

**CONTENIDO**  
**CONCEPTO DE SUELO**

**ETAPA 1 - TEMA 1**

OBJETIVOS

DEFINICIÓN DE SUELOS

EL SUELO COMO SISTEMA ABIERTO TRANSFORMADOR DE ENERGIA. Basado en Boul, Hole y McCracken (1.991)

PERFIL DEL SUELO

SOLUM DEL SUELO

SECUUM DEL SUELO (Secuencia)

SECCIÓN DE CONTROL

SUELOS INDIVIDUALES: EL SUELO COMO COMPONENTE TRIDIMENSIONAL DEL PAISAJE

EL PEDÓN

EL POLIPEDÓN Y EL SUELO INDIVIDUAL

## CONCEPTO DE SUELO

### OBJETIVOS

Al finalizar el tema, el estudiante estará en capacidad de comprender el concepto de suelo que corrientemente clasificamos y representamos cartográficamente en los estudios agrológicos. Conocerá la evolución histórica del concepto y de la ciencia del suelo como campo de conocimiento.

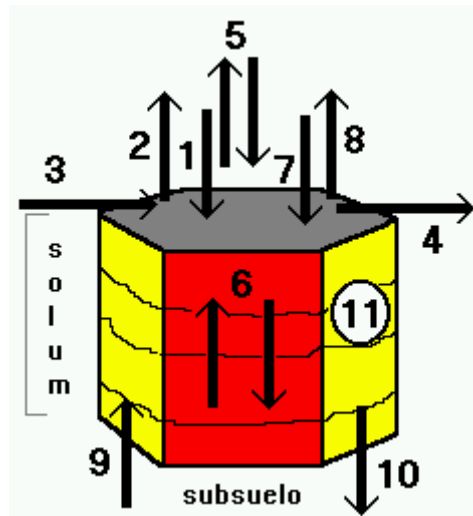
### DEFINICIÓN DE SUELO

El suelo es un cuerpo natural que se encuentra en la superficie de la Tierra, en la interfase donde [interactúan](#) la Litosfera con la Hidrosfera, la Atmósfera y la Biosfera. Limita por su parte superior con la Atmósfera y la Biosfera. Su límite inferior es transición hacia capas más profundas de la Litosfera (sedimentos, rocas y materiales alterados). Lateralmente, los cuerpos de suelo limitan con otros suelos, o con cuerpos que no son suelos (rocas, sedimentos, cuerpos de agua o construcciones humanas). Está compuesto de materiales inorgánicos (minerales, agua, aire) y orgánicos (materia orgánica [humificada](#) o no). Los componentes sólidos, se agrupan formando [agregados](#) que se yuxtaponen, dejando entre ellos poros que contienen a los componentes líquidos (agua) y gaseosos (aire). En general, los componentes tienden a ordenarse en capas más o menos paralelas a la superficie, que constituyen "horizontes".

El suelo tiene la capacidad para proveer de nutrientes, aire y agua, así como soporte mecánico, a la vida vegetal. Es el teatro de un conjunto de [procesos](#) denominados pedogenéticos, que producen su formación y evolución; por lo tanto, es una entidad dinámica que se forma, se desarrolla y se destruye, o pierde sus atributos y capacidades.

**EL SUELO COMO SISTEMA ABIERTO TRANSFORMADOR DE ENERGÍA.** (Basado en Buol, Hole y McCracken.-1.991)

El suelo constituye un manto continuo o casi continuo en la superficie de la Tierra emergida (que no está cubierta por las aguas de ríos, lagos, mares, etc.), que se forma y evoluciona en medio de flujos de entrada y salida de materiales geológicos constituyentes de la litosfera, biológicos, hídricos y atmosféricos, producidos a su vez, por flujos de energía gravitacional, radiante, química y biológica (ver figuras [1.1](#) y [1.2](#)). Los suelos individuales, que se extienden lateralmente para formar el manto referido anteriormente, y sus correspondientes horizontes, que le dan espesor en el sentido



**Figura 1.1** - Representación esquemática del suelo (*solum*) como un sistema abierto que intercambia materia y energía con su ambiente: 1 y 2 - ganancia y pérdida de agua; 3 - ganancia de sedimentos; 4 - pérdida por erosión; 5 - intercambio de gases con la atmósfera; 6 - translocaciones de materia entre horizontes; 7 y 8 - ganancia y pérdida de energía; 9 - ingreso de materia desde los materiales parentales; 10 - pérdidas de agua y solutos; 11 - transformaciones en el interior del suelo.

vertical, juegan papeles diferentes debido a su ubicación respecto a la estructura del ecosistema del que forman parte y al ambiente de éste. Mientras algunos suelos y horizontes se enriquecen en ciertas sustancias, a consecuencia de los *procesos pedogenéticos*, otros se empobrecen. Por ejemplo, en los Llanos Centrales de Venezuela, el horizonte mineral superficial (*horizonte A*) de un suelo bajo bosque semidecídúo, con el tiempo se enriquece en bases, debido al aporte continuo de la hojarasca, mientras que el subsuelo (*horizonte B*) se empobrece relativamente a causa de la persistente extracción de nutrientes que ejercen las raíces. De la misma forma, en un suelo de sabanas poco fértiles, es probable que los procesos predominantes involucren la lixiviación de las bases retenidas en los coloides (orgánicos e inorgánicos) de los horizontes superiores y el transporte de las partículas de arcillas insaturadas hacia horizontes más profundos.

Además del flujo vertical, existe también un intercambio lateral de material entre cuerpos de suelos adyacentes, debido principalmente a la acción del agua y los organismos en condiciones de relieve inclinado. Los suelos que ocupan una depresión en el paisaje cumplen el papel de receptáculos de agua, solutos y coloides en suspensión, y aún del material de suelo más grueso erosionado de muchos otros cuerpos de suelos ubicados en posiciones más altas en el mismo paisaje; de esa forma los suelos de la depresiones tienden a evolucionar mediante procesos dominados por las ganancias de materiales. Otros son los que aportan los materiales tomados por la erosión, evolucionan por procesos dominados por las pérdidas de materiales. Ya sea en uno u otro caso, un cuerpo de suelo (o incluso un conjunto de cuerpos de suelos asociados geográficamente y constituyendo una comunidad) se comporta como una entidad y persiste conservando los atributos que lo caracterizan, siempre y cuando se cumpla alguna de las dos siguientes condiciones: a) que ocurra una cubierta

protectora en forma de vegetación, una camada superficial de piedras y cantos, o una capa superficial cementada, que impida su eliminación por erosión. b) que se haya establecido un equilibrio dinámico entre los procesos de pérdidas y de ganancias. Por ello, tan pronto como dichas condiciones desaparecen, el suelo se destruye o se transforma.

Por lo expresado anteriormente, se deduce que el manto continuo de suelos se subdivide en cuerpos de suelos delimitados y se constata que cada cuerpo constituye un sistema abierto que tiene un presupuesto de entradas y salidas, resultantes de procesos complejos y perpetuamente dinámicos que incluyen:

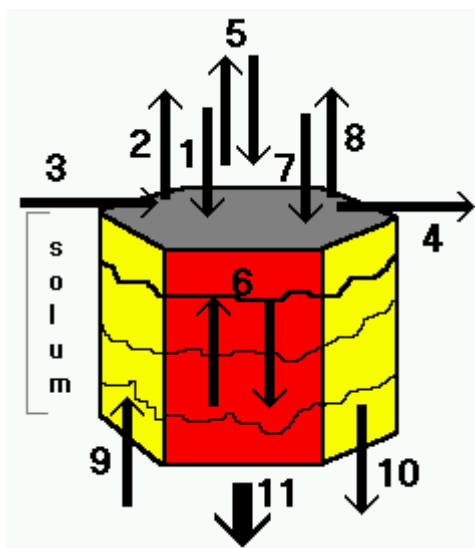
1. Intercambio entre el suelo y el medio de materia sólida, gases (tales como oxígeno y bióxido de carbono) y líquidos (agua y solutos), e intercambio de materiales dentro del suelo, como el intercambio de gases, o el transporte de agua, solutos y coloides (materia orgánica humificada y arcillas) desde los horizontes superiores a los inferiores. Todos esos intercambios constituyen trabajos desde el punto de vista físico, y su ocurrencia debe ser sostenida por un consumo de energía proporcionada, ya sea por el sistema suelo, por el medio o, en procesos complejos, por ambos.
2. Respuestas de control automático, como por ejemplo, la expansión y la contracción de masas de arcilla de un suelo ante los cambios de humedad o el reordenamiento de los componentes sólidos en nuevas unidades estructurales, al formarse los agregados de suelo.
3. Producción, transformación y consumo de nuevos materiales orgánicos y minerales. Mientras el sistema suelo produce e introduce en el ciclo nuevas formas de materiales orgánicos y minerales, otra parte de esa materia está siendo gastada en el mismo suelo como fuente de energía y de materia para los procesos, o es eliminada del sistema hacia el medio.

Debe destacarse que estos tres grandes tipos de procesos complejos se comprenden adecuadamente cuando se conciben como fenómenos que ocurren en una interfase llamada suelo, donde interactúan los sistemas litosfera, hidrosfera, atmósfera y biosfera.

El hombre considera al suelo como un recurso útil para sus propósitos, por ello trata permanentemente de introducirlo en una comunidad simbiótica de manera forzada, en la que los seres humanos, las plantas y los animales, se provean de sus necesidades mutuas pero siempre en beneficio del ser humano. Lo expuesto explica por qué el hombre interviene sobre ecosistemas que están más o menos en equilibrio, produciendo un impacto casi siempre negativo. Por ejemplo, en Venezuela es frecuente que las planicies aluviales subactuales, boscosas, asiento de una variada fauna de mamíferos y aves, sean deforestadas, el bosque sea sustituido por pastos de aptitud forrajera y se introduzca en ellas ganado vacuno como componente esencial de la fauna. Por otro lado, se destinan algunos sectores para la siembra de cereales, como sorgo y maíz, en la época de lluvia, seguido de ajonjolí hacia el comienzo de la época seca, terminando el sistema sin vegetación hacia el final de esta época. Es evidente que las acciones mencionadas producen una transformación radical del ecosistema original que, generalmente, conduce hacia su degradación y colapso.

Parte de la ciencia del suelo intenta comprender el impacto que la intervención humana tiene sobre el ecosistema como un todo, y sobre el suelo como un componente específico, particular, del ecosistema.

Los suelos son sistemas abiertos y complejos que aún no han estado sujetos a experimentos controlados para conocer los mecanismos por los cuales se forman y evolucionan ya que dichos procesos ocurren a una velocidad muy lenta como para que sus efectos sean visibles o medibles en lapsos humanamente razonables. En Estados Unidos el climatrón en los Shaw Gardens de San Luis, ha logrado reproducir una gran variedad de condiciones climáticas tropicales y subtropicales dentro de un solo espacio grande. Pero aún allí, los experimentos controlados en el desarrollo del suelo son difíciles de establecer. El suelo se perturba al ser introducido en lugares de estudio; el contraste de los factores de formación del suelo son insuficiente de un lugar a otro dentro del ambiente controlado como para dar lugar a respuestas medibles, además el tiempo transcurrido desde la construcción del climatrón es demasiado corto para producir perfiles de suelos reconocibles. Es concebible que experimentos de laboratorio con columnas de suelos podrían extenderse a paisajes en miniatura, bajo condiciones artificialmente controladas (no se conocen ejemplos de tales experimentos). En la Facultad de Agronomía de la UCV, se han desarrollado varios estudios de los procesos de óxido - reducción que afectan a los suelos inundados, utilizando para ellos columnas de suelos inalterados que fueron sometidas a procesos de saturación, inundación o drenaje. Los cambios químicos fueron medidos por medio de diferentes electrodos específicos (Rivillo, 1986, Rivillo y Adams, 1990).



**Figura 1.2** - Esquema de los flujos de energía del sistema suelo: 1 - ingreso de energía radiante; 2 - pérdida de energía por radiación; 3 y 4 - ganancia y pérdida de energía por sedimentación y erosión; 5 - intercambio de energía con el medio a través de organismos; 6 - transformaciones de energía dentro del suelo y translocaciones entre horizontes; 7 - ganancia de energía térmica por ingreso de agua más caliente que el suelo; 8 - pérdida de energía por evaporación o ingreso de agua más fría que el suelo; 9 - ingreso de energía desde el interior de la Tierra; 10 - pérdida de energía por conducción y convección; 11 - acción de la energía gravitatoria sobre el suelo.

En el pasado se consideró al suelo y al paisaje como entidades estables que se mantenían inalteradas a los ojos humanos, actualmente es un hecho comprobado y aceptado que ambos cambian

continuamente, desde el punto de vista físico, químico y biológico. Esos cambios se producen porque los suelos y sus cubiertas vegetales actúan como transformadores, receptores y transmisores de la energía radiante del Sol, la gravitacional y, eventualmente, de la calórica que emana del interior de la Tierra. El calor y la luz son transformados cuando intervienen en los procesos de fotosíntesis, evapotranspiración, descomposición, hidratación y secado, calentamiento y enfriamiento, lixiviación e intemperización, erosión (incluyendo las disoluciones) y deposición de material (véase fig. 1.2). En el balance energético del sistema suelo es importante la fotosíntesis producida por la flora y microflora asentada en el suelo. La intemperización se desarrolla predominantemente por medio de reacciones exotérmicas, el crecimiento de los organismos se fundamenta en las reacciones endotérmicas, porque necesitan un aporte externo de energía para mantener baja la entropía del sistema vivo. Los intercambios o las transacciones de materia y energía se verifican entre las plantas y los suelos, así como entre éstos y el agua que circula a través de ellos.

En el suelo los organismos y minerales compiten por los materiales móviles y lábiles, de fácil reactividad: gases, soluciones, coloides en suspensión y compuestos orgánicos derivados de la actividad biológica.

## PERFIL DEL SUELO

El [perfil del suelo](#) es una exposición lateral de los horizontes de un suelo individual por medio de un corte vertical. Debe captarse adecuadamente la idea de que el perfil es una representación bidimensional (plana) del suelo. Un suelo individual es un cuerpo de suelo (tridimensional) que puede definirse en función de los rasgos del perfil, cuyas disposiciones y combinaciones de atributos son únicas en una zona geográfica. (véase fig. 1.3). El hombre solo tiene contacto directo con la superficie del suelo, por ello el perfil de un suelo debe observarse en un hueco recién cavado, a lo largo del talud de una carretera o en muchos otros lugares donde sea posible observar las capas subsuperficiales. El estudio de los perfiles es una forma de conocer los atributos de un suelo.

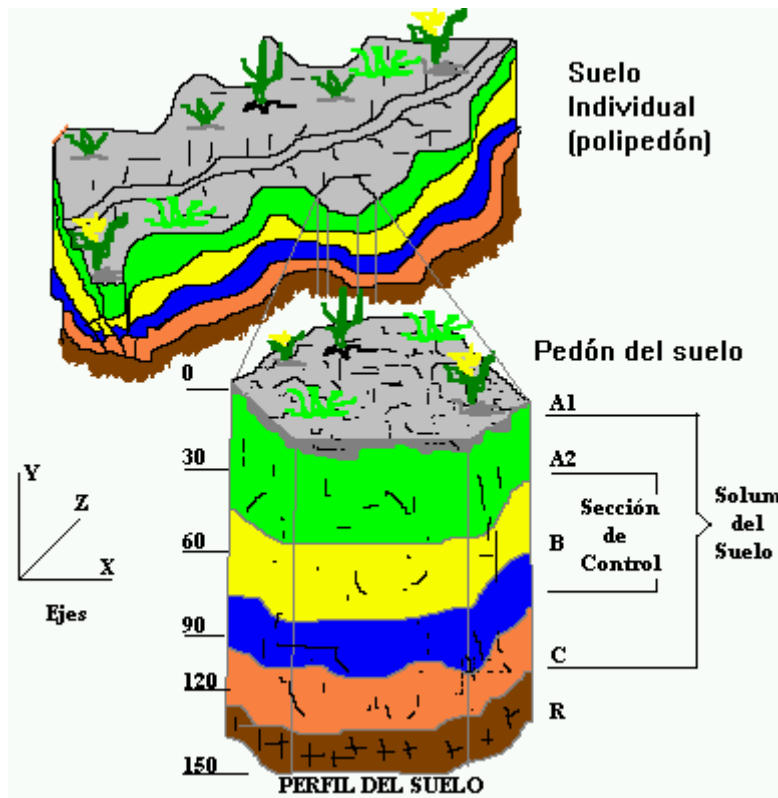
El concepto de [perfil de suelo](#) difiere del de una [muestra corriente de suelo](#). En el perfil se incluye más de una capa de suelo, mientras que la muestra, en general, corresponde solamente a una de las capas u horizontes (superficial o del subsuelo). Frecuentemente para representar un perfil de suelo se necesitan varias muestras correspondientes cada una a una capa u horizonte del perfil.

## SOLUM DEL SUELO

El conjunto de horizontes superiores, que son explorados por las raíces de la vegetación perenne se denomina "[Solum](#)". Normalmente los suelos tienen otros horizontes más profundos por debajo del solum, que constituyen la transición entre el suelo y los materiales subyacentes (sedimentos, rocas alteradas o rocas consolidadas).

El espesor de un suelo, incluyendo el solum y los demás horizontes inferiores, puede ser solo de algunos centímetros o hasta de varios metros, aunque en la práctica su estudio se limita a los dos

metros superiores y, con frecuencia, solamente a 1 m o 1,5 m superficiales. La determinación precisa del límite inferior del suelo es difícil.



**Figura 1.3** Un suelo individual o polipedón es una unidad en el terreno que se caracteriza por la posición en el espacio, el tamaño y la inclinación o pendiente de su superficie. El pedón es una porción representativa del polipedón. El perfil es un corte vertical que permite reconocer las capas u horizontes del pedón.

No obstante, se han dado varias definiciones (arbitrarias) de este límite (Soil Survey Staff, 1962). En muchos casos, la diferencia primordial entre suelo y ciertos tipos de materiales geológicos ([sedimentos](#) y [regolitos](#)), es la presencia en el suelo de raíces de plantas y depósitos de materiales orgánicos y minerales provenientes de la pedogénesis. Las plantas actúan como bomba aspirante - impelentes, por medio de las cuales los iones son tomados por las raíces, transportados a las partes aéreas de las plantas donde son incorporados a su materia viva y luego, depositados en la superficie del suelo al caer las hojas y demás restos de las plantas. Estos materiales vegetales depositados son tomados (consumidos, atacados, digeridos) por la fauna y la microflora que reside sobre el suelo y en sus porciones superiores y transformados en productos paulatinamente más simples, que son reincorporados al suelo donde nuevamente quedan al alcance de las raíces. Por consiguiente, puede pensarse que cualquier porción de la corteza terrestre alcanzada por las raíces de las plantas, está siendo transformada de material geológico, biológico o hidrológico, en suelo. Lo anterior significa que un cuerpo natural sólido, que contenga raíces activas de plantas, aunque no tenga color de suelo,

ni agregados de suelo ni horizontes, es un suelo en proceso de formación.

Complementariamente, y en sentido contrario, un cuerpo con composición, estructura y color de suelo, pero que no manifiesta la presencia de actividad biológica (principalmente raíces), no es un suelo. Un cuerpo como el descrito será el posible material parental de un suelo futuro o será un suelo muerto.

El solum no puede comprenderse adecuadamente sin observar, por lo menos, una capa por debajo de él, para descubrir, si es posible, porqué la zona radical se detiene donde está y, en algunos casos, porqué los materiales que han sido lixiviados de la zona radical se han depositado precisamente debajo de ella. Por ejemplo, si las raíces se detienen a una profundidad dada por una capa de [plintita](#), es importante, para la comprensión del solum, describir dicha capa de plintita.

### SECUUM DEL SUELO (Secuencia)

Los suelos son cuerpos tridimensionales, por lo tanto sus atributos pueden referenciarse en el espacio respecto a un sistema de tres ejes coordenados "x", "y" y "z", como muestra la figura 1.3. La mayoría de los suelos presentan una secuencia o "secuum" vertical a través del eje "y", de propiedades desde la superficie del suelo o en contacto con el aire libre, hasta una profundidad donde el material ya no puede considerarse influido por procesos edafogénicos, siendo, en general, material geológico (rocas, regolitos o sedimentos), pero en situaciones especiales puede tratarse de materiales biológicos acumulados o cuerpos de agua.

La secuum vertical en la mayoría de los suelos ofrece una distribución característica de atributos o patrón, como por ejemplo, la disminución del contenido de materia orgánica humificada con la profundidad. De igual manera, el contenido de arcilla generalmente aumenta hasta un máximo, a unos pocos decímetros por debajo de la superficie y luego decrece. Estos y otros cambios en las propiedades del suelo con la profundidad, son generalmente graduales por naturaleza, aunque existen límites bruscos en los horizontes superiores del suelo perturbados por el hombre y en algunos suelos con baja actividad biológica. También pueden existir límites bruscos entre horizontes cuando los suelos se han formado a expensas de sedimentos constituidos por capas de diferente textura o composición.

La secuum formada lateralmente (a lo largo de los ejes "x" y "z") muestra generalmente una variación gradual de cuerpos contiguos de suelos en dirección horizontal, salvo cuando es interrumpido por elementos contruidos por el hombre o por la presencia de otros cuerpos que no son suelos (por ejemplo, cuerpos de agua) o a causa de cambios laterales bruscos de los materiales parentales debidos a causas geológicas. Si la causa primordial de las diferencias entre los cuerpos de suelo que constituyen una secuencia horizontal es la variación de los materiales parentales, se trata de una litosecuencia. En otras ocasiones, estas secuencias laterales están muy relacionadas a los cambios del relieve (toposecuencias), a cambios en la biota (biosecuencias) o a cambios climáticos (climosecuencias). Se habla de cronosecuencia cuando los cuerpos de suelo, que constituyen la secuencia tienen diferente tiempo (edad), de evolución.



## SECCIÓN CONTROL

Algunos suelos son tan profundos, o tienen límites inferiores tan sutiles que, en la práctica, se clasifican y se cartografían sin un conocimiento del solum completo. A los efectos de establecer una referencia que permita comparar las descripciones de diferentes tipos de suelos, se define frecuentemente una "sección control", que es una porción del perfil del suelo delimitada en función de una profundidad arbitraria o una gama de profundidades, en centímetros, que se utiliza para medir o describir atributos característicos y representativos del suelo. En el trabajo de reconocimiento de suelos, la capa del suelo y/o material matricial comprendida entre las profundidades de 25 a 100 cm, se considera como la sección control en suelos sin horizontes B texturales ( o sea sin horizontes [argílicos](#)). Cuando está presente un horizonte argílico, se toma como sección control a los 50 cm superiores de ese horizonte argílico. En regiones donde se practica el riego o donde hay que utilizar drenajes, 1 metro no es profundidad suficiente para describir adecuadamente el suelo y, en consecuencia, debe utilizarse una sección de control más profunda. No obstante, donde estas prácticas no son comunes, deben hacerse interpretaciones prácticas de reconocimiento no mayores a 1mt. de profundidad.

## SUELOS INDIVIDUALES: EL SUELO COMO COMPONENTE TRIDIMENSIONAL DEL PAISAJE.

### EL PEDÓN.

El cuerpo de suelo individual está limitado lateralmente por otros cuerpos de suelos o por materiales que no son suelos. Los cuerpos de suelos adyacentes pueden diferenciarse entre sí sobre la base de los atributos del solum ( color, textura, estructura, espesor, etc.). Por ejemplo, el suelo individual A, puede reconocerse porque tiene un solum dentro de una gama de profundidades de 60 a 100 cm a lo largo del eje "y", tácitamente se admite que existen otras dos clases de suelos individuales asociados con el primero: uno con un solum de más de 1 metro de espesor y el otro con un solum con menos de 60 cm de espesor. Si bien el suelo puede describirse en un perfil (sección vertical bidimensional que contiene los ejes coordenados "x"- "y" o "z"- "y" de la figura [1.3](#)), su naturaleza tridimensional corresponde a la de un cuerpo o volumen que se extiende en las direcciones x-y-z. El volumen más pequeño de suelo que puede reconocerse como suelo individual se denomina "[pedón](#)" (Soil Survey Staff, 1960), y representa el volumen de suelo mínimo necesario y suficiente para describir y hacer un muestreo de la cobertura pedológica de un sitio dado.

Un pedón es el volumen más pequeño que puede ser reconocido como un tipo específico de suelo. Su límite inferior corresponde a la capa difusa, y algo arbitraria, que separa al suelo propiamente dicho, del sustrato que es claramente "no suelo". Las dimensiones laterales son lo suficientemente grandes como para permitir el estudio de la naturaleza de cualesquiera de los horizontes presentes, pues un horizonte puede ser variable en espesor o aun discontinuo, por lo tanto, su extensión debe permitir captar esas variaciones. Su área por lo general, va de 1 a 10 m<sup>2</sup>, pero en casos especiales puede ser necesario definir pedones de dimensiones mayores, lo que depende de la variabilidad en los horizontes. Cuando éstos son intermitentes o cíclicos y se repiten a intervalos lineales, éste incluye una mitad del ciclo. Así cada pedón incluye la gama de variabilidad de horizontes que existe

dentro de estas áreas pequeñas. Cuando el ciclo es menor de 2 metros o cuando todos los horizontes son continuos y de espesor uniforme, el pedón tiene un área de  $1 \text{ m}^2$ . Por otra parte, dentro de estos límites, cada muestra incluye la gama de variabilidad de horizontes asociados con esa pequeña área. Esta definición implica que un pedón es el volumen mínimo de suelo que debe estudiarse, describirse y muestrearse, en representación de un suelo.

Así, el concepto de pedón se superpone al de perfil de suelo, al incluir tanto la dimensión lateral como la vertical de un suelo, pero considera además, la tercera dimensión y pone límite al volumen mínimo que se va a examinar. Por ello, para describir adecuadamente un suelo individual, se recurre al pedón como unidad de observación y muestreo. En la práctica, la descripción y muestreo de un pedón se realiza excavando calicatas, las cuales, si bien normalmente no permiten estudiar realmente el volumen íntegro del pedón, exponen para la descripción hasta cuatro perfiles (las paredes de la excavación).

## EL POLIPEDÓN Y EL SUELO INDIVIDUAL

Normalmente los cuerpos de suelos individuales tienen una extensión y volumen mayor que la del pedón. En esos casos, el volumen total está constituido por una asociación o agrupamiento de pedones idénticos, como si fueran un conjunto de pedones polimerizados.

Un cuerpo de suelo individual se denomina "polipedón" cuando consta de más de un pedón. El concepto de polipedón proporciona el enlace esencial entre (las entidades básicas de muestreo de suelos, los pedones) y los suelos individuales, que forman unidades naturales físicas, y las unidades conceptuales en el sistema taxonómico que se utilice para clasificar suelos. El polipedón se define como un conjunto de pedones contiguos cuyos atributos se encuentran dentro de la gama definida para una sola serie de suelos. Es un cuerpo de suelos real, físico, limitado por "no suelo" o por polipedones de carácter diferente respecto de los criterios aceptados y utilizados para definir series. Su tamaño mínimo es el mismo del pedón, pero no tiene área máxima prescrita. Sus límites con otros polipedones se determinan más o menos exactamente por definición de los atributos correspondientes.

Estos conceptos permiten dividir el continuo del suelo en suelos individuales o unidades individuales, y de acuerdo a sus atributos clasificarlos según a diversos sistemas taxonómicos.