

PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO Y DESCRIPCIÓN

Para llevar a cabo la descripción morfológica de los perfiles de suelos, así como su caracterización analítica, se hace necesario la excavación de calicatas de aproximadamente 1 por 1.5 metros, y 2 metros de profundidad. De esta forma se facilita la descripción de campo y el muestreo de cada uno de los horizontes identificados. Este muestreo incluye la toma de 1 a 2 kilogramos de tierra de cada horizonte, a partir de las cuales se realizan los análisis de laboratorio. Además, para llevar a cabo algunas de estas determinaciones analíticas, especialmente las de tipo físico, se toman cilindros (de 6 por 8 centímetros) de muestra de suelo sin alterar. En algunos casos y para ciertas determinaciones especiales puede ser necesario recoger una mayor cantidad o algún otro tipo de muestra.

La descripción morfológica de los suelos responde a los criterios establecidos por FAO (1966) y Soil Survey Staff (1962), y su formato se aproxima al convencionalmente aceptado para estudios de reconocimiento o cartografía de suelos.

Para la clasificación natural o taxonómica de los suelos se siguen las normas recogidas en el sistema «Soil Taxonomy» (Soil Survey Staff, 1975) para sus categorías superiores: Orden, Suborden, Gran Grupo y Subgrupo. No obstante, para muchos de los suelos incluidos en el *catálogo* esta clasificación se debe considerar sólo aproximada, como consecuencia del desconocimiento sobre ciertas características morfológicas o analíticas que son criterios de diagnóstico en algunas categorías taxonómicas.

ANÁLISIS DE LABORATORIO

En las determinaciones de laboratorio se siguieron procedimientos similares a los descritos por el Soil Survey Staff (1972), haciendo la salvedad ya comentada de la variabilidad metodológica que a lo largo del tiempo se haya podido producir en los laboratorios generadores de la información.

La reacción del suelo (pH) se determina a partir de una mezcla de suelo-líquido en la proporción 1:1, utilizando agua y ClK.

La determinación del carbono orgánico (C ORG.) se lleva a cabo mediante digestión con dicromato. Una aproximación al contenido de materia orgánica del suelo se puede obtener multiplicando el porcentaje de carbono orgánico por el factor de conversión 1.724.

El nitrógeno total (N TO.) se analiza por el procedimiento de Kjeldahl, aunque en algunos casos esta determinación fue estimada por correlación con otros parámetros analíticos.

Para algunos suelos se han realizado las determinaciones de hierro total, libre y amorfo mediante extracción con ditionito y posterior espectrofotometría de absorción atómica.

En los suelos salinos se llevaron a cabo análisis de sales solubles, por medio de la conductividad eléctrica (CE) del extrato de pasta saturada y, ocasionalmente, de las concentraciones de los aniones: carbonato (CO₃), bicarbonato (CO₃H), sulfato (SO₄) y cloruro (CL), y de los cationes: calcio (CA), magnesio (MG), sodio (NA) y potasio (K).

El contenido en carbonato (CO₃) se determina por volumetría utilizando el calcímetro de Bernard a partir de muestra de suelo total.

Los cationes cambiabiles: calcio (CA), magnesio (MG), sodio (NA), potasio (K) e hidrógeno (H) se desplazaron del complejo de cambio mediante acetato amónico; para continuar su determinación por fotometría de llama en el caso del sodio y potasio, y, últimamente, por espectrometría de absorción atómica para el calcio y magnesio. La capacidad

total de cambio catiónico (CCC) se determina mediante saturación amónica, desplazamiento de los cationes NH_4^+ por digestión Kjeldahl y posterior valoración del amoníaco. Es necesario advertir de las posibles irregularidades en estos datos, sobre todo en los suelos de elevado contenido en carbonatos ya que éstos interfieren en dichas determinaciones.

La saturación en bases (SAT. BAS.), como variable derivada, hace referencia a la saturación en calcio, magnesio, sodio y potasio del complejo de cambio, como porcentaje con relación a la capacidad de cambio total.

En las determinaciones físicas, la densidad aparente (DENS. APAR.), se calcula por relación entre peso y volumen de suelo total a partir de muestra sin alterar.

La porosidad total (POR.) se define como la proporción del volumen de espacio poroso libre, o aire que contiene el volumen unitario de suelo. Se calcula en función de los datos de densidad aparente y del correspondiente a la estimación de la densidad real.

Para la determinación de la conductividad hidráulica (COND. HIDR.) se hace pasar agua a través de los cilindros con muestras sin alterar, previamente saturadas.

La retención de agua del suelo se determina para tres succiones diferentes (1/10 bar, 1/3 bar y 15 bar). La humedad equivalente (1/3 bar) se calcula, al igual que la retención a 1/10 bar, a partir de muestra tamizada y utilizando la técnica de centrifugación. La medida del punto de marchitez (15 bar) se realiza con el aparato de membrana de Richard y en muestra tamizada.

El análisis granulométrico (GRAN.) se lleva a cabo para cuatro fracciones: arena gruesa (2-0.2 mm) arena fina (0.2-0.05 mm), limo (0.05-0.002 mm) y arcilla (< 0.002 mm), siguiendo, en la mayoría de los suelos, el procedimiento del hidrómetro de cadena. El límite entre arena fina y limo no siempre es 0.05 mm, sino que en algunos casos se consideró el extremo 0.02 mm.

MÉTODOS DE EVALUACIÓN

Con objeto de tener una primera aproximación de la capacidad de uso y conservación de los suelos incluidos en el *catálogo* y como ejemplo de las múltiples posibilidades de interpretación práctica que ofrece el conjunto de datos recopilados, se hace aplicación del sistema de evaluación desarrollado por De la Rosa et al. (1977) y de la metodología provisional establecida por FAO (1980).

Con relación al sistema de evaluación de suelos para diferentes usos agrícolas, es necesario advertir que con la aplicación de este método se lleva a cabo un proceso de interpretación práctica a partir de la caracterización de individuos-suelos e independientemente del análisis del resto de los factores físicos y socio-económicos que inciden en el proceso de producción de cosecha. Sin lugar a dudas, los factores climáticos y de manejo tienen un mayor peso que los edáficos en el desarrollo de los cultivos. Sin embargo, en igualdad de estas condiciones, las diferencias de suelos determinan la variabilidad de rendimientos. Esta variabilidad es la que establece el sistema de evaluación utilizado, mediante dases de aptitud relativa para una serie de cultivos frecuentes. Ello representa además un aspecto limitado de la capacidad de uso agrícola de los suelos, ya que dicha capacidad se considera un atributo multifactorial en el que incide no solamente la productividad potencial o aptitud relativa para determinados cultivos, sino también otras cualidades significativas de los suelos tales como regabilidad, fertilidad y manejabilidad.

El sistema utiliza las siguientes características edáficas: profundidad útil, textura, drenaje, contenido en carbonatos, salinidad, carácter sódico y tipo de desarrollo del perfil, como criterios de diagnóstico o evaluación. Para cada criterio establece una matriz de gradación entre los diferentes niveles de generalización y las necesidades específicas de cada cultivo, indicando el grado mínimo a que se deben ajustar las distintas características para corresponder a una determinada dase de aptitud. Se distinguen cinco dases: óptima, elevada,

moderada, marginal y nula, para cada uno de los cultivos seleccionados: trigo, maíz, melón, patata, soja, algodón, girasol, remolacha, alfalfa, melocotonero, cítrico y olivo.

Hay que insistir en el alcance de la evaluación de suelos realizada, que sólo hace referencia al perfil de suelo correspondiente, sin posibilidad de extrapolación absoluta a la unidad territorial que representa. En los casos en que el suelo presenta fuertes limitaciones para el uso agrícola, no se hace aplicación del sistema de evaluación, resaltando su clara vocación no-agrícola.

Con objeto de pronosticar los riesgos de degradación, se procedió a aplicar la metodología de FAO (1980) para la evaluación de la erosión hídrica de los suelos. Este pronóstico se expresa, para cada uno de los suelos incluidos en el *catálogo*, bien mediante una sola cifra (Erosión Actual) que representa la velocidad de degradación considerando el uso actual de ese suelo, o bien añadiendo una segunda cifra (Erosión Potencial) referente a la pérdida que se originaría en el suelo si fuese sometido a cultivo en el caso de que no lo esté.

El cálculo se lleva a cabo mediante la ecuación

$$E = R \cdot K \cdot P \cdot U$$

que no es más que una simplificación de la «U. S. Soil Loss Equation», y donde

E = pérdida de suelo en Tm/ha/año

R = índice de erosividad de las lluvias

K = índice de erodibilidad de los suelos

P = factor topográfico (longitud y valor de pendiente)

U = factor de uso y prácticas de conservación

La estimación de estos parámetros se realiza, siguiendo los criterios recogidos en dicha metodología, y a partir de la información correspondiente a cada estación meteorológica seleccionada y a cada descripción morfológica y analítica de los suelos del *catálogo*. En ciertos casos, fue necesaria la modificación de algunos criterios para ajustarlos a la información disponible.

La *tolerancia* a la pérdida de tierra se estableció en función de la profundidad útil de cada suelo, de su relación textural entre los horizontes profundos y el superficial, y de la densidad aparente de los horizontes afectados.

Los resultados así obtenidos se recogen en las tablas de capacidad de uso y conservación de los suelos, agrupados por provincia, y de acuerdo con la siguiente clasificación:

Clases de erosión	Pérdida de suelo (Tm/ha/año)	Tipos de tolerancia
Ligera	< 5	Muy baja
Moderada	5 –10	Baja
Elevada	10 – 15	Media
Muy elevada	> 15	Alta

Desde el punto de vista global de la degradación de los suelos, la erosión establecida en la descripción morfológica de cada perfil más las dos estimaciones de riesgos: erosión *actual* y *potencial* se podrían considerar respectivamente como pasado, presente y, tal vez, futuro del proceso de degradación de suelos en Andalucía.

TRATAMIENTO INFORMÁTICO

Como se adelanta en la INTRODUCCIÓN, este *catálogo* constituye una aplicación de la base informatizada de datos de suelos que a su vez, forma parte del Sistema de Información Ambiental de Andalucía (*Sinamba*). El Sistema se ha configurado como un conjunto de cinco bases de datos articuladas, en función de los componentes principales del medio natural: Suelo, Clima, Agua, Relieve y Uso Actual (Fig. 2).

La estructura inicial del Subsistema Edafológico, o base de datos de suelos (De la Rosa et al. 1983), ha ido evolucionando hacia una configuración más compleja y de mayores posibilidades de uso, tal y como se esquematiza en la Figura 3. De acuerdo con esta estructura, la información morfológica recogida en el *catálogo* se codificó haciendo uso de las tablas o claves desarrolladas a tal efecto, y al mismo tiempo se fueron completando algunas de las particularidades no determinadas en las descripciones de partida. Igualmente, la información analítica se fue tabulando según el diseño establecido para la recopilación de datos de laboratorio.

Ambas informaciones introducidas en el ordenador fueron procesadas siguiendo los programas de mantenimiento (MASUELO 1, 2 y 3) y de recuperación selectiva (RESUELOS), todos ellos desarrollados en lenguaje COBOL, con objeto de realizar las correcciones y manipulación de los registros. La aplicación posterior de los programas especiales BUJEO, ALBARIZA, ALMAGRA, y SALINO, desarrollados en FORTRAN, fue generando las descripciones morfológicas, tablas de datos analíticos y cuadros de evaluación que se corresponden con los «printout»³ que componen este *catálogo*.

La estructura actual del *Sinamba* se encuentra implementada en un ordenador SECOINSA S/40-2 que responde a las siguientes características: memoria central, 512 Kbytes; memoria de control, 256 Kbytes; disco resistente, 105 Mbytes; disco removible, 40 Mbytes; unidad disquette, 1.2 Mbytes; unidad cinta, 1.200 pies, 800/1.600 bpi; impresora, 132 cpl, 370 lpm; sistema operativo, UNIOS F4; y lenguajes, COBOL/FORTRAN/RPG II. Para aumentar la aplicabilidad y difusión del Sistema, la base de datos de suelos ha sido también implementada en un microordenador DRAGÓN 32: CPU, Motorola 6809 E; Ram, 32 Kbytes; Rom, 8 Kbytes; y lenguaje BASIC.

³ Los «printout» correspondientes a los programas ALMAGRA y SALINO aparecen reproducidos en caracteres de imprenta, con objeto de ofrecer una visión global de los cuadros de Evaluación de Suelos.

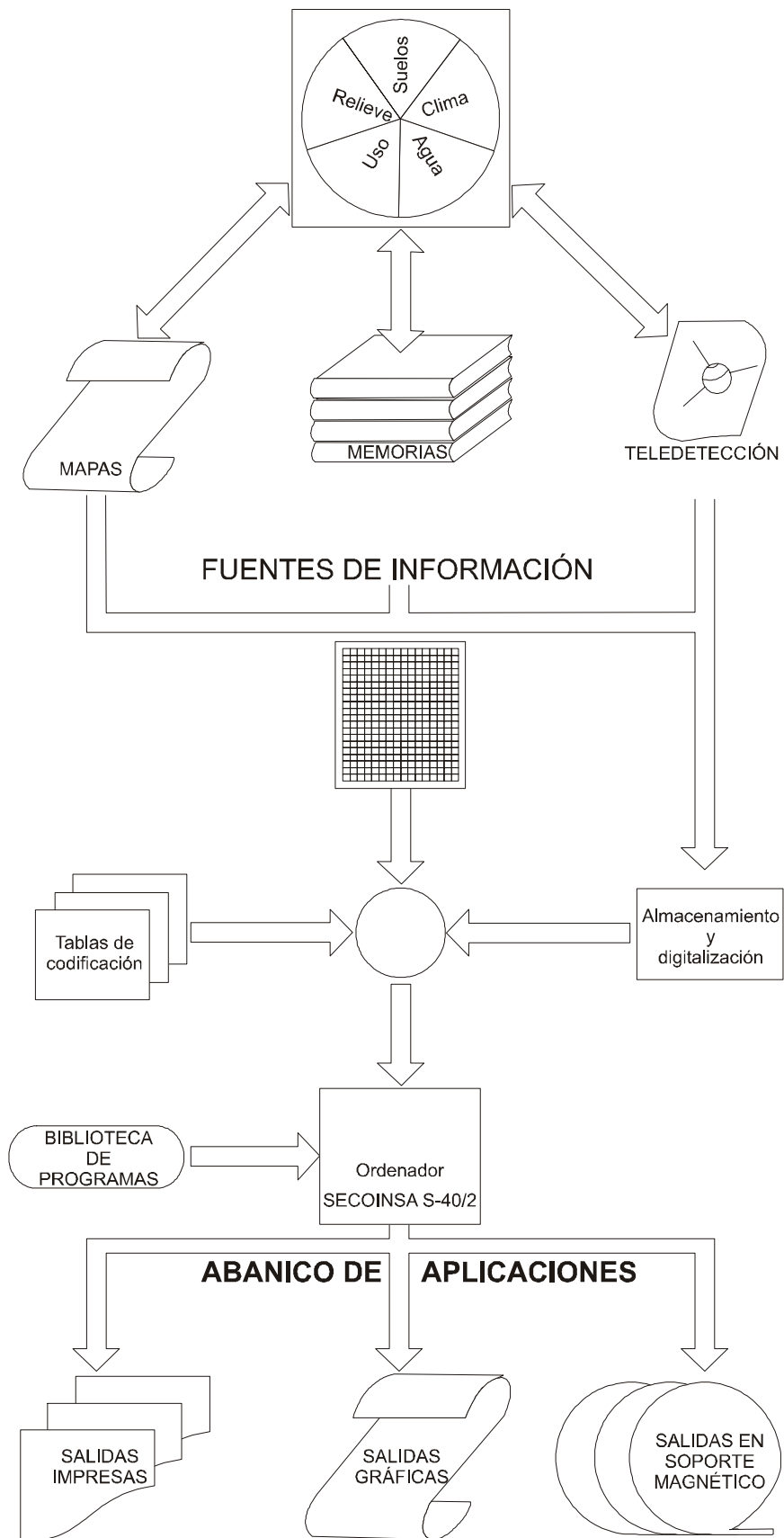


Fig. 2. Representación esquemática del Sistema de Información Ambiental de Andalucía (Sinamba).

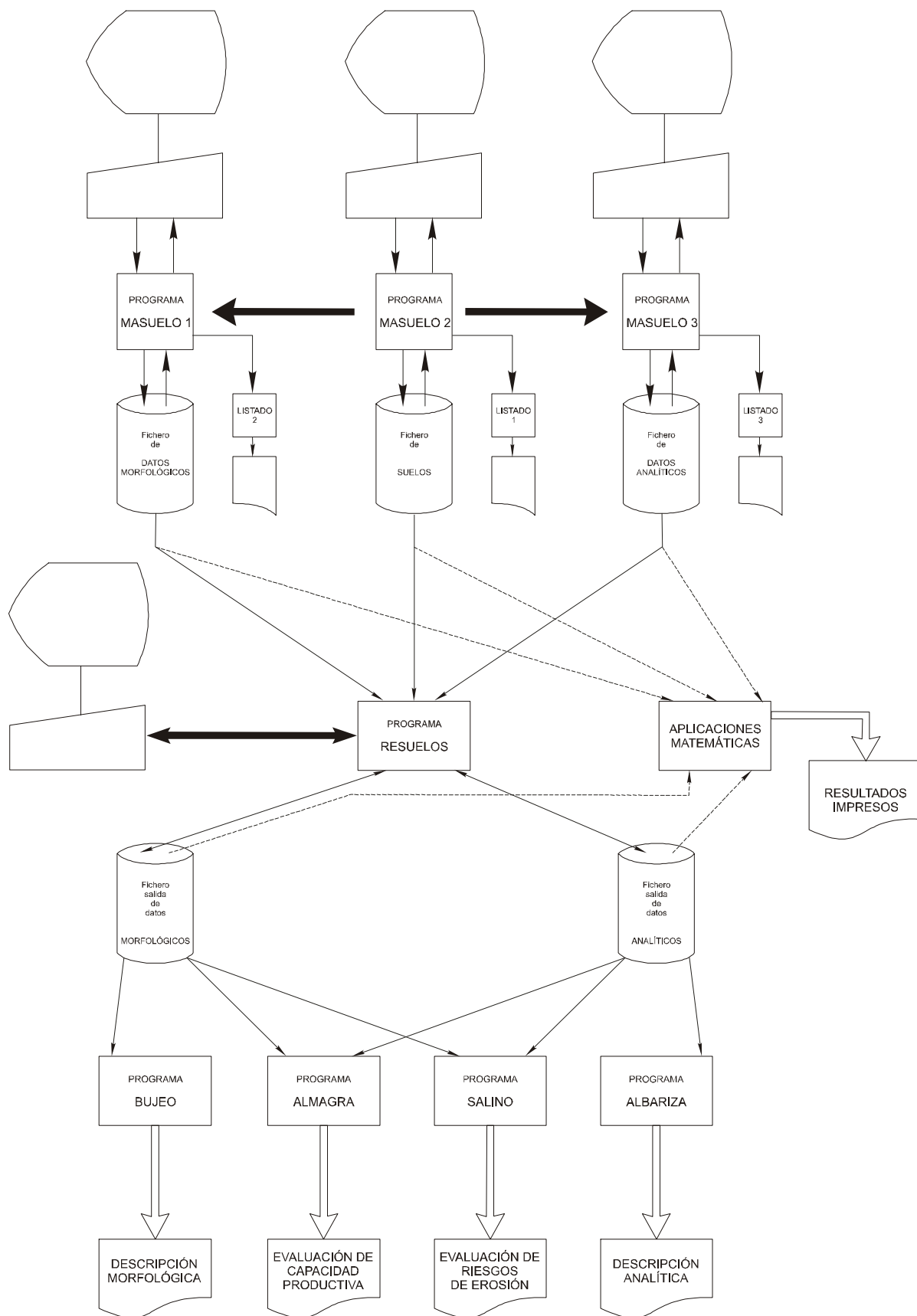


Fig. 3. Desarrollo informático de la base de datos de suelos, subsistema del Sinamba, que fue aplicada para la elaboración del catálogo.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

1. De la Rosa, D., F. Cardona y G. Paneque. 1977. Evaluación de suelos para diferentes usos agrícolas. *An. Edaf. Agrob.* 36: 1100-1112.
2. De la Rosa, D., J. Almorza y J. M. Puertas. 1983. *Estructura de una base informatizada de datos de suelos*. Pub. No. 2. Dirección General de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Sevilla.
3. FAO. 1966. *Guía para la descripción de perfiles de suelos*. Pub. FAO. Roma.
4. FAO. 1980. *Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos*. Pub. FAO y PNUMA. Roma.
5. Soil Survey. 1962. *Soil survey manual*. Agr. Handbk. No. 18. USDA. Soil Cons. Serv., Washington.
6. Soil Survey Staff. 1972. *Soil survey laboratory methods and procedures for collection soil samples*. Soil Inv. Rep. No. 1. USDA. Soil Cons. Serv. Washington.
7. Soil Survey Staff. 1975. *Soil taxonomy: A basic system of classification for making and interpreting soil surveys*. Agr. Handbk. No. 436. USDA. Soil Cons. Serv., Washington.