos investigativos sistemáticos.

En las vastas sabanas de Sur América, donde el pastoreo extensivo por ganado de carne es virtualmente la única forma de actividad agropecuaria, la apertura de nuevas carreteras y mercados trae consigo el establecimiento de nuevos colonos. Por ejemplo, diez años después de la construcción de la carretera de 1.500 kilómetros entre Belém y Brasilia, se han asentado dos millones de personas a lo largo de esta. Sin embargo, dependen en gran parte del alimento que viene de otras áreas.

La segunda consideración es que en lugar de modificar el suelo para satisfacer las demandas de la planta, se debe hacer énfasis en la estrategia opuesta; es decir, adaptar las plantas a las condiciones de los suelos con bajos niveles de bases (30). Ciertas especies de cultivos y pastos son más tolerantes que otras a los altos niveles de aluminio intercambiable, bajos niveles de fósforo aprovechable y otros problemas edáficos. Algunos ejemplos de las especies más tolerantes son el arroz de secano, yuca, batata, caupí y diversas gramíneas y leguminosas de pastoreo (31, 32). También se tiene conocimiento de que existen diferencias significativas en tolerancia a estas limitaciones entre variedades de arroz, trigo, frijol, soya y pastos (30, 33). Las especies y variedades tolerantes probablemente evolucionaron en suelos con bajos niveles de bases, y por lo tanto son el resultado de la adaptación natural a estas condiciones. Estas diferencias se deben a genes específicos recientemente identificados (33). La tolerancia al aluminio intercambiable y a un bajo nivel de fósforo aprovechable en el suelo, pueden ser componentes básicos de los programas de mejoramiento

tener en cuenta. El trabajo conjunto de los fitomejoradores y edafólogos debe de producir materiales más tolerantes con otros caracteres deseables, tales como el alto potencial de rendimiento y calidad del grano. Tal como lo indicó Jennings (22), es necesario dejar de seleccionar las futuras variedades bajo condiciones óptimas de suelo, agua y control de plagas.

Se tienen evidencias de que existe una fijación cuasi-simbiótica del nitrógeno entre las bacterias que sobreviven en los suelos ácidos y ciertas variedades y especies de gramíneas tropicales. Döbereiner y Day (34) indican que la selección de especies y variedades de dichas gramíneas, podría adicionar al suelo una cantidad significativa de nitrógeno, cuando se tenga un mejor conocimiento de las condiciones bajo las cuales sobreviven estos organismos.

La adaptación de cultivos a los suelos con bajos niveles de bases no se puede ver como un sustituto de la aplicación de fertilizantes. Sin embargo, reduciría significativamente las necesidades de fertilizantes y cal para lograr los rendimientos óptimos. El interrogante que se debe tener en cuenta: qué es un óptimo rendimiento bajo estas condiciones? Los economistas y edafólogos indican que el óptimo rendimiento es el punto de la curva de respuesta al fertilizante en el que el ingreso marginal por un incremento en el rendimiento es igual al costo marginal de la última unidad de fertilizante aplicado. Este concepto debe ser otra víctima de la crisis energética.

En las áreas en consideración, la tierra es relativamente barata,

mientras que el costo del fertilizante y su transporte de la fábrica hasta la finca, es alto. Los rendimientos óptimos deben ser los que optimizan la utilización de los escasos recursos (fertilizantes y otros insumos energéticos). La mayor eficiencia de los fertilizantes se logrará en el sector inicial de mayor pendiente de la curva de respuesta a los fertilizantes. Sin embargo, el análisis marginal recomienda las dosis de fertilizantes que se indican en el sector posterior relativamente plano de la curva. Cuando la curva de respuesta a los fertilizantes se representa por dos líneas rectas en el modelo de la respuesta lineal y de la meseta (35), la dosis recomendada es aquella en la que se logra el máximo rendimiento en el punto de mayor eficiencia del fertilizante. Las dosis recomendadas por el modelo de la respuesta lineal y de la meseta generalmente son menores a las recomendadas por el análisis marginal. Si se tiene en cuenta el efecto residual de muchos insumos (especialmente cal, fósforo y algunos micronutrientes) y la posibilidad de obtener dos o tres cosechas al año en muchas de estas áreas, la utilización de menores dosis de fertilizantes no necesariamente implica una disminución en la producción de alimentos. Lo anterior, junto con la utilización de especies y variedades adaptadas, representa un ajuste a las nuevas realidades económicas y, a largo plazo, un medio para conservar recursos no renovables tales como fósforo.

La tercera consideración es la de desarrollar métodos para aumentar la eficiencia del fertilizante y cal que se aplica. La eficiencia de la fertilización y enclavamiento en América tropical se ha mejorado sustancialmente a través de la utilización de métodos para evaluar la fertilidad del

suelo, incluyendo ensayos de suelos, análisis de plantas, estudios de correlación e interpretación (36).

Muchos suelos con bajos niveles de bases tienen una capacidad extremadamente alta para "fijar" el fósforo en formas relativamente insolubles. Las cantidades de superfosfatos para lograr rendimientos adecuados, con frecuencia son antieconómicas, a menos que se disponga de créditos amplios para depreciar su costo a varios años como una inversión de capital (37). El Tennessee Valley Authority y sus colaboradores, recientemente fijaron su atención en la aplicación directa de rocas fosfóricas insolubles en agua (23). Muchas rocas fosfóricas de alta reactividad son solubles en suelos ácidos, y son más baratas que los superfosfatos debido a que son materias primas de estos últimos.

En ciertos Oxisoles con bajos niveles de bases se aplican comercialmente silicatos (38). En estos suelos, el anión silicato reacciona en forma similar al anión fosfato, y en consecuencia, los silicatos también pueden ser fijados por los óxidos de hierro y aluminio. A pesar de que el sílice no está oficialmente aceptado como elemento esencial para los cultivos, se tiene conocimiento de que en cultivos como la caña de azúcar y arroz se presentan respuestas agronómicas favorables a las aplicaciones de sílice (38). También es posible otra combinación. Las rocas fosfóricas de baja reactividad se pueden fundir térmicamente con silicato de magnesio (relativamente barato) para obtener una fuente de fósforo más soluble, que además incluye sílice y otros elementos. En Europa y Estados Unidos

se estudiaron estos productos durante las décadas de 1930-40 y 1940-50, pero se abandonaron cuando no pudieron competir económicamente con los superfosfatos. La vieja literatura volvió a tenerse en cuenta y los descubrimientos se han adaptado a los suelos tropicales. Las investigaciones sobre estas y otras fuentes fertilizantes, tales como productos que liberan nitrógeno lentamente, es una actividad emocionante en muchas estaciones experimentales del trópico.

El concepto de maximizar la eficiencia de los insumos energéticos en las áreas tropicales, no necesariamente se limita a los fertilizantes. Por ejemplo, las investigaciones acerca de los métodos de desmonte de las tierras en la selva del Amazonas, indican que el método tradicional de tumbar y quemar a mano produjo mayores rendimientos a un costo más bajo que el desmonte mecánico con bulldozers (39). Los principales factores que favorecen lo anterior son el alto costo de operación y mantenimiento de las máquinas en los bosques húmedos tropicales y el fertilizante gratis que se obtiene de las cenizas. Igualmente, en desmontes de menor magnitud, la transición del cultivo alternado al cultivo continuo se puede hacer gradualmente. El desmonte de varios cientos de hectáreas, aunque atractivo para los funcionarios encargados del desarrollo de una región, crea estragos entre los agricultores cuando tienen que enfrentarse con los rebrotes vigorosos de la selva, atrasos en la llegada de fertilizantes y otros serios problemas de manejo en gran escala. Con mucha frecuencia estas áreas son eventualmente abandonadas.

Pronóstico para el Aumento de la Producción de Alimentos en el Trópico

Somos optimistas de que los suelos del trópico pueden contribuir sustancialmente a la producción mundial de alimentos cuando se caractericen adecuadamente, se tenga un buen conocimiento de ellos y se utilicen sistemas de manejo económicamente realistas. La mayoría de las mejoras en un futuro cercano se pueden esperar del aumento en los rendimientos de los suelos con altos niveles de bases, pero en el largo plazo, el asunto fundamental es la conquista de los suelos con bajos niveles de bases. Varios proyectos de investigación que se adelantan en diversas regiones del trópico sustentan estas afirmaciones. A diferencia de los problemas clásicos del fitomejoramiento, muchos problemas relacionados con los suelos son específicos para una región, y las recomendaciones tienen que ser compatibles con las prácticas a nivel local. Por lo tanto, se requieren más sitios para adelantar investigaciones prácticas de manejo de suelos. Esto se demostró en un seminario realizado en Colombia en el cual se trataron aspectos del manejo de los suelos (40), y en el cual un delegado proveniente de Nigeria recomendó la eliminación de la quema para el desmonte de los bosques tropicales, en tanto que los trabajos realizados en el Perú demostraron que de la quema se derivan beneficios incalculables. Esta discrepancia aparente se explicó a través del hecho de que en Nigeria las cenizas aumentaron el pH del suelo de 6 a 8, lo cual ocasionó deficiencias de hierro, en tanto que en el Perú, las cenizas aumentaron el pH de 5 a 4.5, lo cual le proporcionó al suelo las bases necesarias.

Las afirmaciones acerca de la efectividad de las prácticas de manejo

de los suelos se deben evaluar cuidadosamente de acuerdo con las propiedades del suelo en particular. No se dispone de una fórmula única para los suelos tropicales.

RESUMEN

Es poco el conocimiento que se tiene acerca de las propiedades y potencial de los suelos del trópico. La vieja idea de que la laterita se forma cuando los suelos tropicales se desmontan, es cierta sólo para una pequeña parte del área. En la gran mayoría de los casos, los suelos tropicales son similares o equivalentes a los suelos de las regiones templadas. Especialmente, los contenidos de materia orgánica del suelo, que comúnmente se creían bajos en el trópico, son similares a los de los suelos de las regiones templadas. Por lo tanto, los conceptos básicos acerca del comportamiento físico y químico que se desarrolló en las regiones templadas que no fueron afectadas por las glaciaciones son directamente aplicables al trópico. Sin embargo, el desarrollo de prácticas de manejo del suelo para mantener la producción de alimentos, requiere el concurso de diferentes estrategias debido a las limitaciones medio ambientales y económicas. Se hace una distinción fundamental entre el desarrollo de suelos con alto contenido de bases y suelos con bajo contenido de bases. En los primeros, las prácticas de manejo de suelos se deben enfocar hacia la maximización del potencial de las variedades con altos rendimientos y el mejoramiento de los sistemas de cultivos asociados mediante la utilización de fertilizantes en forma relativamente intensiva. En los suelos con bajos niveles de bases de las vastas áreas de sabanas y selva, se deben optimizar los insumos energéticos

mediante (i) la selección de variedades y especies más tolerantes a las deficiencias o toxicidades nutricionales, (ii) la aplicación de fertilizantes en dosis más bajas de las recomendadas por el clásico análisis marginal y (iii) aumentar la eficiencia de los fertilizantes aplicados a estos suelos.

REFERENCIAS

1. Buol, S.W. 1973. N.C. Agricultural Experiment Station. Tech. Bull. 219, pp. 1-38.
2. Smith, G.D. 1965. *Pédologie* (special issue 4).
3. Prescott, J.A. and R.L. Pendleton. 1952. Commonwealth Bur. Soil Sci. Tech. Commun. 47.
4. McNeil, M. 1964. *Sci. Am.* 211 (No. 5).
5. Buchanan, F. 1807. *A Journey from Madras through the Countries of Mysore, Camara and Malabar, etc. (1800-1801)* (East India Company, London).
6. Hardy, F. 1933. *Emp. J. Exp. Agric.* 1, 103.
7. Van Wambeke, A. Personal communication.
8. Feuer, R. 1956. Thesis, Cornell University.
9. Segalen, P. 1970. In: *Pédologie et Development: Techniques Rurales en Afrique*, No. 10 (Secretariat d'Etat aux Affaires Extrangères, Paris).
10. Daniels, R.B., E.E. Gamble, J.G. Cady. 1970. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 34, 648.
11. Marbut, C.F. 1930. In: *Proceedings of the Second International Congress on Soil Science (Leningrad)*, Vol. 5, p. 72.
12. Carter, G.F. and R.L. Pendleton. 1956. *Geogr. Rev.* 46, 488.
13. Soil Survey Staff. 1973. *Soil Taxonomy* (Soil Conservation Service, Department of Agriculture, Washington, D.C.).
14. Wade, M.K. and P.A. Sánchez, unpublished data.
15. Greenland, D.J. and P.H. Nye. 1959. *J. Soil Sci.* 9, 284.
16. President's Science Advisory Committee. 1967. *The World Food Problem* (Government Printing Office, Washington, D.C.).
17. Marbut, C.F. and C.B. Manifold. 1926. *Geogr. Rev.* 16, 414.

18. Sánchez, P.A. and S.W. Buol. 1974. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 38, 117.
19. Dudal, R. 1968. *FAO (Food Agric. Orgn. U.N.) World Soil Resour. Rep.* 33.
20. Soil Geography Unit. 1971. *Soil Map of the World. Distribution of Orders and Principal Suborders and Great Soil Groups* (Soil Conservation Service, Department of Agriculture, Washington, D.C.
21. Aubert, G. and R. Tavernier. 1972. In: *Soils of the Humid Tropics* (National Academy of Sciences, Washington, D.C.) pp. 17-44.
22. Jennings, P.R. 1974. *Science* 186, 1085.
23. Englestad, O.P. and D.A. Russell. *Advan. Agron.*, in press.
24. Bradfield, R. 1970. In: *Research for the World Food Crisis*, D.G. Aldrich, Jr., Ed. (AAAS, Washington, D.C.) pp. 229-242.
25. Palada, M.C. and R.R. Harwood. 1972. "The relative return of corn-rice intercropping and monoculture to nitrogen applications" (mimeographed) (International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines).
26. Kellogg, C.E. and A.C. Orvedal. 1969. *Advan. Agron.* 21, 109.
27. Jurion, F. and J. Henry. 1969. *Can Primitive Farming Be Modernized?* (Institut National pour l'Etude Agronomique du Congo, Brussels).
28. Mikklesen, D.S., L.M.M. De Freitas, A.C. McClung. 1963. *IRI Res. Inst. Bull.* 29.
29. Sánchez, P.A. 1973. *N.C. Agric. Exp. Stn. Tech. Bull.* 219, pp. 46-67.
30. Spain, J.M., C.A. Francis, R.H. Howeler, E. Calvo. 1976. In: *Soil Management in Tropical America*. E. Bornemisza, Ed. (Consortium on Soils of the Tropics, North Carolina State Univ., Raleigh) pp. 308-330.
31. Andrew, C.S. and M.F. Robins. 1971. *Aust. J. Agric. Res.* 20, 665 (1969); *ibid.* 22, 693.
32. Salinas, J.G. and P.A. Sánchez. 1976. "Soil-Plant relationships affecting varietal and species differences in tolerance to low available soil phosphorus". *Ciencia e Cultura* 28: 156-168.

33. Foy, C.D. 1974. In: *The Plant Root and its Environment*, E.W. Carson, Ed. (University Press of Virginia, Charlottesville), pp. 601-642.
34. Döbereiner, J. and J.M. Day. 1974. *Associate Symbiosis in Tropical Grasses: Characterization of Microorganisms and Nitrogen Fixing Sites* (Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuarias do Centro-Sul, Rio de Janeiro, Brazil).
35. Waugh, D.L., R.B. Cate, Jr., L.A. Nelson. 1973. Technical Bulletin No. 7 (International Soil Fertility Evaluation and Improvement Program, North Carolina State Univer., Raleigh).
36. Fits, J.W. 1972. *Acad. Scient. Scripta Varia* 38 (No. 1), 5. Also see annual reports, International Soil Fertility Evaluation and Improvement Program. North Carolina State Univ., Raleigh, 1966-1973.
37. Fox, R.L., S.M. Hassan, R.C. Jones. 1971. *Proc. Int. Symp. Soil Fertil. Eval.* (New Delhi) 1, 857.
38. Plucknett, D.L. 1972. *Univ. Queensl. Pap. Dep. Agri.* 1 (No. 6), 203.
39. "Research on tropical soils." 1973. In: annual report for 1973; Soil Science Department, North Carolina State University, Raleigh.
40. Seminar on Soil Management and the Development Process in Tropical America, held at Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1974. Cali, Colombia, 10 to 14 February.

Publicación Miscelánea No. 78

CRITERIOS PARA CLASIFICACION DE SUELOS SEGUN LA SETIMA
APROXIMACION EN LAS TRES CATEGORIAS SUPERIORES

Ellis G. Knox

LA ADAPTACION AL CASTELLANO DE LOS NOMBRES
USADOS EN LA 7a. APROXIMACION

Fausto Maldonado P.



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA
Centro Tropical de Enseñanza e Investigación
Turrialba, Costa Rica
Junio, 1971

CONTENIDO

	Página
PREFACIO	
CRITERIOS PARA CLASIFICACION DE SUELOS SEGUN LA SETIMA APROXIMACION EN LAS TRES CATEGORIAS SUPERIORES	1
CRITERIOS	3
BIBLIOGRAFIA	29
LA ADAPTACION AL CASTELLANO DE LOS NOMBRES USADOS EN LA 7a. APROXIMACION	30
INTRODUCCION.....	30
CONSIDERACIONES GENERALES	30
HORIZONTES	32
Horizontes diagnósticos	32
Horizontes de profundidad	33
Otros horizontes	33
Capas endurecidas	34
OTRAS CARACTERISTICAS DEL SUELO	34
CATEGORIAS	35
Ordenes	35
Subórdenes	36
Grupos	40
Subgrupos	41
CONCLUSION	41
LITERATURA CITADA	43

PREFACIO

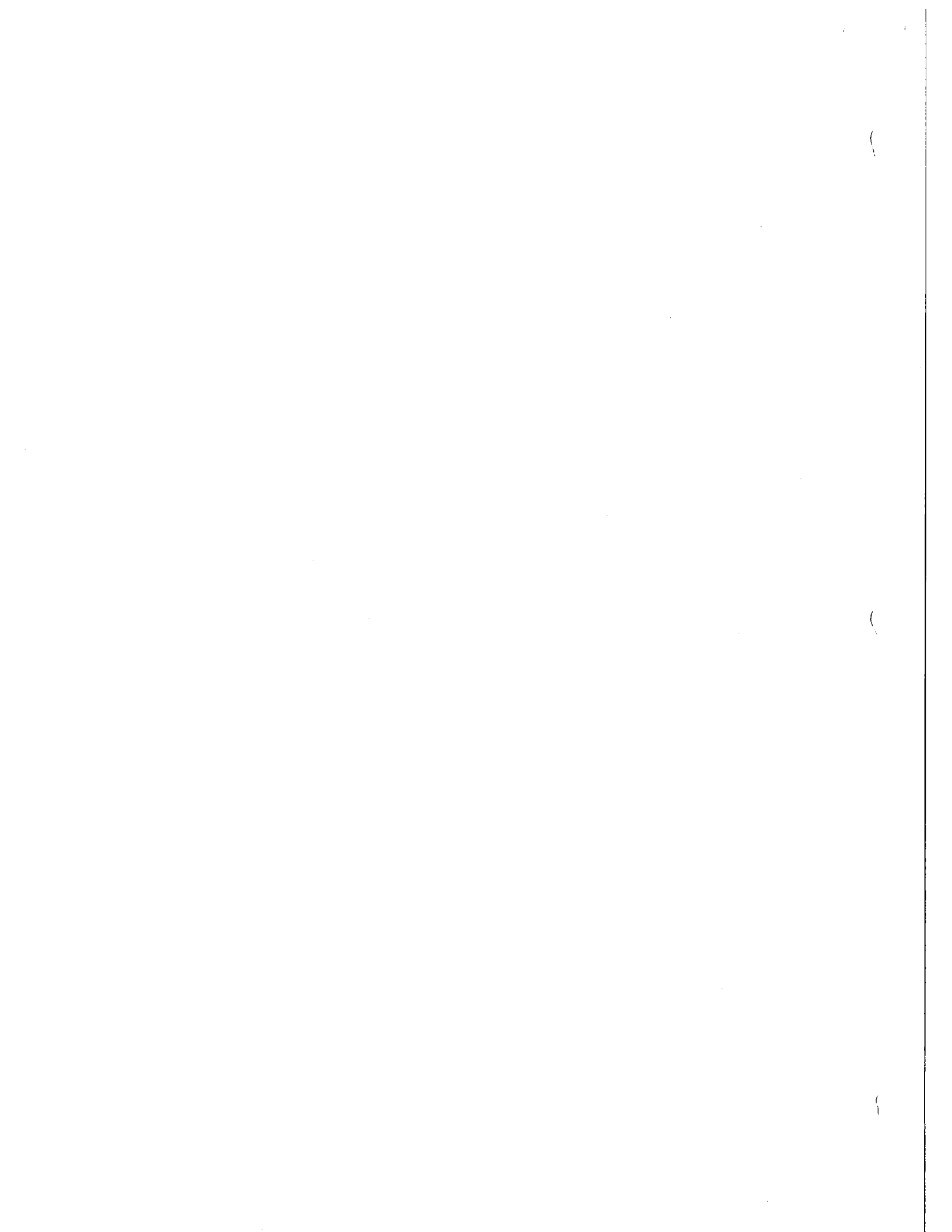
En diversas reuniones nacionales e internacionales, realizadas por los especialistas de suelos en América Latina, se ha proclamado la necesidad de coordinar los criterios para adoptar un sistema de clasificación. En general ha prevalecido la idea de ajustar la clasificación de los suelos latinoamericanos a los patrones establecidos en la "7a. Aproximación".

Esos buenos deseos, sin embargo, han tropezado en la práctica con algunos obstáculos, especialmente con dos que se comentan a continuación. En primer lugar, salvo para pequeños grupos de especialistas, la utilización de "Soil Classification, A Comprehensive System, 7th Approximation" no siempre es fácil. Además, la 7a. Aproximación" y sus suplementos no han tenido la difusión que hubiese sido de desear dentro de las Facultades de Ciencias Agrícolas. Por otro lado, tampoco ha existido una definición de cómo adaptar al español la terminología que aparece en la "7a. Aproximación", no obstante que, sobre el papel, parece sencillo por tener fundamentos greco-latinos.

La publicación que se presenta es una herramienta excelente para obviar los escollos apuntados. Los criterios para la clasificación ofrecidos por el Dr. Ellis G. Knox, persona bien conocida en los medios internacionales de la Ciencia del Suelo, constituyen una verdadera clave para la ubicación de los suelos dentro de las tres categorías superiores de la "7a. Aproximación". La contribución del Ing. Fausto Maldonado P., M.Sc., es un material muy útil para tratar de homogeneizar el vocabulario empleado en clasificación.

Mario Blasco Lamenca, Ph.D.
Químico de Suelos

Turrialba, Costa Rica
Abril de 1971



CRITERIOS PARA CLASIFICACION DE SUELOS SEGUN LA SETIMA
APROXIMACION EN LAS TRES CATEGORIAS SUPERIORES 1/

por

Ellis G. Knox 2/

El sistema de clasificación de suelos del Soil Conservation Service, USDA (Soil Survey Staff, 1960, 1967 y 1968), es muy conocido como la Sétima Aproximación. Por su amplia comprensión de los suelos, por la integración de muchas características, por la precisión de las definiciones y por su provisión de clases a varios y convenientes niveles de clasificación (categorías), puede ser una herramienta poderosa y útil para el inventario de los recursos de suelos, la transferencia geográfica de información sobre los suelos y la ordenación del conocimiento de los suelos.

El sistema en su versión original (Soil Survey Staff, 1960) está disponible en español en una traducción por Etchevehere (1962). Parece que todavía no hay una traducción de la revisión del sistema (Soil Survey Staff, 1967 y 1968) aunque sí hay las definiciones de los horizontes diagnósticos en español (Vessel, 1968).

Por cortesía del doctor Guy D. Smith, este trabajo se basa en borradores recientes (setiembre y octubre de 1970 en la mayoría) de la publicación definitiva ya en preparación.

Las categorías del sistema son las de orden, suborden, gran grupo, subgrupo, familia y series. Las definiciones para órdenes, subórdenes y grandes grupos se presentan (Soil Survey Staff, 1967 y 1968) en dos formas: en definiciones separadas y completas y en claves que funcionan por eliminación. Se presentan claves de los subgrupos y criterios para la determinación de las familias. No se incluyen definiciones para series.

1/ Technical Paper No. 2997, Agricultural Experiment Station, Oregon State University, Corvallis, Oregon, U.S.A.

2/ Anteriormente, Oficial Técnico (Cartografía de Suelos) de la FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FENU) y Especialista en Reconocimiento y Clasificación de Suelos en el Centro Tropical de Enseñanza e Investigación, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Turrialba, Costa Rica. Actualmente, Profesor de Suelos, Oregon State University, Corvallis, Oregon, USA.

El autor agradece la colaboración del Ing. Fausto Maldonado P. en la redacción del texto en español.

Los criterios para clases de las categorías superiores son compuestos, objetivos (en comparación a otros sistemas) y limitados. Es decir, constan de especificaciones cuantitativas para dos o más características en combinación y no se aplican de una manera universal a la subdivisión de todas las clases en una categoría. Por eso, las definiciones son difíciles y hay que especificarlas para cada subdivisión de cada clase separada. Se utilizan conceptos definidos de horizontes diagnósticos para acortar las definiciones.

Un ejemplo de la subdivisión de clases dentro de un nivel categórico por criterios diferentes es la separación de subórdenes del orden Entisol (Cuadro 4) por criterios completamente diferentes de aquellos para los subórdenes del orden Vertisol (Cuadro 11). Por otro lado, hay mucho uso de criterios iguales o parecidos dentro de un nivel y también a niveles diferentes. Por ejemplo, los criterios para cinco subórdenes del orden Molisol (Cuadro 8) son casi iguales que aquellos para subórdenes del orden Alfisol (Cuadro 2) y, además, cuatro de ellos son casi iguales a los criterios para algunos grandes grupos del orden Entisol (Cuadro 4). Tal repetición de criterios ofrece la posibilidad de presentar las definiciones en una forma más corta y más clara que en la presentación original.

Este trabajo presenta las definiciones para las clases de las tres categorías superiores en español por medio de 11 cuadros y 58 criterios derivados de los centenares de definiciones en inglés. Se incluyen las definiciones para horizontes diagnósticos en el criterio más relacionado con ellos.

Los once cuadros se refieren a los criterios apropiados para la separación de las clases incluidas. Hay que pasar de una categoría a otra en etapas sucesivas, del orden al suborden y al gran grupo. El Cuadro 1 presenta los criterios para órdenes. Con el orden ya determinado, se puede identificar el suborden en el cuadro del orden pertinente y, al final, el gran grupo dentro del suborden identificado.

La identificación se indica por la especificación, en los cuadros, de cuáles de los criterios para las separaciones de una etapa son requisitos de una clase dada (signo R, o signo A), los criterios que no pueden estar presentes en una clase (signo O) y cuáles pueden variar en la misma (signo P o signo I). El signo A indica que dos o más criterios son alternativos, cualquier criterio de los indicados puede satisfacer el requisito. El signo I indica un criterio permisible pero no probable. Por ejemplo, en el Cuadro 1, para identificar el orden Aridisol se requiere por lo menos uno de los criterios 8, 9, 12, 13, 14, 15, 17 y 18 indicados por el signo A, se requiere además el criterio 33 indicado por el signo R, no se permiten los criterios 1, 2, 3, 4, 7, 10, 11, 20, 24, 25 ni 44 indicados por el signo O y no importa la presencia o ausencia de los criterios 19 y 32 indicados por los signos I y P.

La ortografía se basa en las guías de Maldonado (1970).

Esta forma de presentación se desarrolló como material de enseñanza, primero en Oregon State University en 1967 y después en el Centro Tropical de Enseñanza e Investigación del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, en 1970.

CRITERIOS

No se toman en cuenta los horizontes enterrados por depósitos recientes si el espesor del depósito es mayor de 50 cm o de 30 cm si en adición ocupa más de la mitad del espesor de los horizontes enterrados. Las características del color se llaman matiz (por hue en inglés), intensidad (por value) y pureza (por chroma).

1. Materiales orgánicos: (1) 40 cm o más de espesor acumulativo (60 o más si hay 75% o más, en volumen, de fibras de musgos, o densidad aparente menor de 0,1 g/cc) dentro de la sección hasta 80 cm; o (2) que llegan hasta material de fragmentos más gruesos de 2mm y ocupan los intersticios; o (3) que llegan hasta roca continua y coherente o dentro de una distancia de 10 cm o menos de la roca si el espesor de materiales orgánicos es más que el doble del de los materiales minerales.

Materiales orgánicos: (1) tienen 20% o más de carbón orgánico; o (2) sufren saturación con agua por períodos largos, o cuentan con drenaje artificial, y tienen 18% o más de carbón orgánico si la fracción mineral contiene 50% o más de arcilla, 12% o más de carbón orgánico si no hay arcilla, o contenidos proporcionales si el contenido de arcilla es intermedio.

2. Contenido de arcilla de 30% o más en toda la sección hasta 50 cm después de la mezcla hasta 18 cm de profundidad; cuando no se riega, en algún período en la mayoría de los años, hay grietas verticales de 1 cm o más de ancho a 50 cm de profundidad; temperatura media anual de 8°C o más; y (1) micro-relieve de "gilgai", o (2) a alguna profundidad entre 25 y 100 cm, "slickensides" que se crucen o agregados estructurales en forma de cuñas con los ejes mayores inclinados de 10 a 60 grados con respecto a la horizontal.
3. Epipedon mólico (o, si falta solamente el requisito de profundidad, epipedon separado por un horizonte álbico de un subhorizonte de más de 7,5 cm de espesor, del horizonte argílico o nátrico que satisface los otros requisitos para epipedon mólico) y (1) saturación con bases (CIC por NH_4OAc a pH 7,0) de 50% o más en toda la sección hasta 180 cm de profundidad o hasta roca continua y coherente o hasta 125 cm debajo del límite superior de cualquier horizonte argílico o nátrico y (2) hasta una profundidad de 35 cm, (a) densidad aparente de la fracción menor de 2 mm de 0,85 g/cc o más si en el complejo de

intercambio dominan las materias amorfas y (b) menos de 60% de materiales piroclásticos que incluyen vidrio, en las fracciones limo, arena y grava y (3) si la temperatura media anual del suelo es 8°C o más y la diferencia en temperatura a la profundidad de 50 cm entre verano e invierno es menos de 5°C, (a) el epipedon se basa en material de 40% o más de equivalente de CaCO_3 , o (b) el epipedon tiene menos de 35% de arcilla, o (c) la arcilla del epipedon no es montmorillonítica.

Un Epipedon mólico es un horizonte mineral o juego de subhorizontes con exclusión del criterio 7, que tiene después de la mezcla hasta 18 cm de profundidad, (1) color de muestras quebradas y de muestras aplastadas con intensidad y pureza menores de 3,5 en húmedo y menos de 5,5 en intensidad en seco; o con más de 40% de carbonatos finos y más de 2,5% de carbón orgánico; (2) contenido de carbón orgánico de 0,6% o más pero no suficiente para materiales orgánicos; (3) si hay períodos secos, estructura o consistencia en seco de ligeramente dura a suelta; (4) saturación con bases de 50% o más (CIC por NH_4OAc a pH 7,0;); (5) espesor más de 18 cm (más de 10 cm si el epipedon se encuentra sobre roca continua, coherente y dura) y (a) si la textura es más fina que arenosa franca fina en alguna parte del epipedon y si, debajo del epipedon, hay un horizonte diagnóstico o la disminución de materia orgánica es regular el espesor es de más de 1/3 de la profundidad hasta carbonatos secundarios o la base de un fragipán, duripán u horizonte cámbico, argílico, nátrico, óxico, o espódico, (b) espesor mayor de 25 cm; (6) contenido de P_2O_5 soluble en ácido cítrico menor de 250 ppm o menor que en los horizontes inferiores; y agua disponible, sin riego, por 2 meses o más (acumulativos) cuando la temperatura a 50 cm de profundidad es de 5°C más; (7) valor de n menor de 0,7; y (8) posición en la superficie del suelo, o subyacente a un epipedon hístico, o enterrado por un depósito reciente según la regla general.

4. Epipedon úmbrico (o epipedon mólico excluido del criterio 3).

A nivel de suborden en Inceptisol: Espesor del epipedon úmbrico (o mólico) más de 25 cm o con temperatura media anual menor de 8°C.

En Acuept y Acuox: Epipedon úmbrico (o mólico) o hístico.

En Ortox: epipedon úmbrico o contenido de carbón orgánico más de 1% en toda la sección mineral hasta 75 cm de profundidad.

Un epipedon úmbrico tiene todos los requisitos para epipedon mólico con la excepción de que la saturación con bases es menor de 50%.

5. Epipedon antrópico de más de 25 cm de espesor. Tiene todos los requisitos para epipedon mólico con excepción del requisito sobre P_2O_5 y agua disponible.

6. Epipedon hístico es una capa, saturada con agua por lo menos 30 días consecutivos en la mayoría de los años o con drenaje artificial, que no satisface los requisitos del criterio 1. Es (1) una capa de labranza o de mezcla hasta 20 cm, con 16% o más de carbón orgánico si la fracción mineral es 50% o más de arcilla u 8% o más de carbón orgánico si no hay arcilla o contenido de carbón orgánico proporcional si el contenido de arcilla es intermedio, o (2) una capa de materiales orgánicos de espesor de 20 cm o más, no enterrada por una capa mineral de 40 cm o más de espesor.
7. Epipedon de "plaggen" es un horizonte de espesor mayor de 50 cm formado por adiciones de material mineral en estiércol que resultó del uso de tepes en lugar de paja. Los indicios de este epipedon incluyen artefactos, mezclas de materiales diferentes o señales de pala en el horizonte y distribución en cuerpos geográficos rectangulares.
8. Horizonte argílico (con exclusión de horizonte nátrico) o fragipán con revestimientos de arcilla de más de 1 mm de ancho. Es un horizonte de acumulación de arcilla por lixiviación. Si es arenoso, tiene 15 cm o más de espesor. De otro modo, el espesor es por lo menos 7,5 cm o, hasta 15 cm, un décimo del espesor de los horizontes suprayacentes, el que sea mayor. Si hay horizonte eluvial superyacente formado del mismo material original, entonces, es una distancia vertical de 30 cm o menos, el incremento en contenido de arcilla de tal horizonte al horizonte argílico es por lo menos 3% de arcilla o, hasta 8% de arcilla, 20% o más del contenido en el horizonte eluvial, el que sea mayor. El horizonte argílico tiene indicios de lixiviación: (1) revestimientos de arcilla en las superficies verticales y horizontales de los peds y en poros, o (2) arcilla orientada (según el microscopio petrográfico) que ocupa 1% o más de la sección transversal, o (3) revestimientos de arcilla en la parte inferior si la relación con el horizonte eluvial es del tipo especificado arriba y el límite superior (en relación al horizonte eluvial) es irregular o interrumpido o si el contenido de arcilla es de más de 40%, la arcilla es caolinítica y la estructura es moderada o fuerte, en bloques o prismática, o (4) con granos de limo o arena sin revestimientos de arcilla en el horizonte superyacente si el contenido de arcilla es más de 40%, la arcilla es expansible y los "slickensides" o límites ondulados indican destrucción de revestimientos por presión, o (5) arcilla orientada en el contacto de granos de arena y en algunos poros si no hay peds.

En ausencia de un horizonte eluvial formado del mismo material original, el horizonte argílico tiene: (1) en alguna parte, revestimientos de arcilla en las superficies verticales y horizontales de los peds o, si no hay peds, en los poros, y (2) 1% o más de arcilla orientada en alguna parte o relación de arcilla fina (menos de 0,2 micras) a arcilla total 1,5 veces mayor que la relación del horizonte superyacente.

Un solo horizonte puede satisfacer los requisitos tanto para el horizonte argílico como para el fragipán.

9. Horizonte nátrico. Tiene todos los requisitos de horizonte argílico más (1) estructura prismática o columnar (o en bloques si se extienden lenguas de un horizonte con granos de limo y arena libres de revestimientos, más de 2,5 cm en el horizonte), y (2) dentro de 40 cm del límite superior, más de 15% de saturación con Na intercambiable o, si un horizonte C subyacente tiene más de 15% de saturación con Na, saturación con Mg más Na mayor que la saturación con Ca más acidez cambiante (pH 8,2).
10. Horizonte espódico a cualquier profundidad hasta 2 m (u horizonte plácico sobre un fragipán y con todos los requisitos para horizonte espódico con excepción del espesor). Es un horizonte de acumulación de materia amorfa que consta de materia orgánica con aluminio y en algunos casos hierro. Está debajo de un horizonte O, A1, A2, o Ap (o expuesto por erosión). Se encuentran el matiz más rojo y la pureza máxima hacia el límite superior o debajo de cualquier subhorizonte con intensidad de 2 o menos y, si la roca no se interpone, el matiz se vuelve menos rojo o la pureza disminuye con la profundidad dentro de 50 cm del límite superior. Tiene, debajo de 12,5 cm o debajo de cualquier horizonte Ap o a cualquier profundidad si la temperatura satisface el criterio 39, (1) un subhorizonte continuo, de más de 2,5 cm de espesor y cementado por materia orgánica con aluminio o hierro, o (2) materia amorfa (e isotrópica) en forma de revestimientos agrietados sobre granos de arena o de pelotillas oscuras de 20 a 50 micras de diámetro, o (3) en algún subhorizonte (a) el porcentaje de Fe más Al (base elemental) extraído por pirofosfato de sodio a pH 10, más de 0,2 veces el porcentaje de arcilla, (b) porcentaje de Fe más Al extraído por pirofosfato más de 0,5 veces el porcentaje extraído por ditionito-citrato, (c) pérdida de 25% o más de la capacidad de intercambio de cationes (a pH 8,2) por un tratamiento de agitación por la noche en una solución de ditionito-citrato, y (d) un índice de acumulación de materia amorfa mayor de 90. El índice es el producto del espesor (cm) por la diferencia entre la CIC (meq/100g suelo, a pH 8,2) y la mitad del porcentaje de arcilla.
11. Horizonte óxico a cualquier profundidad hasta 2 m (o inmediatamente debajo del epipedon si es la materia orgánica que impide satisfacer los requisitos en el epipedon), sin horizonte argílico ni nátrico sobrepuesto. Es un horizonte de acumulación de minerales resistentes y productos de meteorización, que no satisface los requisitos para horizontes argílico ni nátrico. Tiene (1) espesor de 30 cm o más, (2) retención de bases (CIC por NH_4Cl I N o por suma de Al y bases intercambiables) no más de 10 meq/100g de arcilla^{3/}, (4) contenido

^{3/}Valor para el suelo dividido por la fracción de arcilla. Para el contenido de arcilla se usa ya sea el resultado del análisis granulométrico, sea la retención de agua a 15 bares multiplicado por 2,5 el valor que sea mayor.

de silicatos meteorizables como feldespatos, vidrio y minerales ferromagnésicos en la fracción entre 20 y 200 micras menos de 3% y contenido de muscovita menos de 6%, (5) falta de dispersión de la arcilla en agua en un subhorizonte por lo menos, (6) más de 15% de arcilla, (7) límites entre subhorizontes (con excepción de plintita, capas de gibsita o depósitos distintos) graduales o difusos, y (8) menos de 5% en volumen, de restos de la estructura de la roca.

12. Horizonte cámbico (o a nivel de orden, textura arenosa franca fina o más gruesa y criterio 49). Es un horizonte alterado que no satisface los requisitos para ninguno de los otros horizontes (ni epipedones) diagnósticos. Con la excepción de horizontes enterrados, no se encuentra encima ni debajo de los horizontes argílico, nátrico, espódico ni óxico. Tiene (1) textura más fina que arenosa franca fina, (2) estructura de roca en el sitio (incluye la estratificación de sedimentos) en menos de la mitad del volumen, (3) indicios de alteración: (a) colores dominantes de pureza menor de 1 (de 1 o menos si la intensidad en húmedo es 4 o más; de 2 o menos si hay moteados) y de matiz no más azul que 10y que no cambia con exposición al aire; y sin interrupciones en la disminución en el contenido de materia orgánica con la profundidad, o (b) pureza más alta o matiz más rojo o contenido de arcilla mayor que en los horizontes subyacentes, o (c) evidencia de la pérdida de carbonatos, o (d) en la ausencia de carbonatos, estructura pedogenética en vez de estructura de roca, y (4) espesor suficiente como para que la profundidad del límite inferior sea 25 cm o más o temperatura según el criterio 39.

13. Horizonte cálcico (o petrocálcico o gípsico) a cualquier profundidad, hasta: Nivel de orden: 100 cm.

Nivel de suborden y en Acuol: 40 cm junto con agua durante algún período del año (o drenaje artificial).

Nivel de gran grupo: 100 cm (150 cm para Xerol y en el caso de horizonte petrocálcico para Ustol), sin horizonte argílico ni nátrico sobrepuesto, junto con (1) carbonatos en toda la sección sobrepuesta después de la mezcla de los 18 cm superiores, o (2) textura más gruesa que arenosa franca muy fina.

Un horizonte cálcico es un horizonte de acumulación de carbonatos por lixiviación. Tiene espesor mayor de 15 cm, equivalente de CaCO_3 mayor de 15% y (a) un excedente, con respecto al horizonte C subyacente, de más de 5% del equivalente de CaCO_3 , o (b) más de 5% en volumen de carbonatos secundarios blandos y púlvulentos o en formas colgantes o en concreciones.

14. Horizonte petrocálcico sin duripán sobrepuesto, a cualquier profundidad hasta 100 cm (150 cm en Alfisol y Molisol). Es un horizonte cálcico continuo y endurecido, cementado por carbonatos. No puede penetrarse con barreno o pala en seco. Fragmentos secos no se desmigajan en

agua. Se incluye un horizonte laminar en contacto con roca dura subyacente, de espesor de 2,5 cm o más y con un producto del espesor por el equivalente de CaCO_3 , de 200% cm o más.

15. Horizonte gípsico (o petrogípsico) a cualquier profundidad hasta 1 m. Es un horizonte de acumulación de yeso. Tiene espesor mayor de 15 cm; un excedente, con respecto al horizonte C u otra capa subyacente, de 5% o más de yeso; y un producto del espesor por el contenido de yeso de 150% cm o más.
16. Horizonte petrogípsico. Es un horizonte gípsico endurecido al punto que sus fragmentos secos no se desmigajan en agua y las raíces no pueden penetrarlo.
17. Horizonte sálico a cualquier profundidad hasta 75 cm, sin horizonte cálcico ni gípsico encima de él, y saturación con agua a cualquier profundidad hasta 1 m por un mes o más durante el año. Es un horizonte de acumulación de sales más solubles que el yeso. Tiene espesor mayor de 15 cm, contenido de tales sales de 2% o más y un producto del espesor por el contenido, de 60% cm o más.
18. Duripán a cualquier profundidad hasta 1 m sin horizonte petrocálcico sobrepuesto (o, en Espodosol, duripán en el horizonte álbico y saturación con agua, o con drenaje artificial). Es un horizonte cementado por sílice. Tiene consistencia muy firme o extremadamente firme en húmedo y sin tendencia de plasticidad o adhesividad en mojado. Los fragmentos secos no se desmenuzan en agua. Tiene revestimientos o depósitos de sílice soluble en álcali concentrado pero no soluble en ácido. Un tratamiento con ácido puede destruir la cementación (debida a carbonatos) hasta la mitad del volumen, no más. Un tratamiento con álcali o alteración de álcali y ácido puede destruir la cementación enteramente.
19. Fragipán (para órdenes, a cualquier profundidad hasta 1 m). Es un horizonte no superficial que parece ser cementado en seco pero se desmenuza en agua. Es muy firme y frágil en húmedo. Tiene densidad aparente alta en relación con los horizontes superyacentes. La permeabilidad es baja y las raíces son escasas. Hay fracturas blanqueadas verticales que forman prismas grandes de plano poligonal. La textura es intermedia. Faltan carbonatos.
20. A nivel de orden y suborden: Plintita continua y saturación con agua durante un período en la mayoría de los años, las dos a cualquier profundidad hasta 30 cm.

A nivel de gran grupo: Plintita (continua en Oxisol; que constituye más de la mitad del volumen de un subhorizonte en Alfisol, Inceptisol y Ultisol) a cualquier profundidad hasta 125 cm.

Plintita es un material bien meteorizado no endurecido sino que puede endurecerse con repetidos ciclos de desecación y humectación.

Constituye un horizonte en sí o agregados dentro de un horizonte. Consiste en arcilla rica en óxidos de Fe con contenido variable de cuarzo y otros minerales resistentes.

21. Horizonte plácico:

Andept: A cualquier profundidad hasta 1 m.

Acuod y a nivel de suborden: Sobre un horizonte espódico, un fragipán o un horizonte álbico; y saturación con agua o drenaje artificial.

Humod y ortod: En el horizonte espódico.

Un horizonte plácico es una capa delgada cementada (por hierro o manganeso con materia orgánica) de color oscuro o rojizo o pardusco. El espesor es de 2 a 10 mm o, a lo mucho, de 1 a 40 mm. No depende de la estratificación del material de partida ni existe en capas múltiples. Es una sola capa, ondulada o irregular, más o menos paralela a la superficie y, por lo general, dentro de 50 cm de profundidad. Es impermeable o lentamente permeable al agua y raíces.

22. Horizonte agrícola. Es un horizonte, resultante de la labranza, de acumulación por lixiviación, de arcilla y humus. Está inmediatamente debajo de la capa arada y contiene 5% o más en volumen de acumulaciones de arcilla y humus (con intensidad de 4 o menos y pureza de 2 o menos en húmedo) en láminas o en revestimientos en huecos de lombrices.

23. Molisol: Horizonte álbico sobre un horizonte argílico o nátrico, los dos horizontes con moteados o con concreciones de hierro o manganeso de diámetro mayor de 2 mm.

Acualf y Acult: Horizonte álbico (o ausencia del criterio 4) sobre un horizonte argílico, con cambio brusco de textura entre los dos horizontes y con permeabilidad del horizonte argílico lenta o muy lenta.

Un horizonte álbico es un horizonte de remoción de óxido de hierro y arcilla situado encima de un horizonte argílico, horizonte espódico, fragipán o una capa relativamente impermeable. Por la ausencia de cutanes, el color del horizonte es el color de los granos de limo y arena. Por lo general, resulta un contraste en color con cualquier horizonte argílico o espódico subyacente.

24. Horizonte sulfúrico a cualquier profundidad hasta 50 cm. Es un horizonte de pH (1:1 en agua) menor de 3,5 y con acumulaciones de jarosita, $KFe_3(SO_4)_2(OH)_2$, de color pajizo (matiz de 2,5Y o más amarillo y pureza de 6 o más). Resulta de la oxidación de sulfuros.

25. Materiales sulfurosos a cualquier profundidad hasta 50 cm (100 cm en Histosol). Son materiales saturados con agua con contenido de S, por la mayor parte en la forma de sulfuros, de 0,75% o más y más de 1/3 del contenido de carbonatos (equivalente de CaCO_3). Potencialmente puede formar el horizonte sulfúrico. Con la oxidación los sulfuros cambian a sulfatos y el pH baja.

26. Material fíbrico dominante sobre los materiales hémico y sáprico en la sección entre 30 y 90 cm o entre la superficie y (1) la roca, o (2) una capa mineral de espesor mayor de 40 cm, o (3) hielo (25 cm debajo del límite de congelación dos meses después del solsticio del verano) si uno de éstos está a una profundidad menor de 90 cm.

Material fíbrico es un material orgánico (1) en el cual las fibras de tejidos vegetales constituyen más de 2/3 del volumen de materia orgánica y, después de frotamiento constituyen más de 4/10 del volumen, y (2) que cede un extracto con pirofosfato de sodio de color (absorbido en papel cromatográfico) de intensidad y pureza de 7/1, 7/2, 8/1, 8/2 u 8/3.

27. Material hémico dominante sobre los materiales fíbrico y sáprico en la sección entre 30 y 90 cm o entre la superficie y (1) roca, o (2) una capa mineral de espesor mayor de 40 cm, o (3) hielo (25 cm debajo del límite de congelación dos meses después del solsticio del verano) si uno de éstos está a una profundidad menor de 90 cm.

Material hémico es un material orgánico intermedio entre los materiales fíbrico y sáprico.

28. Material sáprico es un material orgánico (1) en el cual las fibras constituyen menos de 1/3 del volumen o, después de frotación, constituyen menos de 1/10 del volumen, y (2) que cede un extracto con pirofosfato de sodio de color (absorbido en papel cromatográfico), de intensidad menor o pureza mayor de 5/1, 6/2 o 7/3.

29. Material fíbrico con más de 3/4 del volumen de fibras del musgo Sphagnum en toda la sección orgánica hasta 90 cm (o, si es menos profundo, hasta 25 cm debajo del límite de congelación dos meses después del solsticio del verano).

30. Material humilúvico que constituye la mitad o más de un horizonte de espesor de 2 cm o más. Es materia orgánica iluvial, es decir, trasladada por lixiviación de las partes superiores del perfil. Tiene una edad medida por radiocarbono, menor que los materiales superyácidos. Se encuentra en algunos suelos cultivados ácidos con drenaje artificial.

31. (Disponible para una adición)

32. Saturación con bases relativamente altas (CIC por NH_4OAc a pH 7,0 con excepción de órdenes y Boralf).

A nivel de orden (CIC por suma de cationes a pH 8,2): Temperatura media anual menor de 8°C o saturación de 35% o más a la menor profundidad de las siguientes: en suelos sin fragipán, de 180 cm, 125 cm debajo del límite superior del horizonte argílico o el contacto con roca continua y coherente; en suelos con fragipán, de 75 cm debajo del límite superior del fragipán o el contacto con roca continua y coherente.

Boralf (CIC por suma de cationes a pH 8,2): Saturación de 60% o más en todo el horizonte argílico y algún horizonte está seco alguna vez en la mayoría de los años.

Andept: Saturación de 50% o más en algún subhorizonte entre 25 y 75 cm de profundidad.

Ocrept: (1) Saturación de 60% o más en algún subhorizonte entre 25 y 75 cm de profundidad, o (2) con carbonatos.

Propept: Saturación de 50% o más en toda la sección entre 25 y 100 cm o la roca si ésta se encuentra a una profundidad menor.

Ortox: Saturación de 35% o más en toda la sección hasta una profundidad de 125 cm; sin epipedon antrópico.

Ustox: Saturación de 50% o más (35% o más, si hay menos de 35% de arcilla) y epipedon úmbrico o mólico más oscuro (en 1 unidad o más de intensidad o pureza en húmedo) que el horizonte óxico.

33. Cuando no se riega y en la mayoría de los años:

Entisol y Oxisol: Seco (tensión de 15 bares o más) en toda la sección de control^{4/} durante más de la mitad del tiempo en que la temperatura a 50 cm de profundidad es mayor de 5°C y húmedo en alguna parte de la sección de control menos de 90 días consecutivos cuando la temperatura a 50 cm es continuamente más de 8°C.

A nivel de orden: Con régimen de humedad indicado arriba (y horizonte superficial ligeramente duro a suelto o con estructura si hay horizonte argílico o nátrico) o sin horizonte argílico ni nátrico y (1) con horizonte sálico a cualquier profundidad hasta 75 cm y saturación con agua a cualquier profundidad hasta 100 cm por un mes o más,

^{4/} La sección de control para humedad tiene su límite superior a la profundidad de penetración en suelo seco (15 bares) de 25 mm de agua en 24 horas y su límite inferior a la penetración en suelo seco de 75 mm de agua en 48 horas o, en los dos casos, hasta un contacto con roca continua y coherente, horizonte petrocálcico o duripán a una profundidad menor. Si el límite superior está en tal contacto, el contacto mismo sirve para el control. La penetración varía con la textura: la sección puede ser entre 10 y 30 cm si hay más de 18% de arcilla y no más de 20% de arena (fina y más gruesa), entre 20 y 60 cm en suelos intermedios y entre 30 y 90 cm en suelos arenosos.

o (2) con régimen de humedad según el criterio 34 ó 35 y con conductividad del extracto de saturación de 2 mm ho/cm o más a 25°C en algún subhorizonte, superior a roca continua y coherente, a cualquier profundidad hasta 125 cm en suelos arenosos, 90 cm en suelos francos y 75 cm en suelos arcillosos.

Vertisol: con grietas verticales cerradas menos de 60 días consecutivos cuando la temperatura a la profundidad de 50 cm es continuamente mayor de 8°C.

34. Cuando no se riega y en la mayoría de los años:

Vertisol: Con grietas verticales abiertas por lo menos 90 días acumulativos.

Otros órdenes: Seco (tensión de 15 bares o más) en alguna parte de la sección de control⁴ por 90 días acumulativos o más; o en Alfisol, Tropept y Molisol, con horizonte cálcico o gípsico o un horizonte de acumulación de carbonatos a cualquier profundidad hasta 150 cm (o, en Alfisol y Molisol, dentro de 50 cm de la base de un horizonte argílico o cámbico).

35. Cuando no se riega y en la mayoría de los años, temperatura media anual menor de 22°C y una diferencia de temperatura media entre verano e invierno de 5°C o más a 50 cm de profundidad (o en el contacto con roca continua y coherente si es menos profundo) y:

Vertisol: Grietas verticales que se abren y cierran una vez por año, quedan abiertas por lo menos 60 días consecutivos entre el solsticio de verano y el equinoccio siguiente y quedan cerradas por lo menos 60 días consecutivos entre el solsticio de invierno y el equinoccio siguiente.

Otros órdenes: Seco (tensión de 15 bares o más) en toda la sección de control⁴ por lo menos 60 días consecutivos entre el solsticio del verano y el equinoccio siguiente y húmedo en toda la sección de control por lo menos 60 días consecutivos entre el solsticio de invierno y el equinoccio siguiente.

36. Saturación con agua (o con drenaje artificial), durante algún período del año cuando la temperatura a 50 cm de profundidad es más de 5°C y, con colores en húmedo. (Los requisitos de pureza no se aplican si el color es más rojo que 10YR debido a un material de partida rojo que queda rojo después de una extracción por citrato-ditionita):

Alfisol y Ultisol: (1) con moteados, concreciones de hierro y manganeso más gruesas de 2 mm, o pureza de 2 o menos inmediatamente debajo de cualquier horizonte Ap o Al que tenga intensidad (en condición aplastada) menor de 3,5 y (2) en el horizonte argílico o nátrico (a) pureza dominante (en las superficies o dentro de los peds) de 1 o menos o de 2 o menos si hay moteados, o (b) en Ultisol, si la temperatura media anual es 15°C o más, moteados definidos o destacados con matiz dominante de 2,5Y o 5Y.

Entisol: En todos los horizontes debajo de 25 cm, colores de pureza de 0 o de matiz más azul que 10Y que cambian con exposición al aire; o a cualquier profundidad hasta 50 cm: (1) pureza menor de 1 (de 1 o menos si la intensidad es 4 o más) o con moteados y pureza de 2 o menos, o (2) con textura arenosa franca fina o más gruesa y (a) matiz más amarillo que 10YR y pureza de 1 o menos o con moteados y pureza de 3 o menos, o (b) matiz más azul que 10Y, o (c) cualquier color propio de los granos de arena sin revestimientos.

Espodosol: (1) Epipedon hístico, o (2) moteados en el horizonte álbico o en la parte superior del horizonte espódico, o (3) si la parte superior del horizonte espódico carece de hierro y manganeso libres o tiene intensidad menor de 4, (a) no hay revestimientos de óxidos de hierro en los granos de limo y arena en ninguna parte del horizonte espódico o del material inmediatamente subyacente que tenga intensidad de 4 o más y, si el horizonte espódico no está en contacto con un horizonte Ap, tiene una transición del horizonte álbico de espesor de 1 cm o más, o (b) hay moteados finos o medianos de hierro o manganeso en el material inmediatamente subyacente al horizonte espódico.

Histosol: Saturación con agua (o con drenaje artificial) durante 6 meses del año o más. (El suborden, Folist, no permite este criterio y en adición (1) no permite saturación con agua por más de unos pocos días después de lluvias abundantes y (2) requiere, a cualquier profundidad hasta 1 m, roca o material fragmentado con el material orgánico en los intersticios).

Inceptisol: Epipedon hístico o, a cualquier profundidad hasta 50 cm, pureza dominante de 1 o menos o, si hay moteados, de 2 o menos.

Molisol: (1) Epipedon hístico, o (2) saturación con sodio de más de 15% en la parte superior del epipedon mólico y que disminuye conforme aumenta la profundidad hasta más de 50 cm, o (3) pureza de 2 o menos en la parte inferior del epipedon mólico y con moteados definidos o destacados en ésta o con moteados de pureza menor de 2 (de 2 o menos si la intensidad es 5 o más) inmediatamente debajo del epipedon, o (4) pureza de 1 o menos en la parte inferior del epipedon mólico e inmediatamente subyacente a él (o, si hay horizonte cálcico en esta posición, a cualquier profundidad hasta 75 cm), (a) pureza menor de 1 (de 1 o menos si el matiz es 2,5Y o más amarillo), o (b) moteados y pureza menor de 1,5 (de 2 o menos si el matiz es 2,5Y; de 3 o menos si es 5Y o más amarillo), o (c) pureza sin límite si el matiz es más azul que 10Y o si el color es el de los mismos granos sin revestimientos.

Oxisol: (1) Epipedon hístico, o (2) pureza de 2 o menos inmediatamente debajo de cualquier epipedon que tenga intensidad menor de 3,5, o (3) a cualquier profundidad hasta 50 cm, moteados definidos o destacados y pureza dominante de 3 o menos.

37. Temperatura media anual de 8°C o más y una diferencia de la temperatura media entre verano e invierno, menor de 5°C a 50 cm de profundidad (30 cm en Histosol) o en el contacto con roca continua y coherente si éste es menos profundo.

38. Temperatura media anual menor de 8°C.

39. Temperatura media anual menor de 8°C y:

Histosol: (1) Con una capa congelada en la sección que va hasta la roca, hasta una capa mineral de espesor de más de 40 cm o hasta una profundidad de 130 cm (160 cm si en los 60 cm superiores hay 3/4 o más de fibras de musgos o densidad aparente menor de 0,1 g/cc) dos meses después del solsticio del verano, o (2) nunca congelado debajo de una profundidad de 5 cm.

Otros órdenes: Temperatura media del verano menor de 8°C o menor de 15° si no hay horizonte O (saturado con agua, menor de 6° o menor de 13° si no hay horizonte O).

40. Espodosol: Relación (base elemental) de Fe (extraído por citrato-ditionito) a C menor de 0,2 en algún subhorizonte del horizonte espódico que constituya 50% o más del área de cada pedon o que aparezca en lenguas inmediatamente debajo de una capa arada de color en húmedo de 3 o menos en intensidad y 2 o menos en pureza.

Inceptisol y Ultisol: Contenido de carbón orgánico de 12 Kg o más por metro cuadrado dentro de una profundidad de 1 m con exclusión de materiales orgánicos superficiales o, para Ultisol, contenido de carbón orgánico de 0,9% en los 15 cm superiores del horizonte argílico.

Oxisol: Contenido de carbón orgánico de 20 Kg o más por metro cuadrado dentro de una profundidad de 1 m con exclusión de materiales orgánicos superficiales; y saturación con bases (CIC por NH_4OAc a pH 7,0) menor de 35% en el horizonte óxico; y temperatura media anual menor de 22°C.

41. Con fragmentos no orientados de horizontes diagnósticos entre 25 y 100 cm de profundidad.

42. Contenido de carbón orgánico mayor de 0,2% a una profundidad de 125 cm o irregular con la profundidad; pendiente menor de 25%; y temperatura media anual mayor de 0°C.

43. En toda la sección desde 25 cm (o el fondo de la capa arada si es más profundo) hasta 100 cm (o roca continua y coherente si es menos profunda), textura arenosa franca fina o más gruesa con menos de 35% (en volumen) de fragmentos más gruesos que 2 mm. (Pueden ser pocas láminas franco arenosas de menos de 1 cm de ancho).

44. Entisol: En toda la sección entre 20 y 50 cm de profundidad, valor de n mayor de 0,7 y contenido de arcilla de 8% o más; y temperatura media anual mayor de 0°C.

El valor de n es el porcentaje de humedad del campo más 0,2 del porcentaje de arcilla menos 20, dividido por el porcentaje de arcilla, más 3 veces el porcentaje de materia orgánica.

$$n = (H + 0,2A - 20) / (A + 3 MO)$$

Si el valor de n es mayor de 0,7 la resistencia es tan baja que una masa del suelo en la mano se puede exprimir totalmente entre los dedos.

Inceptisol: Con arcilla que deseca irreversiblemente con formación de agregados más gruesos de 2 mm.

45. Más de 95% de cuarzo (u otros minerales insolubles que no se pueden meteorizar y liberar Al o Fe) en la fracción arena.
46. Pureza del color dominante en húmedo menos de 1,5 en toda la sección hasta 30 cm, en la mitad o más de cada pedon.
47. A cualquier profundidad hasta 35 cm o roca continua y coherente, (1) densidad aparente menor de 0,85 g/cc y complejo de intercambio dominado por materia amorfa, o (2) contenido de materiales piroclásticos que incluyen vidrio de 60% o más en las fracciones limo, arena y grava. La dominancia de la materia amorfa (a rayos X) se indica por (1) un cociente de CIC (a pH 8,2) dividido por la fracción de arcilla (por métodos convencionales) de 150 meq/100 g de arcilla (2) pH de 1 g de suelo en 50 ml de Naf (1 N) más de 9,4 después de 2 minutos si hay arcilla suficiente para retención de 20% de agua a 15 bares, y (3) relación entre la retención de agua (a 15 bares) y el porcentaje de arcilla mayor de 1, y (4) más de 1% de materia orgánica, y (5) una reacción endotérmica a temperatura baja en el análisis térmico diferencial.
48. No tixotrópico en ningún horizonte y con promedio de retención de agua a 15 bares menor de 20% en la sección entre 25 y 100 cm (o roca si se encuentra a una profundidad menor).
49. Saturación con sodio de más de 15% en la mitad o más de la sección hasta 50 cm y que disminuye conforme aumenta la profundidad hasta más de 50 cm y saturación con agua a cualquier profundidad hasta 100 cm por 1 mes o más del año cuando el suelo no está congelado.
50. En las fracciones más finas de 7,5 μ m, contenido de CaCO₃ mayor de 40% en un epipedon mólico de no más de 50 cm de espesor o inmediatamente debajo de él; sin horizonte argílico ni horizonte cálcico.

51. Volumen de excrementos y huecos de lombrices y madrigueras rellenas, de 50% o más en el epipedon mólico debajo de Ap (para Borol, gran cantidad de excrementos en un epipedon de espesor de más de 50 cm) y de 25% o más en un horizonte de transición inferior si el epipedon no yace sobre roca continua, coherente y dura.
52. Relación (base elemental) entre Fe (extraído por citrato-ditionito) y C de más de 6 en todos los subhorizontes del horizonte espódico.
53. Alfisol: Colores, en todo el horizonte argílico, de matiz más rojo que 5YR, de intensidad en húmedo menor de 4 y de intensidad en seco no más de 1 unidad más clara.
- Ultisol: Intensidad de color en húmedo menor de 4 en todo el epipedon e intensidad en seco del horizonte argílico menor de 5 y no más de 1 unidad más clara que la intensidad en húmedo.
54. Lenguas de un horizonte álbico que se extienden dentro del horizonte argílico.
55. Sin horizonte álbico continuo; con límite superior del horizonte argílico interrumpido; y en el horizonte argílico nódulos separados, de 2,5 cm a 5 hasta 30 cm de diámetro, que tienen acumulación de hierro en una zona exterior de manera que esta zona es ligeramente endurecida y de color más vivo (matiz más rojo o pureza más alta) que la zona interior.
56. A cualquier profundidad hasta 100 cm (125 cm en Ortox) capas cementadas o nódulos de grava (que constituyen 20% o más del volumen de un subhorizonte) que constan de 30% o más de gibsita; y sin plintita continua en la sección hasta 30 cm.
57. Retención de bases (es decir, CIC por NH_4Cl o por suma de Al y bases intercambiables) de no más de 1 meq/100 g de arcilla ^{3/} en algún subhorizonte del horizonte óxico y, en Ortox, sin estructura en el horizonte óxico.
58. Algún subhorizonte más oscuro y con más carbón orgánico que el subhorizonte superyacente.
59. Boralf y Borol: Profundidad desde la superficie mineral hasta el horizonte argílico de más de 60 cm y textura más fina que arenosa franca fina en toda esta sección (para Boralf, en algún subhorizonte de esta sección).
- Otros subórdenes: (1) Profundidad hasta la roca, mayor de 50 cm; y horizonte argílico que tiene más de 35% de arcilla en la parte superior y, en el límite superior, un incremento de: (a) 10% de arcilla o más si es un límite con la capa arada, (b) 15% de arcilla o más en una distancia vertical de 2,5 cm, (c) 20% de arcilla o más en una

distancia vertical de 7,5 cm. (2) Horizonte argílico en el cual, hasta una profundidad de 150 cm, el contenido de arcilla no disminuye a un valor de 80% o menos del contenido máximo (o, para Alfisol y Ultisol, si disminuye, hay en los subhorizontes deficientes en arcilla indicios de eluviación de arcilla o más de 5%, en volumen, de plinita) y: (a) el matiz es más rojo que 10YR y la pureza es mayor de 4, (b) hay moteados de matiz de 7, 5YR o más rojo o de pureza mayor que 5, (c) el matiz es 2,5YR o más rojo y la intensidad es menos de 4 en húmedo y de 5 en seco en la mayoría del horizonte, (d) el contenido de minerales que se pueden meteorizar en la fracción de 20 a 200 micras en los 100 cm superiores del horizonte argílico es menos de 10%.

Estos requisitos se aplican en esta manera:

Argid:	1a o 1b
Udalf:	2a, 2b o 2c.
Ustalf:	1b, 1c, 2a, 2b, o 2c.
Xeralf:	1b, 1c, 2a o 2b.
Udol:	2a o 2b.
Ustol:	1b, 1c, 2a o 2b.
Xerol:	1b, 1c, 2a o 2b.
Subórdenes de Ultisol:	2d.

Cuadro 1. Criterios para órdenes

Orden	Criterios																					
	1	2	3	4	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	18	19	20	24	25	32	33	44
Alfisol	O	O	O	P	O	A	A	O	O	I	P	P	P	I	P	P	O	O	O	R	O	O
Aridisol	O	O	O	O	O	A	A	O	O	A	A	A	A	A	A	I	O	O	O	P	R	O
Entisol	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	P	P	P	P
Espodosol	O	I	I	P	O	P	I	R	I	I	I	I	I	I	P	P	I	O	O	P	I	O
Histosol	R																					
Inceptisol	O	O	O	A	A	O	O	O	O	A	A	A	O	O	A	A	O	A	O	P	O	O
Molisol	O	O	R	O	O	P	P	O	O	P	P	P	P	P	P	I	O	O	O	P	P	O
Oxisol	O	I	P	P	O	O	O	O	A	I	I	I	I	I	I	I	A	O	O	P	P	O
Ultisol	O	O	O	P	O	R	I	O	O	I	I	I	I	I	I	P	O	O	O	O	I	O
Vertisol	O	R	P	P	I	P	P	O	O	P	P	P	P	I	P	I	O	O	O	P	P	O

R = Requisito

A = Requisito alternativo

P = Criterio permisible

I = Criterio permisible pero muy improbable

O = Criterio no permisible o imposible por definición

Cuadro 2. Criterios para subórdenes y grandes grupos de Alfisol.

Suborden y gran grupo	Criterios																		
	4	9	14	18	19	20	22	23	32	34	35	36	37	38	39	53	54	55	59
Acualf									P	P	R			P					
Boralf									P	O	O			R					
Udalf									O	O	O			O					
Ustalf									R	O	O			O					
Xeralf									P	R	O			P					
Albacualf	P	O		O	O	O		R					O				O		
Duracualf	P	P		R	I	O		P					P				P		
Fragiacualf	P	O		O	R	O		P					O				P		
Glosacualf	P	O		O	O	O		P					O				R		
Natracualf	P	R		O	I	O		O					P				O		
Ocracualf	O	O		O	O	O		O					O				O		
Plintacualf	P	I		I	I	R		P					P				P		
Tropacualf	P	O		O	P	O		P					R				P		
Umbracualf	R	O		O	O	O		O					O				O		
Crioboralf	O			O				P							R		O		O
Eutroborealf	O			O				R							O		O		O
Fragiboralf	I			R				I							P		P		O
Glosoboralf	O			O				O							O		O		O
Natriboralf	R			O				O							P		O		O
Paleborealf	O			P				P							P		R		R
Agrudalf	P			P		R							P				P	P	P
Ferrudalf	O			P		O							P				P	R	P
Fragiudalf	O			R		O							P				O	O	P
Fraglosudalf	O			R		O							P				R	O	P
Glosudalf	O			O		O							O				R	O	P
Hapludalf	O			O		O							O				O	O	O
Natrudalf	R			I		O							P				O	O	O
Paleudalf	O			O		O							O				O	O	O
Tropudalf	O			O		O							R				P	P	P
Durustalf	P	O	R			O										P			P
Haplustalf	O	O	O			O										O			O
Natrustalf	R	P	O			O										O			O
Paleustalf	O	A	O			O										P			A
Plintustalf	I	I	O			R										P			P
Rodustalf	O	O	O			O										R			O
Durixeralf	P	O	R			O											P		P
Haploxeralf	O	O	O			O										O			O
Natrixeralf	R	P	O			O										O			O
Palexeralf	O	A	O			O										O			A
Plintoxeralf	I	I	O			R										P			P
Rodoxeralf	O	P	O			O										R			P

Cuadro 3. Criterios para subórdenes y grandes grupos de Aridisol

Suborden y gran grupo	Criterios							
	8	9	13	14	15	17	18	59
Argid	A	A						
Ortid	O	O						
Durargid		O		I			R	P
Haplargid		O		O			O	O
Nadurargid		R		I			R	O
Natrargid		R		O			O	O
Paleargid		P		A			O	A
Calciortid			R	O	O	O	O	
Cambortid			O	O	O	O	O	
Durortid			P	O	P	O	R	
Gipsiortid			P	O	R	O	O	
Paleortid			P	R	P	O	O	
Salortid			P	I	P	R	I	

Cuadro 4. Criterios para subórdenes y grandes grupos de Entisol.

Suborden y gran grupo	Criterios												
	25	33	34	35	36	37	39	41	42	43	44	45	
Acuent	A				A			P	P	P			
Arent	O				O			R	P	P			
Fluvent	O				O			O	R	O			
Ortent	O				O			O	O	O			
Psament	O				O			O	P	R			
Criacuent	O					O	R		P	P	O		
Fluvacuent	O					P	O		R	O	O		
Haplacuent	O					O	O		O	O	O		
Hidracuent	O					P	P		P	I	R		
Psamacuent	O					P	O		P	R	O		
Sulfacuent	R					P	P		P	P	P		
Tropacuent	O					R	O		O	O	O		
Criofluvent		P	P	P		O	R						
Torrifluvent		R	P	P		P	O						
Tropovluvent		O	O	O		R	O						
Udifluvent		O	O	O		O	O						
Ustifluvent		O	R	O		P	O						
Xerofluvent		O	P	R		O	O						
Criortent		P	P	P		O	R						
Torriortent		R	P	P		P	O						
Troportent		O	O	O		R	O						
Udortent		O	O	O		O	O						
Ustortent		O	R	O		P	O						
Xerortent		O	P	R		O	O						
Criopsament		P	P	P		O	R					P	
Cuarcipsament		O	P	P		P	O					R	
Torripsament		R	P	P		P	O					P	
Tropopsament		O	O	O		R	O					O	
Udipsament		O	O	O		O	O					O	
Ustipsament		O	R	O		P	O					O	
Xeropsament		O	P	R		O	O					O	

Cuadro 5. Criterios para subórdenes y grandes grupos de Espodosol.

Suborden y gran grupo	Criterios							
	18	19	21	36	37	39	40	52
Acuod	A		A	A			P	P
Ferrod	O		O	O			O	R
Humod	O		O	O			R	O
Ortod	O		O	O			O	O
Criacuod	P	O	O		O	R	P	
Duracuod	R	P	P		P	O	P	
Fragiacuod	O	R	O		P	P	P	
Haplacuod	O	O	O		O	O	R	
Placacuod	O	P	R		P	P	P	
Sideracuod	O	O	O		O	O	O	
Tropacuod	O	O	O		R	O	P	
Criohumod		O	O		O	R		
Fragihumod		R	O		O	P		
Haplohumod		O	O		O	O		
Placohumod		P	R		P	P		
Tropohumod		P	O		R	O		
Criortod		O	O			R		
Fragiortod		R	O			P		
Haplortod		O	O			O		
Placortod		P	R			P		

Cuadro 6. Criterios para subórdenes y grandes grupos de Histosol.

Suborden y gran grupo	Criterios									
	24	25	26	27	29	30	36	37	38	39
Fibrist	O	O	R	O	P		R			
Folist	I	I	P	P	O		O			
Hemist	A	A	P	A	O		R			
Saprist	O	O	O	O	O		R			
Borofibrist					O	O		O	R	O
Criofibrist					O	O		O	P	R
Luvifibrist					I	R		P	P	P
Medifibrist					O	O		O	O	O
Sphagnofibrist					R	O		P	P	P
Tropofibrist					O	O		R	O	O
Borofolist								O	R	O
Criofolist								O	P	R
Tropofolist								R	O	O
Borohemist	O	O				O		O	R	O
Criohemist	O	O				O		O	P	R
Luvihemist	O	O				R		P	P	P
Medihemist	O	O				O		O	O	O
Sulfihemist	O	R				I		P	P	P
Sulfohemist	R	I				P		P	P	P
Tropohemist	O	O				O		R	O	O
Borosaprist								O	R	O
Criosaprist								O	P	R
Medisaprist								O	O	O
Troposaprist								R	O	O

Cuadro 7. Criterios para subórdenes y grandes grupos de Inceptisol.

Suborden y gran grupo	Criterios																			
	4	5	7	18	19	20	21	24	32	34	35	36	37	39	40	44	47	48	49	58
Acuept	P	P	P					A				A	P				P		A	
Andept	P	P	P					O				O	P				R		O	
Ocrept	O	O	O					O				O	O				O		O	
Plaguept	O	O	R					O				O	P				O		O	
Tropept	P	P	O					O				O	R				O		O	
Umbrept	A	A	O					O				O	O				O		O	
Andacuept	P			O	O			O				P	O				R		O	
Criacuept	P			O	I			O				O	R				P		P	
Fragiacuept	P			R	I			O				P	P				P		I	
Halacuept	P			O	O			O				P	O				P		R	
Haplacuept	O			O	O			O				O	O				O		O	
Humacuept	R			O	O			O				O	O				O		O	
Plintacuept	P			O	R			O				P	O				I		I	
Sulfacuept	P			I	I			R				P	P				P		P	
Tropacuept	P			O	O			O				R	O				O		O	
Criandept				P			P	P						R		P		P		
Durandept				R			I	P						O		I		P		
Distrandept				O			O	O						O		O		O		
Eutrandept				O			O	R						O		O		O		
Hidrandept				O			I	P						O		R		I		
Placandept				O			R	P						O		O		P		
Vitrandept				O			O	P						O		O		R		
Criocrept				O	O			P	P	P				R						
Durocrept				R	O			P	P	P				P						
Distrocrept				O	O			O	O	O				O						
Eutrocrept				O	O			R	O	O				O						
Fragiocrept				I	R			I	I	P				P						
Ustrocrept				O	O			P	R	O				O						
Xerocrept				O	O			P	P	R				O						
Distropept								O	P						O					O
Eutropept								R	O	P					P					O
Humitropept								O	P						P					O
Sombritropept								P	P						P					R
Ustropept								R	R						P					O
Criumbrept					O					P				R						
Fragiumbrept					R					P				P						
Haplumbrept					O					O				O						
Xerumbrept					O					R				O						

Cuadro 9. Criterios para subórdenes y grandes grupos de Oxisol.

Suborden y gran grupo	Criterios									
	4	20	32	33	34	36	40	56	57	58
Acuox		A		I	P	A	P			
Humox		O		O	O	O	R			
Ortox		O		O	O	O	O			
Torrox		O		R	P	O	I			
Ustox		O		O	R	O	P			
Gibsiacuox	P	P						R		
Ocracuox	O	O						O		
Plintacuox	P	R						O		
Umbracuox	R	O						O		
Acrohumox								O	R	O
Gibsihumox								R	P	O
Haplohumox								O	O	O
Sombrihumox								P	P	R
Acrotox	P		P					O	R	
Eutrortox	P		R					O	O	
Gibsiortox	P		P					R	P	
Haplortox	O		O					O	O	
Umbriortox	R		O					O	O	
Acrustox			P						R	
Eustrustox			R						O	
Hapiustox			O						O	

Cuadro 11. Criterios para subórdenes y grandes grupos de Vertisol.

Suborden y gran grupo	Criterios			
	33	34	35	46
Torrert	R	P	O	
Udert	O	O	O	
Ustert	O	R	O	
Xerert	P	P	R	
Cromudert				O
Peludert				R
Cromustert				O
Pelustert				R
Cromoxert				O
Peloxerert				R

BIBLIOGRAFIA

1. ETCHEVEHERE, PEDRO H. (Traductor), 1962. Séptima Aproximación. Un Sistema Comprensible de Clasificación de Suelos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Miscelánea no. 3. Buenos Aires, Argentina.
2. MALDONADO P., FAUSTO, 1970. La adaptación al castellano de los nombres usados en la 7a Aproximación. (Mecanografiado).
3. SOIL SURVEY STAFF, 1960. Soil Classification. A Comprehensive System. 7th Approximation. Soil Conservation Service, United States Department of Agriculture, USGPO, Washington, D. C.
4. SOIL SURVEY STAFF, 1967. Supplement to Soil Classification System (7th Approximation). Soil Conservation Service, United States Department of Agriculture, USGPO, Washington, D. C.
5. SOIL SURVEY STAFF, 1968. Supplement to Soil Classification System (7th Approximation). Histosols. Soil Conservation Service, United States Department of Agriculture, USGPO, Washington, D. C.
6. VESSEL, ANTON, 1968. Curso de Génesis y Clasificación de Suelo. Clasificación de Suelos. Catastro y Recursos Naturales, División de Suelos y Uso de la Tierra. Managua, Nicaragua.

LA ADAPTACION AL CASTELLANO DE LOS NOMBRES USADOS EN LA 7a. APROXIMACION

Fausto Maldonado P.*

INTRODUCCION

El sistema de clasificación de suelos conocido como la "7a. Aproximación" contó al elaborarse con el concurso de científicos de diversos países. Por esta razón ha llegado a ser considerado, desde que vió la luz como un método de correlación en la clasificación de los suelos en todo el mundo.

Indudablemente esta característica cosmopolita del sistema ha facilitado, en gran parte, la clasificación de los suelos y además ha permitido la comparación de los estudios de morfología y génesis de los suelos del mundo.

Al mismo tiempo, la divulgación del sistema y su empleo en muchos países ha originado ciertos problemas en lo que se refiere a la necesidad de traducir o adaptar los nombres de la 7a. Aproximación a otros idiomas. Esta necesidad se hace sentir más hoy al surgir las propuestas de emplear este sistema de clasificación de suelos en la América Latina (1,2).

Este trabajo no trata de establecer normas. Hay quien piensa que no se necesita adaptar ningún nombre de la 7a. Aproximación a otro idioma. Generalmente esta persona sabe inglés y quiere demostrarlo pero, en la práctica, en algunos países que hablan otros idiomas se ha tratado de adaptar los nombres a éstos (6). Es por una razón muy simple; la mayor parte de los nombres se basan en raíces griegas o latinas, aunque la construcción del nombre de una categoría dada sea arbitraria, como veremos más adelante.

CONSIDERACIONES GENERALES

Partiendo de la idea de que el sistema de clasificación está formado a partir de raíces griegas y latinas en su mayor parte, tendremos que hacer ciertas observaciones con respecto a la ortografía y la pronunciación pues en inglés, como en francés, se mantiene mayor fidelidad en cuanto a la ortografía griega o latina que en el castellano, una de cuyas características es la de simplificar la ortografía. Con la pronunciación sucede a veces lo contrario, pues el castellano ha sido más fiel a las lenguas que le dieron origen. Esto ocasiona problemas ya que se presenta el caso de palabras con significado y ortografía distintos en inglés pero que en castellano pueden tener ortografía similar. Por ejemplo, se escribiría "paralítico" para designar lo que en inglés es "paralytic" y también lo que es "paralithic".

* Anteriormente Edafólogo Asistente en el Centro de Enseñanza e Investigación del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Turrialba, Costa Rica.

En cuanto a la pronunciación, no hay duda de que muchos nombres van a ser distintos de lo que se pronuncia en inglés, como sucede con los prefijos ulti, (de *ultimus*, último) o ud (de *udus*, húmedo).

La diferencia nace de que el castellano es una lengua romance mientras que el inglés, siendo de origen germánico, tiene influencia indirecta del latín.

Al hablar de la pronunciación tenemos que mencionar también la ortografía diferente que conduce a pronunciación a veces diferente, a veces similar. Por ejemplo, el prefijo griego correspondiente a agua, hidr en castellano, es *hydri* en inglés y se pronuncia de manera diversa; el prefijo acu, del latín agua, con el mismo significado, se escribe de manera distinta en los dos idiomas y se pronuncia en forma similar, pero no siempre: tenemos así que el nombre aquent se escribe así en la edición inglesa de la 7a. Aproximación y nosotros debemos decidirnos por mantener nuestra pronunciación y escribir acuent o mantener la ortografía y pronunciar akent.

Otro problema que hay que considerar concierne a ciertas diferencias de otro tipo. Podemos anotar en primer lugar que en castellano no hay palabras que terminen con una consonante fuerte (p, t), y esta es una característica propia de otros idiomas también (italiano, portugués). El problema se vuelve mayor cuando después de p, tenemos t en la misma sílaba, como sucede con todos los nombres de subórdenes del orden inceptisoles: *andept*, *tropept*, etc.

Algo similar a lo anterior sucede, esta vez al comienzo de una palabra, cuando empieza con s seguida de consonante. En castellano no existe ninguna palabra con esta combinación y las que se derivan del latín son equivalentes a las de otros idiomas, han recibido siempre la adición de la letra e que forma la sílaba con la s. Ejemplos: *stella* (latín): estrella; *speculum*, *specchio* (latín, italiano): espejo; *studio*, *study* (italiano, inglés): estudio; *specific* (inglés): específico.

La simplificación ortográfica del castellano a veces puede ocasionar dificultades, como en el caso de '*paralithic*' y '*paralytic*', que hemos visto, pero casi siempre ayuda muchísimo aunque exige transformaciones que se hacen más notables en el lenguaje científico. A continuación anotamos ciertos equivalente sea de letras simples, sea de dobles o combinaciones que normalmente se escriben de manera diversa en castellano y otros idiomas:

y = i	=	hydraté, hydrated	=	hidratado
		typique, typic	=	típico
mm = m	=	ammonia	=	amoníaco
nn = n	=	anniversaire	=	aniversario

ch	=	c	=	christian	=	cristiano
ss	=	s	=	assimilate	=	asimilar
ff	=	f	=	difference	=	diferencia
th	=	t	=	anthropology	=	antropología
ph	=	f	=	photography	=	fotografía
k	=	c	=	kaleidoscope	=	caleidoscopio
			=	kaolin	=	caolín
qua, e	=	cua, e	=	aquatic	=	acuático
gg	=	g	=	agglomerate	=	aglomerado
ll	=	l	=	allegro	=	alegre
			=	allophane	=	alofana

No vamos a repetir aquí las reglas de nomenclatura de las diversas clases de la 7a Aproximación y sólo diremos que los nombres se forman de manera hasta cierto punto arbitraria pues el tomar un "elemento formador", una sílaba del nombre del orden, para que con un prefijo forme el del suborden, y así en adelante, no es cosa corriente en ninguna ciencia. Sin embargo, esta forma de construcción no ocasiona mayores dificultades en la adaptación a otros idiomas.

El problema es mayor con los nombres de los subgrupos y familias en que el nombre del grupo no se añade un prefijo sino un adjetivo calificativo. En este caso hay que tener en cuenta el orden de las palabras en castellano y en inglés (el adjetivo va normalmente después del sustantivo en el primero) y además considerar que hay más de un adjetivo en el nombre de una familia de suelos.

Con estas consideraciones pasaremos a dar una lista de los nombres de los horizontes de diagnóstico, de las clases una por una y de las propiedades o características anotadas en la 7a. Aproximación (8) y sus suplementos de 1964, 67 y 68 (10, 11, 12).

HORIZONTES

Horizontes diagnósticos

Se podría extender la acepción que tienen diagnosis y diagnóstico en botánica (3) a la edafología, específicamente a la clasificación de los suelos.

En cuanto a los nombres, la ortografía castellana basta para saber la pronunciación:

<u>Inglés</u>	<u>Español</u>
epipedon	epipedon
mollic	mólico
anthropic	antrópico
umbric	umbrico
ochric	ocrico
histic	hístico
plaggen	epipedon de "plaggen"

No consideramos conveniente traducir "plaggen epipedon" por epipedon plágeno, y si se ha mantenido en inglés con la forma original creemos que se debe hacer lo mismo en castellano ("Plaggen" es nombre alemán).

Horizontes de profundidad

argillic	argílico
spodic	espódico*
agric	ágrico
oxic	óxido
cambic	cámbico
natric	nátrico

Otros horizontes

calcic	cálcico
gypsic	gípsico

*Ver la aclaración correspondiente a los Espodosoles con respecto a las letras iniciales.

<u>Inglés</u>	<u>Español</u>
salic	sálico
albic	álbico
petrocalcic	petrocálcico
placic	plácico

Capas endurecidas

La 7a. Aproximación señala dos tipos de capas endurecidas. Nos parece correcto adaptar del inglés el nombre genérico de estas capas y llamarlas "panes" (9) pero con el nombre específico si podemos mantenerlo como en inglés:

Duripan (s)	Duripán (es)
Fragipan(s)	Fragipán(es)

OTRAS CARACTERISTICAS DEL SUELO

Abrupt textural change creemos que se puede traducir por cambio brusco de textura y no cambio abrupto (9) que en castellano tiene sentido más restringido (3).

Gilgai. Es un nombre local, como rendzina o podzol y debe permanecer como tal aunque presente un problema de pronunciación puesto que el sonido de la primera letra de esta palabra no tiene representación gráfica en castellano.

Self-mulching. No nos parece que esta característica puede traducirse por "auto-inversión" (9), o al menos no corresponde a la definición de la Sociedad Norteamericana de la Ciencia del Suelo (4). Sin embargo, no encontramos una palabra o frase para reemplazarla. Teixeira (7) traduce este término como autoprotección y aunque no es una traducción literal, da una idea bastante clara del fenómeno conocido con este nombre.

Mottles. La palabra moteado para designar un material con manchas de color distinto al que predomina en un horizonte dado se usa ahora mucho y creemos que ésta es una razón para seguir utilizándola. No sucede lo mismo con mota (mottle), que en castellano tiene un sentido muy distinto (3). Creemos que mottles puede traducirse con más propiedad por manchas.

Permafrost. El lenguaje técnico-científico abunda en términos compuestos en cierto modo arbitrariamente y éste es uno de esos casos. Sin embargo, creemos que el uso puede darnos la pauta a seguir pues es más fácil decir permafrost que congelado permanentemente. Sin embargo, puede ser que llegue a presentarse algún cambio en las letras finales st.

Plinthite. Con esta palabra se puede hacer lo mismo que con tantos nombres de rocas y adaptarlo de la manera más simple: plintita, tal como se ha hecho con laterita, andesita, etc.

Slickensides. Tal vez lo mejor sea mantener el mismo nombre sin cambio pues no se podría encontrar una sola palabra para reemplazarlo. Una frase sería más bien larga.

Sequum. Este nombre, pese a derivarse del latín, presenta dificultad en su adaptación. En inglés hay algunas palabras tomadas del latín, con terminación similar y que en plural la cambian, como datum y data, sequum y sequa. Alguien que conozca bien el latín puede aconsejarnos sobre el uso de este término. Hasta tanto puede mantenerse tal como en inglés.

Lithic contact. No hay dificultad en traducir esto como contacto lítico, siendo una palabra que se deriva del griego y que la tenemos en castellano.

Paralithic contact. El nombre significa "parecido a piedra" y tal vez es más fácil decir contacto litoide, con significado similar; esto para evitar el sentido de paralítico, el que sufre parálisis.

CATEGORIAS

Ordenes

La única diferencia general de los nombres de los órdenes, se presenta en su plural:

<u>Inglés</u>		<u>Castellano</u>
Entisol	(s)	Entisol (es)
Vertisol	(s)	Vertisol (es)
Inceptisol	(s)	Inceptisol (es)
Aridisol	(s)	Aridisol (es)
Mollisol	(s)	<u>Molisol</u> (es)

<u>Inglés</u>	<u>Castellano</u>
Spodosol (s)	<u>Espodosol</u> (es).
Alfisol (s)	Alfisol (es)
Ultisol (s)	Ultisol (es)
Oxisol (s)	Oxisol (es)
Histosol (s)	Histosol (es)

Hay dos órdenes (subrayados) cuyos nombres pueden variar al adaptarlos al castellano: Molisol no puede escribirse con "ll" que se pronuncia de manera distinta a una doble l de otros idiomas. Espodosol es un ejemplo del caso de palabra que empieza con s seguida de consonante, forma que no existe en castellano.

Subórdenes

En todos los nombres de subórdenes habrá que decidir si se toma el nombre en singular y sólo se adapta el plural o si se transforman el singular y el plural. Para los americanos, que han recibido mayor influencia de lenguas extranjeras o indígenas en el "castellano" que hablan, esto no representa un problema mayor pues hay sonidos que no existen en castellano y sí en las lenguas mencionadas; por ejemplo el sonido de la j (delante de vocal, en francés), el de sh en inglés, etc. Sin embargo, hay una tendencia natural a adaptar muchísimas palabras al castellano y aun entre especialistas se oye hablar de andeptos, acueptos, etc. Tal vez esto sea sólo en el orden de los Inceptisoles debido al elemento de formación que se extrae del nombre del orden. Como se trata de nombres propios puede no ser necesario formar plurales y así decir: los (suelos) Xerert, los Andept, unos Humod, etc.

Creemos que se pueden mantener todos los nombres de subórdenes tal como en inglés en lo que se refiere al elemento de formación; pero habrá que cambiar la ortografía en el prefijo que se añade para formar el nombre. Además surge la dificultad de la formación del plural: humods o humodes? Ustalfs o ustalfes? Se dice en inglés podsols, latosols y nosotros decimos podsoles, latosoles, esto puede guiarnos al formar el plural, tendremos entonces los siguientes subórdenes (11):

1. Orden Entisoles

Aquent (s)	Acuent (és)
Arent (s)	Arent (es)

Fluvent (s)	Fluvent (es)
Orthent (s)	Ortent (es)
Psamment (s)	Psament (es)

2. Vertisoles

Torrert (s)	
Udert (s)	Sólo cambia el plural añadiendo <u>es</u>
Ustert (s)	
Xerert (s)	

3. Inceptisoles

Como se mencionó, hay un problema más notable en este grupo debido al elemento de formación ept. Algunas personas añaden una o al final para adaptarlo al castellano y así hablan de andepto, acuepto, etc.

Personalmente opinamos que se debe mantener la escritura y pronunciación de ese elemento de formación, pero el uso de sistema tal vez llegue a cambiarlo. Anotamos por tanto los nombres con las dos formas:

Andept	Andept (o)
Aquept	Acuept (o)
Ochrept	Ocrept (o)
Tropept	Tropept (o)
Umbrept	Umbrept (o)

En cuanto a Plaggept, debería escribirse en castellano Plaguept (o) para mantener la pronunciación original alemana y esto lo decidirá lo que llegue a dominar con el uso, sea la pronunciación, sea la forma de escribir.

El plural de los nombres se hará según las reglas normales, añadiendo es si se decide mantener la terminación original, s si se cambia la terminación.

4. Aridisoles

Argid (s)	Argid (es)
Orthid (s)	Ortid (es)

Hay que mencionar que la pronunciación de estos dos nombres será diferente en castellano y en inglés, y lo mismo el plural.

5. Molisoles

El elemento de formación será en castellano ol y no oll, que se pronuncia de otra manera.

Alboll (s)	Albol (es)
Aquoll (s)	Acuol (es)
Boroll (s)	Borol (es)
Rendoll (s)	Rendol (es)
Udoll (s)	Udol (es)
Ustoll (s)	Ustol (es)
Xeroll (s)	Xerol (es)

6. Espodosoles

Aquod (s)	Acuod (es)
Ferrod (s)	Ferrod (es)
Humod (s)	Humod (es)
Orthod (s)	Ortod (es)

7. Alfisoles

Aqualf (s)	Acualf (es)
Boralf (s)	Boralf (es)
Udalf (s)	Udalf (es)

Ustalf	(s)	Ustalf	(es)
Xeralf	(s)	Xeralf	(es)

8. Ultisoles

Aquult	(s)	Acult	(es)
--------	-----	-------	------

La tendencia a la simplificación puede obligar a suprimir una u de este nombre. Cambios en la formación de los nombres se han producido ya en la versión original en inglés de la 7a. Aproximación y pueden permitirse en castellano (10).

Humult	(s)	Humult	(es)
Udult	(s)	Udult	(es)
Ustult	(s)	Ustult	(es)
Xerult	(s)	Xerult	(es)

9. Oxisoles

Aquox		Acuox	(es)
Humox		Humox	(es)
Orthox		Ortox	(es)
Torrox		Torrox	(es)
Ustox		Ustox	(es)

10. Histosoles (12)

Fibrist	(s)	Fibrist	(es)
Folist	(s)	Folist	(es)
Hemist	(s)	Hemist	(es)
Saprist	(s)	Saprist	(es)

Grupos

En nuestra opinión, debe desaparecer la categoría que se denominaba grandes grupos (Great Groups), pues éstos supondrían la existencia de grupos pequeños y en la 7a. Aproximación no cabe tal distinción, pues la categoría inmediatamente inferior es la de los subgrupos y no como antes que faltaba esta categoría y las familias no estaban definidas exactamente.

Una vez definida la adaptación de los nombres de órdenes y subórdenes sólo basta transcribir los prefijos usados para los nombre de grupos. Por convenir al ahorro de espacio anotaremos sólo aquellos que sufrirán transformación ortográfica (11):

anthr	antr
aqu	acu
chrom	crom
cry	cri
dystr, dys	distr, dis
fragloss	fraglos
gibbs	gibs
gloss	glos
hydr	hidr
hyp	hip
moll	mol
ochr	ocr
pell	pel
plag	plag, plague
plinth	plint
quartz	cuarz - cuarci
rhod	rod
sphagno	esfagno

Subgrupos

Se anotarán, como en los grupos, sólo los adjetivos que sufren modificación ortográfica, indicando eso sí que todos los nombres transformarán su terminación ic en ico.

allic	álico
glossic	glósico
grossarenic	grosarénico
lithic	lítico
plinthic	plíntico
stratic	estrático
pachic	páquico

El prefijo thapto, usado en forma específica (ll) se escribirá tapto.

Los nombres de las familias pueden ya traducirse libremente y en ciertos casos (clases de temperatura p. ej.) la adaptación es fácil.

Con todo, podemos anotar algunos separándolos según la característica que definen:

1. Textura: arenosa, franca gruesa, franca fina, limosa gruesa, limosa fina, arcillosa fina y muy fina.

2. Mineralogía: ferrítica, gibsítica, oxídica, gípsica, escoriácea (cindery), haloisítica, caolinítica, montmorillonítica, etc.

Noy hay un adjetivo que reemplace a "ashy" en el sentido expreso en la 7a. Aproximación (ll), pues los adjetivos castellanos (ceniciento, cinéreo, cenizo) sólo se refieren al color. Habrá que buscar aún la palabra apropiada.

3. Temperatura: frígida, mésica, térmica, hipertérmica.

CONCLUSION

Como se dijo al principio, este trabajo no trata de establecer normas; sólo es un conjunto de observaciones que pueden ser útiles para quien trabaje empleando la 7a. Aproximación en la clasificación de los suelos. Por esto, cualquier sugerencia o anotación sobre lo tratado

será bienvenida, pues esperamos que así el sistema de clasificación sea verdaderamente comprensivo y al traducir no habrá el error que cometió quien tradujo el primer libro del "U.S. Comprehensive System of Soil Classification" *

* En efecto, comprehensive no es lo mismo que comprehensible y significa comprensivo, "que comprende, contiene o incluye" (3) y se usa para calificar a un sistema que trata de abarcar a todos los suelos del mundo.

LITERATURA CITADA

1. ASOCIACION LATINOAMERICANA DEL SUELO. Capítulo de Centroamérica y México, 1968. Recomendaciones de la mesa de trabajo sobre clasificación de suelos. San José, Costa Rica. Septiembre de 1968. (Mimeografiado).
2. IICA/FAO/UNDP-1969. Panel sobre suelos de cenizas volcánicas. Turrialba, Costa Rica.
3. REAL ACADEMIA ESPAÑOLA - 1958. Diccionario Manual e Ilustrado de la Lengua Española, 2a edición. Madrid, España, Calpe.
4. SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA - 1965. Glossary of soil science terms. Soil Science Society of American Proceedings 29(3):330-351.
5. SMITH, G.D. - 1960. A new soil classification scheme progress report. Transactions of the 7th Congress of Soil Science IV, 105-111.
6. TAVERNIER, R. 1963. The 7th Approximation, its application in Western Europe. Soil Sci. 96(1):35-39.
7. TEIXEIRA, A.J. DA SILVA. 1967. Glossario de Termos da Pedologia. Serviço de Informacao Agricola. Ministerio de Economia. Lisboa, Portugal. 127 p.
8. U.S.D.A. SOIL SURVEY STAFF. Soil Conservation Service 1960. Soil Classification. A comprehensive System. 7th Approximation. 265 p. 1962.
9. _____. 7a. Aproximación. Un sistema comprensible de clasificación de suelos. Versión castellana del Dr. Pedro H. Etchevehere. 144 p. - apéndices I y II.
10. _____. 1964. Supplement to Soil Classification. 7th Approximation.
11. _____. 1967. Supplement to Soil Classification System. 7th Approximation. 207 p.
12. _____. 1968. Supplement to Soil Classification System. 7th Approximation. Order Histosols. 22 p.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS SOBRE NUTRICION MINERAL
EN FORRAJES Y QUIMICA DE SUELOS TROPICALES

1. Pearson, R. W. (1.975). Soil acidity and liming in the humid tropics. Cornell University, Ithaca, New York. 66p.
2. Smith, F. W. (1.977). Role of plant chemistry in the diagnosis of nutrient disorders in tropical legumes. (Copia disponible para Xerox en sección Suelos-Nutrición Plantas).
3. Nutrition of Tropical and Subtropical Pastures. (1.973). Series of bibliographies. Agency for International Development. Washington, D. C. U.S.A. 38 p.
- 3a. Shaw, N. H. and Bryan W. W. (eds.) (1.1976). Tropical pasture research. Principles and methods. Alden Pre³, Oxford, Great Britain. 454 p.
4. Dorrington W. (1.963). Minor elements and their effects on the growth and chemical composition of herb²o^zge plants. Commonwealth Agricultural Bureaux, Hurley, Berkshire. 89 p.
5. Boyer, J. (1.973). O potassio nos solos tropicais. Informacoes Agronomicas, Instituto Internacional da Potasa, Bondy Franca.
6. Mays D. A. (ed.) (1.974). Forage Fertilization. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. 621 p.
7. Wright, M. J. (ed.) (1.976). Plant adaptation to mineral stre^zws in problem soils. Cornell University, Ithaca. 420 p.
8. Brown, J.C., Ambler, J.E. Chaney, R.L. and Foy, C.D: (1972) Differential responses of plant genotypes to micronutrients. In "Micro-nutrients in Agriculture" J.J. Mortvedt, P. M. Giordano, and W. L. Lindsay (Eds.)pp 389-418 (Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin).
9. Andrew, C.S. (1.977). The effect of sulphur on the growth, sulphur and nitrogen concentrations, and critical sulphur concentrations of some tropical and temperate pasture legumes. Aust. J. Agric. Res. 28:807-820

10. Andrew, C. S. and Hegarty, M. P. (1.969). Comparative responses to manganese excess of eight tropical and four temperate pasture legume species.
Aust. J. Agric. Res. 20: 687-696.
11. Andrew, C. S. Johnson, A. D. and Sandland, R. L. (1.973). Effect of aluminum on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pasture legumes.
Aust. J. Agric. Res. 24:325-339.
12. Andrew, C. S. and Robins, M. F. (1.969a). The effect of phosphorus on the growth and chemical composition of some tropical pasture legumes. I. Growth and critical percentages of phosphorus.
Aust. J. Agric. Res. 20:664-674.
13. Andrew, C. S. and Robins, M. F. (1.969b). The effect of phosphorus on the growth and chemical composition of some tropical pasture legumes. II. Nitrogen, calcium, potassium and sodium contents.
Aust. J. Agric. Res. 20:675-685.
14. Johansen, C., Kerridge, P. C., Luck, P. E., Cook, B. G., Lowe, K. F. and Ostrowski, H. (1.977). The residual effect of molybdenum fertilizer on growth of tropical pasture legumes in a subtropical environment.
Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 17:961-968.
15. Playne, M. J. (1.970). The sodium concentration in some tropical pasture species with reference to animal requirements.
Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 10:32-35.
16. Sánchez, P. A. (1.976). Properties and management of soils in the tropics. John Wiley and Sons, New York, London, Sydney, Toronto.
17. Foy, C. D. (1.974 a). Effects of aluminum on plant growth. In E. W. Carson (ed.), The plant root and its environment, pp. 601-642, Univ. Press of Va., Box 3608, Univ. Station, Charlottesville, Va.

18. Foy, C. D. (1.974 b). Effects of soil calcium on plant growth. In E. W. Carson (ed.), The plant root and its environment pp. 565-600, Univ. Press of Va., Box 3608. Univ. Station, Charlottesville, Va.
19. Foy, C. D., and J. C. Brown. (1.964). Toxic factors in acid soils. II. Differential aluminum tolerance of plant species. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28:27-32.
20. Kamprath, E. J. (1.970). Exchangeable aluminum as a criterion for liming leached mineral soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34:252-254.
21. Kamprath, E. J., and C. D. Foy. (1.972). Lime fertilizer-plant interactions in acid soils. In R. A. Olsen, et al. (ed.) Fert. Tech. and Use, Second Edition, pp. 105-151, Soil Sci. Soc. Amer., Madison, Wis.
22. McLean, E. O.. (1.976). Chemistry of soil aluminum. Comm. Soil Sci. and Pl. Anal. 7:619-636.
23. Olmos, I. L. J., e Marcello N. Camargo. (1.976). Ocorrencia de aluminio toxico nos solos do Brazil; sua caracterizacao e distribuicao. Ciencia e Cultura. 28:171-180.
24. Shoop, G. J., C. R. Brooks, R. E. Blaser, and G. W. Thomas. (1.961). Differential responses of grasses and legumes to liming and phosphorus fertilization. Agron. J. 53:111-115.
25. Siman, A., F. W. Craddock, and W. A. Hudson. (1.974). The development of manganese toxicity in pasture legumes under extreme climatic conditions. Plant and Soil 41:129-140.
26. Woolhouse, H. W. (1.969). Differences in the properties of the acid phosphates of plant roots and their significance in the evolution of edaphic ecotypes. In I. H. Rorison et al. (ed.). Ecological aspects of the mineral nutrition of plants. Blackwell Scientific Publications, Oxford. Brit. Ecol. Soc. Symp. 9:357-380.

27. Brown, J. C., J. E. Ambler, R. L. Chaney, and C. D. Foy. (1.972).
Differential responses of plant genotypes to micronutrients. p. 389-418. In J. J. Mortvedt, et al. (ed.)
Micronutrients in agriculture. Soil Sci. Soc. Amer.,
Madison, Wis.
28. Clarkson, D. T. (1.969). Metabolic aspects of aluminum toxicity and
some possible mechanisms for resistance. Symp. British
Ecol. No. 9. p. 381-397. In I. H. Rorison, et al. (ed.)
Ecological aspects of the mineral nutrition of plants.
Blackswell Scientific Publ., Oxford and Edinburgh.
29. Andrew, C. S. (1.965). Mineral nutrition of sub-tropical pasture spe-
cies.
J. Aust. Inst. Agric. Sci. 31, 3-10.
30. Andrew, C. S. (1.968). Problems in the use of chemical analyses for
diagnosis of plant nutrient disorders.
J. Aust. Inst. Agric. Sci. 34, 154-62.
31. Andrew, C. S. and Robins, M. F. (1.969 b). The effect of potassium on
the growth and chemical composition of some tropical and
temperate pasture legumes. I. Growth and critical per-
centages of potassium.
Aust. J. Agric. Res. 20, 999-1007.
32. Andrew, C. S. and Robins, M. F. (1.971). The effect of phosphorus on
the growth, chemical composition, and critical phospho-
rus percentages of some tropical pasture grasses.
Aust. J. Agric. Res. 22, 693-706.
33. Bar Akiva, A. (1.971). Functional aspects of mineral nutrients in use
for the evaluation of plant nutrient requirement. In
"Recent Advances in Plant Nutrition" (Ed. R. M. Samish)
Proceedings of the Sixth International Colloquium on
Plant Analysis and Fertilizer Problems. Vol 1: 115-142.
34. Bates, T. E. (1.971). Factors affecting critical nutrient concentra-
tions in plants and their evaluation: a review. Soil Sci.
112, 116-30.

34. Bieleski, R. L. (1.971). Enzyme changes in plants following changes in their mineral nutrition. In "Recent Advances in Plant Nutrition" (R. M. Samish, Ed). Proceedings of the Sixth International Colloquium on Plant Analysis and Fertilizer Problems. Vol 1: 143-153.
35. Bouma, D., and Dowling. E. J. (1976). The relationship between the phosphorus status of subterranean clover plants and the dry weight responses of detached leaves in solution with and without phosphate.
Aust. J. Agric. Res. 27, 53-62.
36. Dijkshoorn, W., and Van Wijk, A. L. (1.976). The sulphur requirements of plants as evidenced by the sulphur-nitrogen ratio in the organic matter: a review of published data. Plant Soil 26, 129-57.
37. Fisher, M. J. (1.970). The effects of superphosphate on the growth and development of Townsville stylo (Stylosanthes humilis) in pure ungrazed swards at Katherine, N. T.
Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 10, 716-24.
38. Hylton, L. D., Ulrich, A., and Cornelius, D. R. (1.965). Comparison of nitrogen constituents as indicators of the nitrogen of Italian ryegrass, and relation of top to root growth.
Crop Sci. 5, 21-22.
39. Johansen, C. (1.976). Concentrations of nutrient elements in parts of siratro as affected by phosphorus supply and plant age.
Commun. Soil Sci. Plant Anal. 7, 527-45.
40. Macy, P. (1.936). The quantitative mineral nutrient requirements of plants. Pl. Physiol. 2, 749-64.
41. Reuther, W. Ed. (1.961). "Plant Analysis and Fertilizer Problems".
American Society of Biological Sciences: Washington D. C.)
42. Robinson, P. J. and Jones R. K. (1.972). The effect of phosphorus and sulphur fertilization on the growth and distribution of dry matter, nitrogen, phosphorus, and sulphur in Townsville stylo (Stylosanthes humilis).
Aust. J. Agric. Res. 23, 633-40.

43. Samish, R. M., Ed. (1.971), Recent Advances in Plant Nutrition. (Gordon Breach Science Publications Inc.: New York, N. Y.)
44. Smith, F. W. (1.974). The effect of sodium on potassium nutrition and ionic relations in rhodes grass.
Aust. J. Agric. Res. 25, 407-14.
45. Smith, F. W. (1.975). Tissue testing for assessing the phosphorus status of green panic, buffel grass and setaria.
Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 15, 383-90.
46. Smith, F. W., and Dolby, G. R. (1.977). Derivation of diagnostic indices for assessing the sulphur status of Panicum maximum var. Trichoglume. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 8, 221-40.
47. Smith, P. F. (1.962). Mineral analysis of plant tissues. Ann. Rev. Pl. Physiol. 13, 81-108.
48. Spencer, K., Jones, M. B. and Freney, J. R. (1.977). Diagnostic indices for sulphur status of subterranean clover.
Aust. J. Agric. Res. 28, 401-12.
49. Steenbjerg, F. (1.951). Yield curves and chemical plant analyses.
Plant Soil 3, 97-109.
50. Sumner, M. E. (1.974). An evaluation of Beaufil's physiological diagnosis technique for determining the nutrient requirement of crops. In "Plant Analysis and Fertilizer Problems", Ed. J. Wehrmann, pp 437-446 (German Society of Plant Nutrition: Hannover).
51. Sumner, M. E. (1.977 a). Use of the DRIS system in foliar diagnosis of crops at high yield levels. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 8, 251-68.
52. Terman, G. L. (1.973). Comments on yield nutrient concentration relationships in plants. Agron. J. 65, 1011-12.
53. Terman, G. L. and Nelson, L. A. (1.976). Comments on use of multiple regression in plant analysis interpretation. Agron. J. 68, 148-50.
54. Ulrich, A. (1.942). Nitrate content of grape leaf petioles as an indicator of the nitrogen status of the plant. Am. Soc. Hort. Sci. Proc. 41, 213-18.

55. Ulrich, A. (1.945). Critical phosphorus and potassium levels in ladino clover. Proc. Soil Sci. Am. 10, 150-61.
56. Ulrich, A. (1.952). Physiological bases for assessing the nutritional requirements of plants. Ann. Rev. Pl. Physiol. 3, 207-28.
57. Ulrich, A. (1.968). Sulphur nutrition of Italian ryegrass measured by growth and mineral content. Plant Soil 29, 274-84.
58. Ulrich, A., and Hilss, F. J. (1.976). Principles and practices of plant analysis in "Soil Tests and Plant Analysis", Part II (Soil Sci.* Soc. Amer. Special Pub. No. 2) pp. 11-24.
59. White, R. E., and Haydock, K. P. (1.970). Phosphate concentration in siratro as a guide to its phosphate status in the field. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Hubs. 10, 426-30.
60. Williams, R. F. (1.955). Redistribution of mineral elements during development. Ann. Rev. Pl. Physiol. 6, 25-42.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS SOBRE NUTRICION MINERAL EN FORRAJES

Y QUIMICA DE SUELOS TROPICALES

- Andrew, C.S. (1965) Mineral nutrition of sub-tropical pasture species. J. Aust. Inst. Agric. Sci. 31, 3-10.
- Andrew, C.S. (1968) Problems in the use of chemical analyses for diagnosis of plant nutrient disorders. J. Aust. Inst. Agric. Sci. 34, 154-62.
- Andrew, C.S. (1977). The effect of sulphur on the growth, sulphur and nitrogen concentrations, and critical sulphur concentrations of some tropical and temperate pasture legumes. Aust. J. Agric. Res. 28:807-820.
- Andrew, C.S. and Hegarty, M.P. (1969). Comparative responses to manganese excess of eight tropical and four temperate pasture legume species. Aust. J. Agric. Res. 20:687-696.
- Andrew, C.S., Johnson, A.D. and Sandland, R.L. (1973). Effect of aluminium on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pasture legumes. Aust. J. Agric. Res. 24:325-339.
- Andrew, C.S. and Kamprath, E.J. 1978. Mineral Nutrition of Legumes on Tropical and Sub-tropical Soils. SCIRO, Victoria, Australia. 415 p.
- Andrew, C.S. and Robins, M.F. (1969a). The effect of phosphorus on the growth and chemical composition of some tropical pasture legumes. I. Growth and critical percentages of phosphorus. Aust. J. Agric. Res. 20:664-674.
- Andrew, C.S. and Robins, M.F. (1969b). The effect of phosphorus on the growth and chemical composition of some tropical pasture legumes. II. Nitrogen, calcium, magnesium, potassium and sodium contents. Aust. J. Agric. Res. 20:675-685.
- Andrew, C.S. and Robins, M.F. (1969b). The effect of potassium on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pasture legumes. I. Growth and critical percentages of potassium. Aust. J. Agric. Res. 20, 999-1007.
- Andrew, C.S. and Robins, M.F. (1971) The effect of phosphorus on the growth, chemical composition, and critical phosphorus percentages of some tropical pasture grasses. Aust. J. Agric. Res. 22, 693-706.

- Foy, C.D. 1974a. Effects of aluminum on plant growth. In E.W. Carson (ed.), The plant root and its environment, pp. 601-642, Univ. Press of Va., Box 3608, Univ. Station, Charlottesville, Va.
- Foy, C.D. 1974b. Effects of soil calcium on plant. In E.W. Carson (ed.), The plant root and its environment, pp. 565-600, Univ. Press of Va., Box 3608, Univ. Station, Charlottesville, Va.
- Foy, C.D., and J.C. Brown. 1964. Toxic factors in acid soils. II. Differential aluminum tolerance of plant species. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28:27-32.
- Hylton, L.D., Ulrich, A., and Cornelius, D.R. (1965). Comparison of nitrogen constituents as indicators of the nitrogen status of Italian ryegrass, and relation of top to root growth. Crop Sci. 5, 21-22.
- Johansen, C. (1976) Concentrations of nutrient elements in parts of siratro as as affected by phosphorus supply and plant age. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 7, 527-45.
- Johansen, C., Kerridge, P.C., Luck, P.E., Cook, B.G., Lowe, K.F. and Ostrowski, H. (1977). The residual effect of molybdenum fertilizer on growth of tropical pasture legumes in a sub-tropical environment. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 17:961-968.
- Kamprath, E.J. 1970. Exchangeable aluminum as a criterion for liming leached mineral soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34:252-254.
- Kamprath, E.J., and C.D. Foy. 1972. Lime fertilizer-plant interactions in acid soils. In R.A. Olsen, et al. (ed.) Fert. Tech. and Use, Second Edition, pp. 105-151, Soil Sci. Soc. Amer., Madison, Wis.
- Macy, P. (1936) The quantitative mineral nutrient requirements of plants. Pl. Physiol. 2, 749-64.
- Mays, D. A. (ed.) 1974. Forage Fertilization. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, 621 p.
- McLean, E.O. 1976. Chemistry of soil aluminum. Comm. Soil Sci. and Pl. Anal. 7:619-636.
- Nutrition of tropical and subtropical pastures. 1973. Series of bibliographies. Agency for International Development. Washington, D.C. USA. 38p.
- Olmos, I.L.J., e Marcello N. Camargo. 1976. Ocorrencia de aluminio toxico nos solos do Brazil; sua caracterizacao e distribuicao. Ciencia e Cultura. 28:171-180.

Woolhouse, H.W. 1969. Differences in the properties of the acid phosphates of plant roots and their significance in the evolution of edaphic ecotypes. In I.H. Rorison et al. (ed.) Ecological aspects of the mineral nutrition of plants. Blackwell Scientific Publications, Oxford. Brit. Ecol. Soc. Symp. 9:357-380.

Wright, M.J. (ed.). 1976. Plant adaptation to mineral stress in problem soils. Cornell University, Ithaca. 420 p.