

INTRODUCCIÓN A LA CARTA DE RECONOCIMIENTO DETALLADO DE SUELOS DEL URUGUAY 2016 (CRSU16)

Un mapa o carta de suelos es una herramienta esencial para planificar el uso del recurso, tanto a nivel predial como nacional. Esta Introducción a la Carta de Reconocimiento Detallado de Suelos del Uruguay 2016 (CRSU16) informa a sus usuarios sobre los antecedentes, los componentes de la carta, procedimientos utilizados para realizarla, sobre la nomenclatura y leyenda utilizada, y su interpretación para fines agronómicos.

ANTECEDENTES

En general en todos los países, los programas nacionales de levantamiento comenzaron a escalas pequeñas, es decir, mapas bastante generalizados y con poco valor de uso a nivel predial; de ahí se ha ido avanzando con más investigación de campo y laboratorio. El trabajo de cartografía es arduo y costoso: por años los expertos analizan relevamientos de suelos y geológicos ya realizados en el pasado, trabajan sobre fotografías aéreas y nuevas imágenes satelitales y luego confirman el contenido de las diferentes unidades de mapeo en base a trabajo intensivo de campo, con múltiples observaciones a taladro y calicatas, que además sirven para muestrear perfiles representativos. Las muestras son enviadas a los laboratorios para análisis físico-químicos. Con toda esa información disponible -- morfológica y analítica -- los suelos son clasificados y se realizan interpretaciones diversas, sobre todo en apoyo a diversos usos del recurso en los sectores agropecuario y forestal. Finalmente se procede a la publicación de los resultados en formatos accesibles para los diversos usuarios utilizando las posibilidades que hoy ofrece la web.

El trabajo es continuo, ya que siempre hay oportunidades para mapear a escalas mayores, aumentar la intensidad de muestreo para mejorar la calidad de los mapas, hasta llegar a cartas con valor a nivel predial. Por otro lado la evolución de las tecnologías de producción (siembra directa, agricultura de precisión, utilización de modelos de predicción de rendimientos, etc.) así como nuevas exigencias que provienen de desafíos ambientales (como la contaminación de las aguas) exigen la medición de nuevos parámetros y monitoreo de propiedades muy dinámicas, que cambian con el tiempo.

El primer levantamiento de suelos del país, la carta esquemática de la CIDE, se publicó en 1967. Nueve años después, en 1976, se publicó un trabajo mucho más detallado, la primera Carta de

Reconocimiento de Suelos del Uruguay (CRSU76), que junto con la cartografía CONEAT (disponible desde 1973) y el Relevamiento de Reconocimiento de Suelos de la Cuenca de la laguna Merín (un proyecto con FAO, culminado en 1969), contribuyeron a un cambio radical sobre la forma de considerar al suelo como recurso básico para la producción y su importancia para la economía del país en el largo plazo. La cartografía CONEAT, si bien ampliamente utilizada a nivel predial, no es una carta básica de suelos sino una interpretación en base a la productividad potencial de los suelos en carne y lana. Por lo tanto, su utilización para otros objetivos (por ejemplo, planificación para usos agrícolas a nivel predial) puede llevar a interpretaciones erróneas.

En 1982 la Dirección de Suelos planteó un plan de levantamientos regionales a mayor escala (1:100.000) en cuyo marco se completó el mapeo de los departamentos de Canelones, Montevideo, Tacuarembó, Soriano, sur de San José y la cuenca del Río Cuareim. Como a fines de la década del 80 hubo un fuerte recambio en los técnicos, este programa se desarticuló. Algunas de estas cartas están disponibles en el sitio Web de la Dirección General de Recursos Naturales (DGRN) del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.

Hoy la DGRN comienza a publicar los primeros resultados de una nueva carta de suelos a nivel nacional con trabajos iniciados en el 2013. Este trabajo se viene implementando en apoyo a la elaboración de los Planes de Uso y Manejo Responsable de los Suelos y será una herramienta fundamental para apoyar el Programa Nacional de Conservación de Suelos y la investigación agrícola en suelos y cultivos. Por su contenido y escala, además, la nueva cartografía y sus documentos asociados servirán para otros múltiples usos.

La CRSU76 que ha estado disponible hasta la fecha es una carta de reconocimiento de suelos de quinto orden que fue publicada a escala 1:1.000.000. Las unidades de mapeo en ese levantamiento son asociaciones de Familias de suelos. La nueva cartografía CRSU16 es mucho más detallada, de tercer orden, y se publica a escala 1:40.000 sobre imágenes Bing de alta resolución, lo que facilita enormemente su utilización. Por otra parte, las unidades de mapeo se definen en base a Series de suelos. La Serie es una subdivisión de las Familias, o sea, una unidad taxonómica definida con mucho mayor detalle, lo que aumenta el valor de la carta.

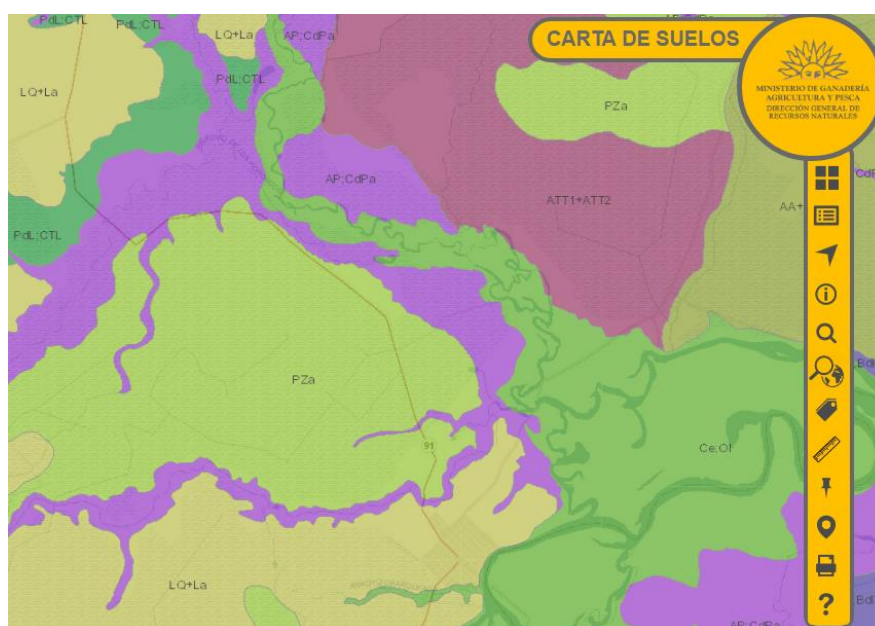
Si bien la cartografía de todo el territorio nacional será publicada a escala 1:40.000, el levantamiento se realiza de manera más detallada (unidades de mapeo descriptas con mayor detalle) en aquellas regiones con suelos con capacidad de uso más intensivo (agrícola o agrícola – pastoril). En regiones donde los suelos tienen mayores restricciones para un uso intensivo, predominantemente tierras de uso ganadero extensivo o forestal, el nivel de detalle en la definición de las unidades de mapeo es menor. En ambos casos, sin embargo, la Serie es la unidad taxonómica básica.

LOS COMPONENTES BÁSICOS DE LA CARTA DE SUELOS

Las Unidades de Mapeo (o unidades cartográficas)

La unidad de mapeo es un conjunto de áreas homogéneas con respecto a los suelos que la componen. También tienen un paisaje similar, que se repite en forma más o menos sistemática.

A cada Unidad de mapeo se le asigna un nombre (que aparece en la leyenda del mapa) y un símbolo (relacionado con su nombre). Los nombres y símbolos indican los suelos que caracterizan a cada unidad de mapeo (clasificados a nivel de Serie). Cada área individual en el mapa, representada por un color y su símbolo, es una “delineación”. El ejemplo siguiente explica estos conceptos.



Este segmento de la carta muestra varias unidades de mapeo, identificadas por sus colores diferentes y sus símbolos: PZa, LQ+La, AP:CdPA, etc. Por ejemplo, PZa es el símbolo de la Unidad “Punta Zapata”, y LQ+La es el símbolo de la Unidad “La Quemada + Lascano”. La figura muestra dos delineaciones de la Unidad PZa.

PZa es una Unidad de Mapeo relativamente homogénea, con un solo tipo de suelo dominante clasificado como la Serie Punta Zapata, que le da el nombre a la Unidad de Mapeo. La leyenda del mapa indica que esta Serie es un Solonetz Limoso de acuerdo a la clasificación de suelos del Uruguay (Altamirano et al, 1976). En cambio, LQ+La es una unidad más heterogénea ya que presenta dos suelos dominantes: las Series La Quemada (LQ) y la Serie Lascano (La), que son Argisoles Subéutricos Melánicos y Planosoles respectivamente.

En base a su complejidad y padrón de suelos las Unidades de Mapeo pueden ser: (1)

consociaciones, (2) complejos, (3) asociaciones o (4) complejos indiferenciados.

- **Consociaciones:** son unidades de mapeo bastante homogéneas, dominadas por una única Serie de Suelos. El nombre de la Serie dominante se utiliza para definir el nombre de la Unidad de Mapeo. Por ejemplo, PZa es una Consociación y su Serie dominante es Punta Zapata. Como regla general, más de un 50% de la superficie de cada delineación de una consociación está ocupado por la Serie identificada como dominante. El resto está compuesto por suelos con características similares (inclusiones), sin grandes diferencias en lo que se refiere al manejo. Por lo general, hay menos de un 15% de inclusiones que requieren un manejo diferente por tener condiciones limitantes importantes; y hasta 25% si esas condiciones no son significativas desde el punto de vista del manejo.
- **Complejos:** son unidades de mapeo más heterogéneas que las consociaciones ya que tienen dos o más series dominantes). Esas Series diferentes se distribuyen en el paisaje de una manera compleja o en áreas pequeñas del paisaje. Delimitarlas a esta escala de trabajo generaría delineaciones muy pequeñas y un mapa confuso para trabajar, por lo tanto, no se los separa como unidades diferentes. Quizás podrían separarse a una escala mayor, más detallada. En un Complejo, las dos o más series dominantes aparecen en todas las delineaciones aunque lo pueden hacer en distintas proporciones. Por lo general, los suelos dominantes en un Complejo presentan diferencias importantes desde el punto de vista del manejo ya que si fueran similares, la unidad podría constituir una Consociación. El nombre del Complejo surge del nombre de las Series que lo integran ligadas por el signo de suma (+). Se trata de indicar en primer lugar el de la Serie más extendida. Por lo general se mencionan las dos principales series, excepcionalmente una tercera; las demás se describen como “inclusiones”. Por ejemplo la unidad **LQ + La** es un complejo integrado por las Series La Quemada y Lascano. Por lo general, hay menos de un 15% de inclusiones de suelos que requieren un manejo diferente por tener condiciones limitantes importantes; y hasta 25% si esas condiciones no son significativas desde el punto de vista del manejo.
- **Asociaciones:** Las asociaciones son también unidades de suelos más heterogéneas que las Consociaciones, es decir, tienen dos o más series dominantes. Por lo general, los suelos dominantes en una Asociación presentan diferencias importantes desde el punto de vista del manejo ya que si fueran similares, la unidad podría constituir una Consociación. En una Asociación, las dos o más series dominantes aparecen en todas las delineaciones aunque lo pueden hacer en distintas proporciones. A diferencia de los Complejos, el padrón de suelos, es decir la ubicación en el paisaje de las diferentes Series es bastante sistemática y los suelos se presentan en extensiones considerables. Teóricamente podrían separarse cartográficamente sin embargo, en esta cartografía no se separan como unidades de mapeo diferentes ya que a la escala del levantamiento esto sería muy trabajoso y costoso, y no se justifica a nivel de reconocimiento para todo el país. Como para los Complejos, el nombre de la Asociación surge del nombre de las Series que lo integran, pero en este caso, ligadas por un guion medio (-). Se trata de indicar en primer lugar el nombre de la Serie más extendida. Por lo general se mencionan las dos principales Series, excepcionalmente una tercera. Por ejemplo: la unidad Do-AJS es una asociación integrada por las Series Dolores y

Arroyo Juan Santos. Por lo general, hay menos de un 15% de inclusiones de suelos que requieren un manejo diferente por tener condiciones limitantes importantes; y hasta 25% si esas condiciones no son significativas desde el punto de vista del manejo.

- **Complejos indiferenciados:** Estas son unidades de suelos bastante complejas que las anteriores, consistentes en dos o más Series que se distribuyen en el paisaje en un padrón difícil de definir, que no siempre es el mismo en las diferentes delineaciones. Las Series no se asocian entre sí de manera consistente en el paisaje, y sus proporciones pueden variar de una delineación a otra de la misma Unidad. Para los objetivos del levantamiento actual no tiene sentido, ni se justifica económicamente, y a veces resulta prácticamente imposible intentar separar sus distintos componentes como unidades de mapeo diferentes. Como para el caso de las otras unidades de mapeo, el nombre del Complejo indiferenciado surge del nombre de las Series que más abundan en la unidad, pero en este caso, ligadas por un punto y coma (;). Por lo general se mencionan las dos principales Series, excepcionalmente una tercera; las demás se describen como “inclusiones”. Generalmente se trata de indicar en primer lugar el de la Serie más extendida. Por ejemplo: el Complejo indiferenciado PdL;CTL es una unidad que incluye varias Series, dominando Paso de la Laguna (PdL) y Cañada Tío López (CTL).

La información sobre las unidades de mapeo y sus suelos

Además de los límites entre unidades de mapeo, la carta ofrece abundante información sobre los suelos que las componen y que está fácilmente disponible para los usuarios en la web. Con la carta a la vista en pantalla, es posible identificar las unidades de mapeo de interés. Con la

herramienta  (Información Suelos) se despliega el siguiente cuadro:



The screenshot shows a web application window titled "Información Suelos". It features a search bar with a dropdown menu set to "No", a "Unidad Mapeo" dropdown, and a "Buscar" button. Below these is a table with three columns: "Unidad Mapeo", "Serie", and "Perfil". The table contains the following data:

| Unidad Mapeo | Serie | Perfil |
|--------------|-------|--------|
| JPV+Ar | JPV | |
| LQ+La | La | |
| LB1+LB2 | LB1 | |
| LB1+LB2 | LB2 | |
| LC(B);CQ | LC(B) | |
| CQ;LC(B) | LC(B) | |

At the bottom of the window, there are three yellow buttons: a magnifying glass, a circular arrow, and a refresh icon.

Al picar en el mismo es posible obtener la descripción de la unidad de mapeo, las Series que la componen y la información analítica del perfil representativo.

La descripción de las unidades de mapeo incluye:

-
- Nombre y símbolo de la unidad de mapeo
 - Descripción general del paisaje (geología y geomorfología)
 - Usos del suelo más comunes
 - Listado de la / las Series que componen la unidad
 - Ubicación de las Series en el paisaje característico de la unidad de mapeo (ubicación en el padrón de suelos)
 - Proporciones estimadas de cada una de las series en la unidad de mapeo
 - Referencias a posibles inclusiones
 - Información referida al drenaje natural, escurrimientos, etc.
 - Información general agronómica relevante
 - Información no-agronómica importante

La Serie: la unidad fundamental para la clasificación de los suelos

Como ya se ha explicado, las Unidades de Mapeo se definen en base a los tipos de suelos que las componen, y estos se clasifican a nivel de Series. La Serie es una unidad conceptual, es decir, un tipo de suelos que se define en base a un perfil modal o representativo y rangos de variación acotados de sus propiedades. Como cuerpos naturales, los suelos nunca son totalmente homogéneos. La variabilidad espacial, siempre continua, puede ser grande aun en pequeñas distancias. Aún en una Consociación, definida en base a una sola Serie dominante, diferentes perfiles presentaran características disímiles, pero con rangos de variación estrechos y definidos y que no generan diferencias en el manejo del suelo.

La Serie de Suelos ha demostrado ser a lo largo del tiempo y a través de los más diversos enfoques, una categoría taxonómica (de clasificación) sumamente útil, debido a la combinación de una serie de elementos entre los cuales se incluyen:

- Su carácter utilitario, por representar un grupo relativamente homogéneo de suelos que requiere manejo similar y presentan una productividad comparable, así como limitaciones y respuestas semejantes para diversas alternativas de uso.
- Sus características morfológicas, físicas y químicas bien peculiares permiten su rápida individualización y facilitan su expresión tanto geográfica (ubicación en el terreno) como cartográfica (ubicación en el mapa). Esto hace que la Serie como unidad taxonómica conceptual, pueda ser identificada fácilmente en unidades de mapeo concretas.
- La facilidad de memorizar su concepto central, al ser denominadas con nombres vernáculos, en general elementos geográficos (ríos, poblados, etc.) cercanos a la localidad donde se han descrito los perfiles representativos.

Por otra parte:

- Es la categoría taxonómica utilizada en forma exclusiva en los levantamientos a gran escala (detallados y semidetallados).
- Sirve para la organización de la información de suelos para diversos usos (aptitud de uso para diversos cultivos, índices de productividad, recomendaciones de fertilización, etc.).
- Constituye un soporte técnico clave en programas de conservación de suelos, como por ejemplo aplicaciones de la USLE, ya que a cada Serie, y de acuerdo a sus propiedades, se le asigna un índice de erodabilidad (K) y un factor de tolerancia de pérdidas de suelo (T).
- Organizadas en un inventario nacional de Series, constituyen el núcleo de un Sistema de Información de Suelos del Uruguay.

La nueva cartografía (CRSU16) incluye fichas descriptivas de todas las Series identificadas, tanto las definitivas como aquellas que aún requieren confirmación (tentativas).

Las fichas técnicas descriptivas de las Series incluyen:

- Estatus de la Serie: si esta ya ha sido definida como Serie Definitiva o si aún es considerada una Serie Tentativa
- Clasificación completa hasta nivel de familia (y fases cuando corresponda) de acuerdo a la taxonomía vigente en el país. Para algunas Series también se incluye la clasificación de acuerdo a “Soil Taxonomy” (esquema de clasificación de USA).
- Listado de las unidades de mapeo donde la Serie aparece comúnmente y usos principales
- Materiales generadores de los suelos (geología) y su ubicación en el paisaje (geomorfología)
- Descripción general de las propiedades del suelo, desagregada por horizontes, con los rangos de variación normalmente presentes para sus propiedades más importantes
- Descripción detallada de un perfil representativo o modal, su ubicación en fotos aéreas y coordenadas (georreferenciación), altitud sobre nivel del mar, fecha de la descripción, autores, etc.
- Rangos de propiedades analíticas de los perfiles que apoyan la Serie.
- Series emparentadas (en general Series de la misma Familia) con propiedades y posibilidades de uso similares, incluyendo criterios útiles para diferenciar entre series emparentadas)
- Series asociadas geográficamente
- Propiedades inferidas relativas a la utilización del suelo que son determinantes para establecer la capacidad de uso y su aptitud para diferentes usos (fertilidad natural, drenaje natural, capacidad de infiltración, permeabilidad, etc.)
- Estimación de los factores K (índice de erodabilidad) y Factor T (tolerancia a las pérdidas de suelo por erosión), para ser utilizados al trabajar con los modelos USLE/RUSLE)
- Capacidad de uso y aptitud para diferentes usos (agrícola, ganadero, forestal, cultivos específicos como arroz por ejemplo, etc.)
- Foto o esquema de un perfil representativo y de su ubicación en el paisaje

Como el levantamiento es una tarea continua, se irán publicando las cartas a medida que las unidades de mapeo estén delineadas por regiones (fotoplanos), acompañadas de la información básica disponible. Puede ocurrir que parte de la información complementaria que se ha descrito aquí no esté disponible al momento de la publicación en la Web (por ejemplo aptitud de uso para cultivos específicos, etc.). Esta se irá agregando a medida que se completen los estudios correspondientes.

Inclusiones

Los suelos son cuerpos naturales muy variados y su distribución en el paisaje puede ser compleja. Como se indicó anteriormente, la variabilidad espacial, siempre continua, puede ser grande aún en pequeñas distancias. A la escala de la cartografía CRSU16 (1:40.000) muchas de

las unidades de mapeo incluyen otros suelos además de la o las Series dominantes. Estas se denominan “inclusiones” y no están representadas en el nombre de la unidad de mapeo por ocupar una superficie mucho menor que la de las Series dominantes. Es importante anotar que la presencia de inclusiones reduce la homogeneidad (la pureza) de las unidades de mapeo y pueden afectar las interpretaciones, por ejemplo, la elaboración de un Plan de Uso y Manejo Responsable de Suelos para un predio en particular (los suelos de una chacra relativamente pequeña pueden ser mayoritariamente inclusiones dentro de la unidad de mapeo. Es por esta razón que en esos casos es imprescindible un trabajo de campo por los técnicos responsables, utilizando estas cartas a escala 1:40.000 para elaborar un carta de suelos del predio a nivel detallado (escala 1:20.000 por ejemplo).

Como se mencionó al definir las diferentes unidades de mapeo (Consociaciones, Asociaciones, etc.), todas admiten un cierto porcentaje de inclusiones, generalmente entre un 15 y un 25%, de acuerdo a sus diferencias en cuanto al uso del suelo. Cuando las propiedades de las inclusiones son significativamente limitantes para el uso (comparadas con la de las Serie dominante), se adopta el porcentaje menor (15%).

Datos analíticos de perfiles de suelos

En la mayor parte de las Fichas Técnicas Descriptivas de las Series se incluye una planilla de datos analíticos de los perfiles que apoyan las Series, obtenida por el laboratorio de caracterización de Suelos de la DGRN. La tabla siguiente resume las técnicas utilizadas.

TÉCNICAS ANALÍTICAS UTILIZADAS EN EL LABORATORIO DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS DE LA DGRN

PROPIEDADES QUÍMICAS

| | |
|--|---|
| Carbono Orgánico | Oxidación con dicromato de potasio y ácido sulfúrico sin aplicación de calor exterior (Método de Walkey Black). Se utiliza el factor 1.3 para estimar el C orgánico total a partir del C oxidado por el método. |
| Nitrógeno total | Método Kjeldahl sin incorporación de nitratos. |
| Capacidad de intercambio catiónico (CIC) a pH 7 | Percolación con acetato de amonio 1M pH 7.0 en extractor mecánico por vacío (Sampletex), lavado del exceso, desplazamiento, y medida del amonio retenido en forma intercambiable por destilación. |

| | |
|--|--|
| Bases intercambiables | En el percolado de acetato de amonio usado para CIC se determina Ca^{2+} y Mg^{2+} por absorción atómica, y Na^+ y K^+ por emisión. En presencia de contenidos significativos de Na^+ de sales, el Na^+ intercambiable se corrige por Na^+ en el extracto de pasta saturada. En presencia de carbonato de calcio se corrige el exceso de Ca^{2+} . |
| pH | Medición potenciométrica (pHmetro) con electrodo específico de H^+ , en suspensiones 1:1 en agua y KCl 1M, y 1:2 en CaCl_2 0.01M |
| Acidez titulable a pH7 | CIC a pH 7.0 menos suma de bases intercambiables. |
| Acidez titulable a pH 8.2 | Titulación con ácido de la extracción del suelo con Cl_2Ba TEA a pH 8.2 |
| Capacidad de intercambio catiónico (CIC) a pH 8.2 | Bases intercambiables totales más acidez titulable a pH 8.2 |
| Acidez (Al) intercambiable al pH del suelo | Extracción con KCl 1M, titulación con NaOH y retorno luego de agregar FNa con HCl para determinar Al. |
| Conductividad eléctrica (para estimar salinidad) | Conductividad eléctrica medida con conductímetro en el extracto de pasta saturada. |
| RAS (para estimar sodicidad) | Medición del RAS (tasa de adsorción de sodio): contenidos de Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^+ expresados en mM+/L en el extracto de pasta saturada. $\text{RAS} = \text{Na}^+ / \sqrt{(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) / 2}$ |
| Sodio intercambiable (para estimar sodicidad) | Porcentaje de sodio en la capacidad de intercambio catiónico |
| Carbonatos | Medición del desprendimiento de gas al agregar HCl, calibrado con CaCO_3 analítico. |
| Óxidos totales de Fe y Mn | Extracción con ditionito de sodio-citrato de sodio durante 16 hs y medida en absorción atómica |
| Óxidos activos de Fe y Mn | Extracción con oxalato de amonio durante 2 horas y medida en absorción atómica |
| Fósforo (P) retenido | Método Bray No.1 Relación de extracción 1-10 y tiempo de extracción 5 minutos |
| Índice de retención de Fósforo (P) | Porcentaje de P retenido al agregarle 500 ppm al suelo con agitación durante 16 horas. |
| Azufre orgánico | |

| | |
|-----------------------|--|
| Potasio fijado | |
|-----------------------|--|

PROPIEDADES FÍSICAS

| | |
|---|--|
| Granulometría / Distribución por tamaño de partículas minerales: porcentajes de las fracciones arena limo y arcilla, así como distintas fracciones de la arena | Método de la pipeta, sobre muestra molida a 2 mm. Destrucción de materia orgánica con pehidrol, dispersión con hexametafosfato-carbonato de sodio en agitador recíproco. Separación de arena por tamiz de 50 micrones. En probeta de 1L, agitación, sedimentación y muestreo con pipeta de partículas menores a 2 micrones. Limo calculado por diferencia. |
| Fracciones gruesas (mayores a 2 mm.) | Lavado del material y tamizado en húmedo a 2 mm, para el posterior pesado del retenido en el tamiz. |
| Densidad aparente | Muestreo imperturbado con cilindros con filo de 100 mL, con muestreador Eijkelkamp. Expansión en agua por 48 horas, ajuste al volumen de 100 mL secado en estufa a 105°C y pesado de la muestra. |

Es necesario anotar que para esta nueva cartografía se ha utilizado abundante información proveniente de otros levantamientos a nivel nacional y regional (por ejemplo, el levantamiento de suelos del Proyecto FAO “Cuenca de la Laguna Merín”). En algunos casos, las metodologías utilizadas en esos otros levantamientos no son las que actualmente utiliza la DGRN.

PROPIEDADES INFERIDAS E INTERPRETACIONES

La información técnica que acompaña las cartas, como se ha descrito más arriba, es abundante y confiable a la escala del trabajo. Esto permite a muchos usuarios con conocimiento técnico elaborar sus propias conclusiones en cuanto a limitantes para ciertos usos, ajuste de rotaciones para un uso sostenible, etc. Otros usuarios pueden estar interesados en interpretaciones predeterminadas por los técnicos de la DGRN. Esta nueva cartografía tiene previsto ir avanzando en este sentido, para incrementar el valor utilitario de la información que se presenta y facilitar su uso por no-especialistas.

Se denominan propiedades inferidas a aquellas no medibles ni observables directamente, y que se estiman o calculan a partir de la información morfológica y analítica básica. Por lo general se estiman en base a modelos de pedotransferencia. Así se denominan a cálculos que, utilizando información analítica disponible, permiten sacar conclusiones sobre propiedades útiles para el uso y manejo del recurso. En otros casos, los técnicos encargados de la definición de las Series

ya infieren, a veces directamente en el campo, algunas de estas propiedades. Esta caracterización preliminar a campo luego se verifica al analizar los datos de laboratorio. Es de destacar que muchas de las propiedades inferidas dependen de las propiedades del suelo pero además de su ubicación en el paisaje y del clima donde el suelo se encuentra. Las Fichas Técnicas Descriptivas de las Series ya incluyen, en la mayoría de los casos, muchas propiedades inferidas. Otras se irán agregando oportunamente.

Técnicos de la DGRN están trabajando en una actualización del Manual de Evaluación de Tierras que incluirá información detallada sobre propiedades útiles para el uso y manejo de los suelos así como procedimientos para estimar la aptitud de uso para diferentes cultivos, rotaciones, etc. Esto permitirá una caracterización utilitaria muy útil para cada Serie de suelos y, al sugerir rangos de capacidad de uso en base a riesgos de degradación y erosión, será una herramienta muy útil para la elaboración de Planes de Uso y Manejo Responsable de Suelos. Algunos de estas propiedades inferidas ya se incluyen en muchas de las Series que se han ido definiendo, y aparecen en sus respectivas Fichas Descriptivas (ver Tabla siguiente).

Algunas propiedades inferidas, importantes para el uso y manejo, y cómo se estiman

| Propiedad | Descripción | Forma de estimación |
|--|---|---|
| Escurrecimiento (o drenaje superficial) | Velocidad relativa con que el agua se mueve por la superficie del suelo durante y después de las lluvias. | Se estima en base a la velocidad de infiltración, la cual es función de la textura y estructura del horizonte superficial, y de su contenido de arcilla y materia orgánica. En el escurrecimiento también influye la topografía del terreno y la capacidad total de retención de agua hasta un horizonte con permeabilidad restringida. Cuando se mide (por el método de los cilindros por ejemplo), es función del contenido de humedad del suelo. |
| Permeabilidad (o drenaje interno) | Velocidad con que el agua atraviesa el perfil | Se puede estimar en base a la textura y estructura del horizonte más restrictivo: horizontes con altos contenido de arcilla, suelas de arado, etc. Se puede medir la conductividad hidráulica en flujo saturado (K_{sat}) aunque se trata de una propiedad altamente variable dentro de una misma Serie. |
| Aireación o drenaje natural | Frecuencia y duración de los periodos en que el | Estimada en base a textura y estructura del suelo en la capa |

| | | |
|--|---|--|
| | suelo está libre de saturación con agua; determina la disponibilidad de oxígeno para un buen desarrollo radicular y de la fauna edáfica aeróbica | explorada por el grueso de las raíces, observando también la presencia de evidencias de problemas de aireación (caracteres redoximórficos como moteados, colores gley, etc.) |
| Profundidad efectiva | Máxima profundidad a la que pueden llegar las raíces, sin ningún tipo de obstáculos | Estimada en base a la ubicación de un horizonte que restringe el desarrollo radicular (contacto lítico, napa de agua permanente, horizonte con alto contenido de Al intercambiable, etc.) |
| Profundidad de arraigamiento | Profundidad donde se desarrolla el máximo volumen radicular | Estimada en base a observaciones de campo y a la profundidad de capas que generan restricciones (físicas o químicas) para el desarrollo radicular. |
| Capacidad de retención de humedad | Capacidad del suelo de retener agua en la parte del perfil explorada por las raíces | Estimada en base a la textura y estructura del suelo y la presencia de horizontes restrictivos |
| Agua disponible en el perfil | | Utilizando la fórmula de Fernández (1979) y Silva et al (1988). |
| Riesgo de erosión | Susceptibilidad del suelo a la erosión hídrica; depende de las características del suelo (su erodabilidad), de la topografía y de la erosividad de las lluvias en donde la Serie ocurre | Estimada en base a la erodabilidad del suelo (factor K, ver abajo), la posición topográfica de la Serie y grado y longitud de las pendientes, y erosividad de las lluvias (factor R). |
| Erodabilidad (Factor K) | Susceptibilidad intrínseca del suelo a la erosión hídrica (depende únicamente de características del perfil) | Estimada en base a la fórmula de Wischmeier; K es función de la distribución del tamaño de partículas del horizonte superficial, el contenido de materia orgánica, su estabilidad estructural, y la permeabilidad del perfil |
| Perdidas de suelo tolerables (Factor T) | Perdidas máximas tolerables para una producción sostenible | Estimadas en base a la profundidad a capas restrictivas para el desarrollo radicular (químicas o físicas) y la profundidad de los horizontes A del perfil. |
| Erosión actual | Estado de erosión de los suelos de una unidad de mapeo cuando por su extensión se justifica mencionar en alguna | Observaciones de campo y en imágenes |

| | | |
|----------------------------------|---|--|
| | delineación que los suelos están severamente erosionados. Se agrega una "fase por erosión" a la Serie. | |
| Fertilidad natural | Condiciones potenciales para el suministro de nutrientes a los vegetales en condiciones naturales | Estimada a partir de la suma total de bases intercambiables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) y del contenido de materia orgánica. |
| Salinidad | Condiciones de exceso de sales que pueden afectar al crecimiento de especies no adaptadas. | Estimada en base a la profundidad a la que ocurren esa alta presencia de sales y a su concentración (medida por la conductividad eléctrica del extracto saturado). |
| Sodicidad | Condiciones de exceso de sales de sodio Si las sales son de sodio que pueden afectar al crecimiento de especies no adaptadas. El sodio es tóxico para algunas especies y afecta otras propiedades del suelo, fundamentalmente la permeabilidad. | Medida por el SAR (tasa de absorción de sodio) o por el porcentaje de sodio intercambiable |
| Riesgo de sequía | Probabilidad de que el suelo tenga periodos prolongados de déficit hídrico afectando negativamente el desarrollo de los cultivos comunes | Se estima en base a la profundidad de arraigamiento y de la capacidad de retención de humedad del perfil, infiltración, escurrimiento superficial y agrietamientos (por aumentar la superficie de evaporación) |
| Riesgo de inundación | Probabilidad de invasión de las tierras por aguas de ríos, arroyos, cañadas y/o lagos que se desborden. | Se estima frecuencia y duración en base a informantes y propiedades del terreno |
| Riesgo de heladas | Posibilidad de las tierras de sufrir temperaturas inferiores a 0 °C al abrigo | Estimada en base a la distancia al océano, lagos u otros cuerpos de agua y posición topográfica. |
| Riesgo de vientos salinos | Susceptibilidad a que los cultivos sean afectados por vientos provenientes del mar, con alto contenido en sales. Se restringe a suelos ubicados en el litoral marítimo del SE y E del país | Estimada en base a la distancia a la costa. |

| | | |
|--|--|--|
| Riesgo de encostramiento | Susceptibilidad del suelo a degradación por laboreo-pisoteo, con formación de costras superficiales | Se estima en base a la interacción de la textura, la alcalinidad y el nivel de materia orgánica en la capa superior del suelo (Dijkerman, 1981). |
| Capacidad de uso | Facilita la planificación del uso del recurso al proveer información sobre la máxima intensidad a la que el suelo puede ser utilizado manteniendo su capacidad productiva en el largo plazo | Pautas a ser publicadas conjuntamente con el Manual de Evaluación de Tierras. |
| Aptitud para diferentes cultivos y sistemas de producción | Facilita la planificación del uso del recurso al proveer información sobre la aptitud de los suelos para usos específicos considerando sus limitaciones permanente y diferentes niveles tecnológicos | Pautas a ser publicadas conjuntamente con el Manual de Evaluación de Tierras en base al esquema general propuesto por FAO (A Framework for Land Evaluation). |

Además de los aspectos vinculados a las relaciones suelo-planta-agua, todos relevantes a las actividades agrícolas, pecuarias y forestales, son también de interés aquellos atributos con impactos en obras de ingeniería civil como drenajes, presas, carreteras, etc. Si bien las cartas pueden resultar de utilidad, y la información disponible en las Series permitiría realizar algunas inferencias, la DGRN no ha incluido interpretaciones específicas para esos usos en sus planes.

LA PRECISION DE LA CARTA

Cuando se utiliza una carta de suelos es importante tener una idea de su precisión, es decir, estimaciones sobre la pureza de sus unidades de mapeo, entendiendo como tal el porcentaje mínimo del área de la unidad ocupada por suelos (Series) incluidos en la leyenda de esa unidad. Ya se discutió la presencia de inclusiones, que pueden llegar a ocupar entre un 15 y un 25% de la unidad.

En estudios detallados, como los que se necesitarían para elaborar un buen Plan de Uso y Manejo Responsable de los suelos de un predio (a escala 1:20:000 por lo menos), la mayor parte de las unidades deberían ser Series puras (Consociaciones), y se ha intentado llegar a niveles entre 80 – 90% de pureza, lo que ha resultado bastante difícil dada la variabilidad natural de los suelos en el paisaje. Afortunadamente, muchas de las inclusiones no contempladas en las leyendas no son lo suficientemente contrastantes como para afectar la interpretación de las cartas.

En levantamientos a menor escala, como los de esta cartografía

CRSU16, donde las unidades de mapeo son Asociaciones, Consociaciones o Complejos de Series, es más factible lograr mayores niveles de precisión. Por otra parte, sería lógico que estos niveles se ajustaran a la intensidad de uso de la tierra, con mayor pureza en áreas de agricultura intensiva o irrigación que en áreas de uso predominantemente ganaderas. Este es un principio que se piensa aplicar en este levantamiento.

La escala 1:40.000 de la carta que aquí se presenta significa un nivel de reconocimiento detallado que es altamente preciso cuando se utiliza regionalmente, en planificación territorial por ejemplo, siendo muy útil para interpretar la potencialidad del recurso suelo para una región, así como sus principales limitantes para el uso y manejo. Esta escala también ofrece información sumamente útil para la planificación de empresas pero se va perdiendo precisión al ser utilizada en predios pequeños o a nivel de chacra. Al ser utilizada a nivel predial, la probabilidad de errores es inversamente proporcional al tamaño de los predios.

Este nivel de precisión se entiende si consideramos que se trata del resultado de fotointerpretación de fotografías aéreas escala 1:40.000, con una resolución limitada. Pero más importante, es necesario considerar la variabilidad natural de los suelos, considerable aún en distancias cortas de decenas de metros, que implica transiciones entre unidades de mapeo raramente lineales, sino difusas. La variabilidad natural de los suelos, la complejidad de los padrones en el paisaje, depende mucho de la geomorfología y diversidad de los materiales generadores, aumentando de los paisajes de rocas sedimentarias a aquellos sobre el basamento cristalino.

Estos comentarios sobre la precisión de la carta son pertinentes cuando se va a utilizar para la elaboración de planes de uso a nivel predial. En una chacra es más probable que ocurran, en forma dominante, suelos definidos como accesorios, que en predios grandes. Por definición se admite hasta un 15% de inclusiones cuyo uso y manejo puede ser muy diferente a las de las Series dominantes. Y aun entre estas puede haber diferencias significativas en su respuesta al manejo. Por ejemplo, los factores K (erodabilidad) de los suelos pueden ser muy diferentes en las distintas Series e inclusiones de un Complejo o una Consociación; también serán variables los grados y longitudes de las pendientes (todos elementos importantes al utilizar el modelo RUSLE. Por este motivo, los ingenieros agrónomos responsables deberían diseñar sus planes en base a un croquis de suelos detallado (a escala 1:20.000 por lo menos), elaborado sobre la base de esta cartografía 1:40.000. Sobra repetir que la elaboración de planes sobre croquis CONEAT puede inducir a errores graves ya que esos agrupamientos, aunque a escala 1:20.000, no son estrictamente de suelos sino unidades relativamente homogéneas en cuanto a su productividad potencial en carne y lana, que pueden incluir suelos que requieren un manejo agronómico totalmente diferentes cuando son utilizados para cultivos.