

Facultad de Ingeniería
Departamento de Agrimensura
Unidad 6
Curso 2008

SUELOS

Lic. Patricia G. Sunesen
Lic. Andrea Cumba

UNIDAD 6 **SUELOS**

Desde el punto de vista de la Geografía Física el aspecto más importante de la Edafología (Ciencia que se ocupa del estudio de los suelos), es la clasificación de los suelos en grandes clases y subclases en relación con su área de distribución sobre las superficies continentales terrestres. Los geógrafos están particularmente interesados en el modo cómo los aspectos climáticos, sustrato y morfología terrestre están relacionados con la distribución de los tipos de suelos. Los geógrafos también se interesan por los tipos de vegetación natural asociados con cada una de las grandes clases de suelos. La Geografía de los suelos es de este modo un ingrediente fundamental en la determinación de las características del medio en cada una de las regiones del globo- importante para que la fertilidad del suelo, junto con la disponibilidad de agua dulce, constituya la medida básica del potencial del medio de una región para la producción de alimentos destinados a la especie humana.

El suelo constituye la epidermis de la Tierra, la parte más superficial de la corteza terrestre. Es un complejo que resulta de la interacción del sedimento con la atmósfera y es el lugar donde se producen y retienen los nutrientes de las plantas. También retiene y almacena el agua que utilizan las plantas. El gran papel del clima es el de variar el aporte de agua y calor que se recibe en el suelo. Esta misma energía calorífica y este agua son los responsables del desmenuzamiento y de las alteraciones químicas que se dan en la roca, las cuales aportan la materia mineral al suelo y que es la fuente de gran parte de los nutrientes que obtienen las plantas para vivir.

Pero el clima en su actuación sobre la roca no puede hacer por sí solo un suelo capaz de albergar una rica cobertura vegetal. Las plantas por sí mismas, junto con otras formas diferentes de vida animal, juegan un importante papel en la determinación de las cualidades de una capa edáfica en particular. Estas características se han desarrollado a lo largo de los siglos por interacción de los procesos orgánicos con los procesos físicos y químicos del suelo. Los primeros incluyen en su ámbito la síntesis de los componentes orgánicos, los cuales serán añadidos, en último término al suelo. Las plantas utilizan los nutrientes minerales para construir su complejo orgánico de moléculas. Con la muerte de los tejidos vegetales estos nutrientes serán de nuevo liberados y agregados al suelo, donde serán de nuevo utilizados por las plantas vivas.

La dinámica del suelo.

El suelo se constituye como una capa dinámica, en el sentido de que una gran cantidad de complejas reacciones fisico-químicas se llevan a cabo simultáneamente en su interior. Puesto que las condiciones climáticas y la cobertura vegetal varían enormemente de un lugar a otro del planeta, los efectos combinados de ambos en la actividad de formación del suelo se expresarán directamente en los diferentes ámbitos.

El geógrafo está interesado profundamente por las diferencias entre los suelos de los diversos lugares. La capacidad de un determinado tipo de suelo para producir alimento a partir de los cultivos, define claramente qué áreas del globo mantienen la mayor parte del contingente poblacional humano.

A pesar de los cambios en la distribución de la población que últimamente se han generado gracias a la tecnología y a la industrialización, la mayor parte de los habitantes del planeta viven todavía sobre los suelos que les suministran alimentos. Por otra parte, muchos de ellos mueren porque el mismo suelo no aporta una dieta adecuada para todo aquel que lo requiere.

Las sustancias del suelo se pueden hallar en su tres estados, es decir que el suelo es un sistema trifásico. La porción sólida está compuesta tanto por sustancias orgánicas como inorgánicas (minerales). La porción líquida presente en el suelo consiste en una compleja solución susceptible de provocar numerosas e importantes reacciones químicas. Los gases que se encuentran en los poros abiertos del suelo no sólo están formados por gases atmosféricos, sino también por aquéllos que son liberados a partir de la actividad biológica y las reacciones químicas que en él se desarrollan.

En Edafología, el término suelo es una capa superficial natural que contiene en su seno materia viva y que mantiene o es capaz de mantener una cobertura vegetal. Para la Mecánica de Suelos, es la aplicación de las leyes de la mecánica y la hidráulica a los problemas del asentamiento de obras civiles, en relación con sedimentos y otros depósitos no consolidados, producto de la desintegración física y química de las rocas. Para la Ingeniería Civil es la parte superior de la corteza terrestre, y se la denomina tanto bajo la forma de suelo o bien tierra.

Para la Ingeniería en Minas o Geología de Yacimientos el suelo es el conjunto de sedimentos que cubren las rocas sobre las cuales debe trabajar; por lo tanto, es un estorbo que debe superar.

Para la Ingeniería en Caminos puede ser el material sobre el cual debe asentarse una carretera; si sus propiedades son favorables, será utilizado, de lo contrario deberá ser sustituido.

Para la Ingeniería Agronómica, el suelo es estudiado como cuerpo de sostén de plantas y fuente de provisión de nutrientes.

La Pedología o Edafología, por su parte, es la rama de la Geología que estudia el suelo desde un punto de vista genético y como sector superficial de la corteza terrestre en constante evolución, ya que incluye un inicio, juventud y madurez, hasta llegar a su senilidad. Puede tener unos pocos centímetros de espesor en regiones montañosas hasta varios metros en regiones de llanura.

Los suelos constituyen el medio natural en el cual el hombre desarrolla el mayor número de actividades: sobre él camina, asienta sus viviendas, edificios públicos y caminos, realiza actividades industriales y obtiene la mayor parte de los alimentos y fibras para su indumentaria. El nivel de vida de una población está determinado, en cierto modo, por la calidad de sus suelos: ello incide en la calidad de las plantas y por ende de los animales. El suelo es un recurso escaso si se tiene en cuenta que sólo la cuarta parte de la superficie de la Tierra está constituida por las masas continentales, en donde el hombre desarrolla casi todas sus actividades. Si se considera además que una gran extensión de las masas continentales está ocupada por desiertos y montañas con sus afloramientos rocosos, resulta que los suelos aprovechables constituyen una reducida superficie.

Historia de la Pedología

El interés de los pueblos agricultores por conocer la tierra que pisamos es ancestral, y surge como una necesidad por recoger sus frutos para la vida. Los agrónomos de fin del siglo XVIII fueron los artífices de la ciencia del suelo. Particularmente entre 1770 y 1790, como una consecuencia social precursora de los eventos posteriores de Europa (La Revolución Francesa y guerras del Imperio), se favoreció el desarrollo de nuevas ideas. Dos hombres, S. de Rieule, francés que trabajaba en Polonia y J de Beunie de Bruselas, son conocidos como grandes precursores de la pedología moderna. Stéphane de Rieule es el autor del libro "Memorias de la Agricultura en General y de la Agricultura en particular de Polonia" en 1765; define los principales grupos de suelos de Polonia en categorías, y distingue bandas geográficas en relación con la naturaleza de las rocas. También, da indicaciones precisas sobre el comportamiento y composición de los suelos y métodos de estudio. Diseña un barreno semejante al que usamos en nuestros días y recomienda su uso para conocer las diferentes partes del subsuelo.

A fines del siglo XVIII nace en Inglaterra la geología moderna, y esa primera generación de geólogos se interesa por la agricultura en relación con la alteración de las rocas. Así, James Hutton (1726-1797), escocés, autor de "La teoría sobre la tierra"; escribe al fin de su vida un tratado de agricultura. Murchison (1792-1871), compañero de Lyell, el es primero en mencionar a los chernozems en la Sociedad Geológica de Londres en 1842, al estudiar las formaciones geológicas rusas. En Francia, Cyprien Brard autor de "Los minerales que son empleados en la agricultura", crea el término "geonomía". Los dos grandes estratígrafos franceses de mitad de siglo son Armand Dufrenoy (1792-1857) y Léonce Elie de Beaumont (1798-1874). Ambos publican la carta geológica de Francia, y este último dice en sus lecciones de geología práctica: "la tierra vegetal que cubre las rocas dificulte la investigación geológica, pero la tierra vegetal en sí misma es un objeto de investigación".

En Alemania y Francia aparecen los agrogeólogos entre 1850 y 1870 como una demanda de origen geológico para estudiar, definir e inventariar los suelos, y a comienzos del siglo XX comienzan las primeras reuniones sobre *agrogeología*. El término *Pedologie* (*pedología*) fue creado por el alemán Fallou en 1862 para separarlo del concepto de *Agrologie* (*agrología*) creado por Gasparín en 1841, que se refiere al estudio del suelo bajo cultivo. El mérito de Albert Fallou (1794-1877) fue considerar que el suelo no pertenece a una formación rocosa sino que es una formación en sí misma, y que la ciencia del suelo es una ciencia independiente. El término "*Soil science*" aparece en USA a fines del siglo XIX y es usado en 1916 por Lipman, fundador de la revista homónima.

Pero los geólogos lideran la geología, no la ciencia del suelo. Entre 1880 y 1910 la pedología se hace genética. Alrededor de 1880 se producen los mayores cambios en la ciencia del suelo. La evolución de la ciencia en general y la aparición de un hombre de estatura excepcional, se conjugan con las necesidades económicas y la evolución intelectual de sus predecesores. De 1876 a 1883 la pedología se constituye en la ciencia de un pequeño grupo de hombres de la Universidad de San Petersburgo, en Rusia, dirigidos por Vassili Vassillivich Dokuchaev. Dokuchaev aporta una nueva visión de los suelos, en su tesis "El chernozem ruso" para optar al título de Doctor en "*geognosia y mineralogía*".

Los paradigmas de Dokuchaev: ¿Cuáles fueron las ideas novedosas que hicieron su tesis significativa?. Un nuevo objeto con su propia individualidad: EL SUELO. Sus predecesores consideraron suelo como la porción triturada de la parte superior de las rocas. Algunos hasta pensaron, en forma extremista que los suelos eran una creación de la agricultura, otros más criteriosos, como Elie de Beaumont(1842), permanecían en una fase de observación. Físicos, químicos e ingenieros agrónomos acumulaban datos y comenzaban a desentrañar las leyes

concernientes al estado, origen y mecanismos que afectan la dinámica del suelo. Pero todo esto en forma dispersa, sin visión sintetizadora.

Dokuchaev reconoce en sus trabajos de campo que el suelo obedecía a leyes del determinismo sus características estaban ligadas a fenómenos de la naturaleza. Dice: "El suelo es el resultado de la actividad conjunta de los siguientes agentes: organismos vivos y muertos, roca madre, clima, relieve del lugar" y, dejando de lado la evolución química y geólogo-petrográfica, "el suelo existe como un cuerpo independiente con una cierta fisonomía, que tiene su propio origen y propiedades específicas". En 1883 define al suelo como: "los horizontes exteriores de las rocas naturalmente modificados por la influencia conjunta del agua, del aire y de los organismos vivos y muertos". También se hablaba de "suelo como cuerpo independiente y variante".

Sintetizando, es posible decir que las ideas originales fueron tres:

- 1 - El suelo es un cuerpo natural y variante. Lo presenta como un objeto nuevo, que necesita métodos de estudio especiales, leyes nuevas y un vocabulario que poco a poco fue perfeccionado por él y sus discípulos, uno de cuyos más destacados fue Sibirtzev.
- 2 - Independencia de los fenómenos naturales. Ese concepto lo erige en uno de los fundadores de la Ecología, y tanto su libro de 1892 (Nuestras estepas antes y ahora), como su plan de explotación de la estepa rusa dan testimonio de ello.
- 3 - La zonalidad de los suelos. Esta idea surge al final de su vida, contrariamente a la opinión de que ha sido esencial en su teoría inicial, y después de sus expediciones a Asia central. Además de la formulación de sus ideas, supo hacer "ver" el suelo a sus discípulos, y difundió sus ideas tanto a la comunidad científica rusa como así también entre los campesinos, para quienes en definitiva trabajaba.

LOS PRIMEROS TIEMPOS EN LA ARGENTINA

El interés sobre el conocimiento del suelo no nace como tal, sino como una necesidad del gobierno nacional en conocer la productividad de las tierras y para orientar el proceso de inmigración. A partir de Caseros comienza la gran epopeya de poblar el país y entre 1857 y 1914 se produce la "gran inmigración". La implantación de colonias agrícolas (San Juan, 1855, en Corrientes; San José, 1857, en Entre Ríos y Esperanza, 1853; San Gerónimo, 1858 y San Carlos, 1859 en Santa Fe), contribuyó a desarrollar la agricultura en la pampa húmeda, cuya economía hasta entonces era esencialmente ganadera. El presidente Domingo F. Sarmiento (1811-1888) crea el Departamento de Agricultura en 1872 que dependía del Ministerio del Interior. Debieron pasar varios años hasta que el presidente Julio A. Roca (1843-1914) creara el Ministerio de Agricultura de la Nación en 1889. Algunas referencias sobre análisis de tierras ya aparecen en 1892 en el Boletín de Agricultura de la Nación y en 1898 se solicita la realización del "Mapa de suelos de la República Argentina".

Vinculada a este proceso de organización nacional, está la figura del ingeniero agrónomo Pablo Lavenir (1858-1947). El ingeniero Lavenir fue el organizador y orientador de los estudios de agrología y química agrícola que se realizaron en el Ministerio de Agricultura de la Nación. Agrólogo argentino por adopción, llegó al país en 1887, solicitado por el gobierno de la Provincia de Buenos Aires como docente del Instituto de Agronomía y Veterinaria de Santa Catalina, que más tarde fue transferido a La Plata como Facultad de Agronomía y Veterinaria. En 1901 crea la Sección Tierras del Ministerio de Agricultura, que dirigió hasta 1928 y fuera el centro de las investigaciones agroológicas del país. Entre 1905 y 1910 publica en los Anales del Ministerio de Agricultura, los primeros estudios sobre suelos de la Argentina, que consistían en el análisis de muestras extraídas a dos profundidades (30 y 60 cm), y que denominó suelo y subsuelo, analizando 6.891 muestras. Su primer trabajo se denominó "*Contribución al estudio de los suelos de la República Argentina*" que si bien no es de carácter genético, constituye una referencia histórica.

Las mencionadas contribuciones están precedidas por normas de análisis y principios de interpretación y clasificación de las tierras sobre la base de su composición. No obstante los métodos empleados entonces, constituyen un verdadero archivo documental sobre las características de nuestras tierras. Lavenir hace mención, en 1903, que las muestras recolectadas mostraban "muchas analogías de composición y constitución, que no hubiera sido posible prever con aquellas tomadas aisladamente y al acaso en toda la República". Vemos ya la idea de regionalización y distribución geográfica de las propiedades de los suelos. Realizó numerosas publicaciones sobre estudios agrológicos de varias provincias, y antes de su retiro en 1928, publicó en 1922, el Estudio de Suelos de la Gobernación de La Pampa, en la que ya relaciona los análisis químicos con el conjunto fisiográfico-ecológico, el cultivo del trigo en función del suelo, el loess originario, y las aguas como factor de la vida humana y de la explotación agropecuaria.

El estudio de los suelos no se hace genético de pronto, sino que paulatinamente junto con la necesidad de conocer el suelo, se comienza a desarrollar la cartografía de suelos, a considerar y comprender la influencia de los factores del medio. Pero debieron pasar más de 20 años hasta que las distintas ramas de la ciencia del suelo adquirieran identidad.

Las dos décadas siguientes estuvieron dominadas por el advenimiento de los agrogeólogos, que vinculaban su conocimiento naturalista con los intereses productivos. Aquí, si queremos hacer un nexo entre el ámbito aplicado y los estudios con tendencia genética, debemos recordar que a principios de siglo también llegaron al país los primeros geólogos que comenzaron desde su óptica el estudio de los materiales geológicos, y publicaron sus resultados, como Carl Buckhardt, 1907: *La Formación Pampeana de Buenos Aires et Santa Fe*; Adolphe Doering, 1907: *La Formation Pampeana de Córdoba*. Más modernamente, Santiago Roth (1921) *Investigaciones geológicas en la llanura pampeana*. En 1922, *Investigaciones geológicas en la migración de la Patagonia durante los años 1897-1899*. También, en 1929, el geólogo G. Bonarelli y el químico E. Longobardi, realizan el que es considerado el primer mapa de suelos de la Argentina denominado *Mapa Geagrológico y minero de la Provincia de Corrientes*.

Con la creación del Instituto de Suelos y Agrotecnia, del Ministerio de Agricultura de la Nación, en 1943, se diversifica y nomina formalmente el estudio de los suelos según distintos tópicos: génesis, evolución y clasificación de suelos; geografía de suelos; geología agrícola; química mineral y fisicoquímica; física y coloides; microbiología y bioquímica: fertilidad del suelo y nutrición vegetal. Los considerandos de creación de la Institución responden a intereses eminentemente prácticos, pero para la concreción de los objetivos se incorporan disciplinas científicas vinculadas a la génesis de los suelos y se reconoce la importancia de la sedimentología y petrología en el estudio de los mismos. Así, dentro de geología agrícola quedan involucrados el estudio de la geografía de los materiales originarios, rocas y sedimentos, condiciones geomorfológicas, investigación petrográfico-mineralógica de las rocas originarias y procesos de temperización. Análisis mineralógico de suelda y estudios geológico-petrográfico de los recursos naturales vinculados a fertilizantes.

Factores de formación

¿Qué factores serán los que condicionen los cambios en los materiales originales hasta formar el suelo?. Está claro que la roca o sedimento, con su aporte masivo de minerales, será un factor importante en la formación del suelo. ¿Pero qué otros factores influirán?. El suelo se forma a partir de una roca o sedimento y también a partir de restos vegetales y animales, por tanto, los organismos también constituyen un factor importante. Si se comparan los suelos de regiones húmedas y los de regiones áridas salta a la vista el importante papel que juega el clima en la formación del suelo. Por otra parte, si analizamos la distribución de los suelos en una zona montañosa, observaremos como los suelos se encuentran escalonados en el paisaje. Por último, es evidente que los cambios que se producen en el material para pasar de roca o sedimento a suelo necesitan para desarrollarse que transcurra un determinado tiempo y este tiempo representa el quinto y último factor en la formación del suelo.

El suelo puede ser considerado como una determinada combinación de sus factores formadores. Esta concepción del suelo fue expresada por primera vez por Jenny en 1940 según la siguiente ecuación:

$$S = f (cl, o, r, p, t)$$

Representando "S" al suelo, "f" es una función, "cl" al clima, "o" a los organismos, "r" al relieve, "p" a la roca madre y "t" al tiempo.

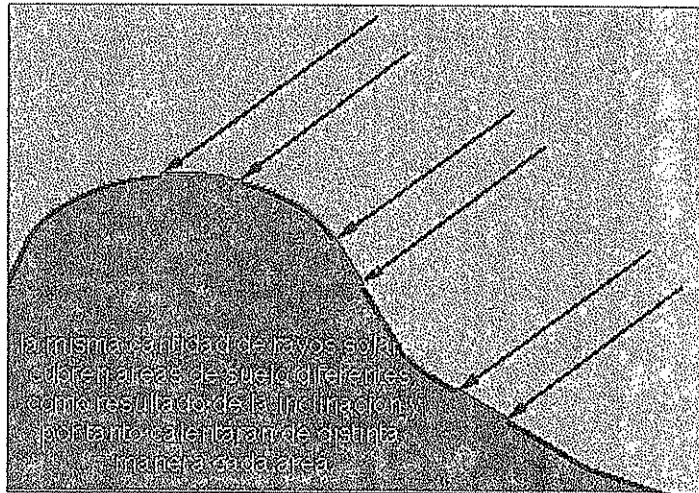
Esta ecuación es muy importante pues representa que para una determinada combinación de los factores formadores sólo puede existir un tipo de suelo (la misma combinación de factores originará siempre el mismo tipo de suelo independientemente del lugar geográfico en que se encuentre). Igualmente importante es que la magnitud de cualquiera de las propiedades del suelo, tales como pH, contenido en arcillas, porosidad, etc., está determinada por la combinación de estos factores formadores.

Para evaluar la influencia de cada factor formador en las propiedades del suelo, basta en teoría con mantener constantes todos los demás, (hecho que frecuentemente es difícil de encontrar en la práctica).

Así para ver la importancia del tiempo, la ecuación fundamental quedaría así:

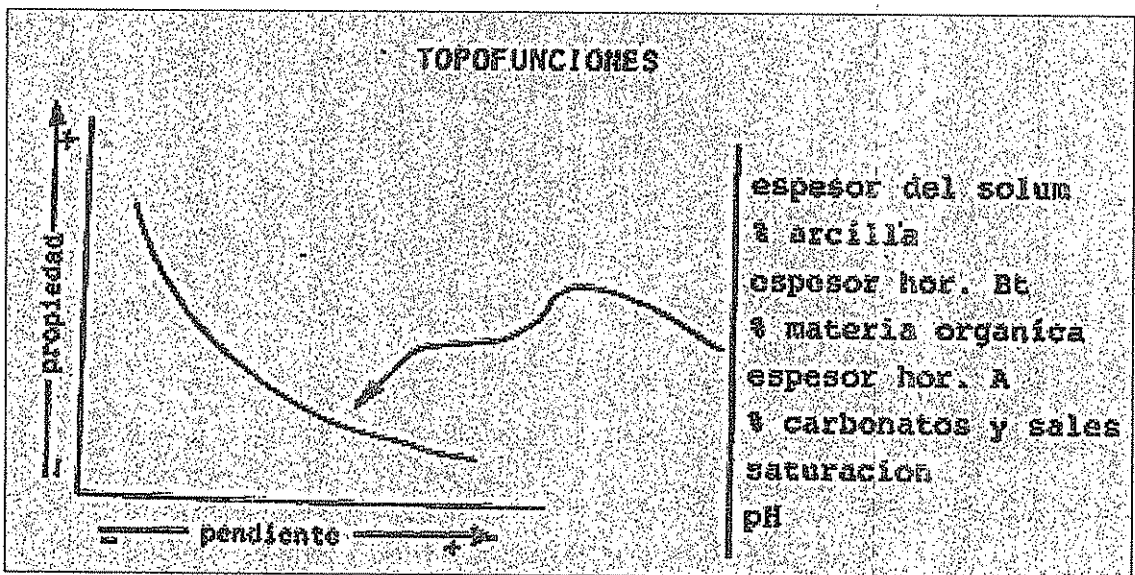
$$S = f(t) \text{ cl, o, r, p; siendo cl, o, r, p = constantes}$$

La variación de cualquier propiedad del suelo depende exclusivamente del tiempo. Así, en el tiempo cero, suelo y material original se funden uno en el otro. Variando el tiempo irán apareciendo una serie de tipos de suelos, cada vez mas evolucionados, cuyas propiedades serán una consecuencia directa de la edad y obtendríamos lo que se llama una CRONOSECUENCIA. Por otra parte, si aislamos el factor roca madre (y mantenemos constantes a todos los demás) tendríamos una LITOSECUENCIA. Aislando el factor relieve obtendríamos una TOPOSECUENCIA o CATENA, si es el clima el único factor variable tenemos la CLIMOSECUENCIA y finalmente la acción de los organismos vendría representada en una BIOSECUENCIA.



Relaciones entre el relieve y las propiedades y constituyentes del suelo

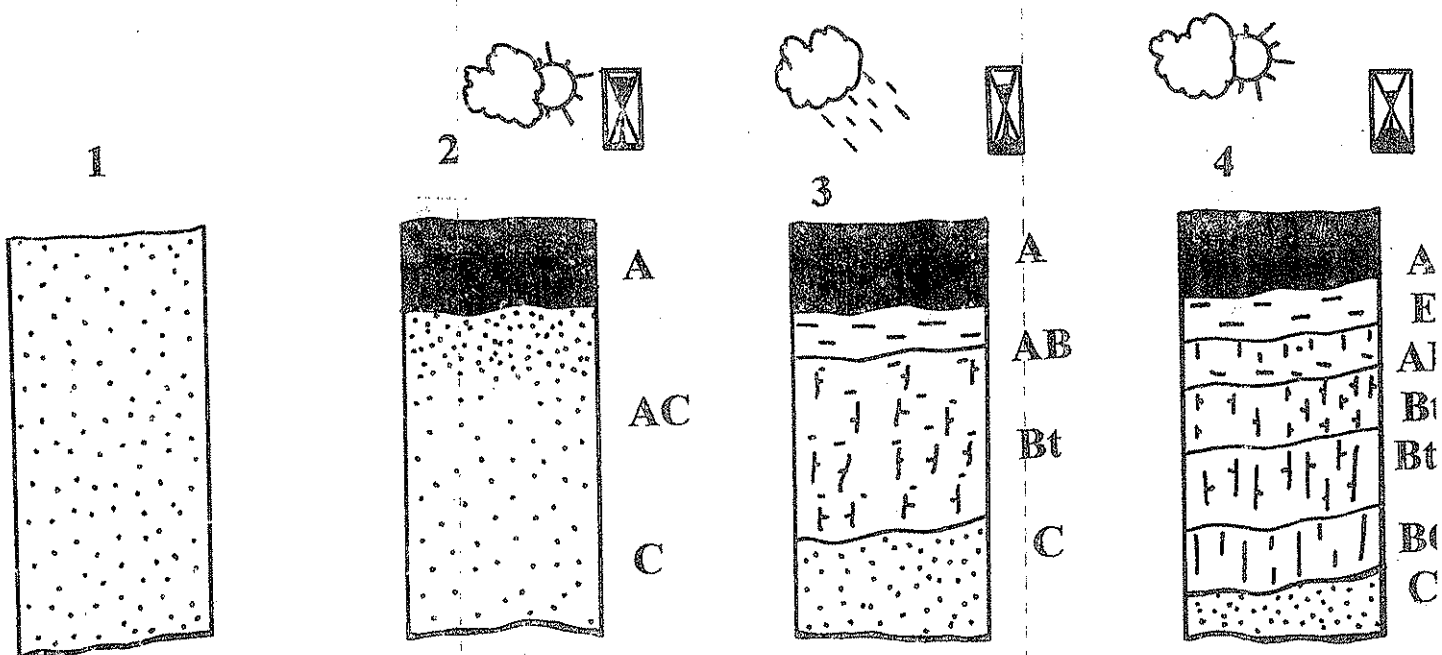
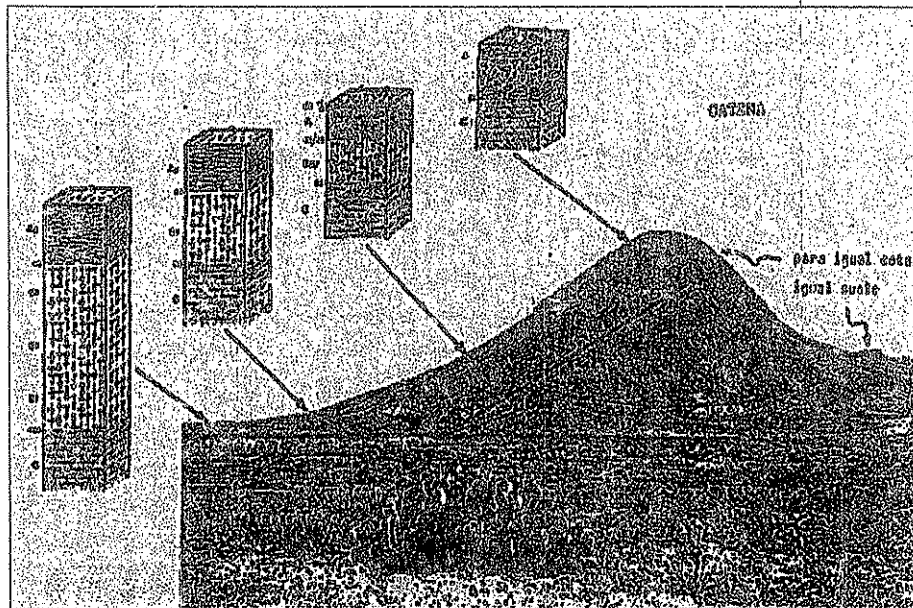
Las importantes acciones descritas en el apartado anterior se materializan en una clara dependencia de los constituyentes y propiedades del suelo con el relieve. Estas dependencias se definen como toposfunciones y algunas de ellas las representamos de una manera esquemática.



El relieve y la evolución del suelo: catenas o toposecuencias

Lógicamente también existe una dependencia entre el grado de evolución del suelo y su posición en el paisaje. Esta relación entre los suelos y el relieve se llama catenas de suelos o toposecuencias.

La catena representa el escalonamiento regular de suelos dando una sucesión cuyo grado de desarrollo varía de forma continua con la pendiente y mostrando niveles de igual desarrollo para suelos situados en la misma posición topográfica (con iguales inclinaciones y cotas topográficas).



En el estadio 1 tenemos un material originario que permanece sin ser alterado por los procesos pedogenéticos (en el caso de la región pampeana podría corresponder al Loess Pampeano proveniente de la cordillera de los Andes). Es la capa que dará origen el futuro suelo.

En el 2 ya han actuado el tiempo, clima y relieve y se ha instalado una incipiente vegetación con el desarrollo de los primeros horizontes minerales (principal y de transición).

En los estadios 3 y 4 siguen actuando los factores formadores del suelo y en consecuencia el mismo alcanzó un mayor grado de desarrollo (se agregan más horizontes al perfil).

Es decir, que estas secuencias de horizontes de cuatro perfiles están ordenadas de menor a mayor grado de desarrollo.

Morfología de suelos.

Es el estudio y descripción sistemática del tamaño, forma, disposición e interrelación de sus componentes, como así también de características tales como : color, consistencia, etc..

El estudio morfológico se realiza en el campo, a través de un corte vertical del terreno que posibilita apreciar los horizontes, cuyo conjunto constituye el perfil del suelo. Los datos obtenidos se documentan en una ficha pedológica.

Horizontes del suelo.

Un horizonte es una capa del suelo aproximadamente paralela a la superficie del terreno y posee propiedades generadas por los procesos pedogenéticos. La secuencia de horizontes se reconoce en cortes naturales o artificiales del terreno que dejan expuesto al perfil del suelo. En un perfil, cada horizonte se diferencia de los demás, al menos parcialmente, por características que pueden ser observadas o medidas en el campo.

De acuerdo con este criterio los horizontes se identifican en parte por su propia morfología y en parte por comparación con las propiedades de los horizontes supra y subyacentes. Sin embargo, para designar horizontes, a veces se requieren determinaciones de laboratorio para completar las observaciones de campo.

Cada horizonte es designado mediante un símbolo (combinación de letras mayúsculas y minúsculas y números arábigos) que indica el grado de diferenciación respecto del material originario y las características morfológicas, físicas o químicas resultantes de uno o más procesos pedogenéticos.

El material originario de nuestra región se denomina loess pampeano y proviene de la Cordillera de los Andes (presencia de vidrio volcánico).

Los horizontes se pueden diferenciar en principales y de transición.

Principales: se indican con una letra mayúscula y pueden ser orgánicos y minerales.

Horizontes orgánicos:

Horizontes O. Están dominados por materia orgánica fresca o parcialmente descompuesta y se han formado en la parte superior de los suelos minerales. Estos horizontes poseen más de un 20 % de materia orgánica.

Horizontes minerales:

Horizonte A. Se forman en superficie o por debajo de un O. Poseen una acumulación de materia orgánica humificada íntimamente relacionada con la fracción mineral; propiedades resultantes del cultivo, pastoreo o alteraciones similares. Es más oscuro que los subyacentes. La fracción orgánica proviene de restos de plantas y animales, depositados mecánicamente sobre la superficie por descomposición.

Horizontes E. Hay pérdida de arcillas, quedando una concentración de minerales resistentes del tamaño arena o limo. Es donde la eluviación está mejor expresada, los colores son claros, con bajos contenidos de materia orgánica o texturas más gruesas.

Horizontes B. Poseen concentración iluvial de arcillas.

Horizontes C. Excluyen los mantos rocosos duros, poco afectados por procesos pedogenéticos y carecen de las propiedades de los anteriores horizontes. Se incluyen: saprolitos, sedimentos, mantos rocosos inconsolidados y materiales geológicos no cementados.

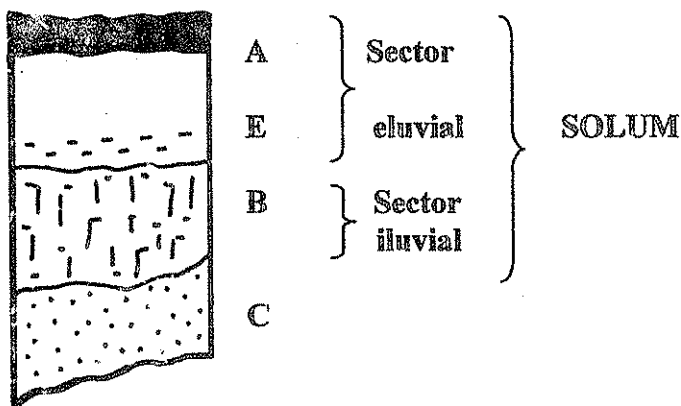
Capas R. Incluyen mantos rocosos duros. La excavación manual con pala resulta imposible. Ejemplos: granitos, calizas, cuarcitas, basaltos o areniscas.

Transición: surgen como una combinación de los principales, donde uno de los dos predomina por sobre el otro. Se designan por dos letras, indicando el primero que es el dominante (por ejemplo: AB significa que las características del A son las dominantes).

SOLUM

Es considerado el sector del perfil más intensamente afectado por los procesos pedogenéticos actuales, comprendiendo los horizontes A y B, incluyendo los horizontes de transición.

Los horizontes A, incluyendo los de transición con dominancia de A, se considera el sector eluvial del perfil. En él los horizontes han experimentado pérdida de materiales, exceptuando la acumulación de materia orgánica de los horizontes A. Los horizontes B, incluyendo los de transición en que haya dominancia de características de B, se considera el sector iluvial del perfil. Son los horizontes que han experimentado ganancia de materiales provenientes del sector eluvial. Los horizontes O y C no se consideran ni eluviales ni iluviales.

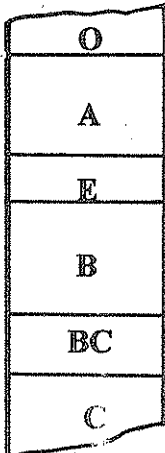


Profundidad y espesor de horizontes.

La profundidad de los horizontes se mide en centímetros, a partir de la superficie del suelo mineral y desde el techo al piso de cada uno de ellos. Los horizontes orgánicos pueden ser rápidamente alterados en espesor o destruidos por actividad del hombre, animales, etc.; por lo tanto, cuando se encuentran en superficie se miden también en centímetros pero hacia arriba a partir del techo del material mineral.

La profundidad de cada horizonte se expresa con dos números: profundidad del límite superior y profundidad del límite inferior. El espesor, en cambio, se indica con un solo número que es la diferencia entre la profundidad de ambos límites.

Por ejemplo:

	Profundidad (cm)	Espesor (cm)
	10-5	5
	0-15	15
	15-23	8
	23-57	34
	57-72	15
	72-90+	18

En el caso del horizonte C el signo + a continuación de 90 indica que el fondo del pozo llega a los 90 cm y que ese horizonte puede continuar en profundidad. Por lo tanto, el espesor indicado será parcial.

Color del suelo.

A primera vista el color suele ser la característica más resaltante del perfil del suelo. A veces por su intermedio se pueden inferir procesos pedogenéticos que modifican las características del material originario del suelo.

Para permitir una comparación más exacta entre los perfiles de suelos es necesario que la caracterización del color sea lo más precisa posible. El mismo se determina mediante la comparación con una carta patrón de colores: "Tabla Munsell de Colores para Suelos".

Textura.

Se refiere a las proporciones porcentuales de las partículas minerales individuales de menos de 2 mm (tierra fina) de una masa de suelo, agrupadas por sus tamaños. Particularmente se refiere a los porcentajes de arcilla, limo y arena.

De acuerdo al sistema propuesto por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) se considera arena a la fracción de partículas del suelo cuyos diámetros están comprendidos entre 2 mm y 0,05 mm; la fracción limo de 0,05 mm a 0,002 mm y la arcilla se corresponde con partículas cuyo diámetro es inferior a 0,002 mm.

Dado que es imposible que una muestra de suelo esté constituida por un solo tamaño de partículas, se han establecido grupos texturales basados en diferentes combinaciones de arcilla, limo y arena. Tales combinaciones son denominadas *Clases texturales*.

Dado que es imposible que una muestra de suelo esté constituida por un solo tamaño de partículas, se han establecido grupos texturales basados en diferentes combinaciones de arcilla, limo y arena. Tales combinaciones son denominadas *Clases texturales*.

Textura al tacto:

Cuando en el campo se desea apreciar la textura se utiliza un método empírico rápido y de menor precisión que los análisis efectuados en laboratorio, consistente en amasar, en húmedo, una masa de suelo entre el pulgar y el índice y de este modo tenemos que:

- los suelos arenosos y francoarenosos se distinguen por su aspereza que se va haciendo más tenue cuando la condición de franco aumenta.

- los franco limosos son suaves al tacto, aún en húmedo.

- los franco arcillosos y arcillosos son duros en seco y fácilmente moldeables en húmedo.

- los francos son una mezcla de las propiedades físicas de la arena, el limo y la arcilla.

Estructura.

Indica la constitución física del material del suelo, manifestada por el tamaño, forma y ordenamiento de las partículas sólidas y los espacios vacíos (poros).

La estructura es un rasgo diagnóstico importante en la descripción morfológica ya que está asociada a ciertas propiedades del suelo (aereación, porosidad, movimientos del agua, densidad aparente, etc.) y tiene incidencia sobre la productividad. La estructura debe observarse sobre el perfil del suelo, tan seco como sea posible.

Suelos sin estructura

Condición particular en la que el suelo o alguno de sus horizontes no presenta agregación observable, o bien no existe una disposición definida de las líneas naturales de ruptura de la masa del suelo. Existen dos alternativas :

Masivo: la masa o material del suelo se presenta con aspecto coherente.

Grano suelto: el material del suelo no posee coherencia.

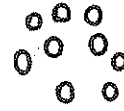
Suelos con estructura

Toda vez que los horizontes posean agregados se exige definir tres aspectos: tipo (indica la forma de los agregados).

Tipos de estructura



Granular



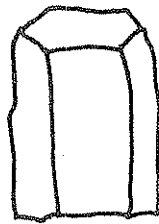
Migajosa



Bloques subangulares



Bloques angulares



Prismática



Columnar



Laminar

La clase es el parámetro que indica el tamaño de los agregados y el tercer parámetro a definir es el grado que es la agregación diferencial entre la cohesión en el seno de los agregados y la adhesión entre ellos.

Consistencia.

Se refiere a ciertas cualidades del material del suelo que se expresan por su grado de cohesión y adherencia, o por la resistencia a la deformación o ruptura. Se establece en seco, húmedo y mojado (plasticidad y adhesividad).

Otros rasgos morfológicos son : carbonatos libres, relieve, reacción del suelo, drenaje, raíces.

Propiedades físicas y químicas de los suelos.

El conocimiento de las mismas contribuye a la comprensión de la génesis de los suelos, muestra el estado de los nutrientes en los mismos y posibilitan la elaboración de recomendaciones sobre prácticas de uso y manejo.

En clasificación y cartografía de suelos permiten ubicar a los mismos en diversas categorías taxonómicas dentro de sistemas modernos de clasificación. El estudio de la variabilidad de las propiedades de los perfiles hace posible su agrupamiento en unidades cartográficas determinadas.

Las propiedades físicas del suelo están ligadas a dos nociones fundamentales: textura y estructura. De estos dos factores depende el comportamiento del aire y del agua en el suelo, cuyas consecuencias prácticas son particularmente importantes.

1- Análisis granulométrico del suelo.

Por *tamizado* se analizan las *arenas*.

Por *sedimentación* se analizan *limos* y *arcillas*.

2- Densidad del suelo.

La *densidad aparente* es la masa o peso (P) de una unidad de volumen de suelo seco. Este volumen total (Vt) incluye tanto la fase sólida como los poros.

$$Da = \frac{P}{Vt}$$

$$\begin{aligned} \text{Peso} &= \text{en gramos} \\ \text{Volumen} &= \text{en cm}^3 \\ Da &= \text{g / cm}^3 \end{aligned}$$

Varía con la textura, estructura, por acción de labores agrícolas, por el pisoteo del ganado, etc. .

La *densidad real* es la relación entre el peso de una muestra de suelo (P) y el volumen que ocupa excluyendo los espacios porales, es decir, el volumen que ocupa excluyendo los espacios porales, es decir, el volumen de la fase sólida.

$$Dr = \frac{P}{Vs}$$

3- Porosidad total.

Es el volumen de una muestra de suelo no ocupado por la fase sólida.

La determinación se efectúa a partir de los datos de Dr y Da, expresándose como porcentaje respecto a la masa total de suelo:

$$Pt (\%) = \frac{Dr - Da}{Dr} \times 100$$

4- Humedad del suelo.

Se obtiene calculando la cantidad de agua presente en él. Uno de los métodos más usados es el gravimétrico que se calcula por diferencia de peso entre una muestra de suelo con un determinado grado de humedad y la misma muestra secada en estufa. Se anota en porcentaje (%).

Química del suelo: comprende aspectos de la química de soluciones y de la química de fases sólidas, siendo muy importante la zona de contacto entre la fase sólida y líquida, en la cual las fuerzas superficiales juegan un rol destacado.

1- Reacción del suelo.

Es un índice del grado de acidez o alcalinidad. El parámetro de medida es el pH (logaritmo negativo de la concentración del ión H^+).

Un valor comprendido entre 0 y 7 equivale a una solución *ácida*.

Un valor igual a 7 equivale a una solución *neutra*.

Un valor comprendido entre 7 y 14 equivale a una solución *básica*.

2- Salinidad del suelo.

El agua del suelo contiene sales disueltas en distintas concentraciones. Cuando el tenor de sales solubles es elevado el desarrollo de la mayoría de las especies vegetales se ve restringido. Por ello, la determinación de las sales solubles del suelo resulta de relevante importancia para la evaluación de la aptitud, para la clasificación taxonómica y para los estudios de recuperación de suelos afectados por sales.

Las sales solubles del suelo están constituidas principalmente por los cationes calcio, magnesio y sodio y los aniones: cloruros, sulfatos y bicarbonatos, encontrándose en menor proporción el catión potasio y los aniones carbonato y nitrato.

Los suelos salinos se encuentran comúnmente en zonas áridas donde la evaporación supera a la infiltración, aunque también están presentes en regiones húmedas donde las sales se acumulan bajo condiciones de drenaje impedido que no permite el lavado en profundidad o también en áreas de suelos desarrollados sobre sedimentos marinos.

Para la acumulación de sales, además de las condiciones climáticas son necesarias ciertas características topográficas e hidrológicas. El relieve controla la distribución de las sales pues condiciona el escurrimiento superficial y subterráneo.

El ciclo hidrológico, especialmente a través de las aguas subterráneas, determina la distribución de las sales por:

- contaminación a través de sedimentos con alto contenido salino.
- contaminación de las aguas en su pasaje por suelos alcalino-salinos.
- contaminación de las aguas superficiales por sedimentos ricos en sales, transportados por el viento.

Un factor que puede introducir una elevación en la concentración de sales es el hombre, que mediante un riego desmedido en determinadas áreas y sin tomar recaudos en el drenaje y en la calidad del agua de riego, ha provocado la salinización muy alta en los suelos, a veces imposible de corregir.

Para evaluar de manera rápida el grado de salinidad de una muestra de suelo se aprovecha la propiedad que tiene la electricidad de circular tanto más fácilmente en un medio cuanto mayor es la cantidad de iones presentes en dicho medio. Así, la conductividad eléctrica de una muestra de suelo estará en relación directa con el contenido de sales (dS/m), mientras que la resistencia eléctrica lo estará en relación inversa (ohms/m).

Geomorfología
Unidad 6

Trabajo Práctico

1) De las unidades cartográficas 1a, 1b y 1c, indicar:

- perfil de suelo más desarrollado
- limitaciones para su uso
- ubicarlos en un perfil hipotético

2) De las descripciones de las Unidades taxonómicas $M_{13}li3$, $M_{13}tc4s'$, $M_{17}tc3i$, $M_{13}tc4i$ y $M_{17}tc2s$, indicar:

- perfil de suelo más desarrollado
- Clasificación taxonómica utilizada

DOMINIO EDAFICO 1

HAPLUDOL LITICO, franco fino (M₁₈ li3)

Distribución geográfica

Partidos de Olavarría, Benito Juárez, Tandil, Necochea, Lobería, Balcarce, General Alvarado y General Pueyrredón (Sistema de Tandilia).

Partidos de Puán, Saavedra, Coronel Suárez, Tornquist y Coronel Pringles (Sistema de Ventania). (Figura N° 33). Este dominio se halla principalmente en las sierras del Sistema de Ventania, donde alcanza su mayor expresión areal. También se encuentra en las sierras de Tandilia, pero allí no cubre superficies muy extensas.

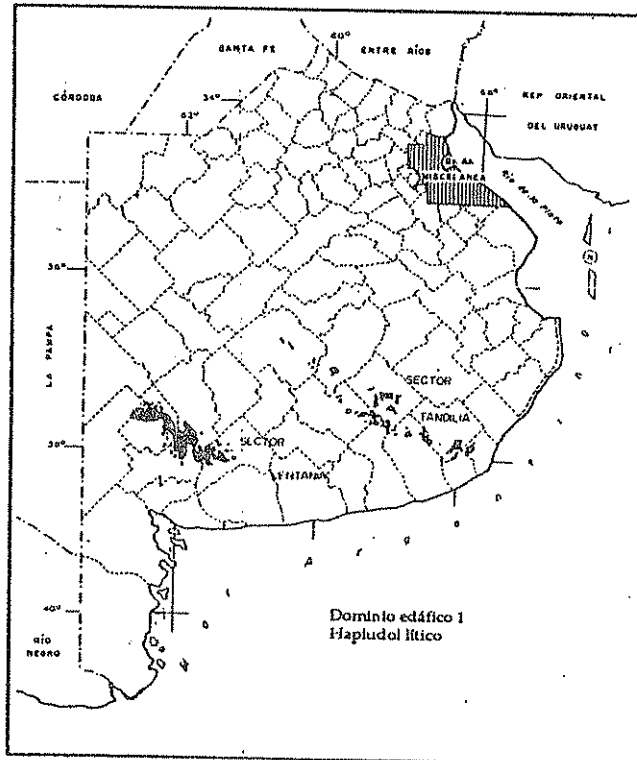


Figura N° 33: Ubicación geográfica del Dominio edáfico 1.

Características generales

El material originario de los suelos de este dominio es una delgada capa de loess -de menos de 50 cm de espesor- correspondiente al "Bonaerense" de Frenquelli o "Post-Lujanense" de Tricart. Este depósito cubre gran variedad de rocas ígneas (granitos-granodioritas), metamórficas (gneises-migmatitas) y sedimentarias (ortocuarcitas). La edafización se produjo en el loess y en ningún caso hubo alteración de las rocas subyacentes. Estas sólo tienen importancia por ser el límite físico inferior del suelo.

Los suelos de este dominio ocupan las partes altas de

ambos sistemas serranos. En Ventania, los relieves son escarpados o colinados; en Tandilia, las formas son más redondeadas.

Los Hapludoles líticos se desarrollan sobre el delgado manto de loess que cubre las rocas. Donde el espesor del loess es algo mayor (50 cm), alcanzan a desarrollarse Argiudoles o Hapludoles típicos, ambos en fases somera y muy somera.

En los valles angostos interserranos, de flancos empinados y con relleno loésico que supera el metro de profundidad, aparecen Argiudoles y Hapludoles típicos en fase inclinada.

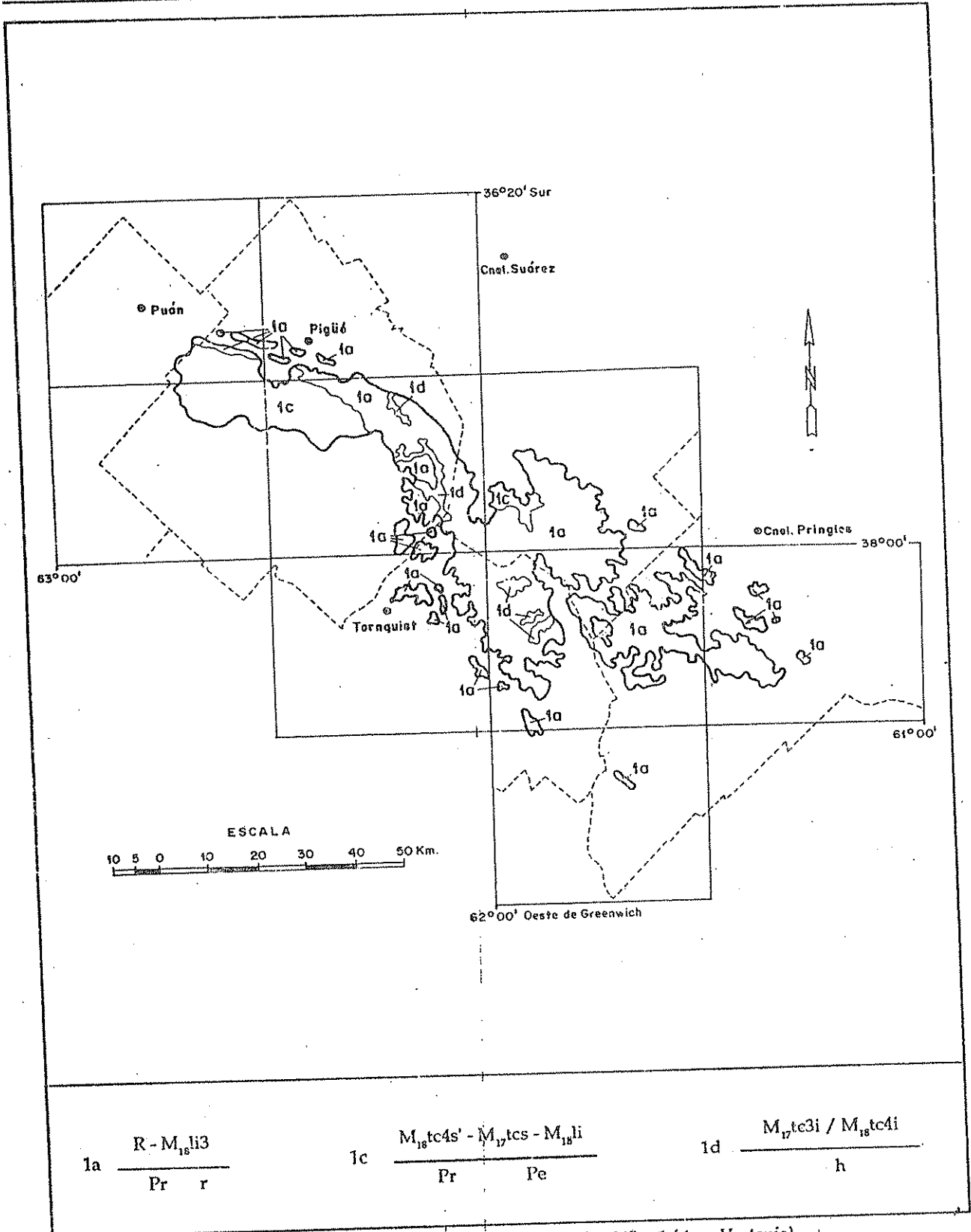


Figura N° 35: Unidades cartográficas del Dominio edáfico 1 (Area Ventania)

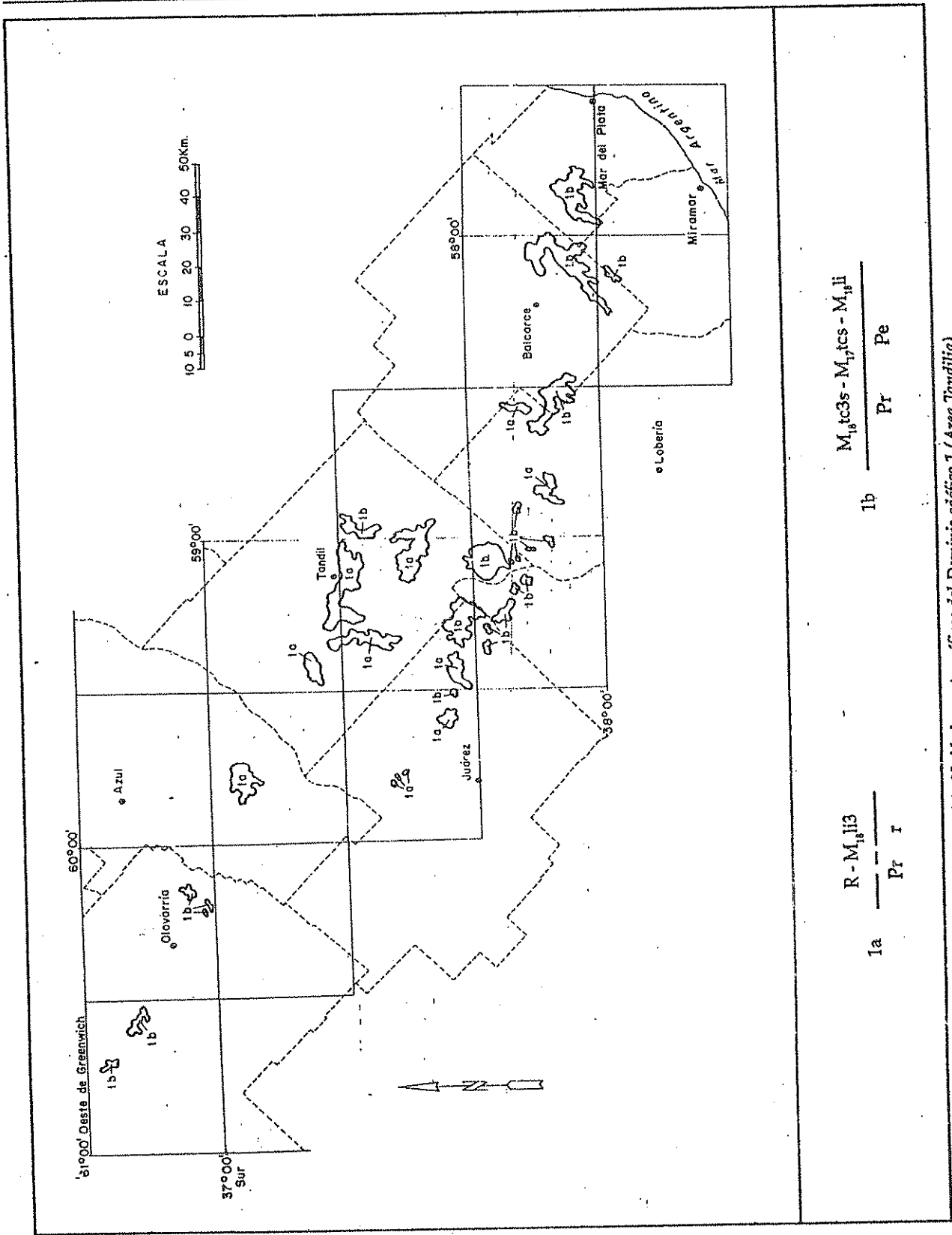
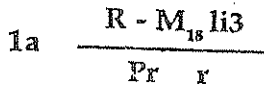


Figura Nº 34: Unidades cartográficas del Dominio edáfico 1 (Área Tandilia).

Descripción de las Unidades cartográficas

Unidad cartográfica



Distribución geográfica

Partido de Lobería (NW-NE): Co. El Cristo, Ea. La Fe.
Partido de Tandil (W-centro-S): Co. El Perdido, Sa. Alta de Vela, Co. Federación, Co. El Centinela, cantera Albión, Ea. San Juan.

Partido de Benito Juárez (E-NE): Co. El Sombrero, cantera San Manuel.

Partido de Azul (S): Co. La Armonía.

Partido de Coronel Suárez (S): Co. Guanaco, Co. de la Providencia, Ea. Los Recovecos, Co. La Tigra, Sa. de las Tunas, Ea. Sauce Corto, Ea. La Serrana, Ea. La Que-rencia, Co. Pillahuincó.

Partido de Coronel Pringles (W-SW): Co. Bonete, Co. La Invernadera, ex Fortín 24 de Mayo, sierras de Pillahuincó.

Partido de Tornquist (NE-E-SE): Cdón. Esmeralda, Co. de la Ventana, Co. Tres Picos, Co. Sombra de Toro, abra de la Ventana, Co. Tornquist, Co. Recreo, Co. de los Terneros.

Partido de Saavedra (W-N-SE): Sa. de Pigüé, Sa. de Puán, Sa. de Cura Malal, Co. Cura Malal Chico, Sa. de Bravard, Co. Aspeño, Co. San Mario. (Figuras N° 34 y N° 35).

Paisaje

Las rocas intensamente plegadas del sistema de Ventania producen empinadas cuevas y "dislopes" que, en general, dan una fisonomía escarpada al paisaje. En Tandilia, las formas elaboradas sobre rocas graníticas, son más suaves y redondeadas.

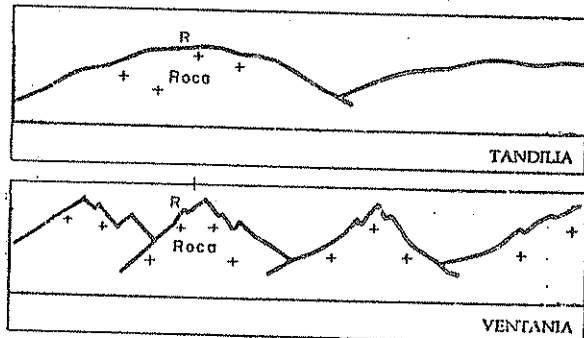
Suelos

Asociación de Hapludol lítico, franco fino, que ocupa principalmente las pendientes; las partes altas están constituidas por roca aflorante desprovista de suelo, siendo ésta la que predomina en la unidad.

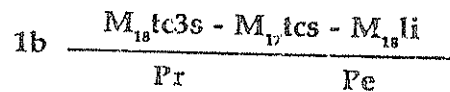
Suelos menores

Cuando la cobertura eólica alcanza espesor suficiente se encuentran Hapludoles típicos, someros.

Distribución de los suelos en el paisaje



Unidad cartográfica



Distribución geográfica

Partido de General Pueyrredón (W): Ea. La Serrana, Ea. La Copelina, Sa. La Peregrina.

Partido de Balcarce (SW-SE): Ea. La Vigilancia, Sa. del Volcán, Ea. Sierra Larga, Ea. El Destino.

Partido de General Alvarado (N): Ea. Santa Herminia.

Partido de Lobería (NW-N-NE): Co. El Bote, Sa. Larga, Co. El Cristo, Co. El Sombrero.

Partido de Tandil (S): Ea. Don Gabriel, Co. San Luis, Ea. La Fortuna, Ea. La Rosalía, almacén La Numancia.

Partido de Necochea (N): Sa. El Piojo, Sa. de la Tigra, Ea. El Destino.

Partido de Benito Juárez (E): Ea. San Ramón, cantera El Diamante, Sa. La Juanita.

Partido de Olavarría (centro y E): sierras Bayas. (Figura N° 34).

Paisaje

Parte superior de las sierras tipo meseta del Sistema de Tandilia, constituidas por mantos subhorizontales de ortocuarcitas, cubiertos por delgados depósitos de loess.

Suelos

Asociación de Hapludol típico, franco fino, somero, con Argiudol típico, somero, y Hapludol lítico.

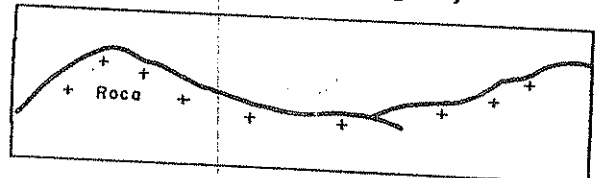
Los dos primeros se ubican preferentemente en la parte central de las mesetas, y el Hapludol lítico ocupa los afloramientos rocosos del borde de las mismas, apenas cubiertos por loess.

Suelos menores

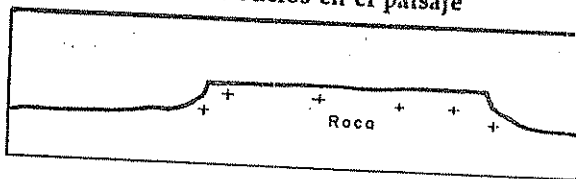
Ocasionalmente, cuando el espesor del loess supera el metro, pueden encontrarse Argiúoles y Haplúoles típicos.

Escaso almacenamiento de humedad en los Haplúoles líticos.

Distribución de los suelos en el paisaje



Distribución de los suelos en el paisaje



Unidad cartográfica

$$1c \frac{M_{18}tc4s' - M_{17}tcs - M_{16}li}{Pr \quad Pe}$$

Distribución geográfica

Partido de Saavedra (centro-W): Est. Saavedra, Est. Goyena y Est. Alta Vista.

Partido de Puán (extremo NE).

Partido de Coronel Suárez (S): Ea. Lolen. (Figura N° 35).

Paisaje

Pendientes suaves adyacentes a los flancos norte y sur del Sistema de Ventania, con tosca muy cercana a la superficie o aflorante en algunas lomas.

Suelos

Asociación de Hapludol típico, franco grueso, muy somero, con Argiudol típico, somero, y Hapludol lítico.

Los dos primeros ocupan pendientes y senos entre lomas. El Hapludol lítico se halla en la parte alta de las lomas, donde la cobertura loésica es más delgada.

Suelos menores

Argiúoles y Haplúoles típicos se encuentran en algunas depresiones, donde el espesor del loess es mayor.

ARGIUDOL TIPICO,
fino, somero (M₁,tc2s)

Se halla en las pendientes y mesetas de los Sistemas de Tandilia y Ventania.

Profundidad: somero (77 cm).

Desarrollo: fuerte (A1 - B1 - B21t - B22t - B3 - tosca).

Drenaje: bien drenado.

Alcalinidad: sin alcalinidad.

Salinidad: no salino.

Características del horizonte superficial A1

Espesor: 19 cm.

Materia orgánica: muy provisto (5,9 %).

Textura: franco-arcillosa.

Características de los horizontes subsuperficiales

A continuación del horizonte superficial se encuentra el horizonte B1 cuyo espesor alcanza 9 cm; su textura es franco-arcillosa y está estructurado en bloques moderados.

A los 28 cm de profundidad sigue el B2t de 39 cm de espesor; está dividido en dos subhorizontes, ambos de textura franco-arcillosa a arcillosa y estructurados en prismas débiles, con moderada cantidad de barnices.

El horizonte B3 tiene 10 cm de espesor y su textura es franco-arcillosa; a los 77 cm de profundidad se interrumpe por la presencia de tosca.

Perfil representativo

C-2-1.618 PD (Cuadro 10).

Cuadro 10

DATOS ANALITICOS DEL PERFIL C-2-1.618 PD

HORIZONTE		A1	B1	B21t	B22t	B3
Profundidad de la muestra (cm) _____		5-15	21-26	30-41	50-64	70-75
Factor de humedad _____		1,04	1,05	1,05	1,05	1,05
Mat. org.	Carbono orgánico (%) _____	3,42	2,61	1,08	0,63	-
	Nitrógeno total (%) _____	0,319	0,25	0,108	0,083	-
	Relación C/N _____	11	10	10	8	-
Textura t. &	Arcilla (< 2 μ) _____	30,5	37,1	39,1	41,2	39,7
	Limo (2-20 μ) _____	18,2	15,8	13,3	12,1	12,9
	Limo (2-50 μ) _____	33,5	29,7	28,9	26,5	25,0
	Arena muy fina 1 (50-74 μ) _____	32,4	29,5	28,2	29,2	34,7
	Arena muy fina 2 (74-100 μ) _____	3,6	3,7	3,8	3,1	4,6
Equivalente de humedad (%) _____		29,6	27,5	26,4	27,8	26,2
Resistencia de la pasta (Ohms/cm) _____		2.160	3.401	4.319	4.319	3.617
pH en pasta _____		5,7	6,0	6,3	6,5	6,9
pH en H ₂ O (1: 2,5) _____		6,1	6,5	7,1	7,4	7,6
pH en 1 N KCl (1: 2,5) _____		5,5	5,6	5,7	5,7	6,0
Cationes de cambio (m.e./100 g):						
Ca ⁺⁺ _____		18,1	21,0	10,5	19,3	-
Mg ⁺⁺ _____		3,4	1,8	1,6	1,9	-
Na ⁺ _____		0,5	0,5	0,5	0,6	0,9
K ⁺ _____		2,4	1,4	0,3	1,1	1,5
% agua de saturación _____		56	59	56	58	53
Valor S (m.e./100 g) _____		24,4	24,7	21,4	22,9	-
H de cambio (m.e./100 g) _____		9,6	8,4	5,9	5,9	-
Valor T (m.e./100g) NH ₄ ⁺ o Na ⁺ _____		28,4	27,2	23,9	23,7	25,2
% de saturación de T _____		86	91	92	96	-
% de saturación de S + H _____		72	75	78	80	-

DOMINIO EDAFICO 1

**HAPLUDOL TIPICO,
franco grueso, inclinado (M₁₈tc4i)**

Se encuentra en las partes altas de las pendientes laterales de los valles interserranos.

Profundidad: profundo (130 cm).
Desarrollo: débil (A1 - B2 - B3 - C1 - C2ca).
Drenaje: bien drenado.
Alcalinidad: sin alcalinidad.
Salinidad: no salino.

**Características del
horizonte superficial A1 (Ap-A12)**
Espesor: 35 cm.
Materia orgánica: bien provisto (2,7 %).
Textura: franco-arcillo-arenosa a franca.

Características de los horizontes subsuperficiales
El horizonte B2 tiene un espesor aproximado de 15 cm, su textura es franco-arcilloso-arenosa y está

estructurado en bloques subangulares, medios y débiles.

Pasa gradualmente al horizonte B3 que tiene un espesor de 25 cm y es de textura franco-arenosa.

A los 75 cm de profundidad le sigue el horizonte C, subdividido en C1 y C2ca. Ambos subhorizontes son de textura franco-arenosa y están débilmente estructurados, caracterizándose el C2ca por ser de color más claro y contener abundante carbonato de calcio, diseminado en la masa y en forma de concreciones.

Perfil representativo
C-23-5.760 (Cuadro 9).

Observaciones

La ubicación de estos suelos en pendientes que tienen una inclinación de más del 3%, constituye el fundamento para cartografiarlos como fase inclinada. Existen muchos perfiles cuyas características son transicionales a las de los Argiudoles típicos y sólo pueden diferenciarse de éstos mediante análisis de laboratorio.

Cuadro 9

DATOS ANALITICOS DEL PERFIL C-23-5.760

HORIZONTE		Ap	A12	B2	B3	C1	C2ca
Profundidad de la muestra (cm)		5-10	20-30	38-46	55-70	80-105	110-130
Materia orgánica (%)		2,74	2,56	1,22	0,81	0,19	0,24
Carbono orgánico (%)		1,59	1,49	0,71	0,47	0,11	0,14
Nitrógeno total (%)		0,137	0,134	0,082	0,056	-	-
Relación C/N		11,6	11,1	8,6	8,4	-	-
Fósforo asimilable (ppm)		38,9	44,7	15,1	18,4	4,7	0,7
Textura en %	Arcilla (< 2 μ)	20,8	20,1	24,2	18,0	11,6	10,7
	Limo (2-50 μ)	10,1	10,9	10,1	13,1	12,7	9,2
	Arena muy fina 1 (50-74 μ)	32,6	29,9	33,0	34,0	34,9	31,7
	Arena muy fina 2 (74-100 μ)	12,6	13,5	8,0	12,1	10,2	18,8
	Arena fina (100-250 μ)	6,3	7,4	5,6	8,9	5,1	8,7
CaCO ₃ (%) V		-	-	-	-	-	5,2
Equivalente de humedad (%)		19,4	19,7	22,5	17,8	14,4	13,1
pH en pasta		5,0	5,4	6,2	6,3	6,8	7,9
pH en H ₂ O (1: 2,5)		5,3	5,8	6,7	6,8	7,3	8,2
Cationes de cambio (m.e. / 100 g):							
Ca ⁺⁺		10,1	9,6	12,4	9,5	10,7	-
Mg ⁺⁺		3,0	6,0	7,1	8,9	5,0	-
Na ⁺		0,4	0,4	0,5	0,5	0,7	0,8
K ⁺		2,7	2,6	2,5	2,3	2,3	1,3
Valor S (m.e./100 g)		16,2	18,6	22,5	21,2	18,7	-
Valor T (m.e./100 g)		18,2	18,7	22,5	18,4	17,0	16,3

ARGIUDOL TIPICO,
franco fino, inclinado (M₁,tc3i)

Se encuentra en las pendientes laterales y en el llano, central de los valles interserranos, colmados por loess.

Profundidad: profundo (120 cm).

Desarrollo: fuerte (A1 - B1 - B2t - B3 - C):

Drenaje: bien drenado.

Alcalinidad: sin alcalinidad.

Salinidad: no salino.

Características del horizonte superficial A1

Espesor: 25 cm.

Materia orgánica: muy provisto (3,9 %).

Textura: franco-arcillosa a franca.

Rasgos destacables: el espesor es variable. En algunos perfiles ha sido erosionado totalmente el horizonte A.

Características de los horizontes subsuperficiales
Continúa un horizonte de transición, B1, de 9 cm de espesor; es de textura franco-arcillosa y está débilmente estructurado; tiene escasos barnices.

El B2t, de 30 cm de espesor, es de textura franco-arcillosa y presenta una fuerte estructura prismática. La relación de arcilla entre el B y el A está generalmente cerca del límite requerido para ser argílico (1,2). A través de un horizonte B3, de 30 cm de espesor, se pasa gradualmente a un horizonte C de textura franco-arcillo-arenosa y de reacción neutra.

Perfil representativo

C-52 RP (Cuadro 8).

Observaciones

Debido a que este suelo se halla en diferentes posiciones del paisaje, se observan variaciones en el desarrollo del B2t. En las partes más planas o centrales del valle, este horizonte tiene su mayor desarrollo, en tanto que en las pendientes muchas veces no posee el contenido de arcilla necesario para ser denominado argílico.

Cuadro 8

DATOS ANALITICOS DEL PERFIL C-52 RP

HORIZONTE		A1	B1	B2t	B3	C
Profundidad de la muestra (cm)		5-20	27-32	38-60	70-90	100-118
Factor de humedad		1,03	1,03	1,04	1,03	1,03
Mat. org.	Carbono orgánico (%)	2,34	0,99	0,60	0,21	-
	Nitrógeno total (%)	0,234	0,120	0,087	-	-
	Relación C/N	10	8	7	-	-
Textura en %	Arcilla (< 2 μ)	27,8	30,1	34,4	22,4	23,7
	Limo (2-20 μ)	15,1	13,6	9,4	11,7	12,6
	Limo (2-50 μ)	32,7	30,1	25,1	26,3	28,8
	Arena muy fina 1 (50-74 μ)	29,9	27,5	23,0	35,3	27,2
	Arena muy fina 2 (74-100 μ)	7,6	9,7	15,0	13,3	17,2
	Arena fina (100-250 μ)	2,0	2,6	2,5	2,7	3,1
Equivalente de humedad (%)		21,7	22,8	26,2	16,9	18,9
Resistencia de la pasta (Ohms/cm)		3.641	4.795	3.996	5.417	4.795
pH en pasta		5,6	5,6	5,9	6,1	6,5
pH en H ₂ O (1: 2,5)		5,8	6,2	6,5	6,6	6,6
pH en 1 N KCl (1: 2,5)		5,0	5,1	5,1	5,1	5,7
Cationes de cambio (m.e./100 g)						
Ca ⁺⁺		13,8	13,1	15,3	12,1	-
Mg ⁺⁺		2,8	2,3	3,3	3,1	-
Na ⁺		0,3	0,3	0,5	0,4	-
K ⁺		1,5	1,1	1,1	1,0	-
% agua de saturación		55	50	55	52	54
Valor S (m.e./100 g)		18,4	16,8	20,2	16,6	-
H de cambio (m.e./100 g)		9,2	6,7	6,0	2,9	-
Valor T (m.e./100g) NH ₄ ⁺ o Na ⁺		21,9	18,9	22,7	17,6	-
% de saturación de T		84	89	89	94	-
% de saturación de S + H		67	71	78	90	-

HAPLUDOL TIPICO,
franco grueso, muy somero (M_{1a}tc4s')

Se encuentra en los sectores ondulados adyacentes a las partes más altas de las sierras, con abundante afloramiento de tosca.

Profundidad: muy somero (48 cm).
Desarrollo: débil (A1 - B2 - tosca).
Drenaje: algo excesivamente drenado.
Alcalinidad: sin alcalinidad.
Salinidad: no salino.

Características del horizonte superficial A1 (Ap-A12)
Espesor: 30 cm.
Materia orgánica: provisto (1,5 %).

Textura: franco-arenosa.
Rasgos destacables: suele contener fragmentos de tosca.

Características de los horizontes subsuperficiales
El horizonte B2 tiene un espesor de 18 cm, es de textura franco-arenosa a franca y está débilmente estructurado en prismas. Abruptamente, a los 48 cm de profundidad, se presenta el sustrato de tosca.

Perfil representativo
C-79 RP (Cuadro 7).

Observaciones
La profundidad de este suelo oscila entre los 20 y 50 centímetros.

Cuadro 7

DATOS ANALITICOS DEL PERFIL C-79 RP

HORIZONTE		Ap	A12	B2
Profundidad de la muestra (cm) _____		4-11	19-26	34-44
Factor de humedad _____		1,02	1,02	1,02
Mat. org.	Carbono orgánico (%) _____	0,78	0,87	0,25
	Nitrógeno total (%) _____	0,07	0,092	-
	Relación C/N _____	11	9	-
Textura en %	Arcilla (< 2 μ) _____	17,5	18,3	18,1
	Limo (2-20 μ) _____	8,6	7,3	5,8
	Limo (2-50 μ) _____	15,0	13,7	11,0
	Arena muy fina 1 (50-74 μ) _____	14,6	8,8	12,1
	Arena muy fina 2 (74-100 μ) _____	12,8	16,7	15,0
	Arena fina (100-250 μ) _____	28,6	31,2	31,6
	Arena media (250-500 μ) _____	11,4	11,1	12,1
	Arena gruesa (500-1.000 μ) _____	0,1	0,2	0,1
CaCO ₃ (%) V _____		0	0	0
Equivalente de humedad (%) _____		12,2	12,4	12,0
Resistencia de la pasta (Ohms/cm) _____		3.374	6.216	5.594
pH en pasta _____		6,4	6,6	6,7
pH en H ₂ O (1: 2,5) _____		7,0	7,1	7,2
pH en 1 N KCl (1: 2,5) _____		5,9	5,8	5,7
Cationes de cambio (m.e./100 g):				
Ca ⁺⁺ _____		9,3	10,5	8,1
Mg ⁺⁺ _____		1,7	1,7	3,1
Na ⁺ _____		0,2	0,3	0,3
K ⁺ _____		1,8	1,3	1,2
% agua de saturación _____		47	42	40
Valor S (m.e./100 g) _____		13,0	13,8	12,7
H de cambio (m.e./100 g) _____		1,6	2,2	1,2
Valor T (m.e./100g) NH ₄ ⁺ o Na ⁺ _____		13,4	14,1	13,3
% de saturación de T _____		97	98	97
% de saturación de S + H _____		89	83	91

Descripción de las Unidades taxonómicas

HAPLUDOL LITICO,
franco fino ($M_{10}I_3$)

Se halla en sectores adyacentes a los afloramientos rocosos, donde la cobertura loésica es muy delgada.

Profundidad: muy somero (27 cm).
Desarrollo: sin desarrollo (A1 - roca).
Drenaje: algo excesivamente drenado.
Alcalinidad: sin alcalinidad.
Salinidad: no salino.

Características del horizonte superficial A1
Espesor: 27 cm.

Materia orgánica: muy provisto (4,3 %).

Textura: franco-arcillosa.

Rasgos destacables : contiene fragmentos de roca y de tosca.

Perfil representativo

C-78 RP (Cuadro 4).

Observaciones

El espesor del horizonte A1 es muy variable, debido a que la superficie rocosa cubierta por loess es irregular. En algunos casos, sobre la roca existe un tapiz de tosca sumamente consolidada que, a los fines prácticos, puede ser considerada como roca.

Cuadro 4

DATOS ANALITICOS DEL PERFIL C-78 RP

HORIZONTE		A1
Profundidad de la muestra (cm)		3-25
Factor de humedad		1,04
Mat. org.	Carbono orgánico (%)	2,53
	Nitrógeno total (%)	0,273
	Relación C/N	9
Textura en %	Arcilla (< 2 μ)	29,0
	Limo (2-20 μ)	15,8
	Limo (2-50 μ)	29,2
	Arena muy fina 1 (50-74 μ)	20,1
	Arena muy fina 2 (74-100 μ)	18,0
	Arena fina (100-250 μ)	0,9
	Arena media (250-500 μ)	0,8
	Arena gruesa (500-1.000 μ)	0,9
Arena muy gruesa (1.000-2.000 μ)	0,2	
CaCO ₃ (%) V		0,9
Equivalente de humedad (%)		24,7
Resistencia de la pasta (Ohms/cm)		2.664
pH en pasta		7,5
pH en H ₂ O (1: 2,5)		8,0
pH en 1 N KCl (1: 2,5)		7,0
Cationes de cambio (m.e./100 g):		
Na ⁺		0,6
K ⁺		0,7
% agua de saturación		61
Valor T (m.e./100g) NH ₄ ⁺ o Na ⁺		39,5

Procesos de gradación

Degradación. Los tres procesos distintos de degradación son la meteorización, la remoción en masa y la erosión. La meteorización puede ser definida como la desintegración o descomposición de la roca en su lugar. En realidad, es un nombre para un grupo de procesos que actúan colectivamente en y cerca de la superficie de la Tierra y reducen masas de rocas sólidas al estado clástico. Es un proceso estático y no significa la captura y remoción del material por un agente transportador.

Meteorización de rocas

Factores condicionantes. Por lo menos cuatro factores variables influyen sobre el tipo y grado de meteorización de rocas. La estructura de la roca es empleada en sentido amplio para incluir las numerosas características físicas y químicas de las mismas. Incluye tanto composición mineralógica, como caracteres físicos tales como diaclasas, planos de estratificación, fallas y fracturas y vacíos minúsculos intergranulares. Los minerales que constituyen la roca determinan en parte más susceptible a la meteorización química o a la física. Caracteres físicos tales como diaclasas, fracturas menores, planos de estratificación y fallas determinan en grado mayor la facilidad con que puede penetrar la humedad en la roca. Los principales factores climáticos, temperatura y humedad, no solamente determinan el grado de la meteorización sino también el predominio de los procesos químicos o de los físicos. La topografía afecta la cantidad de afloramientos y también tiene efectos importantes sobre factores tales como cantidad y tipo de precipitación, temperaturas e, indirectamente, el tipo y cantidad de la vegetación. El grado y tipo de meteorización es influido por el tipo y cantidad de la vegetación, determinando la extensión de los afloramientos y la cantidad de materia orgánica en descomposición, de la cual se puede derivar anhídrido carbónico y ácidos húmicos. Debido a los varios factores que influyen el grado de meteorización, generalmente encontramos que aun dentro de áreas relativamente pequeñas, las variaciones de rocas no visibles a simple vista se tornan evidentes por la meteorización diferencial. Esto es particularmente cierto donde hay diversidad de tipos de rocas.

Procesos físicos de meteorización

Entre los procesos de meteorización, o posiblemente cinco, son de naturaleza física, y conducen a la fragmentación de la roca. Éstos pueden ser denominados, siguiendo a Reiche (1950): expansión resultante de la descarga, crecimiento de los cristales, expansión térmica, actividad orgánica y extracción por acción de coloides. La expansión o dilatación que acompaña a la descarga de masas rocosas, particularmente de rocas ígneas formadas a gran profundidad, conduce al desarrollo de fracturas en gran escala, las cuales son aproximadamente concéntricas con la superficie de la topografía (Farmin, 1937). Se supone que la estructura en mantos de las rocas granitoides es producida de esta manera (Jahns, 1943). En general, los mantos individuales se tornan progresivamente menos espaciados a medida que se aproximan a la superficie terrestre. La descarga de las rocas formadas a profundidades considerables puede haber contribuido en grado sumo a la formación de monolitos grandes, tales como el monte Stone, en Georgia, y Half Dome, en Yosemite, a menudo denominados domos de exfoliación. Matthes (1937) llegó a la conclusión de que la exfoliación concéntrica, particularmente característica de los numerosos domos de los parques nacionales de Yosemite y Sequoia, resulta de la expansión que acompañó al

alivio de la sobrecarga. El estudio microscópico de la roca indica que la expansión era de naturaleza mecánica y no el resultado de la hidratación u otros cambios químicos. Las escamas de exfoliación que resultan de la dilatación que acompaña a la eliminación de la sobrecarga pueden tener dimensiones de centenares de metros en sentido horizontal.

La expansión como resultado del crecimiento de los cristales puede dar lugar a la fracturación de la roca. Este proceso incluye no solamente la formación de cristales de hielo en las rocas, sino también el crecimiento de cristales, particularmente los salinos, que se forman en climas secos como resultado de la acción capilar del agua, la cual contiene sales en solución. En la fracturación de las rocas, con toda justicia se atribuye gran a la congelación del agua, aunque es probable que raras veces presiones enormes que se le han atribuido, porque tales presiones se logran únicamente cuando el agua está completamente confinada. Taber demostró que la dilatación por congelación depende en grado elevado de la formación de masas de hielo más que de la congelación del agua intersticial; por consiguiente, la alternancia de congelación y derretimiento será más efectiva en las rocas que contienen numerosas fracturas o planos de estratificación. La formación de cristales de hielo como proceso de meteorización tiene mayor efecto cuando hay repetición de congelación y deshielo. Esto sucede en las latitudes medias y altitudes elevadas, durante el fin del otoño y principio del invierno, y nuevamente a fin del invierno y comienzo de la primavera. Las grandes amplitudes diurnas de temperatura y alternancia frecuente de tiempo ciclónico y anticiclónico, con sus masas de aire caliente y frío concomitantes, son conducentes a la congelación y el derretimiento máximos. La escamación de superficies de por crecimiento de sales debido a la acción capilar se ha denominado exudación. Como proceso de meteorización, es probable que sólo tenga importancia local.

Anteriormente, se atribuía mucha importancia al papel desempeñado por la expansión y contracción térmica reiterada de superficies de rocas en la formación de caracteres tales como bloques esferoidales. Blackwelder (1925, 1933) dudó de su efectividad como un proceso de desintegración de rocas, pero la opinión demora en desaparecer, por lo lógico que parece el proceso, tal como se lo describe generalmente. Se sabe que las rocas son malas conductoras del calor y la mayoría de ellas están constituidas por minerales con diferentes coeficientes de dilatación. Parecería que el calentamiento y enfriamiento reiterado de una superficie de roca, por la lentitud que el calor absorbido es conducido al interior de su masa, debería producir deformaciones en una capa superficial delgada, que finalmente se escamaría. Esto se ha denominado exfoliación en masa. Las rocas por una variedad de minerales que tienen diferentes coeficientes como resultado de la expansión térmica diferencial, deberían granular o desintegración. Parece haber poca prueba o experimental para apoyar la idea de que la exfoliación en masa principalmente del calentamiento y enfriamiento repetido de una superficie de la roca, pero Blackwelder llegó a la conclusión de que los cambios de temperatura pueden ser importantes en la exfoliación granular. Los estudios de Chapman y Greenfield (1949) sobre los procesos involucrados en la formación de bloques esferoidales indicaron que las cortezas escamaban contenían muchos minerales secundarios, tales como caolinita, sericita, serpentina, montmorillonita y clorita. Basados en esta demostración llegaron a la conclusión de que la escamación esferoidal probablemente se debió en gran parte a los efectos de la oxidación e hidratación de los silicatos.

Los organismos son de importancia menor en la meteorización física. El crecimiento de las raíces de plantas puede ayudar al ensanchamiento de las diaclasas y otras fracturas. Por otro lado, la descomposición de la materia de plantas y animales puede contribuir a la meteorización química mediante la formación de anhídrido carbónico y

ácidos orgánicos. Las lombrices, hormigas, perros de las praderas y otros animales, pueden traer material fresco de roca a la superficie o cerca de ella, donde es más fácilmente atacado por los procesos de meteorización química.

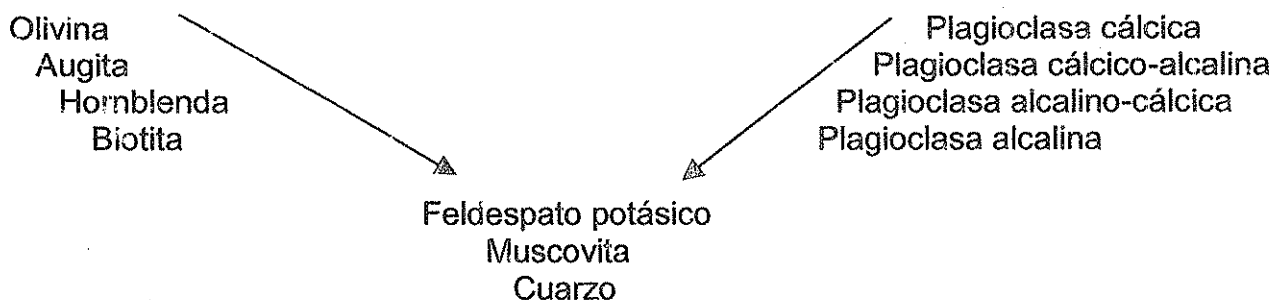
Un proceso de meteorización de importancia incierta ha sido denominado por Reiche extracción por acción de coloides. Parece probable que los suelos coloidales puedan tener la facultad de aflojar o extraer pequeños de roca de las superficies con las cuales están en contacto. Se ha observado que al secarse gelatina en un vaso puede extraer fragmentos o escamas de vidrio, y se ha inferido que una extracción similar puede tener después de cada impregnación y desecación de los coloides en el suelo. Hasta ahora, la importancia de este proceso es desconocida.

Procesos de meteorización química.

Los procesos principales de meteorización química son hidratación, hidrólisis, oxidación, carbonatación y disolución. En general, es probable que la meteorización química sea más importante que la meteorización física. Esto puede ser cierto en regiones áridas, aunque allí los procesos más avanzados de meteorización química no son de importancia. A menudo se menciona el hecho de que las arcosas son comunes en las regiones áridas, como prueba del predominio de la meteorización física sobre la meteorización química. Probablemente sea casi más correcto decir que ello tan sólo indica que la meteorización química avanzada no es típica de tales regiones.

Los resultados de la mayor parte de la meteorización química son: a) aumento de volumen con las deformaciones y presiones resultantes dentro de las rocas; b) materiales de menor densidad; c) menor tamaño de la partícula y en consecuencia un aumento del área de la superficie por unidad de volumen y d) minerales más estables. Para apreciar cabalmente la persistencia de ciertos minerales en la naturaleza debe comprenderse el principio de estabilidad mineral. En las rocas ígneas y metamórficas los minerales estaban en equilibrio bajo las condiciones de temperatura y presión en que se formaron las rocas, pero bajo las condiciones de temperatura, presión de la superficie terrestre, algunos de los minerales no son de los inestables. En general, la meteorización química progresa hacia la formación y retención de aquellos minerales que están en equilibrio en la superficie terrestre. Como resultado, algunos de los minerales de las rocas ígneas metamórficas son más susceptibles a la alteración química que otros. Aunque no hay un acuerdo total respecto del orden exacto de la estabilidad los minerales, se conoce el orden general. Goldich (1938), al tratar este principio, ordenó las estabildades de los minerales como se muestra en lista siguiente. Los minerales menos estables están en la parte superior, los más estables abajo.

Serie de estabilidad mineral en la meteorización



Para un estudiante versado en petrología será evidente que la disposición precedente de los minerales, de acuerdo con sus estabildades relativos, esencialmente la serie de reacción de Bowen (1922). Sin embargo, no debe inferir que la olivina se meteoriza en

augita, o la augita en hornblenda sino, más bien, que en una roca que contiene tanto olivina como augita, la olivina se meteorizará más rápidamente que la augita.

Sobre la base de ese cuadro resultará evidente por qué el cuarzo y muscovita son componentes comunes de las rocas integradas por restos meteorización. Entre los minerales comunes en las rocas ígneas y metamórficas, son los que están casi en equilibrio en las condiciones de temperatura y presión existentes en la superficie de la Tierra.

La hidratación, como se describe comúnmente, comprende en realidad dos procesos: hidratación e hidrólisis. El proceso de hidratación involucra la absorción del agua.

Está ejemplificado en la conversión de la anhidrita en yeso, de acuerdo con la ecuación siguiente:



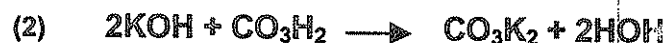
Este proceso también se produce en la conversión de hematita en limonita:



Las dos ecuaciones precedentes son exotérmicas y fácilmente reversibles al aplicarse calor, lo cual indica que no hubo ningún cambio químico fundamental. La hidrólisis, en cambio, involucra formación de hidróxido y representa un cambio químico. Es común en la meteorización de los feldespatos y de las micas y está ejemplificada por la reacción siguiente, que ortosa e hidróxido:



El ácido aluminosilícico formado es inestable y sufre más cambios para producir sílice coloidal y un complejo coloidal, los cuales bajo condiciones apropiadas forman minerales arcillosos. El hidróxido (KOH) que se forma reaccionará en presencia de anhídrido carbónico para formar carbonato de acuerdo con la ecuación siguiente:



Esta reacción comúnmente es denominada carbonación. El carbonato de potasio así formado es soluble en agua y será llevado en solución.

Se debe recalcar que los diversos procesos de meteorización están interrelacionados. Si fuera de otra manera, la meteorización sería un proceso extremadamente lento. La meteorización del feldespato, como comúnmente se lo considera, ilustra este punto:



La hidrólisis y la carbonación han producido un carbonato soluble en agua. El ácido aluminosilícico formado (ecuación 1) tomó agua de combinación y de él se han formado arcilla coloidal y sílice.

Los efectos de la oxidación son generalmente los primeros en notarse y comúnmente se supone que es el primero que tiene lugar. En realidad, generalmente le precede la hidrólisis. Los efectos de la oxidación son más aparentes en las rocas que contienen hierro en forma de sulfuro, carbonato y silicato. La decoloración por los óxidos es fácilmente observable. Los anfíboles y piroxenos también son notablemente afectados por este proceso.

húmedas. La posición del nivel freático y el período en que la meteorización ha estado actuando tienen influencia importante sobre la profundidad hasta donde pueden penetrar los procesos de meteorización.

La meteorización química más activa tiene lugar en la zona de aeración, por encima del nivel freático. Los efectos de la oxidación pocas veces son visibles por debajo de este nivel, pero la disolución y la hidratación pueden extenderse por debajo de él.

Los agentes erosivos, en particular si llevan detritos, pueden desprender y remover el substrato sólido, pero esto es efectuado más fácilmente si previamente ha sido debilitado por la meteorización. La acción hidráulica, la deflación y la limadura glaciaria son más eficaces sobre el material no consolidado, aunque es posible alguna acción hidráulica sobre materiales finamente laminados y consolidados débilmente. Es imposible dar una estimación cuantitativa cualquiera del grado en que la meteorización de las rocas acelera la erosión, pero con toda seguridad contribuye notablemente a la efectividad de la mayoría de los procesos erosivos.

El rebajamiento de las superficies por meteorización.

En ciertas áreas, particularmente las que tienen un subyacente de caliza, dolomita la disolución puede producir un rebajamiento en masa de las su-topográficas. Como ha sido expresado anteriormente, las áreas de clima húmedo, por lo general están más bajas que las áreas adyacentes rocas clásticas, pero en las regiones áridas generalmente la caliza y mármol son rocas resistentes. La posibilidad del rebajamiento de áreas por medio de la disolución se debe tener presente en la interpretación de las superficies topográficas a niveles diferentes. Aun en áreas de rocas insolubles, la meteorización diferencial en masa puede ser importante, salvo que la litología sea notablemente uniforme.

La creación y la modificación de las formas de relieve.

Algunos productos de la meteorización diferencial difícilmente pueden ser clasificados como formas de relieve, sino más bien como caracteres geológicos que añaden variedad a las superficies topográficas. Ejemplos de tales enrejado, la estructura alveolar, y los cordoncillos de estratificación producidos por el grabado diferencial de rocas con estratificación muy delgadas. Otros caracteres, tales como cavidades y nichos en paredes de rocas y sus caracteres recíprocos, bordes salientes, resaltos y otras prominencias menores, son parte del detalle escultural en formas de relieve mayores.

Los hoyos de meteorización son comunes en calizas y, a menudo, semejan a marmitas producidas por abrasión. También se encuentran granitos y rocas similares. Smith (1941) ha descrito hoyos de meteorización circulares o elípticos en el sur del Piedmont de Carolina del los cuales tienen un diámetro de 3 a 12 m. Son muy comunes en superficies planas, y la mayoría de ellos contienen granito meteorizado en variables de descomposición. Las algas y los musgos parecen haber contribuido a su formación por su capacidad de retener la humedad y anhídrido carbónico. Blanck (1951) ha descrito hoyos de meteorización notables en granito cerca de Llano, Texas, rodeados por crestas anulares de realce. Hoyos similares han sido descritos en granito de Georgia, del monte Bear, de Nueva York, y del parque Nacional de Yosemite.

El Great Stone Face, en Nueva Hampshire, hecho famoso por Hawthorne, es un resalto o prominencia producida por meteorización diferencial. Los caracteres producidos por meteorización, con perfiles que si son mirados con imaginación pueden sugerir seres humanos o animales, se encuentran en numerosos lugares. El jardín de los Dioses cerca de Colorado Spring es famoso por tales formas.

A grandes altitudes es común encontrar acumulaciones de rocas resquebrajadas denominadas canchales o campos de bloques. Estos campos de bloques atestiguan la rapidez de los procesos de meteorización en las grandes altitudes. Muchos bloques son de forma esferoidal como resultado de la exfoliación de bloques macizos de rocas. Relacionados con los bloques esferoidales, pero en una escala mayor, están los domos de exfoliación tratados en el capítulo precedente. White (1945) llegó a la conclusión de que el monte Stone y muchos así denominados domos de exfoliación menores, en el sur del Piedmont, no eran el resultado de la exfoliación de láminas delgadas de roca, sino resultado principalmente de la desintegración granular que acompaña a la meteorización química. Parece que estos monolitos se han desarrollado principalmente en rocas macizas, tales como granito y gneis granítico. Chapman (1940) señaló que los Percy Peaks en Hampshire, monolitos graníticos semejantes, se desarrollaron donde el granito Conway carecía del diaclasamiento complejo que hubiera favorecido la meteorización de la roca en bloques.

La meteorización diferencial ayuda a desarrollar y modificar las formas topográficas erectas y firmes, tales como columnas, pilares, rocas en pedestal, pilares de tierra y rocas en forma de hongos, las cuales, a causa de sus formas grotescas, a veces son clasificadas colectivamente como rocas monigotes. Bryan (1925) llegó a la conclusión de que las que él estudió en el sudoeste de los Estados Unidos de América eran principalmente consecuencia del trabajo de lavaje pluvial más los efectos de meteorización mecánica y química. Las rocas de pedestal en áreas de rocas sedimentarias, generalmente tienen un capuchón de roca dura que ha protegido a los estratos inferiores más débiles, pero formas semejantes se encuentran en rocas ígneas duras de litología uniforme. Las rocas de pedestal del sur del Piedmont han atraído una atención considerable y se han ofrecido varias explicaciones sobre su formación. Crickmay (1935) atribuyó la destrucción más rápida de sus porciones basales a la desintegración granular producida por en el volumen debido a la hidratación. Él creyó que la hidratación alcanzaba el máximo cerca de sus bases porque había una evaporación menos rápida allí que en sus cúspides expuestas. La acción de la helada y del lavaje pluvial se tomaron como si fueran de importancia menor. White (1944) los explicó como el resultado del resquebrajamiento de películas superficiales de óxidos de hierro formadas por acción capilar en los intersticios de granito parcialmente meteorizado. Estas películas endurecidas fueron resquebrajadas por la acción abrasiva del agua corriente o por disolución de los ácidos húmico y carbónico producidos por los musgos. Después que se hizo una rotura en la película endurecida se desarrollaron las formas peculiares.

La meteorización contribuye de una manera importante al retroceso de los acantilados y de las escarpas. Las escarpas que se desarrollan donde las rocas sedimentarias de inclinación suave y resistencia variable están sujetas a la degradación, a menudo son denominadas escarpas de meteorización. Este nombre no es muy apropiado, porque acentúa demasiado el papel que desempeña la meteorización en su formación. La meteorización no contribuye a su desarrollo, pero otros procesos, tales como la remoción en masa, el lavaje en manto y la erosión fluvial, son tanto o más importantes. La erosión retrocedente de las escarpas ha sido considerada particularmente importante en las regiones áridas y se ha creído ver en ella un proceso mayor involucrado en la formación de los pedimentos de las regiones áridas. La meteorización en las laderas de los valles contribuye significativamente al ensanchamiento de los mismos en los estados de un ciclo geomórfico, y este proceso y la remoción en masa dominantes en la etapa final del ciclo geomórfico fluvial.

Los escombros de talud o derrubio están entre las pocas formas de relieve producidas principalmente por la meteorización auxiliada por la remoción en masa. El escombros de talud es generalmente considerado

producto de la acción de las heladas, principalmente ayudado por vedad, pero la hidratación puede contribuir más a la escamación de lo que generalmente se comprende. Blackwelder (1942) ha llamado la atención sobre la acción erosiva ocasional de los detritos o escombros de talud que ruedan cuesta abajo en las pendientes empinadas, de lo que la formación de cárcavas en forma de V. Así, un proceso aparentemente simple como es la formación de escombros de talud, que involucra t remoción en masa como la meteorización, bajo circunstancias extremas puede ser acompañado por erosión. Nuevamente comprobamos el principio fundamental de que muchas formas de relieve son el producto de procesos interrelacionados, más que la consecuencia de un origen De la circunstancia que es difícil citar formas de relieve producidas mente por meteorización, no se deberá deducir que la meteorización es de poca importancia geomórfica. Más bien debe pensarse que este proceso está íntimamente relacionado con otros, que sus efectos no se pueden separar fácilmente.