



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA
PLATA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES

CURSO MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS

MATERIAL TEÓRICO

INGENIERÍA FORESTAL

UNIDAD DIDÁCTICA A1

Aptitud de Uso de los Suelos

Clasificaciones Utilitarias

Herramientas

2021

OBJETIVO

Analizar en forma integral las variables que determinan la capacidad productiva de los suelos para diferentes aplicaciones agropecuarias; conocer y comparar diferentes clasificaciones utilitarias; y adquirir destreza en el empleo de las mismas.

RESUMEN

En esta unidad temática se describen las herramientas (fotos aéreas e imágenes satelitales) que se utilizaron para la elaboración de los mapas de suelos disponibles en el país y que se utilizarán en la confección de nuevos mapas de suelo, por ejemplo mapas a nivel predial que son más detallados y no están disponibles en nuestro país. También se analizan diferentes métodos de evaluación de los suelos.

Existen numerosísimos métodos de evaluación que utilizan filosofías y técnicas muy diversas. Unos métodos utilizan criterios **cualitativos** mientras que otros emplean parámetros **cuantitativos**. Los sistemas cualitativos por lo común, se emplean en estudios de reconocimiento cuyo objetivo es una evaluación general y rápida de zonas amplias. Los métodos cuantitativos se utilizan más frecuentemente en estudios detallados, se necesita más información de los suelos, tanto para construir el sistema evaluador como a la hora de aplicarlo, pero son más objetivos y con ellos los resultados son más fiables. Otros métodos parten de datos cualitativos que son ponderados para obtener un resultado final numérico. En cuanto al objetivo que persiguen estos métodos de evaluación también hay una gran diversidad. Así unos sistemas persiguen fines agrícolas mientras que otros buscan utilidades exclusivamente ingenieriles (como soporte de construcciones, caminos, canales, fosos, cimentaciones, pilares, vertederos, presas, fosas sépticas).

Dentro de los sistemas para usos agrícolas, unos evalúan la capacidad del suelo para usos muy generales (cultivos, pastos y bosques) son los llamados Land Capability, mientras que otros, los denominados Land Suitability, valoran la aptitud del suelo para utilidades concretas, para un cultivo específico (trigo, maíz, pino, etc) y con un determinado manejo del suelo. Las clasificaciones de Capacidad de Uso definen los grados de capacidad en términos, generalmente, vagos, fijándose fundamentalmente en las limitaciones para un uso general. Los de Aptitudes Específicas proporcionan resultados más prácticos, pero necesitan de más datos tanto del suelo como los requerimientos de cada cultivo. Frecuentemente, los sistemas evaluadores tienen en cuenta los efectos beneficiosos que pueden resultar como consecuencia de introducir determinadas mejoras y se habla de evaluaciones potenciales.

ÍNDICE

OBJETIVO.....	3
RESUMEN.....	3
ÍNDICE.....	4
HERRAMIENTAS PARA LA CARTOGRAFÍA Y MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES.....	6
<i>TELEDETECCIÓN.....</i>	<i>6</i>
<i>FOTOINTERPRETACIÓN.....</i>	<i>9</i>
Fotografías aéreas.....	9
Fotoíndices.....	9
Mosaicos aerofotográficos.....	10
<i>IMÁGENES SATELITALES.....</i>	<i>11</i>
<i>Sistemas de información geográfica.....</i>	<i>13</i>
<i>INTERPRETACIÓN VISUAL.....</i>	<i>16</i>
Caracteres de observación directa.....	16
Elementos de observación directa.....	17
<i>IMPORTANCIA DE LA FOTOGRAFÍA AÉREA EN EL MAPEO DE SUELOS.....</i>	<i>19</i>
<i>CARTAS TOPOGRÁFICAS.....</i>	<i>19</i>
<i>CARACTERÍSTICAS Y OBJETIVOS DE LOS MAPAS DE SUELOS.....</i>	<i>21</i>
<i>MAPAS DE SUELOS.....</i>	<i>22</i>
Consociaciones.....	22
Complejos y Asociaciones.....	23
Tierras misceláneas.....	23
Fases.....	23
<i>TIPOS DE MAPAS DE SUELOS.....</i>	<i>23</i>
Muy intensivo.....	24
Intensivo.....	24
Semidetallado.....	24
Reconocimiento detallado.....	25
Reconocimiento extensivo.....	25
Generalizados.....	25
Esquemáticos.....	26
CLASIFICACIONES UTILITARIAS: SISTEMAS DE EVALUACIÓN.....	27
LA CLASIFICACIÓN USDA DE TIERRAS POR SU CAPACIDAD DE USO.....	28
<i>CLASES DE CAPACIDAD.....</i>	<i>29</i>
<i>SUBCLASE DE CAPACIDAD.....</i>	<i>30</i>
<i>UNIDAD DE CAPACIDAD DE USO.....</i>	<i>30</i>
<i>PRESUPOSICIONES.....</i>	<i>30</i>
<i>LAS CLASES DE CAPACIDAD DE USO.....</i>	<i>32</i>
Tierras aptas para las labranzas y otros usos.....	32
Tierras de uso limitado – Generalmente inaptas para las labranzas.....	35
<i>LAS SUBCLASES DE CAPACIDAD DE USO.....</i>	<i>37</i>
<i>LAS UNIDADES DE CAPACIDAD DE USO.....</i>	<i>38</i>
ESQUEMA PARA LA EVALUACIÓN DE TIERRAS FAO (1976).....	39
<i>OBJETIVOS DEL ESQUEMA FAO.....</i>	<i>39</i>
<i>REVISIÓN DEL ESQUEMA FAO (2007).....</i>	<i>41</i>
COMPARACIÓN DEL USDA CON RESPECTO AL FAO.....	42
<i>PUNTOS POSITIVOS Y NEGATIVOS DEL SISTEMA USDA.....</i>	<i>43</i>
<i>PUNTOS POSITIVOS Y NEGATIVOS DEL ESQUEMA FAO.....</i>	<i>43</i>
CONCLUSIONES.....	44
ÍNDICES DE PRODUCTIVIDAD.....	44

<i>INTRODUCCIÓN</i>	44
<i>METODOLOGÍA</i>	45
Generalidades.....	45
IP de la Región Chaco Pampeana Sur.....	47
BREVE SÍNTESIS DE OTROS SISTEMAS DE APTITUD	50
<i>CLASIFICACIÓN DE LAS TIERRAS SEGÚN SU APTITUD PARA RIEGO. CRITERIO DE CLASIFICACIÓN</i>	50
<i>SISTEMA CUALITATIVO DE AGRUPAMIENTO DE TIERRAS (S.C. NOA)</i>	50
Tierras de Aptitud Agrícola A.....	50
Tierras de Aptitud Ganadera G.....	51
Tierras de Aptitud Forestal F.....	51
CUESTIONARIO	51
BIBLIOGRAFÍA	52

HERRAMIENTAS PARA LA CARTOGRAFÍA Y MONITOREO DE LOS RECURSOS NATURALES

TELEDETECCIÓN

Teledetección se puede definir como “la utilización de sensores para la adquisición de información sobre determinados objetos o fenómenos sin que exista contacto entre ellos”. Esta técnica no sólo abarca los procesos que permiten la obtención de imágenes, sino que involucra también su posterior procesamiento e interpretación. Los sensores utilizados en teledetección pueden ser montados en diferentes plataformas fotográficas u ópticas-electrónicas (aviones, satélites, drones, entre otros) y su objetivo fundamental es captar la **energía reflejada o emitida** que abandona la superficie terrestre.

En los últimos años, el uso creciente de distintos sensores de observación terrestre originó, no solo una enorme cantidad de información, sino también una nueva forma de ver y estudiar La Tierra. La observación remota y el reconocimiento de las características de la superficie terrestre y de los fenómenos que ocurren en ella a partir de los datos que registra un determinado sensor, constituyen el objetivo principal de la teledetección. En este sentido, la teledetección espacial es aquella técnica que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, en donde existe una interacción energética, ya sea por reflexión de la energía solar o por un haz energético artificial, entre la Tierra y el sensor. Es por ello, que un sistema de teledetección está constituido por los siguientes elementos (Figura 1):

1. Fuente de energía: se refiere al origen de la energía detectada por el sensor. Puede ser externa al sensor (teledetección pasiva), cuya fuente principal es la energía solar, o generada por éste (teledetección activa).
2. Superficie terrestre: objetos o fenómenos que reciben la señal energética y la reflejan en función de sus características.
3. Sistema sensor: compuesto por el sensor y la plataforma que lo sustenta. Tiene como misión captar la energía proveniente de la superficie, codificarla, almacenarla y enviarla a un sistema de recepción.
4. Sistema de recepción-comercialización: obtiene la información proveniente de la plataforma, la almacena y la distribuye a los intérpretes.
5. Intérprete: procesa los datos en forma analógica (interpretación visual) o digital (mediante herramientas estadísticas, algebraicas y computacionales). Los resultados se expresan como datos cuantitativos o mapas.
6. Usuario final: recibe la información y la utiliza de acuerdo a sus objetivos.

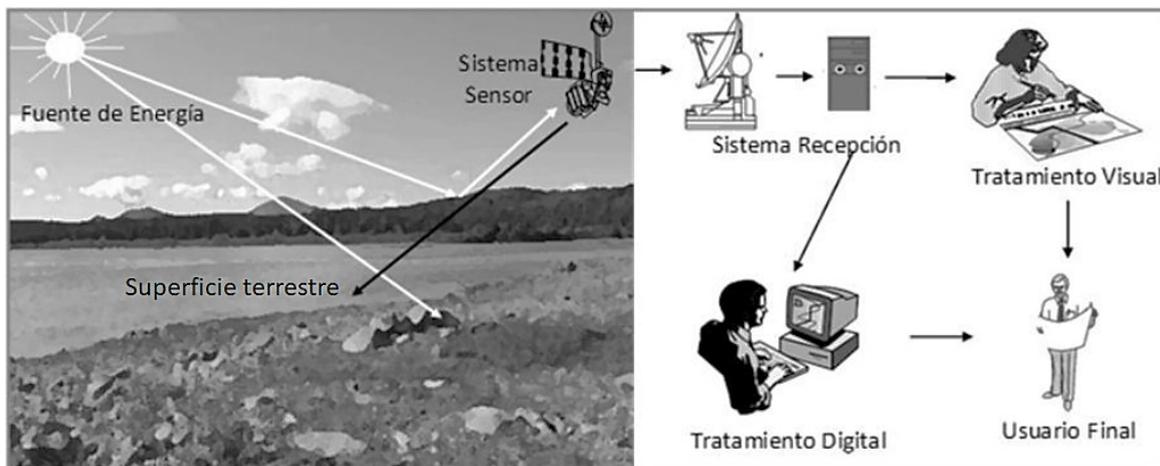


Figura 1. Componentes de un sistema de teledetección. Adaptado de Chuvieco, 2002.

Principios físicos de la teledetección

Los sensores utilizados en teledetección detectan el flujo energético emitido por la superficie terrestre, es decir, **radiación electromagnética**. La luz se refleja sobre el terreno y pone de manifiesto sus propiedades biológicas, geográficas y físicas. Según la teoría ondulatoria, la energía electromagnética se transmite siguiendo un modelo armónico y continuo, a la velocidad de la luz y que contiene dos campos de fuerzas ortogonales entre sí: eléctrico y magnético. Las características de este flujo energético pueden describirse por dos elementos: la longitud de onda (λ) y la frecuencia (ν). La longitud de onda es la distancia entre dos picos sucesivos de una onda, expresados generalmente en micrómetros (μm) o nanómetros (nm); mientras que la frecuencia es el número de veces que una onda pasa por el mismo punto en una unidad de tiempo, y se expresa en Hertz (Hz). Ambos elementos están inversamente relacionados, y gracias a la teoría cuántica se puede afirmar que a mayor longitud de onda - o menor frecuencia - el contenido energético será menor y viceversa. De esto se deduce que podemos describir cualquier tipo de energía radiante en función de su longitud de onda o frecuencia. Sin embargo, aunque la sucesión de valores de longitud de onda es continua, suelen establecerse una serie de bandas en donde la radiación electromagnética manifiesta un comportamiento similar. La organización de estas bandas de longitudes de onda o frecuencia se denomina **espectro electromagnético** (Figura 2). Abarca desde las más cortas como los rayos gamma (γ), hasta las más largas como las microondas y las de radio. Desde el punto de vista de la teledetección, interesan las siguientes bandas espectrales: 1) Espectro visible, que es la única radiación electromagnética que puede captar el ojo humano, corresponde al azul (0,4-0,5 μm), verde (0,5-0,6 μm) y rojo (0,6-0,7 μm); 2) Infrarrojo (cercano, medio y térmico); y 3) Microondas.

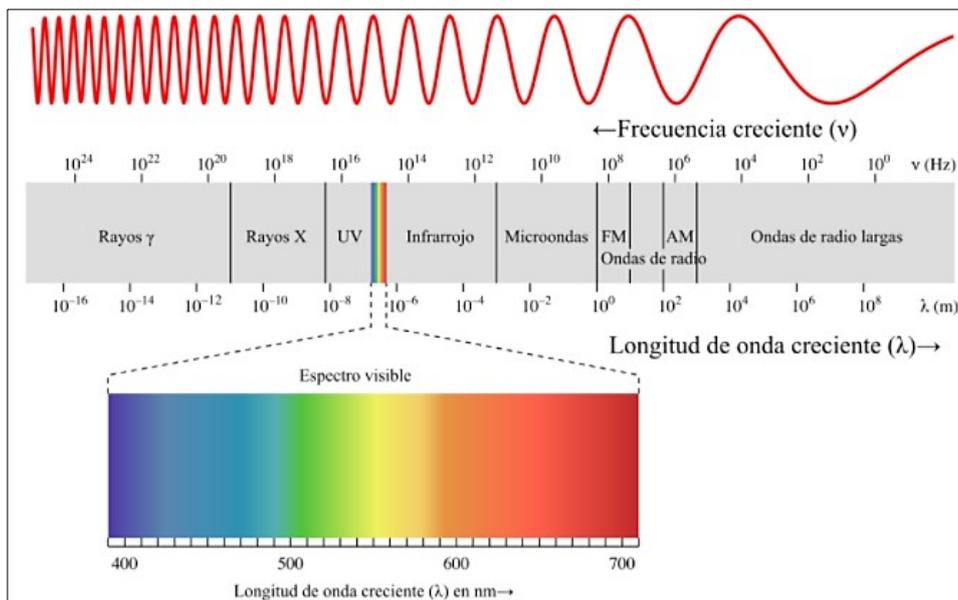


Figura 2. Espectro electromagnético.

La radiación electromagnética incidente en la superficie terrestre puede ser absorbida, reflejada o transmitida dependiendo de sus características y de la longitud de onda a la que se observa. Para identificar una cubierta es preciso conocer su comportamiento reflectivo en las distintas longitudes de onda, de manera de facilitar su discriminación. Por ejemplo, el agua absorbe la mayor parte de la energía, por lo tanto, su baja reflectividad se asocia con los componentes o sedimentos disueltos en ella. Por su parte, la vegetación posee una baja reflectividad en la porción del visible pero elevada en la zona del infrarrojo, disminuyendo hacia el infrarrojo de onda larga. El suelo desnudo tiene un comportamiento espectral uniforme que aumenta hacia las longitudes de ondas más largas. Dicha variación de la energía reflejada por cada una de las mencionadas superficies en función de la longitud de onda se denomina **firma espectral** (Figura 3).

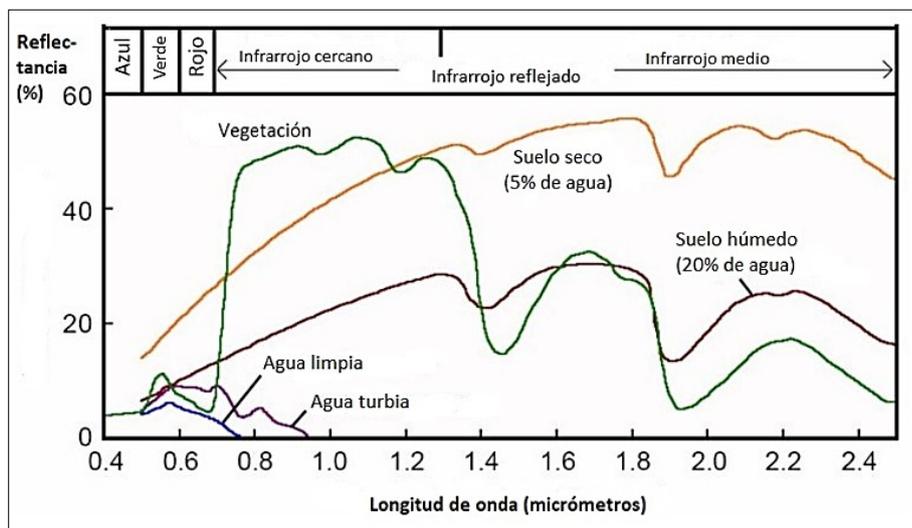


Figura 3. Firma espectral del agua, del suelo y de la vegetación.

Ventajas y limitaciones de la teledetección

Dentro de las principales ventajas que ofrece la teledetección pueden destacarse:

- no es una técnica invasiva: no genera modificaciones sobre el área de estudio
- es extensiva: posibilita estudiar grandes áreas
- tiene la capacidad de brindar información sobre regiones no visibles del espectro electromagnético (infrarrojo cercano, medio y térmico, microondas)
- es sistemática: puede obtener información de forma constante sin intervención de un operador
- ofrece la disponibilidad de imágenes repetitivas de toda la Tierra comparables entre sí para hacer estudios multidisciplinarios.

Mientras que las principales desventajas que pueden mencionarse son:

- costo elevado: requiere una gran inversión para la construcción y calibración de las misiones
- necesidad de validación de la información obtenida
- ocurrencia de inconvenientes técnicos en los sensores
- presencia de nubosidad en el caso de los sensores ópticos

Aplicaciones de la teledetección

La teledetección permite el estudio de los recursos naturales y la vegetación en los sistemas agropecuarios, pudiendo obtener información precisa en tiempo casi-real de la situación del sector (en especial la satelital). Sus principales aplicaciones son:

- Mapeo de unidades ambientales
- Evaluación del cambio de uso del suelo
- Prácticas de agricultura de precisión
- Análisis de suelos
- Estudio de impactos ambientales
- Respuesta ante emergencias
- Estudios sobre ambientes urbanos
- Detección y evaluación de incendios
- Oceanografía

FOTOINTERPRETACIÓN

Se puede definir como el método de teledetección que utiliza a las fotografías aéreas verticales como instrumento de análisis.

Los usos de la fotointerpretación en agricultura son muy amplios:

1. Realización de Mapas de Suelos
2. Determinación del uso actual de las tierras, su manejo y estado de conservación.
3. Clasificación de la capacidad de uso o del uso potencial de las tierras dirigido a aumentar su productividad.
4. Determinación de los tipos de cultivos, estudio y predicción de sus rendimientos, etc.
5. Selección de áreas para nuevos cultivos, pasturas y proyectos de regadío.
6. Investigación sobre enfermedades y plagas de los cultivos.

El relevamiento de suelos mediante el uso de la fotointerpretación como herramienta básica de trabajo, se basa en el hecho de que los límites de suelos en general se ven reflejados en las fotografías aéreas verticales, a través de determinados tipos y formas del paisaje, de la vegetación y del relieve, lo que se destaca en las aerofotos mucho mejor que con inspecciones del terreno.

Se estima que en relevamientos semidetallados (escala 1:50.000) la búsqueda de los límites en el terreno insume alrededor del 70-80% del trabajo de campo. Utilizando la fotointerpretación se facilita el trazado de los límites de suelos, y al mismo tiempo ese trazado tiene mayor precisión.

Los materiales básicos disponibles para la fotointerpretación de suelos incluyen:

Fotografías aéreas

Las fotografías aéreas son tomadas con una cámara ubicada en un avión pequeño. Se toman fotos a lo largo de líneas de vuelo con determinada superposición de acuerdo a su futuro uso, para lograr cubrir toda la superficie a estudiar. La altura de vuelo del avión y las características de la cámara determinan la escala de las fotos.

La recopilación de la información respecto de un área en particular se obtiene por medio de la interpretación de los datos observables en los fotogramas; se cuenta también con la **Visión Estereoscópica**. Esta nos permite obtener a través de dos imágenes reales de un mismo objeto, tomadas con un ángulo ligeramente distinto, una tercera imagen virtual tridimensional (estereograma). Es la representación gráfica de objetos tridimensionales valiéndose de la estereoscopía, de forma que aparentan tener volumen. Esto se logra en los fotogramas a través de fotografías aéreas con "cubrimiento estereoscopio" (deben tener una superposición del 60% como mínimo, ya que los objetos a observar deben estar presentes en dos fotos sucesivas).

Fotoíndices

Los fotoíndices representan la compaginación de los fotogramas que componen un cierto número de recorridas aéreas. Permiten ubicar rápidamente las fotos que interesan de un determinado lugar (Figura 4). Hay dos tipos de fotoíndices:

- a. El gráfico de los vuelos: se obtiene al volcar la ubicación de los recorridos aéreos en un mapa de la región volada.
- b. El fotoíndice fotográfico: se obtiene por yuxtaposición de las fotografías individuales de cierto número de recorridas, de tal manera que la posición de ellos este en una fiel relación con la verdadera ubicación en el terreno.

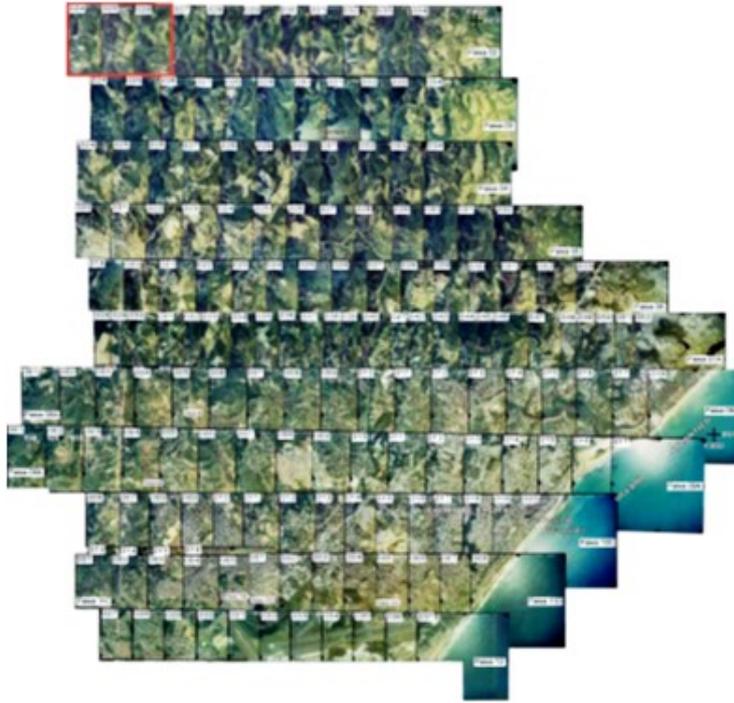


Figura 4. Ejemplo de un fotoíndice fotográfico

Ambos tipos de fotoíndices se usan para localizar rápidamente los recorridos y las fotografías individuales. Para los relevamientos de suelos son preferibles los fotoíndices fotográficos.

Cuando las fotos individuales están a escala 1:20.000 el fotoíndice será preferentemente en escalas entre 1:100.000 y 1:200.000.

Mosaicos aerofotográficos

Un mosaico aéreo (fotomosaico) es una composición de fotografías aéreas cuyas líneas de coincidencia forman una representación fotográfica continua de una porción de la superficie terrestre.

Restitución: es el proceso mediante el cual se determinan verdaderas posiciones de los elementos cuyas imágenes aparecen distorsionadas o desplazadas en las aerofotografías. La restitución enmienda la distorsión que resulta de la inclinación del vuelo y del desplazamiento del relieve. El "aeroprojector múltiple" es un instrumento que ejecuta mecánicamente esas operaciones de restitución, haciendo coincidir lo mejor posible los detalles fotográficos de foto a foto sin ningún apoyo terrestre.

Hay tres tipos de mosaicos aéreos:

- 1) Mosaico "no controlado" o "no apoyado". Se confecciona yuxtaponiendo fotografías aéreas sin restitución.
- 2) Mosaico "semicontrolado o semiapoyado". Se construye con fotos restituidas, y con la ubicación de las fotografías ya apoyadas sobre la base de un mapa topográfico o de un documento similar.
- 3) Mosaico "controlado" o "apoyado". Se confeccionan yuxtaponiendo fotografías aéreas restituidas y enderezadas, en base a un control topográfico terrestre y un control cartográfico.

El mosaico controlado es el más fiel, pero el más costoso. Para el mapeo de suelos se usan los semicontrolados.

Los mosaicos se componen de copias fotográficas por contacto, es decir, que la escala del mosaico original es la misma que la escala de las fotografías individuales.

Los puntos de control son aquellos en los que se conocen las coordenadas referidas a un sistema general.

IMÁGENES SATELITALES

La información generada por los sensores montados en las diferentes plataformas espaciales es guardada en formato digital y transmitida a una estación terrena para su distribución. Una imagen digital es un arreglo bidimensional de filas y columnas, donde cada intersección configura un pixel. Los pixeles constituyen la mínima unidad de información de la imagen, y representan la energía proveniente de la superficie con un valor numérico. Cada número digital se corresponde con un nivel de intensidad o de brillo. A su vez, las imágenes satelitales pueden contener varias capas o bandas que corresponden a cada una de las longitudes de onda que detecta el satélite. Dichas capas contienen diferente información de la misma porción de la superficie.

Resolución de los sensores

De acuerdo a algunos autores, se puede definir la resolución de un sistema sensor como su habilidad para registrar y discriminar información en detalle. En la práctica, cuando se trabaja con información espacial, es fundamental conocer cuatro tipos de resoluciones (Chuvienco,2002; Buzai *et al.*, 2006):

- **Resolución espacial:** hace referencia al objeto más pequeño que puede ser distinguido en una imagen. Se encuentra estrechamente relacionado con el tamaño de pixel. Esta resolución depende de la altura del sensor con respecto a la Tierra, el ángulo de visión, la velocidad de escaneo y las características del sensor. Los satélites con mayor resolución espacial tienen un tamaño de pixel más pequeño, es decir, que abarcan menor superficie sobre el terreno, pero con mayor detalle. En contraste, aquellos de menor resolución espacial cuentan con un pixel más grande, cubriendo mayor superficie con menor detalle (Figura 5). La resolución espacial es variable dependiendo de cada sensor: Ikonos y Quickbird poseen una resolución de 1 metro; CBERS 2B HRC: 2,7 metros; SPOT: 20 metros; Landsat 8 LDCM: 30 metros, llegando a 5 km para los satélite Meteosat, NOAA y GOES, entre otros.

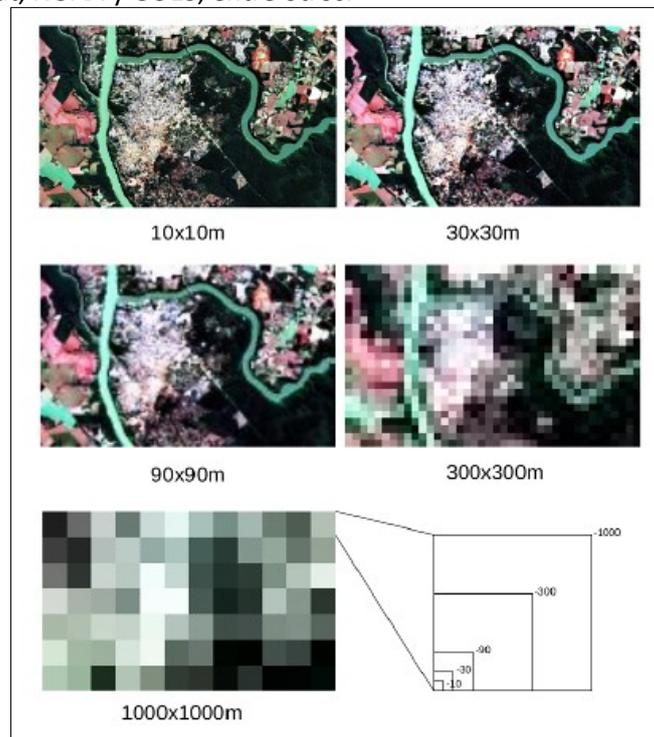


Figura 5. Imágenes con diferente resolución espacial.

- **Resolución temporal:** indica la periodicidad con la que se adquiere una imagen de la misma porción de la superficie terrestre. Esta característica define el fenómeno más pequeño que puede ser detectado. En el caso de los satélites meteorológicos como GOES y METEOSAT, la frecuencia de observación es de 30 minutos, ya que registran información de fenómenos muy dinámicos que presentan variaciones en cortos períodos de tiempo. Por su parte, los satélites que estudian los

recursos naturales tienen una frecuencia menor, por ejemplo, Landsat: 16 días y SENTINEL-2: 10 días.

- **Resolución radiométrica:** es la capacidad del sensor para detectar variaciones en la radiación en tonalidades de grises, que se expresa en el número de bits. Por ejemplo, un sensor con resolución radiométrica de 1 bit (2^1) puede mostrar 2 valores de brillo: negro (0) y blanco (1); mientras que uno de 4 bits (2^4) tiene 16 valores posibles: blanco, negro y 14 grises intermedios (Figura 6). Landsat 5 ofrece una imagen de 8 bits, equivalente a 256 tonos de grises; mientras que MODIS brinda imágenes de 12 bits, con 4.096 tonos de grises.

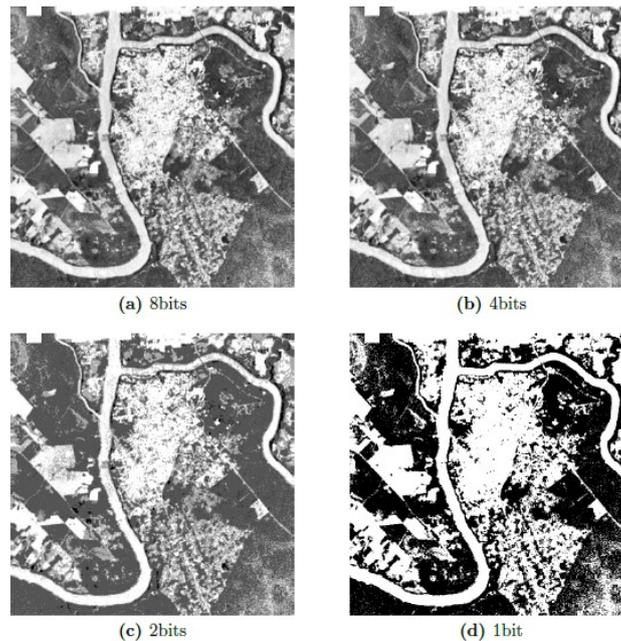


Figura 6. Imágenes con diferente resolución radiométrica.

- **Resolución espectral:** define el número y ancho de las bandas espectrales que un sensor puede discriminar. Para un rango espectral, un sensor será más eficiente cuanto mayor sea el número de bandas que tenga porque facilitará la caracterización espectral de las distintas cubiertas de interés. La elección del número, ancho y localización de las bandas en el espectro electromagnético, va a depender de los objetivos propios de cada sensor. En la actualidad, los sensores disponibles ofrecen una gran variedad desde el punto de vista espectral, por ejemplo: Landsat 8 LDCM posee 11 bandas y el satélite MODIS presenta 36 bandas.

El uso de las imágenes satelitales en la agricultura es muy amplio y la elección de las diferentes resoluciones se deberá elegir en función de los objetivos de análisis. Así, por ejemplo, las imágenes adquiridas con sensores como NOAA-AVHRR (1km), MODIS AQUA y MODIS TERRA (500 m) y SAC-C (175 m) permiten realizar seguimiento de fenómenos en una región amplia, a nivel nacional o provincial, como monitoreo de cultivos o inundaciones. Imágenes de media resolución espacial, como las adquiridas por los sensores del programa Landsat permiten estudios a escala departamental (incluso a nivel predial, si los establecimientos son grandes) en la discriminación del uso del suelo (áreas ocupadas con cultivos, forestaciones, etc.). Esto permite estudiar la intensidad del uso agrícola, evaluar el impacto del uso de la tierra sobre los recursos naturales, corrimiento de la frontera agrícola (cuando se analizan imágenes históricas). También existen en el mercado, imágenes de muy alta resolución espacial, incluso menores a 1m, como, por ejemplo, WorldView2 (46 cm en modo pancromático y 185 cm en modo multispectral), Geoeye (41 cm y 165 cm) y el IKONOS que fue el primero en su tipo (año 2000) con 1 m y 4 m de resolución espacial.

La Teledetección satelital aporta, frente a la fotografía aérea, las siguientes ventajas:

- Cobertura global y periódica de la superficie terrestre. Gracias al uso de satélites se pueden obtener imágenes repetitivas de la mayor parte de la Tierra, incluso de áreas inaccesibles por otros medios (zonas polares o desérticas)
- Visión panorámica: una sola imagen del satélite NOAA abarca 9 millones de kilómetros cuadrados.
- Homogeneidad en la toma de datos. Una gran superficie se detecta por el mismo sensor y en una fracción muy pequeña de tiempo.
- Información sobre regiones no visibles del espectro. Los sensores de teledetección facilitan imágenes sobre regiones del espectro electromagnético no accesibles con la fotografía convencional: bandas infrarrojas térmicas, etc. Estas bandas del espectro proporcionan una valiosa información para estudios medioambientales.
- El formato digital de las imágenes agiliza su tratamiento y permite integrar los resultados con otro tipo de datos en los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

El término Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS) integra diversas áreas, por lo que no existe una definición consensuada sobre el mismo. Sin embargo, una de las más aceptadas es la proporcionada por el *National Centre of Geographic Information and Analysis (NCGIA)*: “Un SIG es un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión” (NCGIA,1990). Esta definición proporciona una idea general de lo que es un SIG, aunque existen muchas otras que acentúan su componente de base de datos, su funcionalidad o el hecho de ser una herramienta de apoyo para la toma de decisiones, entre otros aspectos. No obstante, todas coinciden en referirse a los SIG como sistemas integrados para trabajar con información espacialmente referenciada. En síntesis, puede decirse que los SIG son herramientas que permiten analizar, buscar y mapear datos con ubicación geográfica precisa. Combinan capas de información de un lugar para lograr un mejor entendimiento del mismo y ayudan al proceso de toma de decisiones. Las capas de información a utilizar dependen del propósito del estudio, aunque es importante notar que en cualquier proyecto agronómico o forestal, una capa básica de datos son los mapas de suelos. Por ejemplo, a nivel predial combinando datos sobre fertilidad de suelos, aptitud de uso, agua disponible, uso previo del lote y manejo del cultivo nos permite analizar la variabilidad del rendimiento intralote.

Un SIG puede almacenar una gran cantidad de información sobre sobre un área determinada como una colección de niveles temáticos que pueden relacionarse geográficamente para analizar patrones, relaciones y tendencias. Los datos almacenados se disponen en una serie de mapas de la misma porción de terreno donde la localización de un punto tiene las mismas coordenadas en todos los mapas que componen el sistema (Figura 7). Esto permite superponer varias capas con el objetivo de dar una perspectiva diferente de la información que ayude en la toma de decisiones frente a problemas complejos de planificación y gestión.

Componentes de un SIG

Los elementos básicos que componen un SIG son los siguientes (Figura 8):

- **Tecnología:** es un componente que viene definido por el software y el hardware. Esto incluye un conjunto de procesos que son la base de un software SIG, y que consisten en una serie de algoritmos que sirven para acceder, presentar, analizar y sintetizar los datos almacenados en la base de datos, en función de sus atributos espaciales y no espaciales. El hardware es una plataforma informática con dispositivos periféricos de entrada y salida. Un ordenador es una herramienta con enorme capacidad de cálculo, y esta puede aplicarse a los datos espaciales para obtener resultados de muy diversa índole.
- **Datos:** son una abstracción de la realidad y se almacenan como códigos digitales en bases de datos. Son necesarios para hacer que el resto de los componentes de un SIG cobren sentido y puedan ejercer su papel en el sistema. La información geográfica, reside en los datos y, es por

ello, que el conocimiento exhaustivo de los mismos y su naturaleza resultan necesarios para una buena comprensión. Los procesos que se pueden o no realizar con los datos, dependen de la forma y sus propiedades. Un aspecto clave para la utilización correcta es saber integrar datos de distintas procedencias.

- **Métodos:** son procedimientos independientes o normas para llevar a cabo diferentes tareas relacionadas con el diseño, creación y funcionamiento de los SIG. En mayor o menor medida, un SIG siempre incorpora una serie de formulaciones que permiten la obtención de resultados y el análisis de los datos espaciales. Estas formulaciones representan procesos, que pueden ser sumamente sencillos o enormemente complejos, y que pueden resultar de aplicación en uno u otro campo, o incluso con carácter general. Su origen puede ser muy variado, y no derivan necesariamente del ámbito puro de la geografía, sino que pueden ir desde simples consultas o mediciones, a elaborados modelos que empleen datos de variables muy numerosas y arrojen resultados complejos.
- **Organización:** está formada por una gran variedad de componentes, pero se puede definir como el conjunto de objetivos, procesos, gestión, operadores y personal. El factor organizativo ha ido progresivamente ganando importancia dentro del entorno SIG, a medida que la evolución de estos ha ido produciendo un sistema más complejo y un mayor número de intrarrelaciones e interrelaciones entre los distintos componentes que lo forman. Hoy en día, la información no se concibe como un elemento privado de cada usuario, sino como un activo que ha de gestionarse, y del que deriva toda una disciplina completa. La aplicación de esta disciplina es la base de algunos de los avances más importantes en la actualidad teniendo, en el ámbito de los SIG, implicaciones ya no solo técnicas, sino también sociales.
- **Cuerpo de ideas:** es el conjunto de ciencias y procesos que determinan el avance, desarrollo y uso de los SIG. Dentro del cuerpo de ideas que yace tras el desarrollo del hardware se contempla la ingeniería, las matemáticas y la física. En relación al software, se considera la geomática, el procesamiento de datos, las bases de datos y el análisis espacial, entre otros.
- **Red:** es un componente fundamental de los SIG, ya que permite comunicar y compartir información de forma rápida y eficaz. Los SIG aparecen con fuerza en las redes, ya sea en Internet o en las intranets de las organizaciones.



Figura 7. Superposición de capas en un SIG.

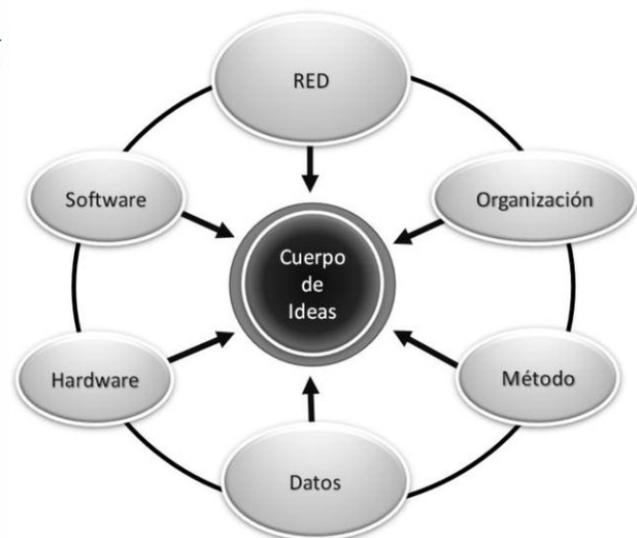


Figura 8. Componentes de los SIG.

Los datos geográficos que se utilizan en los SIG presentan de 3 dimensiones:

a) Espacial: Alude a la localización (coordenadas). La misma se compone por las propiedades espaciales (superficie, perímetro y forma) y por sus relaciones, siendo estas muy variadas, pudiendo ser cuantitativas o topológicas (cualitativas). El potencial del SIG va estar dado por la capacidad que tenga de manejar estas relaciones, ya que condicionan la posibilidad de análisis.

b) Variables: Son atributos ligados a cada objeto. Las operaciones a realizar dependerán de cómo son almacenados estos atributos.

c) Temporal: Están referidos a un momento determinado, dan idea del dinamismo que presenta.

La información dentro de un SIG se organiza en base de datos constituidos por dos partes: una gráfica y una numérica. Un SIG trabaja a la vez con ambos tipos de información: espacial (gráfica) y temática (numérica), y debe ser capaz de integrar, almacenar, editar, analizar y compartir los datos, además de presentar los resultados obtenidos. Los SIG gestionan, por tanto, bases de datos gráficos y alfanuméricos vinculadas entre sí e integran funciones típicas de las bases de datos (consultas, análisis estadísticos, etc.) con las propias de la cartografía digital (visualización, análisis geográfico, etc.). Cada elemento gráfico en un SIG, por ejemplo, una parcela, está asociado por un identificador común a los atributos que le corresponden (referencia, propietario, tipo, uso, etc.), de forma que accediendo al elemento se localizan sus atributos y viceversa. Los datos del mundo real dentro del sistema pueden ser representados tradicionalmente de dos maneras: vectorial o raster (Figura 9).

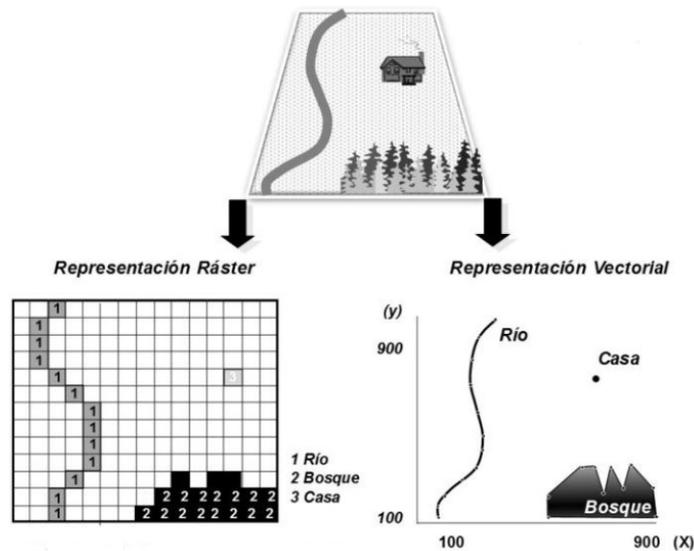


Figura 9. Representación del mundo real en un SIG. Adaptado de Barredo Cano (1996)

Aplicaciones

Debido a su versatilidad, los SIG tienen un campo de aplicación muy amplio, por lo que pueden utilizarse en la mayoría de las actividades que involucren una componente espacial. La utilidad final de los SIG radica en su capacidad para construir modelos del mundo real a partir de las bases de datos digitales y utilizarlos para simular el efecto de un proceso específico en el tiempo en un determinado escenario. La construcción de modelos constituye un instrumento muy eficaz para analizar las tendencias y determinar los factores que influyen en ellas, o para exponer las posibles consecuencias de las decisiones o proyectos de planificación que repercuten en la utilización y ordenación de los recursos.

Algunas aplicaciones de los SIG son:

- Cartografía: creación de mapas por medio de cartografía automatizada, captura de datos y herramientas de análisis.
- Mapas cuantitativos: localización de lugares que reúnen ciertas características y estudio de las relaciones entre ellos.
- Mapas de densidades: evaluación de la distribución espacial de determinados parámetros de estudio.

- Detección de cambios: estudio de la evolución de áreas de interés para predecir condiciones futuras, tomar decisiones o evaluar los resultados de diferentes acciones o prácticas de manejo.

Un ejemplo de aplicación a nivel nacional y local, consistiría en utilizar los SIG para determinar los mejores lugares potenciales para la producción de cultivos. En este caso, se pueden emplear bases de datos geográficos en los que se combine información de suelos, topografía y precipitaciones para determinar el tamaño y el potencial de las zonas biológicamente adecuadas. Para hacer más completa la información también se pueden superponer otras bases de datos con información sobre propiedad de la tierra, infraestructura y distancias del mercado. Además, es posible modificar continuamente las características de los datos a través del tiempo para evaluar las posibles repercusiones de las circunstancias cambiables, como son el efecto de la sequía, el aumento o descenso de los precios nacionales o internacionales, o la construcción de nuevos caminos.

En conclusión, la obtención de datos de campo, las fotografías aéreas y las imágenes satelitales constituyen distintas fuentes de información que, a través su procesamiento y análisis mediante SIG, nos permiten tomar mejores decisiones para el manejo adecuado de los recursos.

INTERPRETACIÓN VISUAL

Para realizar una interpretación visual, tanto de fotos aéreas como de imágenes satelitales (especialmente de media y alta resolución espacial) se deben considerar Caracteres y Elementos de observación directa:

Caracteres de observación directa

Tono

Es una medida relativa de la luz reflejada por los objetos fotografiados. En fotogramas en blanco y negro, los tonos representan todas las variaciones del gris, desde el negro hasta el blanco. El tono además de depender del color natural de los objetos depende del grado de reflexión de los mismos, y en consecuencia de su posición en la fotografía y de la hora de toma.

Textura

Se refiere a la frecuencia en los cambios de tono en las imágenes. La textura se produce por un conjunto de elementos que son, por si mismos demasiado pequeños para ser distinguidos con claridad en las fotografías. La textura es un carácter de conjunto, y puede compararse con el conjunto de las hojas de un árbol, así cada una de las hojas es demasiado pequeña para poder ser distinguida, pero en conjunto forman una "textura" que es típica para cada especie de árbol. La textura de las fotografías aéreas es un elemento de juicio más firme que el tono, pues texturas similares pueden indicar condiciones similares.

Patrón o diseño

Es el ordenamiento espacial de fenómenos naturales o culturales. Esta dado por el conjunto de texturas. Los patrones son elementos de juicio sumamente valiosos en fotointerpretación, porque idénticos o similares en distintas fotos por lo general indican condiciones idénticas o similares

Elementos de observación directa

Elementos naturales

Vinculados a la topografía

Pendiente

Se debe diferenciar por su gradiente, su forma, su longitud, su dirección y su regularidad. De acuerdo con el gradiente las clases de pendiente son la base para la subdivisión de series de suelo en "fases por pendiente".

La forma de las pendientes puede ser la de plano inclinado, convexo, cóncavo, convexo-cóncavo, irregular o complejo. Con respecto a longitud de la pendiente conviene distinguir arbitrariamente pendientes cortas, medianamente largas y muy largas. La dirección de la pendiente es una característica que influye en el microclima del lugar.

En el hemisferio sur las pendientes con dirección norte tienen un microclima más cálido que las pendientes con exposición al sur (en el hemisferio norte ocurre lo contrario). En áreas de cultivos sensibles como la vid y ciertos frutales, la dirección de la pendiente puede influir mucho en la capacidad productiva de los suelos.

La regularidad de las pendientes es una característica que causa regularidad en los paisajes. Pendientes quebradas y cortadas por cárcavas de erosión dan al paisaje un aspecto distinto al que presenta pendientes suaves y normales.

Formas del paisaje

Las pendientes en conjunto dan la forma del paisaje. Las distintas formas de paisaje se distinguen por su aspecto, grado de desarrollo, dimensión y regularidad. Con referencia al aspecto, las formas del paisaje no son sino "pequeñas unidades geomorfológicas" que componen un tipo de paisaje, por ejemplo, lomas redondeadas, lomas extendidas, etc. El grado de desarrollo de un paisaje es un criterio importante de observación directa y da indicaciones sobre la madurez y grado de desarrollo de los suelos.

Paisajes de formación reciente han de mostrar suelos de escaso desarrollo de perfil genético. La dimensión de la forma del paisaje juega un papel importante en levantamientos cartográficos. La regularidad: formas regulares, que se repitan con el mismo aspecto en distintos lugares, pueden indicar condiciones de suelos semejantes.

Tipos de paisaje

El tipo de paisaje es un complejo de formas de paisaje, que siguen por lo general un determinado patrón. En lo que respecta a tipo de paisaje, se deben contemplar los siguientes aspectos: su grado de desarrollo, su aspecto general, su dimensión, su regularidad. El grado de desarrollo aquí, va paralelamente con el grado de desarrollo de los tipos de paisaje; se deben distinguir los tipos de paisaje recientes, los evolucionados y los tipos más antiguos o seniles. El aspecto general: se observa mejor en los mosaicos que en las fotografías separadas.

Vinculados a erosión y drenaje

Erosión

Es posible distinguir en las fotografías de escala 1:20.000 el tipo (erosión hídrica o eólica), la forma (erosión hídrica en zanjas o cárcavas; erosión laminar o mantiforme), la dimensión o extensión del área afectada, la densidad de las zanjas y cárcavas y la regularidad o irregularidad observable de los fenómenos erosivos.

Además, se pueden distinguir los lugares en que ha habido acumulación de material, erosionado de otros sectores. El conjunto de estas observaciones directas nos indica el patrón de erosión de la región estudiada. Patrones de erosión similares en distintos sectores, indican similitud de problemas y pueden

señalar una relativa semejanza entre los suelos afectados. El alcance de los fenómenos erosivos en cada una de las unidades de mapeo sirve de base para adjudicación del grado de erosión correspondiente, y por ende para delimitar fases por erosión.

Drenaje

Los aspectos de drenaje son igualmente visibles en los fotogramas escala 1: 20.000. El análisis respectivo debe ser realizado a distintas escalas.

Vinculados a la vegetación.

En las fotografías aéreas la vegetación se refleja en gran parte a través del tono, la textura y el patrón observable. Observando la distribución de un tono, textura y patrón en los fotogramas o imagen satelital se tienen, por lo común, suficientes elementos de juicio para determinar si la vegetación es natural o cultivada. Las áreas donde se esté reestableciendo una vegetación natural después de uno a más años de cultivos se reconocen bien por los restos de patrones de labranza, regularidades en la parcelación o por otros rasgos que revelan el uso de la tierra. La variación estacional del tono o la textura es también un elemento de diagnóstico si se tienen tomas repetidas en el tiempo ya que frecuentemente cambian sustancialmente.

Elementos culturales

Estos elementos se refieren a aquellos rasgos introducidos en la naturaleza, por la acción del hombre, sean de carácter histórico o prehistórico. Como elementos de juicio los aspectos culturales pueden aportar valiosa información al foto-interprete.

Uso de la tierra

La intensidad de del uso, el tipo o tipos de explotación, las dimensiones o extensiones de los tipos de explotación, las regularidades en su distribución y los patrones de uso son los objetos de observación. Varios tipos de uso responden a condiciones de suelo.

Parcelación

La parcelación está vinculada a muchos usos de la tierra, la forma de las parcelas, su tipo, su tamaño y sus regularidades son los objetos de observación directa. Dentro de las parcelas el tipo de labranza, si la hubo, es observable, como también la intensidad de su explotación y el nivel de manejo (malezas, labranzas inadecuadas, etc.). Dentro de las parcelas con praderas o pastoreos se puede abrir juicio sobre la intensidad del uso y un eventual sobre pastoreo. La distribución de las aguadas y bebederos, y la presencia de barro pelados en sus alrededores, nos indican el nivel de manejo de estas parcelas.

Desagües, drenajes y canales

La presencia de estos elementos, su tipo, tamaño, distribución y alcance o esfera de influencia, revelan la intensidad y la extensión de eventuales problemas de drenaje. También se puede detectar la eficiencia del riego en los distintos sectores, no solamente en parcelas individuales, sino también en áreas más extensas (casos de sobre irrigación, falta de agua, etc.). Así se puede también notar la necesidad de drenaje artificial o su relativa eficiencia.

Caminos y ferrocarriles

En muchas zonas, el efecto de la presencia y ubicación de los terraplenes sobre el estancamiento del agua es evidente, creando así artificialmente áreas con mal drenaje.

Diques y otras obras de arte

Eventuales infiltraciones a través de un subsuelo permeable pueden ser notadas en las fotografías.

Áreas de riego artificial

En general se necesitan fotogramas a escalas entre 1:5.000 y 1:15.000.

Urbanizaciones y vivienda ruralRestos arqueológicos***IMPORTANCIA DE LA FOTOGRAFÍA AÉREA EN EL MAPEO DE SUELOS.***

A partir de dos imágenes de un objeto real y debido al solapamiento (recubrimiento estereoscópico), se forma una tercera en el centro que es una imagen virtual y se ve en relieve (en tres dimensiones). Las imágenes fotográficas pueden ser estudiadas en sus tres dimensiones, pero es necesario tener en cuenta que el relieve de las imágenes fotográficas se presenta exagerado con relación al relieve real de los objetos. Esto, que en un principio puede aparecer como un defecto, es, casualmente una virtud, ya que permite interpretar hasta las pequeñas variaciones de la topografía del terreno.

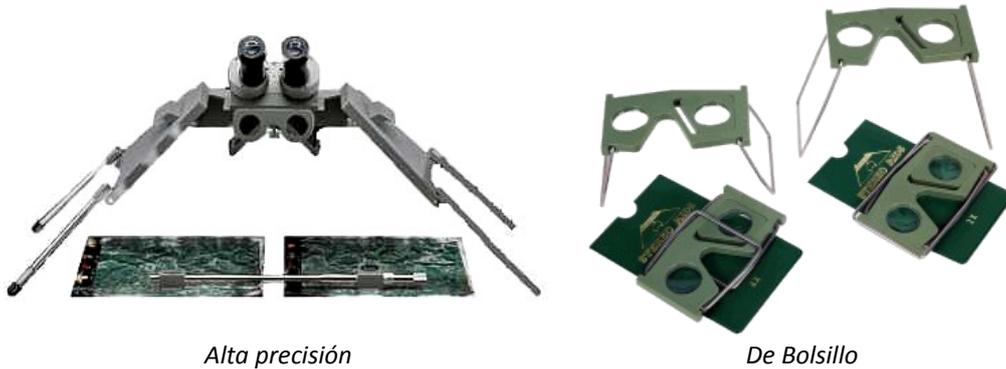


Figura 10. Ejemplos de estereoscopios

Para clasificar los suelos y dar a conocer sus características intrínsecas debe contarse, además, con datos que no se hallan en la fotografía aérea y que tampoco pueden ser obtenidas de ellas mediante ningún proceso deductivo, en especial todos aquellos que no son esencialmente cuantitativos. Por el contrario, la fotointerpretación previa al reconocimiento de campo permite planificarlo, orientarlo y seleccionar, con antelación, los lugares donde sería conveniente realizar las observaciones, en los perfiles de suelos. El uso de la fotografía aérea en esta primera etapa del mapeo disminuye el número de observaciones, reduce considerablemente la longitud de los recorridos en el campo, etc.

Pero, es en la próxima etapa del relevamiento de suelos cuando la fotografía aérea se transforma en la herramienta más importante con que puede disponer un edafólogo. La fotointerpretación da, por sí mismo, los elementos necesarios para encontrar los límites de los distintos suelos, para luego transportarlos al mapa elegido. Esto permite reducir, en forma notable, el costo y el tiempo que se emplea en los levantamientos taquimétricos clásicos, que nos enseña la topografía y al mismo tiempo, aumenta en forma simultánea la exactitud del relevamiento de suelos y de las informaciones correspondientes.

"El foto-interprete, al trazar límites en la fotografía, no pretende clasificar, ni dar las características del perfil de suelo; únicamente busca trazar los límites de las distintas unidades de mapeo guiándose por los límites de los factores formadores y por todo aquello que tenga una relación natural con esas unidades"

CARTAS TOPOGRÁFICAS

Una carta topográfica es una carta básica o derivada que incluye los elementos naturales y artificiales del terreno. Permite efectuar mediciones planimétricas y altimétricas dentro de tolerancias conocidas. Muestra en forma detallada y precisa elementos planialtimétricos de superficies menores.

En la República Argentina el Instituto Geográfico Nacional publica cartas topográficas a escalas: 1:500.000; 1:250.000; 1:100.000 y 1:50.000, en soportes papel y digital. El Instituto Geográfico Nacional (IGN) trabaja permanentemente en la actualización de su base de datos geográfica y en su adecuación a las diferentes normas y estándares. En el sitio <http://www.ign.gov.ar/sig> es posible descargar datos geodatos,

requiriendo un programa SIG para leerlos. Los datos se encuentran referenciados en coordenadas geográficas, utilizando el Sistema de Referencia WGS 84 y el Marco de Referencia POSGAR 07.

Entre los datos que se encuentran disponibles, se pueden descargar las coberturas de las hojas topográficas en escalas 1:250.000, 1:100.000, 1:50.000 además de por ejemplo los límites de los partidos o departamentos; con lo cual es posible identificar un área específica en cualquier punto del país. La carta analógica (en papel) se obtiene en las oficinas del IGN.

A modo de ejemplo: la hoja 3760 escala 1:500.000 nos indica que el punto central se sitúa en 37° Latitud Sur y 60° Longitud Oeste. Esta hoja se subdivide en 4 hojas: 3760-I hasta IV en escala 1:250.000 y en 36 hojas en escala 1:100.000 que se denominan 3760-1 hasta 36. A su vez, cada carta escala 1:100.000 se subdivide en 4, de mayor detalle, por ejemplo: 3760-1-1, 3760-1-2 etc. (Figura 11).

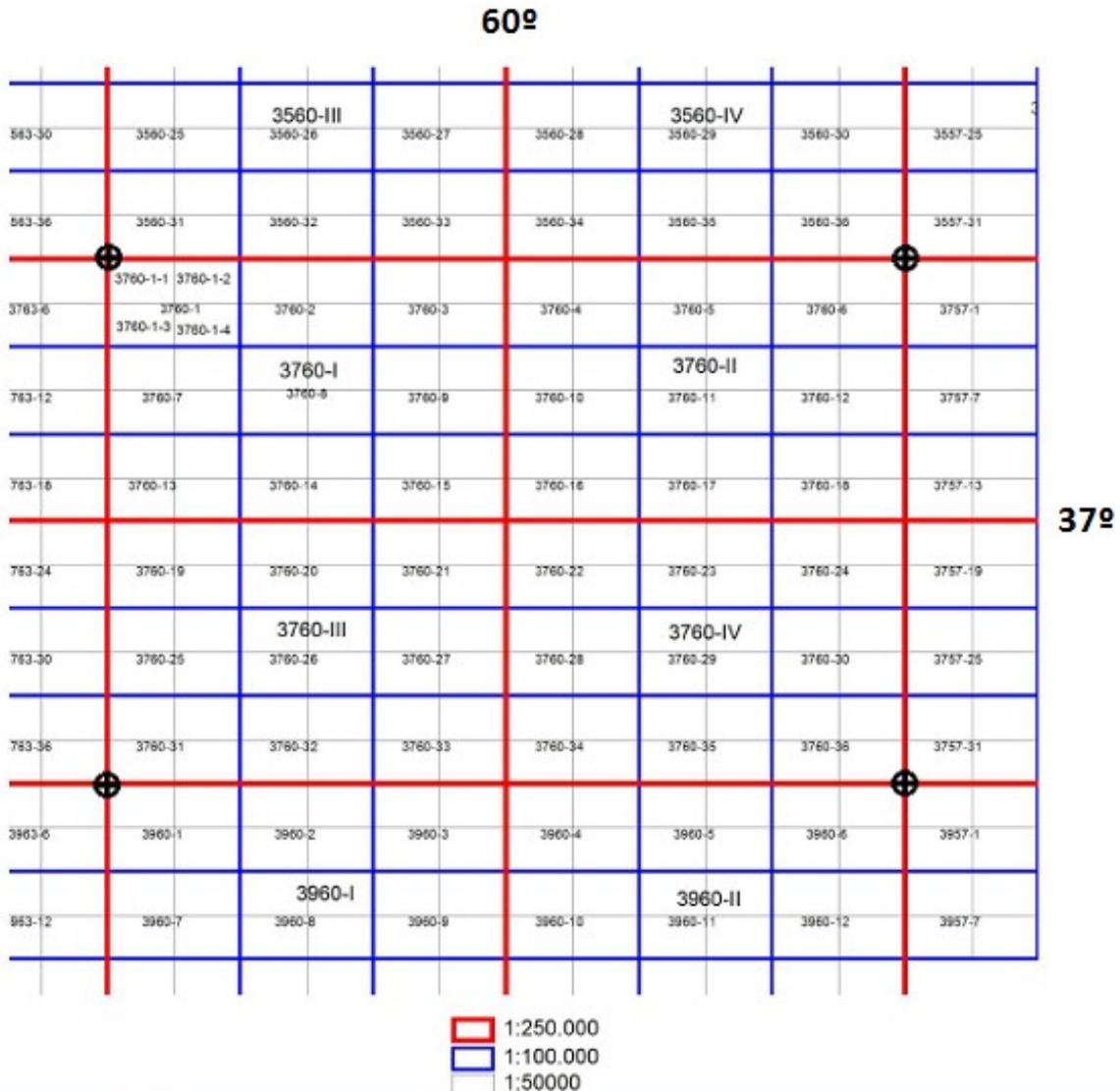


Figura 11. Ejemplo de la grilla en escalas 1:50.000 y 1:100.000. Hoja topográfica 3760. Escala 1:500.000

Las cartas de suelo elaboradas por el INTA a escala 1:50.000 para la provincia de Buenos Aires mantienen idéntica numeración que las cartas topográficas. En el sitio <http://anterior.inta.gov.ar/suelos/cartas/> es posible visualizar las unidades cartográficas y la descripción de las series de suelos. Por ejemplo, para las mismas cartas topográficas identificadas anteriormente, se llega a lo observado en la Figura 12 a partir de la cual se accede a la carta escaneada (aunque no georreferenciada) donde se visualizan las Unidades cartográficas.

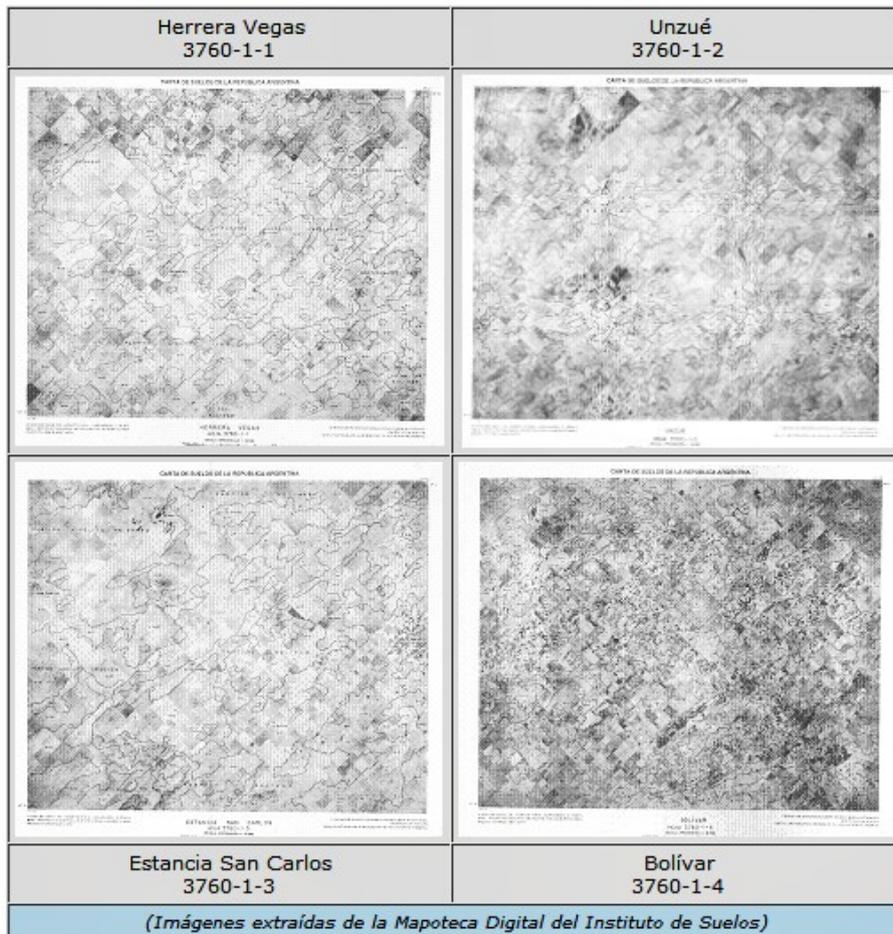


Figura 12. Cartas de suelos de la República Argentina 3760-1 Bolívar

Otra fuente para visualizar datos de suelos para otros puntos del país es <http://visor.geointa.inta.gob.ar/> o para la provincia de Buenos Aires: <http://anterior.inta.gov.ar/suelos/cartas/>. Se dispone de los suelos escala 1:500.000 para toda la república y en escala 1:50.000 para la provincia de Buenos Aires, esta visualización se realiza sobre la base del Google Earth, con lo cual se facilita la ubicación del sitio de interés.

Otra fuente de datos topográficos, en formato digital es el denominado SRTM Shuttle Radar Topographic Mission, producido por la NASA que sobrevoló todo el continente americano en febrero del año 2000 utilizando cámaras radar montadas sobre el Transbordador espacial Endeavour. Estos datos fueron procesados y puestos a disposición del público libre de costos. Los datos tienen una resolución espacial de 90 metros y para trabajarlos se requieren de programas específicos de SIG. Un sitio donde es posible descargarlos es <http://www.cgiar-csi.org/data/srtm-90m-digital-elevation-database-v4-1>

CARACTERÍSTICAS Y OBJETIVOS DE LOS MAPAS DE SUELOS

El suelo es una porción tridimensional y dinámica del paisaje que soporta plantas. Posee una combinación de caracteres tanto internos como externos, que presentan cierta variación. Su límite superior es la superficie de la tierra, su límite inferior se ubica donde ya no actúan los procesos de formación y sus límites laterales son los contactos con otros suelos, donde se producen cambios importantes en algunas características diferenciales, vinculadas a uno o más factores genéticos.

La Cartografía de Suelos persigue el propósito de proporcionar una idea precisa de la repartición geográfica de los suelos en una región determinada. El objetivo puede estar dirigido a mostrar la utilización actual, las aptitudes para un uso determinado, las mejoras necesarias para un mejor manejo, la planificación agrícola o urbana, etc. El objetivo de la Cartografía de Suelos es fragmentar el paisaje total en áreas más homogéneas de suelos.

Los Mapas de Suelos muestran un conjunto de propiedades interrelacionadas que caracterizan al suelo como un cuerpo natural. Esto excluye a los mapas que muestran la distribución de una sola propiedad tal como la textura, pendiente o profundidad, solas o en una combinación limitada; mapas que muestran cualidades de los suelos como la productividad o erodabilidad; y mapas de los factores de formación de los suelos. Un mapa de suelos delimita áreas ocupadas por diferentes clases de suelos, cada uno de los cuales tiene un único conjunto de propiedades características interrelacionadas del material del cual se ha formado, su ambiente y su historia.

Una carta de suelo se elabora con el fin de señalar la distribución geográfica de los distintos tipos de suelos, de acuerdo con sus características propias y relación con los rasgos físicos y culturales de la superficie terrestre.

Las unidades trazadas en la carta se designan y definen en términos de unidades taxonómicas.

Los mapas de suelos para un área determinada indican:

- qué tipos de suelos están presentes (Taxonomía),
- cómo y dónde se distribuyen (Cartografía) y
- cuanta superficie abarcan (Planimetría).

La cartografía de suelos proporciona como producto el Informe de Suelos el que consiste de tres elementos:

- El Mapa de Suelos.
- La Memoria.
- La Leyenda.

MAPAS DE SUELOS

El Mapa de Suelos es una carta que muestra delimitadas, definidas y nombradas las áreas ocupadas por diferentes clases de suelos.

Los suelos que se muestran en tales delimitaciones pueden ser identificados a distintos niveles de la clasificación taxonómica (Orden, Suborden, Gran grupo, Subgrupo, Familia o Serie), según sea el objetivo y la escala del mapa. El nivel taxonómico al que fueron identificados los suelos corresponde a lo que se denomina Unidad Taxonómica.

La Unidad Cartográfica es una colección de áreas definidas y designadas en términos de la(s) clase(s) de suelo(s) que las componen. Cada unidad cartográfica difiere en algún aspecto de todas las otras y tiene una identificación única en un mapa de suelos. En un mapa se delimitan mediante polígonos.

Unidad Cartográfica puede consistir de uno o más componentes. Un componente individual de una unidad cartográfica es un miembro de un taxón (**Unidad Taxonómica**), que describe el rango de variación en las propiedades de los suelos incluidos en la correspondiente unidad cartográfica. Según la escala que posea el mapa, estas unidades taxonomicas pueden ser Series de suelos, en las escalas mas detalladas (1:50,000) o pueden ser Subgrupos de suelos en escalas de menor detalle (ej 1:500,000).

Los suelos difieren en la forma y el tamaño de sus áreas, en el grado de contraste con los suelos adyacentes y en sus relaciones geográficas. Para mostrar estas relaciones se utilizan **cuatro tipos de Unidades Cartográficas en los mapas de suelos**: Consociaciones, Complejos, Asociaciones y Tierras Misceláneas.

Consociaciones

Estas Unidades Cartográficas están compuestos por **un solo taxón** y suelos menores. Al menos el 85% está constituida por el suelo dominante que provee el nombre a esa unidad cartográfica. Las inclusiones de suelos menores no son superiores al 15%. Algunas consociaciones pueden estar constituidas por más de un taxón con la condición que sean de características muy similares.

Complejos y Asociaciones

Consisten de **dos o más componentes distintos** que ocurren con un patrón regularmente repetido. Una regla arbitraria relacionada con la escala de mapeo que determina si se trata de un complejo o una asociación es la siguiente: El componente mayor de un complejo no puede ser separado en una escala del orden de 1:25.000, mientras que el mayor componente de una asociación **si** puede ser separado a dicha escala. En ambos casos los principales componentes son suficientemente diferentes en la morfología o comportamiento que la unidad cartográfica no puede ser denominada consociación. En cada delineación, ya sea asociación o complejo, cada componente principal está normalmente presente, aunque su proporción puede variar de una delineación a otra.

En un **complejo** la distribución de las unidades taxonómicas es **heterogénea** y no pueden ser separadas en una escala de detalle.

En una **asociación** la distribución de las unidades taxonómicas es **homogénea** y pueden ser separadas en una escala de detalle (alrededor de 1:20.000).

Las asociaciones se designan con los nombres de las unidades taxonómicas que la integran, por ejemplo Asociación Series Pergamino 60% y Juncal 40%.

Los complejos también pueden ser designados con los nombres de los principales componentes, por ej. Complejo Series Rojas 80% y Wheelwright 20% , en este caso el Complejo se denomina **Complejo Diferenciado**. En cambio cuando no pueden distinguirse unidades taxonómicas se denominan **Complejo Indeterminado o Indiferenciado** y se nombran utilizando un rasgo geográfico importante donde se localiza el mismo, por ej. Complejo Cañada Colón

Tierras misceláneas

Son áreas de tierras sin o poco suelo o que soportan poca o nula vegetación. Zonas urbanas o afloramientos rocosos por ejemplo. El nombre de las tierras misceláneas se usa igual que las taxa de suelo para identificar las unidades de mapeo.

Fases

Es un agrupamiento creado para servir específicamente a propósitos cartográficos. Las fases pueden ser definidas o sobreimpuestas a cualquier nivel taxonómico.

Cualquier propiedad o combinación de propiedades que no sea redundante en los límites de clase del taxón considerado y que sea útil para los propósitos del estudio, pueden ser utilizadas para diferenciar las fases. Las propiedades más comúnmente utilizadas para diferenciar fases son la textura del horizonte superficial, depósitos en la superficie, presencia de fragmentos gruesos, pedregosidad, rocosidad, pendiente, profundidad, drenaje, salinidad, sodicidad, erosión, fisiografía, espesor, frecuencia de inundaciones, etc.

TIPOS DE MAPAS DE SUELOS

Todos los levantamientos de suelo son realizados examinando, describiendo y clasificando los suelos en el campo y delineando sus áreas en un mapa. Algunos estudios son realizados para servir a usuarios que necesitan una información muy precisa del suelo en superficies pequeñas de unas pocas hectáreas o menos. Estos estudios requieren finas distinciones entre áreas pequeñas y homogéneas de suelos. Otros estudios son realizados para usuarios que necesitan una perspectiva más amplia y heterogéneas, superficies de miles de hectáreas. Un estudio hecho para un grupo de usuarios, puede no ser útil para el otro.

Los elementos de un levantamiento de suelos deben ser ajustados para brindar el mejor producto para el/los propósitos perseguido/s. Diferentes intensidades en el estudio, diferentes grados de detalle en el mapeo, diferentes niveles de abstracción en las unidades taxonómicas, diferentes fases y niveles de abstracción en la definición y designación de las unidades cartográficas producen un amplio rango de levantamiento de suelos.

El reconocimiento de estos diferentes grados de detalle es útil para una mejor comprensión de los alcances y utilidades de los levantamientos y mapas de suelos, aunque no haya separaciones netas entre un tipo y otro. El grado de detalle, aspecto íntimamente relacionado con la escala del mapa y la intensidad del relevamiento, está condicionado por el tamaño de las fincas o de la parcela que define la unidad de manejo del productor, por el tipo de cultivo, el tipo de manejo, el nivel tecnológico, etc. A mayor nivel tecnológico mayor es el detalle que se demanda. Por ejemplo el avance y difusión de los principios y métodos de la agricultura de precisión requerirán contar con mapas de suelos muy detallados para poder explorar esta alternativa en todas sus posibilidades.

Se reconocen los siguientes niveles de levantamiento o mapeo de suelos:

Muy intensivo

Este tipo de estudio, llamado también de primer orden, se realiza para usos de la tierra muy intensivos que requieren una información muy detallada de los suelos, generalmente de áreas pequeñas. La información puede ser utilizada para planificar el riego, drenaje, cultivos hortícolas, frutícolas u otros especiales, campos experimentales, construcciones civiles, y otros usos que requieren un conocimiento muy preciso y detallado de los suelos y de su variabilidad. Los suelos en cada delineación son identificados mediante transectas o poligonales y los límites de los suelos son observados en toda su extensión. Las fotografías aéreas son utilizadas como una ayuda en el trazado de los límites. La unidad taxonómica es la serie de suelo y las unidades cartográficas son principalmente consociaciones de fases de series, con unos pocos complejos y áreas misceláneas. La escala utilizada es mayor que 1:10.000. La menor delineación (Unidad cartográfica de base), cubre menos de 0,4 hectáreas y la unidad de base del proyecto es menor de 1,6 has.

Intensivo

Este tipo de mapeo, de segundo orden, se realiza para usos intensivos de la tierra que requieren información detallada sobre los recursos en suelos para hacer predicciones sobre la aptitud de uso y necesidades de manejo. La información puede ser utilizada en la planificación agrícola de cultivos semiextensivos, de construcciones, desarrollo urbano, y actividades similares que requieran un conocimiento preciso de los suelos y de su variabilidad.

Los suelos en cada delineación son identificados por observaciones de campo en poligonales y por sensores remotos (fotografías aéreas). Los límites entre las unidades son verificados a cortos intervalos (50 a 150m, según la escala), por poligonales y en algunas unidades mediante transectas.

La unidad taxonómica es la serie de suelo. Muy pocas veces se definen unidades a un nivel superior (familia, subgrupo). Las unidades cartográficas son normalmente consociaciones y complejos de fases de serie. Ocasionalmente se usan asociaciones de fases de series o grupos de suelos indiferenciados. La escala utilizada va del 1:10.000 al 1:30.000. La unidad cartográfica de base cubre una superficie de 0,4 a 3,5has y la unidad de base del proyecto de 1,6 a 14has.

Semidetallado

Los levantamientos semidetallados o de tercer orden, son realizados para usos de la tierra que no requieren un preciso conocimiento de áreas pequeñas o información detallada de los suelos. Las áreas estudiadas tienen generalmente un solo uso dominante de la tierra y unos pocos usos subordinados. La información puede ser utilizada en la planificación de la agricultura general, cultivos muy extensivos, ganadería, forestales, planeamiento comunal, áreas recreacionales, etc. Las unidades son delimitadas por observación de campo y fotointerpretación. Los límites son verificados por algunas observaciones de

campo. Los suelos son identificados por poligonales en áreas muestras y extrapolando esta información a áreas similares. Algunas observaciones de campo y transectas adicionales se realizan para verificación.

La unidad taxonómica normalmente es la serie de suelo., pero también pueden definirse familias y subgrupos.

Las unidades cartográficas están constituidas por consociaciones, asociaciones, complejos y grupos indiferenciados de fases de series o familias de suelos y ocasionalmente de subgrupos.

La escala varía entre 1:30.000 y 1:60.000, dependiendo de la complejidad en la distribución de los suelos y el objetivo del estudio. La unidad cartográfica de base cubre una superficie de 3,5 a 14has. La unidad de base del proyecto es del orden de 14 a 58has.

Reconocimiento detallado

Los mapas de reconocimiento detallado o de cuarto orden son realizados para usos de la tierra extensivos que necesitan información general para enunciados amplios concernientes al uso potencial y el manejo general de las tierras. La información puede ser usada localizando, comparando y seleccionando las áreas apropiadas para los usos mayores de la tierra, la planificación del uso regional, y para seleccionar áreas para investigaciones y estudios más detallados.

Los procedimientos de campo permiten trazar los límites de las unidades por interpretación de datos de sensores remotos (fotografías aéreas e imágenes satelitales).

Los suelos son identificados por poligonales en áreas muestras representativas para determinar el patrón de distribución de los suelos y la composición de las unidades cartográficas y esta información se extrapola a áreas similares. Luego se realizan algunas transectas en recorridos seleccionados para su verificación.

Las unidades taxonómicas pueden ser series, familias o subgrupos y en algunos casos hasta grandes grupos.

Las unidades cartográficas normalmente son asociaciones de fases de las unidades taxonómicas correspondientes, algunas consociaciones y grupos indiferenciados.

La escala de mapeo es de 1:70.000 hasta 1:250.000. La unidad cartográfica de base puede ir desde 20 a 250has y la unidad de base del proyecto de 80 a 1000has.

Reconocimiento extensivo

Estos estudios de quinto orden, son realizados para coleccionar información en áreas muy grandes a un nivel de generalización apropiado para el planeamiento regional del uso de la tierra a un elevado nivel de generalización. El uso primario de estos estudios es el de seleccionar áreas para estudios más intensivos. El procedimiento de campo consiste en mapear áreas representativas de 40 a 65 Km² para determinar la distribución de los suelos y la composición de las unidades cartográficas. Esta información es aplicada luego a áreas similares por interpretación de los datos de sensores remotos (fotografías aéreas e imágenes satelitales). Los suelos son identificados por unas pocas observaciones de campo.

Las unidades taxonómicas definidas son superiores a series, principalmente subgrupos y grandes grupos. La mayoría de las unidades cartográficas son asociaciones, pero algunas consociaciones y grupos indiferenciados pueden utilizarse.

La escala de los reconocimientos extensivos pueden ir desde 1:250.000 hasta 1:1.000.000. La unidad cartográfica de base es del orden de las 250 a 4.000has y la unidad de base del proyecto de 1.000 a 16.000has.

Generalizados

Los mapas de suelos generalizados, a diferencia de los anteriores no resultan de un trabajo directo de campo. Ellos son realizados por combinación de las delineaciones de estudios preexistentes más detallados, para formar unidades cartográficas más amplias. Se pueden así revelar las relaciones

geográficas sobre grandes áreas que no son visualizadas fácilmente en los estudios detallados. Estas áreas más amplias se describen en función de los suelos más extendidos en dicha área. La escala de estos mapas depende del uso perseguido.

Algunos usos posibles de los mapas generalizados son por ejemplo para estimar el recurso suelo de una provincia o un país completo, para asistir a los consejeros agrícolas dándoles una base geográfica a sus programas educacionales, o como guía para propósitos comerciales. Cada vez más los mapas generalizados se usan para la planificación nacional y regional del uso de la tierra. Otros usos posibles son para predecir la aptitud general de áreas extensas de suelos para fines residenciales, recreación, vida silvestre y otros usos no agrícolas, así como para agricultura, ganadería y forestales. Igualmente para sugerir trazados alternativos de rutas y ductos.

Esquemáticos

Los mapas esquemáticos son también compilados pero difieren de los generalizados por que son compilados de una información distinta a la de los mapas de suelos preexistentes.

La escala es comúnmente de 1:1.000.000 o menor. Los mapas esquemáticos son normalmente realizados para localizar áreas donde investigaciones posteriores son justificadas.

Los mapas esquemáticos son realizados usando diversas fuentes de información para predecir la distribución geográfica de las diferentes clases de suelos.

Información climática, fitogeográfica, geológica, geomorfológica y otras relacionadas con los suelos es recopilada y estudiada. Se agrega información obtenida por la interpretación de fotografías aéreas e imágenes satelitales.

Tabla 1: Tipos de mapas

Nivel Cartográfico	Escala aproximada	Taxa	Unidad Cartográfica	Objetivo	Destinatario
<i>Esquemático</i>	< 1:1.000.000	Orden Suborden Gran grupo	Complejo Asociación Fase	Educación Planificación a nivel nacional e internacional	Gobernantes
<i>Reconocimiento</i>	1:500.000	Subgrupo y Familia	Complejo Asociación Fase	Planificación regional o provincial	Gobernantes Técnicos
<i>Semidetallado</i>	1:50.000	Serie	Asociación Complejos Consociación Fase	Planificación a nivel de partido, cuencas, estancias grandes, etc	Técnicos
<i>Detallado</i>	1:20.000	Serie	Consociación Complejos Fase	Planificación predial (uso extensivo)	Técnicos Productores
<i>Ultradetallado</i>	1:5.000	Serie	Consociación Complejos Fase	Planificación predial (uso intensivo)	Técnicos Productores

CLASIFICACIONES UTILITARIAS: SISTEMAS DE EVALUACIÓN

Existen numerosos métodos de evaluación que utilizan filosofías y técnicas muy diversas. Unos métodos utilizan criterios cualitativos mientras que otros emplean parámetros cuantitativos. Los sistemas cualitativos por lo común, se emplean en estudios de reconocimiento cuyo objetivo es una evaluación general y rápida de zonas amplias. Los métodos cuantitativos se utilizan más frecuentemente en estudios detallados, se necesita más información de los suelos, tanto para construir el sistema evaluador como a la hora de aplicarlo, pero son más objetivos y con ellos los resultados son más fiables. Otros métodos parten de datos cualitativos que son ponderados para obtener un resultado final numérico. En cuanto al objetivo que persiguen estos métodos de evaluación también hay una gran diversidad. Así unos sistemas persiguen fines agrícolas mientras que otros buscan usos exclusivamente ingenieriles (como soporte de construcciones, caminos, canales, cimentaciones, pilares, vertederos, presas, etc). Dentro de los sistemas para usos agrícolas, unos evalúan la capacidad del suelo para usos muy generales (cultivos, pastos y bosques) son los llamados Land Capability, mientras que otros, los denominados Land Suitability, valoran la aptitud del suelo para utilidades concretas, para un cultivo determinado (trigo) y con un determinado manejo del suelo. Las clasificaciones de Capacidad de Uso definen los grados de capacidad en términos, generalmente, vagos, fijándose fundamentalmente en las limitaciones para un uso general. Los de Aptitudes Específicas proporcionan resultados más prácticos pero necesitan de más datos tanto del suelo como referentes a las especificaciones concretas para cada tipo de cultivo. Frecuentemente, los sistemas evaluadores tienen en cuenta los efectos beneficiosos que pueden resultar como consecuencia de introducir determinadas mejoras y se habla de evaluaciones potenciales.

Sistemas de evaluación de capacidades de uso categóricos: Se trata de sistemas de evaluación que van buscando la idoneidad de los suelos para usos generales (cultivos, pastos y bosques) pero no para usos concretos (maíz, girasol, cerezo, etc). Al ser categóricos establecen la clasificación a varios niveles o categorías, por ejemplo, clase, subclase y unidad. Los más utilizados son las USDA y el sistema FCC (Soil Fertility Capability Classification (FCC)).

Sistemas de evaluación paramétricos para capacidades de uso: Esquema FAO (Riquier, 1970). Los sistemas de evaluación paramétricos son aquellos que utilizan parámetros cuantitativos para la evaluación. Normalmente los caracteres evaluadores son descritos en unas tablas en las que se le asignan unos valores cuantitativos. Una vez asignados los valores de cada parámetro se aplica una determinada fórmula matemática, generalmente muy sencilla, como es el caso usual de utilizar una ecuación paramétrica en la que el resultado final queda definido por un índice que es el producto de todos los parámetros. La clasificación del suelo es función de unas clases que se definen dentro de un rango de valores del índice.

Para tratar de homogeneizar criterios la FAO ha propuesto un sistema de evaluación que más que un sistema completo se trata de un esquema con directrices generales para elaborar sistemas evaluadores concretos. Esquema para la Evaluación de Tierras FAO (1976). Cualquiera sea el sistema de evaluación de aptitud o capacidad de uso de suelos utilizado existe una interacción de tres aspectos fundamentales en su determinación, los cuales se señalan en el siguiente esquema. Además debe destacarse que la Aptitud o Capacidad de uso de un suelo con fines agropecuarios o forestales no es de carácter permanente sino que puede variar en el tiempo al verse afectado el nivel tecnológico de manejo de suelos y del cultivo aplicado; a los avances especialmente biotecnológicos en cuanto a la adaptabilidad de los cultivos a condiciones de suelo y clima y a las variaciones climáticas o de las propiedades permanentes de suelos especialmente afectados por procesos degradativos. Esto implica entonces una revisión periódica de los mapas de aptitud de suelos generados.

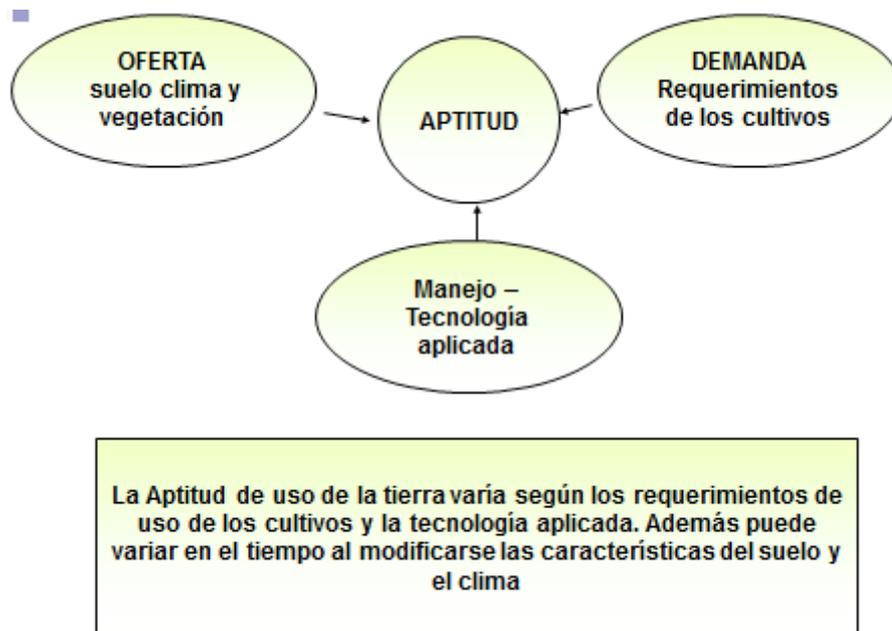


Figura 13. Interacción de los aspectos fundamentales en la determinación de la capacidad o aptitud de los suelos

LA CLASIFICACIÓN USDA DE TIERRAS POR SU CAPACIDAD DE USO

La clasificación por capacidad de uso es una de las tantas posibilidades de agrupamiento que se realiza principalmente para fines agrícolas. Desarrollado en los EEUU y es uno de los sistemas más difundidos. Este sistema consiste en agrupar unidades de tierra (mayormente unidades de suelo) que tengan respuestas comparables a su manejo y limitaciones o riesgos de degradación. Es una evaluación **general de la capacidad de la tierra**, sin referirse a cultivos específicos, priorizando la agricultura como el uso preferencial y con énfasis en la conservación de suelos (erosión, drenaje, limitaciones de enraizamiento y limitaciones climáticas).

Se clasifica principalmente en base a las limitaciones de clima y suelo (actuales), pero si es económicamente posible realizar mejoramientos, se consideran las condiciones después de los mejoramientos (potenciales).

En esta clasificación, los suelos “arables” se agrupan en virtud de sus potencialidades y limitaciones para una producción continuada de cultivos comunes de labranza, que no tienen exigencias especiales en cuanto a suelo o tratamiento. Los suelos “no arables” (suelos no aptos para producir cultivos de labranza en forma sostenida), se agrupan de acuerdo con sus potencialidades y limitaciones para producir vegetación perenne, y el riesgo de ocasionar daño al suelo si son manejados incorrectamente.

En este sistema de clasificación están involucrados dos conceptos básicos, que son la capacidad y las limitaciones. **Capacidad** es el potencial de la tierra bajo una específica práctica de manejo. **Limitaciones** son características y/o cualidades de las tierras y sus expresiones cuantitativas como criterios diagnósticos, que afectan en forma adversa la capacidad.

El agrupamiento por capacidad de uso de los suelos se realiza para:

- Orientar a los productores y otros interesados en el uso e interpretación de los mapas de suelos.
- Introducir a los mismos en el estudio de los detalles que proporcionan los mapas de suelos.
- Practicar amplias generalizaciones fundadas en las potencialidades de los suelos, sus limitaciones de uso y problemas de manejo.

La clasificación de los suelos por su capacidad de uso comprende tres grandes categorías:

CLASES DE CAPACIDAD

Son grupos de subclases o unidades de capacidad que tienen el mismo grado relativo de peligro o limitación. El riesgo de daño del suelo o su limitación de uso es progresivamente mayor desde la clase I a la clase VIII.

Las clases de capacidad, son útiles como un medio de introducir a los usuarios al uso de la información mas detallada de los mapas de suelos. Estas muestran la localización, cantidad y capacidad general de los suelos para un uso agropecuario.

Es la categoría más amplia de este sistema de clasificación ubica a todos los suelos en ocho clases de capacidad de uso. Los riesgos de que ocurra un daño al suelo, o las limitaciones para su uso, aumentan progresivamente de la clase I a la clase VIII (Figura 14). Los suelos de las primeras cuatro clases son capaces, mediante un buen manejo, de producir plantas adaptadas, a tales como los árboles forestales o pasturas naturales, los cultivos labrados comunes¹ y pasturas artificiales. Los suelos de las clases V, VI y VII son capaces únicamente de producir vegetación natural adaptada. Algunos suelos de las clases V y VI también son capaces de producir cultivos especiales, como ciertos frutales y plantas ornamentales, y hasta cultivos de labranza, siempre que se apliquen sistemas de manejo muy intensivos y prácticas complejas de conservación del suelo y del agua. Los suelos de la clase VIII no producen suficiente cantidad de cultivos, forrajes o madera que justifiquen su explotación desde el punto de vista económico.

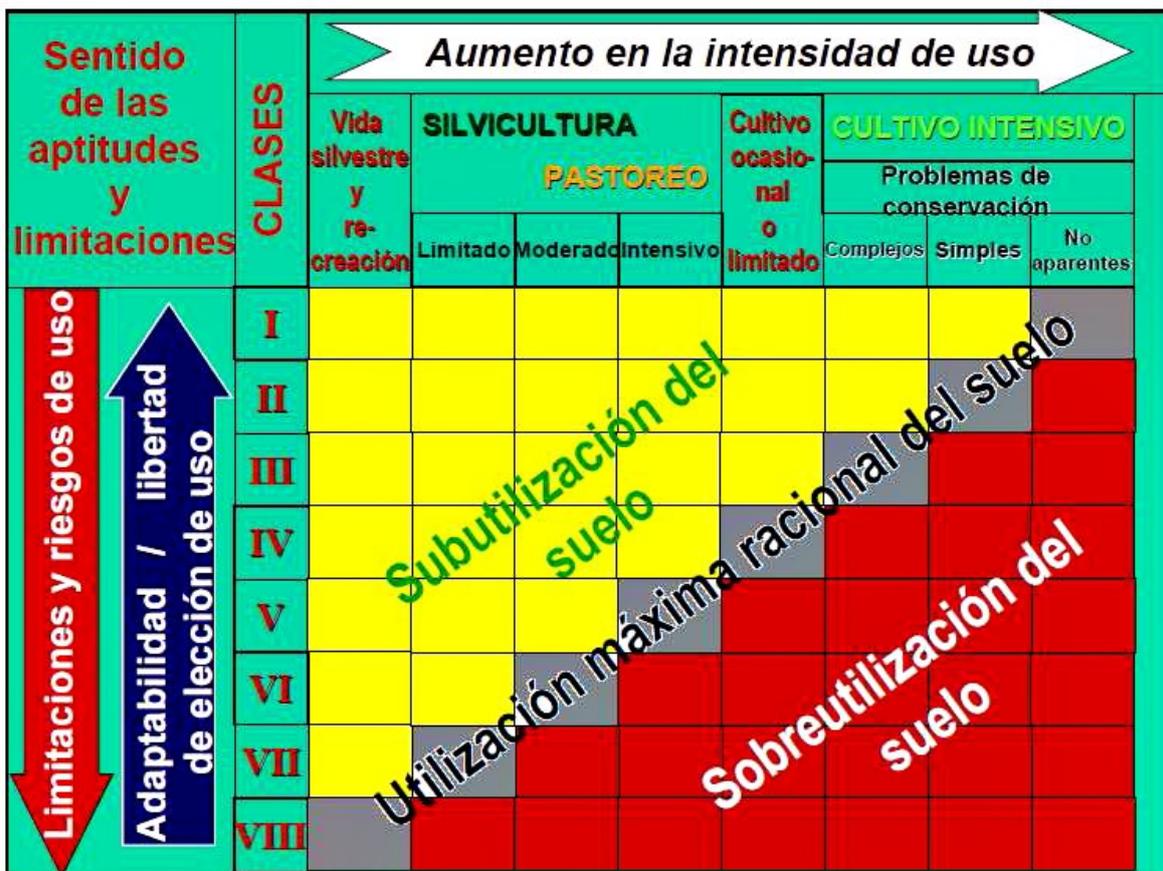


Figura 14. Clases de suelos, limitaciones según intensidad de uso

1 En el sentido aquí aplicado, se entiende, entre otros, por cultivos labrados comunes: maíz, algodón, tabaco, trigo, heno, pasturas artificiales, avena, cebada, sorgo granífero, caña de azúcar, remolacha azucarera, maní, soja, hortalizas, papas, batatas, arvejas, habas, lino y la mayoría de las plantas frutales y ornamentales de cultivo limpio. No se incluyen: arroz, arándano, zarzamora, y aquellas plantas frutales y ornamentales que requieren poco o ningún laboreo del suelo.

SUBCLASE DE CAPACIDAD

Son grupos de unidades de capacidad que tienen el mismo gran problema de conservación:

- e: erosión eólica o hídrica
- w: exceso de agua
- s: limitación en la zona radical
- c: limitación climática.

La subclase de capacidad provee información sobre el tipo de problema de conservación o limitación involucrada. La clase y subclase juntas proveen al usuario del mapa, información sobre los grados de limitación y tipo de problema involucrado para un amplio programa de planeamiento, necesidad de estudios de conservación y propósitos similares. Estas subclases indican con letras minúsculas como sufijos. (e,w,s,c)

UNIDAD DE CAPACIDAD DE USO

Es un agrupamiento de una o más unidades cartográficas individuales teniendo similar potencial productivo, nivel de riesgo de sufrir deterioro por el uso y limitaciones permanentes o continuas limitaciones o riesgos.

Los suelos en la unidad de capacidad son suficientemente uniformas para: a) producir similar tipo de cultivo y pasturas con similares prácticas de manejo; b) requerir similar tratamiento de manejo y conservación bajo el mismo tipo y condiciones de cobertura vegetal y c) tener un potencial de productividad comprable.

La unidad de capacidad condensa y simplifica la información de suelos para un planeamiento individual de los predios, parcelas por parcelas.

Las unidades de capacidad con las clases y subclases, dan información sobre el grado de limitación, tipo de problemas de conservación y prácticas de manejo necesarios. Por ejemplo: IIIe1 significa clase III, subclase e y unidad 1.

El agrupamiento de los suelos en unidades, subclases y clases de capacidad de uso se practica especialmente considerando su capacidad de producir cultivos labrados comunes y pasturas artificiales, sin deterioro del suelo durante un período prolongado del tiempo. Si se desea expresar especialmente la aptitud de los suelos para producir pasturas naturales o árboles forestales, debe recurrirse a otros sistemas de clasificación, preparados especialmente para estas finalidades.

En Argentina, el INTA ha adoptado el sistema de clasificación utilizado por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos para clasificar las tierras por su capacidad de uso. Éste comprende tres grandes categorías: clase, subclase y unidad de capacidad de uso. Dado que en el estudio de reconocimiento básico de suelos de la región de la Pampa Ondulada se ha utilizado la escala semidetallada, la presentación adoptada agrupa los suelos a nivel de clases y subclases.

PRESUPOSICIONES

Cuando se procede a practicar un agrupamiento de suelos por su capacidad de uso o aptitud, es necesario presuponer que:

1) Una clasificación taxonómica (o natural) se funda directamente en las características de los suelos. La clasificación por capacidad de uso o aptitud (unidad, subclase y clase) es una clasificación interpretativa, basada en la evaluación de la incidencia del clima y las características permanentes de los suelos sobre: a)- los riesgos de ocasionar daños al suelo, b)-las limitaciones de uso, c)-la capacidad productiva y d)-los requisitos de manejo del suelo. Se consideran cualidades y características permanentes del suelo: la pendiente, la textura, la profundidad, los efectos de la erosión anterior, la permeabilidad, la capacidad de retención del agua, el tipo de arcilla y muchas otras más. Se consideran características no permanentes los arbustos, árboles, cepas, etc.

2) La similitud de los suelos de una misma clase de capacidad de uso, se refiere únicamente al grado de la limitación para su uso agrícola o al riesgo a que se hallan expuestos cuando son utilizados. En cada una de las clases se incluyen suelos de características muy diversas, con exigencias también diversas en cuanto a tratamiento y manejo. No pueden realizarse generalizaciones al nivel de clase que sean válidas con respecto a la aptitud de determinados cultivos u otras exigencias de manejo.

3) Uno de los varios criterios que se aplican para ubicar un suelo cualquiera en una de las clases aptas para producir cultivos labrados, pasturas o árboles forestales, es la existencia de una relación favorable entre costo de producción y beneficio económico, no presuponiéndose ni estando implícita ninguna otra vinculación entre estas clases y la relación mencionada ². La clasificación por capacidad no es una valoración de los suelos en función de su productividad para determinados cultivos. La estimación de rendimientos se practica para suelos individuales, como figuran en los manuales y en las memorias de los reconocimientos de suelos.

4) Debe presuponerse un nivel de manejo moderadamente elevado, ajustado a la aptitud de la mayoría de los productores agropecuarios del lugar. La clasificación de capacidad no consiste en el agrupamiento de suelos de acuerdo con su aprovechamiento más remunerativo. Así, por ejemplo, muchos suelos de las clases III y IV, definidas como aptas para varios usos, inclusive para cultivos labrados, pueden tener un aprovechamiento más remunerativo bajo pastoreo o forestación que con cultivos más intensivos.

5) Las clases de capacidad I a IV se distinguen entre sí por el progresivo aumento del grado de limitación o del riesgo de daño al suelo, los cuales determinan los sistemas de manejo para la producción continuada de cultivos labrados. Sin embargo, diferencias de sistema de manejo o de rendimiento de vegetación perenne pueden ser mayores entre dos suelos de una misma clase que entre los de clases diferentes. La clase de capacidad de uso no se determina por el sistema de prácticas recomendadas. Así, por ejemplo, los suelos de las clases II, III o IV pueden o no requerir los mismos sistemas de prácticas cuando se usan para la producción de cultivos labrados; las clases I a VII pueden no requerir los mismos sistemas de prácticas para la producción de pasturas o árboles forestales.

6) No se consideran limitaciones permanentes para el uso del suelo a: la presencia de excedentes de agua dentro o sobre el suelo, escasez de agua para una adecuada producción de cultivos, presencia de piedras, presencia de sales solubles o de sodio intercambiable o ambas situaciones, o el peligro de inundaciones, mientras se estime factible la eliminación de estas limitaciones³ 4 .

7) Los suelos, en los que es factible introducir mejoras mediante obras de drenaje, riego, remoción de piedras, eliminación de sales y sodio intercambiable, o mediante obras de defensa contra inundaciones, se clasifican de acuerdo con las limitaciones permanentes de su uso, y/o con los riesgos de daños al suelo, después de instaladas esas mejoras. Las diferencias por costo inicial de implantación de tales sistemas, no influyen sobre la clasificación. Por ejemplo, la ubicación de suelos con exceso de humedad en las clases II, III y IV, no indica que deberían ser drenados. Indica, en cambio, el grado de sus limitaciones permanentes de uso, o el riesgo de daños al suelo, o ambas, una vez que hayan sido drenados adecuadamente. En aquellos casos en que no es factible introducir mejoras en los suelos mediante obras de drenaje, riego, remoción de piedras, eliminación de un exceso de sales y/o sodio intercambiable, o protegerlos contra las inundaciones, se los clasificará de acuerdo con las limitaciones que existan en la actualidad para su uso.

2 Debe estar basada en prolongadas situaciones económicas de explotaciones agrícolas y productores representativos, que aplican un nivel de manejo moderadamente elevado. Debe corresponder a extensas áreas, aunque puede no serlo en casos aislados.

3 Factible, en el sentido aquí usado, significa:

*Que las características y cualidades del suelo permiten eliminar la limitación; y

* que en amplias áreas existe en las circunstancias actuales la posibilidad económica de eliminar esa limitación. Como ejemplos podrían citarse las grandes obras de drenaje, diques de contención, represas, provisión de agua para el riego, remoción de piedras o nivelación de zanjas de erosión, en amplia escala. (No se incluyen las pequeñas estructuras como pequeños diques o terrazas y medidas menores de conservación que pueden dejar de funcionar en el transcurso de unos pocos años).

8) Los suelos ya drenados o regados se agrupan de acuerdo con las limitaciones permanentes de suelo y clima, y los riesgos que afectan su uso bajo los sistemas actuales de manejo o con los resultados de las mejoras factibles.

9) La clasificación por aptitud de los suelos de una región puede sufrir cambios cuando, al ejecutarse grandes obras de recuperación o de desarrollo, se modifiquen permanentemente las limitaciones de uso o se reduzca el peligro o el riesgo de daño al suelo o a los cultivos durante un periodo de tiempo relativamente prolongado.

10) Los agrupamientos por capacidad de uso pueden sufrir modificaciones a medida que se obtengan nuevas informaciones sobre el comportamiento y las propiedades de los suelos.

11) No debe influir sobre el criterio para el agrupamiento de los suelos en clases de capacidad: la distancia a los mercados, tipos de caminos, tamaño y forma de las áreas que ocupa un suelo, su ubicación dentro del campo, capacidad y recursos de cada operario, o el tipo de tenencia de la tierra.

12) Los suelos con limitaciones físicas tales, que exijan la producción y cosecha a mano de ciertos cultivos extensivos, no podrán ser colocados en las clases I, II, III y IV. Algunos de estos suelos necesitarán previamente obras de drenaje o la remoción de piedras, o ambas, para que pueda aplicarse algún tipo de maquinaria. Ello no significa que no puedan usarse equipos mecánicos en ciertos suelos pertenecientes a las clases V, VI y VII.

13) Los suelos aptos para cultivos labrados también lo son para otros usos, como pasturas artificiales y campos naturales de pastoreo, forestación o vida silvestre. Algunos suelos no adecuados para cultivos labrados, son aptos para pasturas artificiales y campos naturales de pastoreo, forestación o vida silvestre; otros son aptos solamente para pasturas artificiales y campos naturales de pastoreo o vida silvestre; otros, en cambio, lo son sólo para forestación o vida silvestre; y unos pocos, exclusivamente para recreo, vida silvestre y protección de cuencas hidráulicas. Agrupamientos de suelos para pasturas artificiales, campos naturales de pastoreo, forestación o recreo y vida silvestre, pueden incluir más de una clase de aptitud. Por lo tanto, la interpretación de los suelos para estos fines requiere con frecuencia un sistema de agrupamiento especial, distinto del que se establece en esta clasificación por capacidad de uso.

14) Las bases para ubicar los suelos en unidades, subclases y clases de aptitud, provienen de los datos de la investigación, de la recopilación de observaciones y de la experiencia disponible. En aquellas áreas donde no existan datos sobre el comportamiento de suelos bajo distintos sistemas de manejo, éstos pueden ser agrupados mediante la interpretación que se haga de sus características y cualidades, teniendo en cuenta los principios generales de uso y manejo desarrollados para suelos similares de otros lugares.

LAS CLASES DE CAPACIDAD DE USO

Tierras aptas para las labranzas y otros usos

Clase I

Los suelos de esta clase tienen pocas limitaciones de uso.

Los suelos incluidos en esta clase son aptos para producir una amplia variedad de plantas, pudiendo ser usados, con mínimo riesgo, para cultivos labrados y pasturas, como campos naturales de pastoreo, y para forestación y recreo. Ocupan un relieve prácticamente llano⁴ y en consecuencia el peligro de erosión (eólica o hídrica) es reducido. Son profundos, generalmente bien drenados y se trabajan con facilidad. Tienen buena capacidad de retención de agua y están bastante bien provistos de elementos nutritivos o responden ampliamente a la aplicación de fertilizantes.

Los suelos de la clase I no se hallan expuestos a inundaciones. Son productivos y se adaptan al cultivo intensivo. El clima local debe ser favorable para la producción de los cultivos más comunes.

⁴ Algunos suelos de permeabilidad rápida pueden ser incluidos en la clase I, aunque tengan pendientes suaves.

En áreas de regadío, para incorporar los suelos en la clase I, la limitación por clima árido debe haber sido superada por un riego más o menos permanente. En este caso (o cuando se trate de suelos potencialmente utilizables bajo riego), los suelos deben reunir las siguientes condiciones: ocupar un terreno casi llano; profunda penetración radical; buena permeabilidad y capacidad de retención de humedad; elevada capacidad de laboreo cuando son sometidos a un uso agropecuario continuado. Algunos de estos suelos pueden requerir un acondicionamiento inicial, tal como: una leve sistematización para obtener la pendiente deseada; el lavado de una pequeña acumulación de sales solubles; descenso del nivel estacional de la napa de agua, etc. Si ocurrieran con cierta frecuencia restricciones debidas a sales, napa de agua perjudicial, inundaciones o erosión, se considerarán como suelos sometidos a limitaciones naturales permanentes, y por consiguiente no podrán ser incluidos en la clase I.

Los suelos con exceso de humedad y con subsuelos de permeabilidad lenta o muy lenta, no se pueden incluir en la clase I. Algunos suelos de la clase I pueden haber sido sometidos a un acondicionamiento inicial mediante algún sistema de drenaje, como medida de saneamiento para lograr una mayor productividad y facilitar las labores culturales.

Los suelos de la clase I sólo requieren prácticas comunes de manejo para mantener su productividad, tanto en lo referente a su fertilidad como a su estructura. Entre estas corresponde incluir la aplicación de una o más de las siguientes medidas: fertilización y encalado; cultivos de cobertura y abonos verdes; conservación de residuos de cosechas; estercolados y una rotación de cultivos adaptados.

Clase II

Los suelos de esta clase tienen algunas limitaciones en cuanto a la elección de plantas, o requieren moderadas prácticas de conservación.

Los suelos de esta clase requieren para su habilitación un manejo cuidadoso, inclusive prácticas de conservación para prevenir deterioros o para mejorar la relación de aire-agua. Sus limitaciones son pocas y las prácticas culturales son de fácil aplicación. Pueden ser usados para cultivos labrados, pasturas, como campos naturales de pastoreo, para forestación y para la conservación de la fauna silvestre.

Las limitaciones de los suelos de la clase II pueden tener algunas de las siguientes causas o una combinación de las mismas:

- pendientes suaves
- susceptibilidad moderada a la erosión eólica o hídrica, o efectos adversos debidos a una erosión anterior
- profundidad del suelo menor que la ideal
- condiciones un tanto desfavorables de estructura o de laboreo
- salinidad y/o alcalinidad ligera a moderada, fácilmente corregibles, pero con probabilidades de que vuelvan a aparecer
- perjuicios ocasionales por inundaciones
- exceso de humedad corregible por medio del drenaje, pero que ocurre en forma permanente, constituyendo una limitación moderada
- limitaciones climáticas leves para el uso y manejo del suelo

Los suelos de esta clase dan al agricultor una menor posibilidad de elección de cultivos o de sistemas de manejo, que en el caso de los suelos de la clase I. Pueden requerir también sistemas especiales de conservación durante la cosecha, prácticas de conservación del suelo, algún dispositivo especial para el control del agua, o métodos especiales de laboreo cuando son dedicados a cultivos labrados. Así, por ejemplo, cuando se cultivan suelos de esta clase, profundos, pero con pendiente suave que los exponga a una moderada erosión, pueden necesitar una o la combinación de dos o más de las prácticas siguientes: construcción de terrazas, cultivos en franjas, labranza en contorno, rotación de cultivos que incluya pasturas de gramíneas y leguminosas, desagües vegetados, cultivos de cobertura o abonos verdes, colchón de rastrojo, fertilizantes, estiércol y encalado. La combinación óptima de prácticas varía de lugar a lugar, dependiendo ello de las características del suelo, del clima local y del sistema de explotación.

Clase III

Los suelos de esta clase presentan severas limitaciones que restringen la elección de las plantas o requieren la aplicación de prácticas especiales de conservación, o ambas cosas a la vez.

Los suelos de la clase III tienen más restricciones que los de la clase II, y cuando se los usa para cultivos labrados, requieren generalmente prácticas de conservación más difíciles de aplicar y mantener. Pueden ser utilizados para cultivos labrados, para pasturas, como campos naturales de pastoreo, para forestación y para la conservación de la fauna silvestre.

Las limitaciones de los suelos de esta clase restringen: la cantidad y proporción de cultivos de escarda; la duración del tiempo apropiado para la plantación o siembra, el laboreo del suelo y la cosecha; la elección de cultivos; o alguna combinación de estas posibilidades. Las limitaciones suelen ser el resultado del efecto de una o más de las siguientes circunstancias:

- pendientes moderadamente pronunciadas
- alta susceptibilidad de la erosión hídrica o eólica, o graves efectos adversos de una erosión anterior
- inundaciones frecuentes con cierto daño para los cultivos
- permeabilidad muy lenta del subsuelo
- exceso de humedad o cierto estancamiento continuado de agua después de instaladas las obras de avenamiento
- escasa profundidad del suelo hasta la roca subyacente, hardpan, fragipan o claypan que limita la zona de desarrollo radical y la capacidad de almacenamiento de agua
- baja capacidad de retención de agua
- baja fertilidad difícil de corregir
- salinidad y/o alcalinidad moderadas
- condiciones climáticas moderadamente adversas

Cuando son cultivados, muchos suelos de la clase III que son excesivamente húmedos, poco permeables, pero casi llanos, requieren un sistema de drenaje y de cosecha que mantenga o mejore la estructura y las condiciones de laboreo del suelo. A fin de evitar el apelmazado del suelo y mejorar su permeabilidad, es necesaria generalmente la incorporación de materia orgánica y evitar las labores cuando están demasiado mojados. En algunas áreas irrigadas, parte de los suelos de esta clase tienen un uso limitado por la existencia de una capa de agua a poca profundidad, permeabilidad lenta, y por el peligro de una acumulación de sales o de sodio intercambiable. Todos los suelos de la clase III, tienen una o más alternativas de uso y manejo para su aprovechamiento libre de todo riesgo, pero el número de las alternativas factibles para el promedio de los agricultores es menor que para los suelos de la clase II.

Clase IV

Los suelos de esta clase tienen limitaciones muy severas que restringen la elección de cultivos, requieren un manejo muy cuidadoso, o ambas cosas a la vez.

Las restricciones para el uso de estos suelos son mayores que para los de la clase III y la elección de plantas se halla más limitada. Cuando son cultivados, requieren un manejo más cuidadoso y las prácticas de conservación son más difíciles de aplicar y mantener. Pueden ser utilizados para cultivos labrados, para pasturas, como campos naturales de pastoreo, para forestación o para conservación de la fauna silvestre.

Los suelos de la clase IV pueden estar adaptados a solo dos o tres cultivos comunes, o también que los rendimientos medios de cosecha sean escasos en relación a los costos de producción. El uso para cultivos labrados se halla limitado como consecuencia de una o más de las siguientes características permanentes:

- pendientes pronunciadas
- gran susceptibilidad a la erosión hídrica o eólica
- graves consecuencias de la erosión anterior
- escasa profundidad del suelo
- baja capacidad de retención de agua

- inundaciones frecuentes que ocasionan graves daños a los cultivos
- humedad excesiva, con permanente peligro de estancamiento de agua después de la instalación de obras de avenamiento
- fuerte salinidad o alcalinidad sódica
- factores climáticos moderadamente adversos

En regiones húmedas, muchos suelos en pendiente de esta clase, sólo se adaptan ocasionalmente al cultivo. En áreas con relieve casi plano y drenaje deficiente, los suelos no se hallan sujetos a erosión, pero se adaptan poco a cultivos intercalados, por el tiempo que demora al suelo para secarse en primavera, y por su baja capacidad de producción para cultivos labrados. Algunos suelos de esta clase se adaptan bien a uno o varios cultivos especiales, tales como los frutales y los árboles y arbustos ornamentales, pero esta condición de por sí no basta para colocar un suelo en esta clase.

En regiones subhúmedas y semiáridas, los suelos de referencia pueden producir buenos rendimientos de cultivos adaptados en años de precipitación superior a la normal, pero los rendimientos son bajos en años de precipitación media y nulos cuando la precipitación anual es inferior a la normal. En años de sequía, los suelos necesitan protección, aunque haya poca o ninguna probabilidad de obtener beneficios de las cosechas. Se requieren tratamientos y prácticas especiales para prevenir voladuras del suelo, conservar la humedad y mantener su productividad. A veces es necesario sembrar cultivos o aplicar labores de emergencia para lograr el mantenimiento del suelo durante años de sequía. Tales tratamientos se aplican con mayor frecuencia o mayor intensidad que en los suelos de la clase III.

Tierras de uso limitado – Generalmente inaptas para las labranzas

Clase V

Los suelos de esta clase presentan poco o ningún peligro de erosión pero encierran otras limitaciones no corregibles que restringen su uso a la producción de pasturas y árboles forestales, pudiendo ser aprovechados también como campos naturales de pastoreo o para la conservación de la fauna silvestre.

Los suelos de esta clase presentan limitaciones que restringen la variedad de plantas que pueden ser producidas e imposibilitan las labores propias de los cultivos labrados. Ocupan terrenos casi llanos, pero contienen excesiva humedad, sufren frecuentes inundaciones por cursos de agua, son pedregosos, ofrecen limitaciones climáticas, o presentan una combinación de algunos de estos inconvenientes. Ejemplos de suelos de esta clase son:

- Suelos de riberas de cursos de agua (bottomland) sujetas a frecuentes inundaciones que imposibilitan la producción normal de cultivos labrados
- Suelos casi llanos pero con un período de crecimiento inadecuado a la producción normal de cultivos labrados
- Suelos llanos o casi llanos con piedras o rocas
- Áreas encharcadas donde el drenaje para la producción de plantas cultivadas no es factible, pero donde los suelos son capaces de producir vegetación herbácea o arbórea. Debido a estas limitaciones no es factible la producción de los cultivos comunes, pero pueden mejorarse las pasturas y obtenerse beneficios a través de un manejo adecuado

Clase VI

Los suelos de esta clase tienen graves limitaciones que los hacen generalmente ineptos para cultivos, por lo que su uso queda restringido en gran parte a pasturas, campo natural de pastoreo, forestación, o conservación de la fauna silvestre.

Las condiciones físicas de estos suelos son tales, que resulta conveniente introducir mejoras en las pasturas y campos naturales de pastoreo, cuando así lo requieran, como por ejemplo siembras, enclado,

fertilización y medidas de control del agua mediante surcos en contorno, zanjas de drenaje, canales derivadores, etc. Los suelos de esta clase tienen limitaciones permanentes no corregibles, tales como:

- Pendientes pronunciadas
- Grave peligro de erosión
- Efectos de una erosión anterior
- Pedregosidad
- Zona de enraizamiento somera
- Humedad excesiva o frecuentes inundaciones
- Baja capacidad de retención de humedad
- Salinidad o alcalinidad sódica
- Severas condiciones climática

Debido a uno o a varios de estos factores limitantes, los suelos no son por lo general, aptos para cultivos labrados. Pueden, sin embargo, ser aprovechados para pasturas, campos naturales de pastoreo, forestación o conservación de la fauna silvestre, o una combinación de los usos mencionados.

Ciertos suelos de la clase VI pueden aprovecharse sin peligro para cultivos comunes, siempre que se aplique un manejo muy intensivo. Algunos suelos de esta clase también se prestan para cultivos especiales tales como huertos, frutales, zarzamora y otros, que exigen condiciones distintas a las demandadas por los cultivos comunes. Según las características del suelo y clima local, los suelos pueden ser apropiados o no para cultivos forestales.

Clase VII

Los suelos de esta clase presentan limitaciones muy graves que los hacen inadecuados para el cultivo y su uso queda reducido casi exclusivamente al pastoreo, forestación o conservación de la fauna silvestre.

Las condiciones físicas de los suelos de la clase VII son tales que no se justifica aplicar mejoras a las pasturas y campos naturales de pastoreo como por ejemplo siembras, encalado, fertilización y medidas de control de agua, es decir, surcos en contorno, zanjas, canales derivadores, etc. Las restricciones del suelo son más severas que las de la clase VI, como consecuencia de una o varias de las limitaciones permanentes no corregibles, como ser:

- Pendientes muy pronunciadas
- Erosión
- Suelos someros
- Piedras
- Exceso de humedad;
- Sales o alcalinidad sódica
- Clima desfavorable

Pueden usarse sin inconvenientes para pastoreo, forestación o conservación de la fauna silvestre, o alguna combinación de estos aprovechamientos, mediante un manejo adecuado.

De acuerdo con las características edáficas y el clima local, los suelos correspondientes a esta clase pueden estar bien o pobremente adaptados para forestación. No se adaptan a ninguno de los cultivos comunes; en ciertos casos, algunos suelos de esta clase pueden aprovecharse para cultivos especiales, y solo mediante un manejo poco común. Algunas áreas de suelos de clase VII pueden requerir siembras o plantaciones para proteger el suelo o para prevenir algún daño en áreas vecinas.

Clase VIII

Los suelos y terrenos de esta clase presentan tales limitaciones que resulta imposible su uso para la producción comercial de plantas y restringen su aprovechamiento a la recreación, conservación de la fauna silvestre, provisión de agua o fines estéticos.

Los suelos y las áreas de la clase VIII no producen beneficios provenientes de la producción de cultivos, pasturas o forestales, aunque es posible lograrlos a través del aprovechamiento de la fauna silvestre, protección de las cuencas o como lugar de recreación.

Las limitaciones no corregibles pueden provenir de una o varias de las siguientes causas:

- Erosión o peligro de ser erosionados
- Clima riguroso
- Exceso de humedad
- Piedras
- Escasa capacidad de retención de humedad
- Salinidad o alcalinidad sódica

Tierras yermas, terrenos rocosos, playas arenosas, embanques de los ríos, residuos de la minería u otras tierras estériles son las que se incluyen en esta clase. Puede ocurrir que sea necesario dar protección y manejar los suelos y los terrenos incluidos en la clase VIII, implantando vegetación a fin de proteger otros suelos de mayor valor, controlar el agua, o para promover la vida silvestre, o simplemente por razones estéticas.

LAS SUBCLASES DE CAPACIDAD DE USO

Las subclases son grupos de unidades de capacidad dentro de las clases que tienen el mismo tipo de limitaciones dominantes para su uso agrícola, provenientes del suelo y clima. Algunos suelos se hallan expuestos a la erosión si no reciben protección, mientras que otros tienen exceso de humedad en sus condiciones naturales, necesitando ser drenados para poder ser cultivados. En otros casos los suelos pueden ser poco profundos, desecarse rápidamente o poseer otro tipo de deficiencia. Finalmente, otros se hallan ubicados en áreas donde el clima es el factor que limita su uso. Las cuatro limitaciones reconocidas al nivel de la subclase son:

- Riesgo de erosión, caracterizado por el símbolo: (e);
- Exceso de humedad, drenaje deficiente, o peligro de inundación: (w);
- Limitaciones en la zona de actividad radical: (s);
- Limitaciones climáticas: (c)

La clase y subclase proveen, al usuario del mapa, de información acerca del grado y tipo de limitación. Para la clase de capacidad I no se establecen subclases.

Subclase de erosión (e)

Se halla integrada por suelos en los que la susceptibilidad o el riesgo de erosión es el problema de uso dominante. Susceptibilidad de erosión y daños producidos por una erosión anterior, son los factores dominantes para ubicar suelos en esta subclase.

Subclase de exceso de humedad (w)

Está formada por suelos donde el exceso de agua es el riesgo o la limitación de uso dominante. Los suelos con drenaje deficiente, exceso de humedad; napa de agua próxima a la superficie o sujetos a inundaciones, son los que integran esta subclase.

Subclase por limitaciones en la zona radical (s)

Como su nombre lo indica, en esta subclase se incluyen los suelos que tienen limitaciones en la capa de actividad de las raíces. Estas limitaciones son el resultado de la incidencia de factores tales como suelos someros, piedras, baja capacidad de retención de humedad, baja fertilidad, difícil de corregir y salinidad o alcalinidad sódica.

Subclase por limitaciones climáticas (c)

Está formada por suelos donde el clima (temperatura y falta de humedad) es el único riesgo o limitación para su uso.⁵

Las limitaciones impuestas por efectos de la erosión, exceso de agua, suelos someros, piedras, baja capacidad de retención de humedad, salinidad o alcalinidad sódica, se pueden modificar o superar parcialmente, adquiriendo en consecuencia prioridad sobre el clima en la determinación de subclase. El tipo dominante de limitación o riesgo para el uso de la tierra es el que determinará la asignación de las unidades de capacidad a las subclases (e), (w) y (s). Las unidades de capacidad que no tengan otra limitación que el clima, son asignadas a la subclase (c).

Cuando dos tipos de limitaciones modificables o corregibles son esencialmente iguales en intensidad, se establecerá la siguiente prioridad para las subclases: e, w y s. Por ejemplo, si necesitáramos agrupar algunos suelos de áreas húmedas que presentan tanto riesgo de erosión como riesgo de exceso de agua, en este caso la “e” adquiere prioridad sobre la “w”; cuando haya que agrupar suelos con limitaciones por exceso de agua y con limitaciones a la vez en la zona de actividad radical, la “w” tendrá prioridad sobre la “s”. Al agrupar suelos de regiones subhúmedas y semiáridas que presenten tanto riesgo por erosión como limitaciones por el clima, la “e” tendrá prioridad sobre la “c”; cuando deban agruparse suelos con limitaciones en la zona radical y por el clima, la “s” tendrá prioridad sobre la “c”.

Cuando los suelos tengan dos tipos de limitaciones, se podrán indicar ambas, si el uso local así lo requiere; la dominante va en primer término. Cuando se señalen dos tipos de problemas para un grupo de suelos, se usará solamente el dominante en el resumen de datos por subclases.

LAS UNIDADES DE CAPACIDAD DE USO

Las unidades de capacidad de uso proporcionan una información más específica y detallada que las subclases, para ser aplicadas en cada uno de los cuadros en que se hallan subdivididas las chacras y estancias. La unidad de capacidad es un agrupamiento de suelos muy semejantes entre sí en cuanto a su aptitud para la producción de plantas y respuesta a los sistemas de manejo. Vale decir que es factible presentar para todos los suelos que integran una unidad de capacidad un conjunto bastante uniforme de alternativas de manejo de suelo, agua y plantas, sin que se tenga en cuenta los efectos poco duraderos de un manejo anterior. Cuando los suelos, por efecto del manejo, han sido modificados en tal grado que sufrieron alteraciones en sus características permanentes, será necesario ubicarlos en otras series de suelos. Los suelos agrupados en unidades de capacidad se comportan de una manera similar y requieren manejos también similares, aunque pueden tener características que los hagan pertenecer a series de suelos diferentes.

Los suelos agrupados en una unidad de capacidad deben ser suficientemente uniformes en el conjunto de las características que influyen sobre sus cualidades, como para tener potencialidades, limitaciones permanentes y riesgos similares. Por lo tanto, los suelos de una unidad de capacidad de uso deberán ser lo suficientemente uniformes como para:

- Producir clases similares de cultivos labrados y pasturas con prácticas de manejo similares;
- Requerir un tratamiento de conservación y manejo similares bajo una misma clase y condición de cubierta vegetal;
- Tener una productividad potencial similar.

Los rendimientos medios estimativos bajo un sistema de manejo similar, no deben variar en más de un 25% entre las clases de suelos incluidos dentro de una unidad.

⁵ Especialmente en suelos jóvenes, tales como suelos aluviales, aunque no exclusivamente, fases climáticas de las series de suelos deben ser establecidas para un adecuado agrupamiento dentro de unidades de capacidad o dentro de otro tipo de agrupamientos interpretativos. Puesto que los efectos resultan de interacciones entre suelo y clima, tales fases climáticas no son definidas de igual manera en términos de precipitación, temperatura, etc., para clases contrastantes de suelos.

ESQUEMA PARA LA EVALUACIÓN DE TIERRAS FAO (1976)

Los métodos de aptitudes específicas (*Land suitability*) evalúan la aptitud de los suelos para producir cultivos concretos y con un manejo específico. Son sin duda los sistemas más lógicos ya que cada uso del suelo tiene sus propias exigencias, mientras que las evaluaciones de la capacidad de uso (usos generales: cultivos, pastos, bosques) se consideran las limitaciones que afectan a los usos más usuales. En estas evaluaciones específicas los factores socioeconómicos revisten gran importancia. Se requiere que los beneficios superen los inputs necesarios, y para la evaluación deben ser considerados los condicionantes locales o nacionales. La evaluación tiene dos enfoques, se puede trabajar para evaluar que tierras son las mejores para un determinado cultivo o cuál es el cultivo idóneo para cada tipo de tierra. Estos sistemas de evaluación pueden ser tan numerosos como los usos del suelo. Para tratar de homogeneizar criterios la FAO ha propuesto un sistema de evaluación que más que un sistema completo se trata de un esquema con directrices generales para elaborar sistemas evaluadores concretos.

El esquema para la Evaluación de Tierras de la FAO **The FAO Framework for Land Evaluation** (1976 y posteriores guías: para agricultura en secano, 1983; forestal, 1984; agricultura con riego, 1985; pastizales, 1991) es considerado como un sistema estándar de referencia en todo el mundo, y ha sido aplicado tanto en países desarrollados como en zonas del tercer mundo.

Este sistema no constituye un método completo sino sólo un esquema, un armazón común sobre el que se desarrollan los sistemas para cada uso concreto del suelo. El sistema se basa en los siguientes seis principios fundamentales establecidos en 1976:

- La aptitud de la tierra es evaluada y clasificada con respecto a un uso específico
- 8. La evaluación requiere una comparación de los beneficios obtenidos y de los ingresos necesario de los diferentes usos de las tierras.
- 9. Se requiere un enfoque multidisciplinario.
- 10. La evaluación está hecha con los términos más relevantes en el contexto físico, social y económico del área en cuestión.
- 11. La aptitud se refiere al uso sobre una base sostenida del cultivo, sin degradación.
- 12. La evaluación implica la comparación de más de una clase simple de uso.

El **concepto de tierra** es utilizado comprendiendo el ambiente físico, incluyendo el clima, relieve, suelos, hidrología, vegetación, así como el resultado de actividades humana pasadas-

OBJETIVOS DEL ESQUEMA FAO

El proceso de evaluación no determina por si mismo un cambio en uso de la tierra, pero provee datos básicos sobre los cuales pueden ser tomadas tales decisiones.

La evaluación de tierras es solamente parte en el proceso de planificación del uso de la tierra, siendo su contribución más importante en lo siguiente:

- Formulación de propuestas, implicando usos alternativos y reconocimiento de sus principales requerimientos.
- Reconocimiento y delimitación de los diferentes tipos de uso actual en el área.
- Comparación y evaluación de cada tipo de tierra para diferentes usos.

Clases de usos de la tierra, generalmente considerado de naturaleza cualitativa y reconocimiento Ej Agricultura

Tipo de Utilización de la tierra: son usos definidos en un grado más detallado, usualmente de naturaleza cuantitativa y a nivel semidetallado o detallado. Es una forma específica de uso, actual o alternativa, descrito para el propósito de la evaluación bajo los siguientes atributos:

- Producto (tipo de cultivo o uso)
- Intensidad de labor

- Intensidad de capital
- Escala de operación
- Conocimiento técnico
- Fuente de energía (tractores etc)
- Tenencia de la tierra
- Créditos
- Nivel de ingresos

Ej: ganadería vacuna extensiva con niveles de capital e intensidad de labor media, con tenencia de la tierra y servicios operados por agencias gubernamentales.

El nivel de manejo es uno de los criterios más importantes para definir el uso de la tierra, ej tradicional-tradicional mejorado-moderno.

En el esquema se reconocen cuatro categorías. La más alta categoría es el Orden que refleja, a grandes rasgos, si un suelo es apto o no para un uso concreto. Se reconocen dos órdenes:

A (o S) = Apta (Suitable). Tierras en las que los beneficios superan costos y el uso sostenido de la tierra no la incapacita en un período de tiempo suficientemente largo.

N = No apta (Not suitable). Las tierras pueden clasificarse como no aptas para un uso determinado por una diversidad de razones. Puede ocurrir que el uso propuesto sea técnicamente impracticable, tal como el riego de tierras rocosas escarpadas, o que provoque una grave degradación ambiental, como el cultivo en laderas escarpadas. Frecuentemente, sin embargo, la razón es de tipo económico: el valor de los beneficios esperados no justifica los costos de los insumos que serían necesarios.

La segunda categoría es la Clase que refleja grados de aptitud dentro del **orden**. Se enumeran de un modo consecutivo, mediante cifras arábigas.

Para el Orden A (o S) se consideran tres clases:

A1 (S1) = Altamente apta. Sin limitaciones para el uso sostenido o limitaciones de menor cuantía que no afectan la productividad ni aumentan considerablemente los costos.

A2 (S2) = Moderadamente apta. Limitaciones moderadamente graves que reducen los beneficios, o implican riesgos de degradación en el empleo sostenido del suelo.

A3 (S3) = Marginalmente apta. Las limitaciones para el uso sostenido son graves y la balanza entre costos y beneficios hace que su utilización solo se justifique de forma marginal. Su empleo se justifica, normalmente, por razones distintas a las económicas.

En el Orden N se reconocen también tres **clases**:

N1 = No apta actualmente. Tierras cuyas limitaciones podrían eliminarse con medios técnicos o insumos, pero que estas modificaciones en la actualidad son impensables.

N2 = No apta permanentemente. Limitaciones graves, de índole generalmente física, que se suponen insalvables a largo plazo.

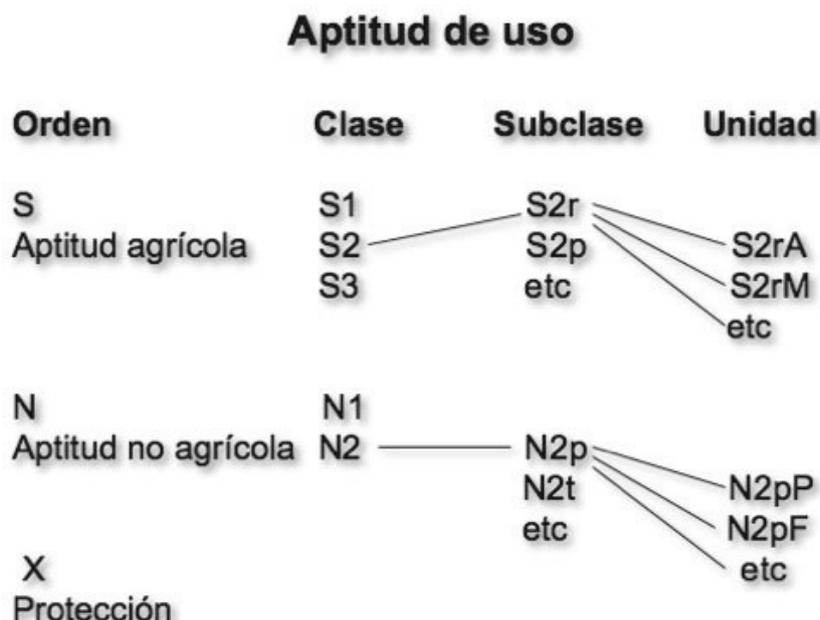
X = Tierras para conservación. No apta para su explotación, tierras de especial protección, debido a su conservación, vida silvestre, de especial interés científico ecológico o de interés social (como parques, reservas, o zonas de recreo).

Los límites entre los órdenes (S y N) y entre las diferentes clases (S1, S2, S3 y N1, N2) se establecen por la presencia de factores limitantes. Un factor limitante es una característica del suelo que dificulta su empleo, reduce la productividad, aumenta los costos e implica riesgos de degradación, o todo a la vez.

Los factores limitantes se usan para definir la tercera categoría del sistema que es la **Subclase**, que representa el o los tipos de limitación principales. El número de limitaciones que figuren en el símbolo de cada subclase debe ser el mínimo para que el resultado sea manejable. Una, o rara vez, dos letras bastarán normalmente. Las limitaciones propuestas: t, pendiente; e, riesgo de erosión; p, profundidad; s, salinidad; d, drenaje; c, deficiencia bioclimática; r, rocosidad / pedregosidad; i, riesgo de inundación, pero pueden ser modificadas en función de las necesidades de cada evaluación.

Por último, la cuarta categoría es la **Unidad** que establece las diferencias dentro de las subclases en función del uso deseable. Todas las unidades dentro de una subclase (S2rA, S2rM, ...) tienen el mismo grado de aptitud a nivel de clase (S2) y características análogas de limitación a nivel de subclase (r), pero con diferente manejo (A o M, en el ejemplo). Las unidades difieren entre sí en sus características de producción o en aspectos secundarios de sus exigencias de ordenación. Su reconocimiento permite una interpretación detallada a nivel de planificación de la explotación. Las unidades se distinguen mediante letras mayúsculas que se colocan al final. No hay límite alguno para el número de unidades reconocidas dentro de una subclase. Las definidas, en un principio son: A, intensificación en el uso agrícola sin necesidad de grandes mejoras; M, intensificación en el uso agrícola con necesidad de mejoras importantes (riego, etc.); P, dedicación a pastos para uso ganadero; F, repoblación forestal.

La nomenclatura quedaría así:



En algunos casos puede añadirse la designación de "condicionalmente apta" siempre que se cumpla con determinadas condiciones (cuando se introducen mejoras) y la nomenclatura de la clase sufre una modificación añadiéndole una letra "c", por ejemplo Sc2. Dependiendo de la escala de trabajo se llega hasta nivel de subclase o de unidad.

Existe una aceptable equiparación entre este esquema FAO y las Clases USDA:

FA O	USDA
S1	I
S2	II y III
S3	IV
N	V, VI y VII
X	VIII

REVISIÓN DEL ESQUEMA FAO (2007)

Durante los '70 surge la preocupación por la capacidad del planeta de alimentar la creciente población y asegurar la conservación de los recursos naturales y la protección del medioambiente. El esquema de clasificación de tierras no estaba limitado a la evaluación para agricultura, usos alternativos de la tierra como forestación y conservación de recursos y protección ambiental estaban considerados en los criterios utilizados para la determinación de la aptitud de las tierras para un uso determinado.

La revisión del esquema no fue necesaria por los siguientes 30 años, pero actualmente el foco de la evaluación de tierras está puesto en solucionar problemas, de tipo técnico, socioeconómico y ambiental,

que han surgido en el uso de las tierras, muchas veces sobreexplotadas o degradadas. La solución a estos problemas no necesariamente necesita cambios drásticos en los usos actuales sino ajustes en prácticas de manejo o trabajos de mejoras o protección. El nuevo esquema necesita actualizarse y reflejar las nuevas preocupaciones del mundo actual, muchas de las cuales se tratan en convenciones internacionales de cambio climático, biodiversidad y desertificación.

Hay dos tendencias que motivan el cambio, por un lado, el reconocimiento de **una ampliación de las funciones y servicios de la tierra**. La tierra cumple múltiples funciones ambientales, económicas, sociales y culturales vitales para la vida. Estas funciones son interdependientes, cuando la tierra es utilizada para una función, su habilidad para ejecutar otras funciones se puede ver reducida o modificada, llevando a competencias entre las funciones. La tierra también provee servicios a la humanidad, por ejemplo el secuestro de carbono. La otra tendencia, es el reconocimiento a los actores, que van desde organizaciones internacionales y regionales, gobiernos nacionales, organizaciones no gubernamentales y comerciales, hasta (y más importante) comunidades rurales, productores y otros usuarios de la tierra.

Los principios, conceptos y procedimientos formulados en 1976 permanece vigentes, y a la luz de las circunstancias del mundo actual, hay necesidad de expansión. Los seis principios son extendidos con cambios leves, y se agregan otros dos nuevos complementarios: uno relacionado con todos los actores involucrados y otro con el abordaje multi-escala.

Estos ocho principios concebidos para evaluar la producción sustentable de bienes y provisión de servicios ambientales valorados por la sociedad, asegurando la equidad social y a través de la participación de todos los actores involucrados.

COMPARACIÓN DEL USDA CON RESPECTO AL FAO

Con respecto a los principios básicos propuestos por FAO

En el Esquema FAO para la evaluación de tierras (1976) son reconocidos los siguientes 6 principios:

- a) la aptitud es evaluada con respecto a un tipo de uso específico.
Esto es solo parcialmente reconocido en el Sistema del USDA. Es una clasificación con propósito general, porque realiza una evaluación de la tierra de la capacidad de soportar un uso definido en forma general. Pero esto se refiere solamente para el crecimiento de cultivos comunes.
- b) La evaluación requiere la comparación de los beneficios obtenidos y los insumos necesarios.
Parcialmente reconocido, también. Toma en consideración una favorable relación insumos/productos basados en una tendencia económica del promedio de los productos a largo plazo.
- c) Se requiere un enfoque multidisciplinario.
En el Sistema del USDA los especialistas de suelos hacen todo el trabajo.
- d) La evaluación debería ser relevada dentro del contexto físico, social y económico del área en estudio.
Solo el contexto físico es considerado en el sistema estadounidense.
- e) La aptitud de refiere sobre la base de un uso sostenido sin degradación de la tierra.
En este sistema esta totalmente reconocido
- f) La evaluación implica la comparación de más de un tipo de uso.

Para este sistema no se hace ninguna comparación.

PUNTOS POSITIVOS Y NEGATIVOS DEL SISTEMA USDA

Las siguientes conclusiones son derivadas de la comparación hecha entre este sistema y los conceptos definidos en el Esquema FAO para la evaluación de las tierras.

Puntos Positivos

- 1- El agrupamiento está hecho teniendo en cuenta una producción sostenida, como es claramente mencionado. Esto es importante para evitar la degradación de la tierra.
- 2- La evaluación es hecha de acuerdo a factores físicos, lo cual significa que serán útiles por largo tiempo.
- 3- El sistema es flexible y versátil y permite modificaciones en el rango de sus valores límites, dependiendo de las condiciones ambientales del área evaluada. También puede ser desarrollado para propósitos específicos en la evaluación, una vez que el tipo de utilización de la tierra ha sido definido.
- 4- Es un sistema simple, el cual no requiere un alto nivel de entrenamiento y puede ser seguido por técnicos no especializados y planificadores de economía. Aun los productores pueden encontrar en ella ayuda para el entendimiento de los mapas de suelos.
- 5- A pesar de su simplicidad, ha sido usada en EE.UU con éxito, lo que permite consejos técnicos sobre la base de sus potencialidades, limitaciones de uso y problemas de manejo de los suelos. También ha sido usado como ayuda para delinear regiones del recurso tierra, planificación de chacas, planificación urbana y regional.

Puntos Negativos

- 1- La tierra está clasificada considerando las cualidades negativas (limitaciones) más bien que sus potencialidades.
- 2- Aun cuando solamente es definido un uso amplio de la tierra, la escala detallada usada en EEUU, debería ser considerada una más precisa definición del tipo de utilización de la tierra.
- 3- El sistema utiliza el método en dos etapas, pero solamente la primera es llevada a cabo, teniendo en cuenta factores físicos, dejando de lado los aspectos socio-económicos.
- 4- Hace referencia a un moderadamente alto nivel de manejo, la que es práctica dentro de un nivel de tecnificación mayoritario de los productores agropecuarios. Esto es un riesgo si se lo extiende a países menos desarrollados, a causa de la coexistencia de condiciones socio-económicas muy variables en el uso de la tierra.
- 5- La clasificación es efectiva solamente para el planeamiento a una escala detallada.
- 6- Es subjetivo. Si los valores límites de los varios criterios no están bien establecidos para la clasificación de la tierra para cada una de las clases, ésta dependería sólo de la opinión del evaluador quien pudiera o no tener suficiente experiencia para hacer una correcta evaluación.

PUNTOS POSITIVOS Y NEGATIVOS DEL ESQUEMA FAO

Puntos Positivos

- 1- Está diseñado para un uso internacional
- 2- Es una aproximación abierta y flexible.
- 3- Está basado en un amplio concepto de tierra.
- 4- Apunta a la evaluación de la tierra en un análisis final en términos del ingreso neto del productor (evaluación cuantitativa) por un uso alternativo específico de la tierra.
- 5- Reconoce una aproximación en dos etapas, donde la evaluación cualitativa basada en datos físicos es hecha durante la primera etapa, seguida por una segunda evaluación cuantitativa consistente en un análisis social y económico. Esa aproximación es la usualmente aplicada y permite un cronograma más flexible de actividades y de agrupación de técnicos de las distintas disciplinas. Además, reconoce 4 clases de clasificación interpretativa:
 - Clasificación por aptitud actual en forma cualitativa
 - Clasificación por aptitud actual en forma cuantitativa
 - Clasificación por aptitud potencial en forma cualitativa
 - Clasificación por aptitud potencial en forma cuantitativa

6- La evaluación por aptitud (FAO) pone énfasis en la posibilidad de un uso alternativo de la tierra, donde nuevos usos o cambios en el detalle, presenta las consecuencias de tales cambios para cada área relevada y provee una evidente contribución para la toma de decisiones por parte de los planificadores, tecnólogos e inversionistas.

Puntos Negativos

- 1- Necesidad de contar con datos experimentales físicos con respecto a la productividad, para determinar de los límites cuantitativos para el rango de cada cualidad de la tierra aplicado a cultivos individuales.
- 2- Necesidad del conocimiento de los requerimientos básicos de los cultivos a evaluar.
- 3- Interacciones entre las distintas cualidades de la tierra; no se tiene en cuenta sin el uso de computadoras.
- 4- La integración de los análisis económicos en la evaluación por aptitud hechos en términos de factores físicos no es bien alcanzado.
- 5- En la mayoría de los relevamientos el aspecto económico aparece en gran medida como algo más bien independiente de la evaluación física.

CONCLUSIONES

- La amplitud de los alcances del sistema USDA, dependen del objetivo principal para el que fue creado (control de la erosión de los suelos)
- El mayor alcance del esquema FAO se correlaciona positivamente con una mayor demanda de datos agronómicos experimentales.
- La sencillez del sistema USDA se correlaciona positivamente con una interpretación de tipo general.
- Se advierte una muy alta dependencia entre el reconocimiento de suelos y el proceso de evaluación del USDA.
- Un enfoque multidisciplinario en el esquema FAO, hace que la participación de los mapas de suelos sea solamente una fase en la evaluación de la tierra, dependiendo su intensidad de los objetivos propuestos.
- Ambas aproximaciones más que oponerse, se podrían considerar complementarias.
- El esquema FAO, cuando se dispone de los reconocimientos básicos requeridos, proporciona una información más precisa respecto a la aptitud de tierras para un fin específico (maíz, trigo, arroz, producción de salicáceas, etc.)

ÍNDICES DE PRODUCTIVIDAD

INTRODUCCIÓN

La determinación del Índice de productividad (IP) tiene por objetivo establecer una valoración numérica de la capacidad productiva de las tierras de una región, permitiendo además lograr la necesaria comunicación entre la información edafológica y la económica. Este Índice se determinó en el Proyecto Arg. 85/019 en 1987.

El término “**tierra**”, según la definición propuesta por FAO (1976), es “un área de la superficie terrestre cuyas características comprende a todos los atributos razonablemente estables o predeciblemente cíclicos de la biosfera, verticalmente por encima o por debajo de ella y los de la atmósfera, el suelo y el sustrato geológico, las poblaciones vegetales y animales y los resultados de la actividad humana pasada y presente, hasta el punto en que dichos atributos ejerzan una influencia significativa sobre los usos actuales y futuros de la tierra para el hombre.

La determinación del IP es posible utilizando la información básica proporcionada por los relevamientos de los recursos naturales, que incluyen datos acerca de las propiedades, clasificación, estado y distribución de suelos, clima, vegetación, hidrología, fauna. Para ello en el campo de la evaluación de

tierras se han desarrollado diversos métodos, denominados paramétricos, los cuales constituyen un intento de incluir simultáneamente en un análisis cuantitativo, a todos los factores que tienen mayor influencia sobre el resultado de un determinado uso de la tierra.

Los parámetros o factores que se consideran influyentes en la productividad de la tierra son combinados mediante una fórmula matemática, en la que sus interacciones pueden ser aditivas, aditivas-sustractivas, multiplicativas o más complejas.

Existen numerosos antecedentes extranjeros sobre la aplicación de métodos paramétricos, los que inicialmente fueron desarrollados para establecer valoraciones de las tierras con propósitos de tasación e impositivos.

En este sentido cabe mencionar el Índice de Storie (1931) del tipo multiplicativo que fue utilizado en California (USA) a sus adaptaciones efectuadas en otros países (Canadá, Nueva Zelanda) y al Índice edafoclimático aplicado en el Rep. Federal de Alemania (Taschenmacher, 1954)

En la República Argentina, existen escasos antecedentes de aplicación de métodos paramétricos en la interpretación de la información edafoclimática para la evaluación de tierras, de manera que para obtener una valoración numérica de la productividad potencial de los suelos del país, fue seleccionada una metodología que en primer lugar proveyera un Índice Numérico continuo para cada unidad cartográfica⁶, siendo esta simplificación una ventaja (Brinkman y Smith, 1973) que facilita la tarea de los responsables de la implementación de parámetros económicos del uso de la tierra.

En segundo lugar, que la relación entre los parámetros considerados fuese multiplicativa, dado que al ser el factor menos favorable (limitante) el que controla el resultado final, se obtiene un enfoque más realista de la interacción.

Y finalmente, que permitiera una fácil y directa utilización del tipo y formato de la información básica existente.

En razón de ello, la propuesta presentada por el Dpto. de Evaluación de Tierras INTA-CIRN, adoptó el método paramétrico multiplicativo desarrollado por J. Riquier, D. Bramao y J. Cornet, 1970, en el cual han sido introducidas una serie de modificaciones consideradas necesarias a fin de adecuarlo a las condiciones agroecológicas locales.

Asimismo corresponde señalar que esta presentación constituye una aproximación hacia un sistema de evaluación definitivo, la cual ha sido preparada con la información y experiencias actuales en relación al efecto sobre los cultivos y la vegetación natural, de los factores climáticos y edáficos y su interacción.

En consecuencia cabe esperar que nuevos estudios y aportes se las distintas áreas científicas y de experimentación permitan en un futuro perfeccionar la presente propuesta.

METODOLOGÍA

Generalidades

El método empleado para la evaluación de las tierras de la Rep. Argentina, con el fin de proporcionar una base objetiva de las condiciones agroclimáticas y edáficas que permitan sustentar una evaluación productiva, está basada en el sistema propuesto por J. Riquier, D. Bramao y J. Cornet (1970) "Un nuevo sistema de evaluación de suelos en términos de productividad actual y potencial" (FAO)

En la fórmula original han introducido ciertas modificaciones para lograr su adaptación a las condiciones ecológicas de nuestro país y con arreglo al tipo y cantidad de información básica disponible.

La primera de ellas consiste en establecer regiones climáticas con determinada homogeneidad, que constituyen el marco dentro del cual resultará válida la fórmula de cálculo de los IP.

⁶ Unidad cartográfica de tierras: es una zona demarcada en un mapa que posee características o cualidades específicas.

Para establecer esta regionalización se han utilizado las siguientes variables climáticas: isólinas de índices hídricos (Burgos y Vidal, metodología de Thornthwaite); isotermas medias anuales (SMN), regímenes de temperatura y humedad de suelos (Van Wambeke, Scoppa). Además fueron consultados la Regionalización Ecológica de la República Argentina (INTA-CIRN) y los Distritos Agroclimáticos Argentinos (De Fina).

Como resultado de la superposición gráfica de esta información básica se obtuvieron siete regiones climáticas, que aparecen identificadas en el mapa de la siguiente figura mediante números romanos del I al VI y además han sido separados los ámbitos correspondientes a la Puna Argentina (A) y a la Cordillera de los Andes (B) que no serán considerados en la evaluación del IP.

- Región I - Chaco-Pampeana Sur
- Región II - Chaco Pampeana Norte
- Región III - Valles de las Sierras Subandinas
- Región IV - Central Norte
- Región V – Central
- Región VI – Patagonia
- Región climática VII - Tierra del Fuego
- A Puna Argentina
- B Cordillera de los Andes

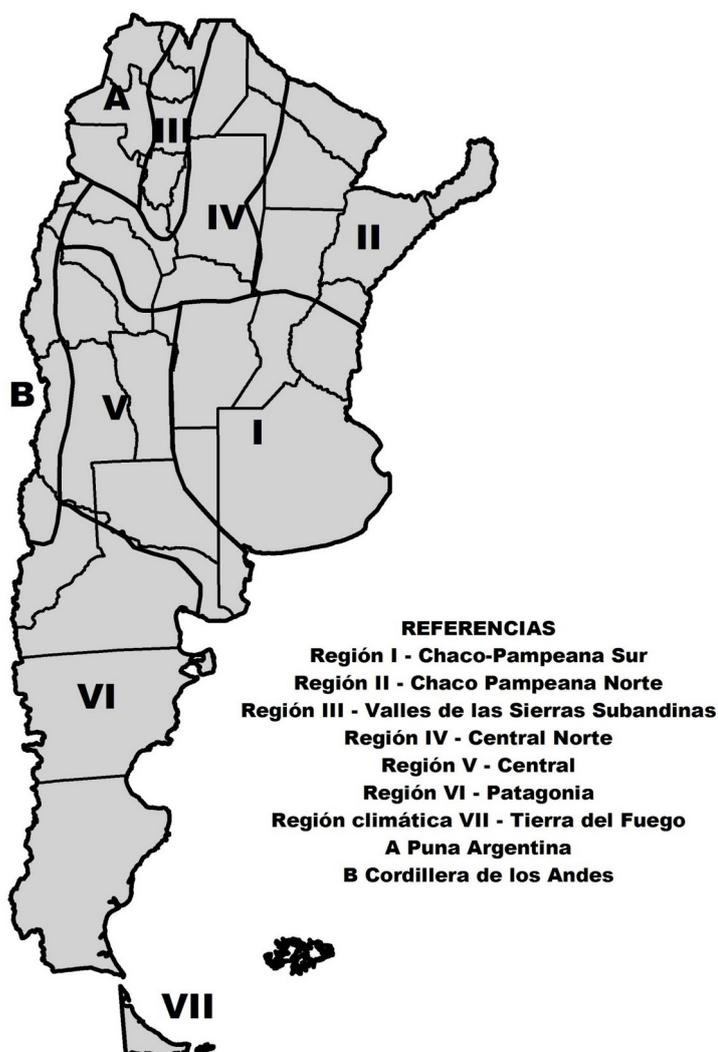


Figura 15. Regiones Climáticas de la República para el cálculo del IP.

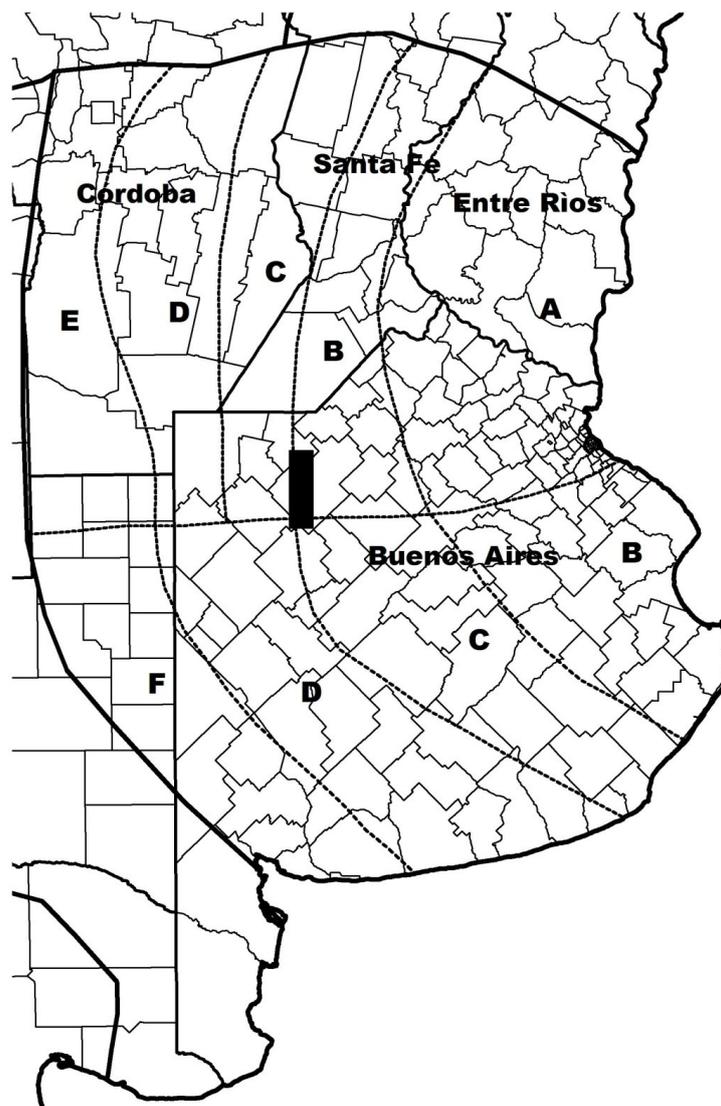


Figura 16. Región I Chaco Pampeana Sur

IP de la Región Chaco Pampeana Sur

A continuación se presenta la fórmula adaptada correspondiente a la Región Chaco-Pampeana Sur (I). Para las restantes regiones se procede de forma similar, es decir, seleccionando los parámetros significativos para la región, fijando los rangos críticos adecuados y estableciendo las valoraciones correspondientes a cada estado de las variables.

Fórmula para el cálculo del IPT en la Región Chaco-Pampeana Sur

$$IPT = H \times D \times Pe \times Ta \times Tb \times Sa \times Na \times Mo \times T \times E$$

Donde:

IPT = Índice de productividad de una unidad taxonómica de suelos

H = Condición climática. Disponibilidad de agua

D = drenaje

Pe = profundidad efectiva

Ta = Textura del horizonte superficial

Tb = Textura del horizonte subsuperficial

Sa = Salinidad. Contenido de sales solubles (dentro de los primeros 75 cm)

Na = Alcalinidad sódica (considerada hasta 1 m)

Mo = Contenido de Materia orgánica

T = Capacidad de Intercambio catiónico

E = Erosión.

La evaluación de los distintos parámetros se efectúa por la valoración de los grados establecidos para cada uno de estos parámetros en una tabla, donde se pueden leer los valores numéricos (de 1 a 100) que le corresponden para cada uno de los cultivos considerados (agrícolas, pastos y bosques). La selección de las variables utilizadas y principalmente de sus valoraciones han surgido de las experiencias regionales existentes, incorporadas a través de consultas con los especialistas de las diferentes unidades de INTA.

El procedimiento para el cálculo consiste entonces en reemplazar en la fórmula a cada símbolo por el valor correspondiente al estado real de cada variable, obtenido mediante la confrontación de la información básica del relevamiento con la correspondiente tabla de valoración, efectuando finalmente la operación indicada.

Una vez obtenido el IPT se procede a la determinación del Índice de productividad de la Unidad cartográfica (IPC) para lo cual se emplea la siguiente fórmula:

$$IPC = \sum_{1}^{n} IPT_x F_x P$$

Donde:

IPC= Índice de productividad de la unidad cartográfica

1= Primer componente taxonómico de la unidad cartográfica

n= Cantidad de unidades taxonómicas que integran la unidad cartográfica

F= fases⁷

P= Proporción de área que ocupa la unidad taxonómica

El Índice calculado se interpreta como una **proporción del rendimiento máximo potencial de los cultivos más comunes de la región**, ecotípicamente adaptados bajo un determinado nivel de manejo⁸. Expresado de otra manera, la diferencia a 100 del valor obtenido, corresponde al porcentaje de disminución experimentado en los rendimientos máximos debido al efecto de una o más características.

La determinación del IP se realiza entonces en dos etapas. Una primera que permite el cálculo del índice de productividad de la unidad taxonómica (IPT) y una segunda en que a partir de los resultados de la primera y con la introducción de las fases y porcentajes de participación areal de cada unidad taxonómica, permite calcular los índices de productividad de las unidades cartográficas (IPC).

Por ejemplo la Serie Arroyo Dulce cuya distribución geográfica es al norte de la provincia de Buenos Aires (Sur del partido de Salto, Sur de Pergamino y Nordeste de Rojas) ocupa dos regiones climáticas: A y B, por lo cual el Índice de productividad varía: 90 (A) y 85,50 (B)

Sobre la base de estos datos, el sistema RQUIER/FAO propone cinco **clases de productividad**.

Excelente: 65-100%

Buena: 35-64%

Media: 20-34%

Pobre: 8-19%

Extremadamente pobre: 0-7%

⁷ Fases: son características no incluidas en ninguna categoría taxonómica, potencialmente importantes para el uso y manejo del suelo utilizadas para definir unidades cartográficas.

⁸ Los cultivos considerados para la Región Chaco-Pampeana sur son: maíz, trigo, girasol, sorgo, avena, soja y pasturas de gramíneas y leguminosas (festuca, cebadilla, rye-grass, alfalfa, tréboles), bajo un nivel de manejo medio a alto caracterizado por el empleo de maquinaria, semillas híbridas, agroquímicos y escaso uso de fertilizantes

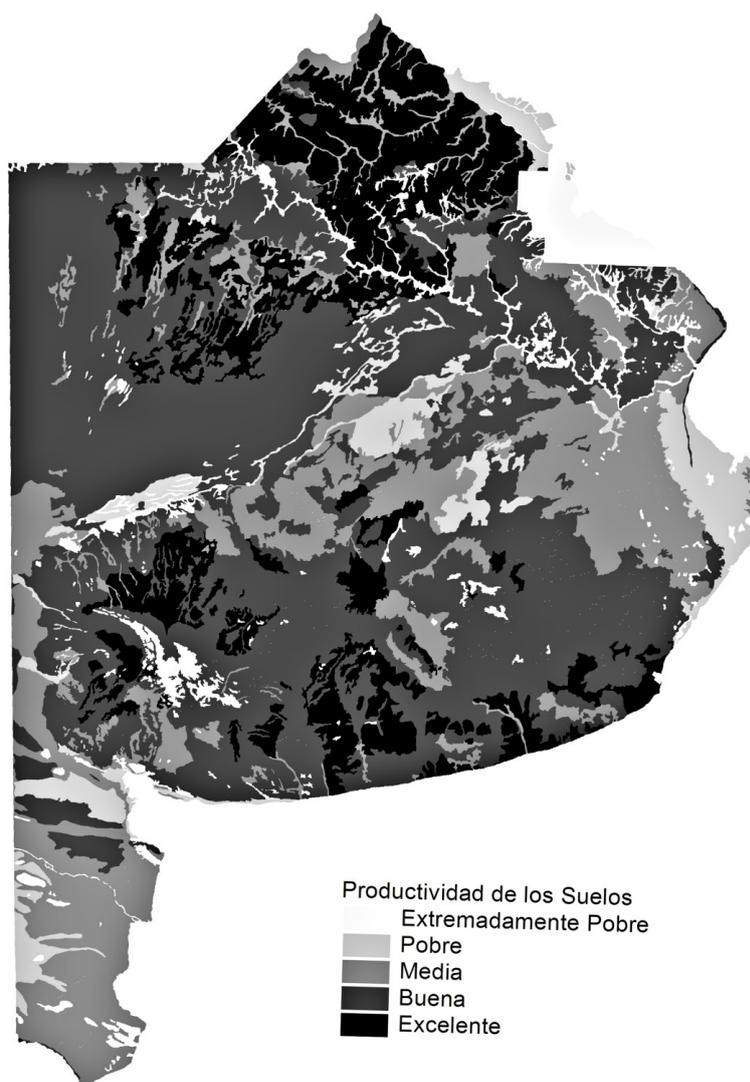


Figura 17. Índice de productividad de los suelos de la provincia de Buenos Aires. Escala 1:500.000

La determinación del IP tiene como objetivo establecer una valoración numérica de la capacidad productiva de las tierras de una región. Este índice calculado se interpreta como una proporción del rendimiento máximo potencial de los cultivos más comunes de una región, ecotípicamente adaptados, bajo un determinado nivel de manejo. Los IP específicos contribuyen a ajustar la interpretación de los mismos a situaciones determinadas. Por ejemplo en el INTA Paraná de Entre Ríos, se realizaron avances que permitieron obtener IP potenciales y también específicos para arroz, citrus y forestales (eucaliptos y pinos) y actualmente para arándanos (Tasi y Schultz, 2008). Este último caso puede verse completo en el Aula Virtual.

BREVE SÍNTESIS DE OTROS SISTEMAS DE APTITUD

CLASIFICACIÓN DE LAS TIERRAS SEGÚN SU APTITUD PARA RIEGO. CRITERIO DE CLASIFICACIÓN.

La clasificación de las tierras según su aptitud para el riego fue propuesta por el Manual de Clasificación de Tierras con Fines de Riego del *Bureau of Reclamation* de los EE.UU. y adaptada a las condiciones de nuestro medio. Se dividen las tierras de acuerdo con su valor o capacidad productiva, relacionándolo con el pago de los costos del agua; es decir, se separan las tierras regables de las que no lo son, comparando los recursos existentes y analizando las posibles influencias de los factores físicos que inciden sobre la economía de la producción. Esta clasificación representa la evaluación de las condiciones limitantes tanto permanente como transitoria del suelo, que son considerados elementos básicos para determinar el uso apropiado de la tierra y del agua, el tamaño de las parcelas, la capacidad de pago y los costos y beneficios de la transformación de la tierra.

En la Clasificación de Aptitud para el Riego, se reconocen **seis** clases de tierras, de las cuales cuatro son regables, una temporalmente no regable y una no regable. Estas clases representan grados de aptitud, siendo necesaria, principalmente para señalar el uso de la tierra y establecer las diferentes capacidades de pago de los costos del agua. La Clase 1 representa tierras que tienen potencialmente, una capacidad de pago relativamente alta. La Clase 2 representa tierras de capacidad de pago intermedia. La Clase 3 incluye tierras de la más baja capacidad de pago.

La Clase 4 representa tierras que tienen ciertas deficiencias excesivas, que restringen su utilidad o las hacen de uso especial. Las tierras de Clase 5 no son aprovechables para riego bajo las condiciones existentes. Las tierras de Clase 6 no son aprovechables para el riego. En la clasificación de tierra que efectúa el Bureau of Reclamation, se examinan y evalúan las características físicas y químicas de las tierras. Dichas características se refieren específicamente a las correspondientes al suelo (s) y a los aspectos topográficos (t) y de drenaje (d). El procedimiento consiste en asignar a una de las características, la categoría de la clase máxima permisible dentro del rango del 1 al 6, teniendo en cuenta que la Clase 1 es la más alta y por lo tanto la más deseable, para luego efectuar la interpretación individual y conjunta de todos los factores.

SISTEMA CUALITATIVO DE AGRUPAMIENTO DE TIERRAS (S.C. NOA)

En el Atlas de Suelos de la República Argentina proyecto PNUD ARG.85/019 SAGyP-INTA, se ha aplicado un sistema desarrollado para las provincias que constituyen el NOA: Salta, Jujuy, Santiago del Estero, Tucumán y Catamarca que es el S.C NOA (además de Capacidad de Uso de las Tierras- USDA-SCS y el Índice de productividad IP).

Esta clasificación de tierras es una agrupación interpretativa de los suelos, realizada esencialmente sobre la base de su capacidad para producir cultivos, pasturas y árboles maderables.

Este sistema fue elaborado para las condiciones naturales existentes en la región geográfica NOA. El sistema agrupa las tierras en 3 grandes grupos: Aptitud Agrícola, Aptitud Ganadera y Aptitud Forestal.

Tierras de Aptitud Agrícola A

Se diferencian cuatro grupos, tres de secano AA, AB y AC y un cuarto grupo de agricultura con riego AR.

Las tierras del grupo AA. Buena aptitud para la agricultura en secano, son las tierras de mayor aptitud, tienen limitaciones climáticas leves (sequía ocasional). Son tierras bien drenadas, de topografía suave, susceptibles a erosionarse. Tienen suelos profundos sin limitaciones o con limitaciones leves.

Las tierras del grupo AB. Aptitud para agricultura en secano, restringida por limitaciones moderadas, son tierras de aptitud menor, pueden tener las siguientes limitaciones, o una combinación de ellas:

limitación climática adversa (precipitaciones deficientes), pendientes suaves a medias, susceptibilidad a la erosión hídrica, anegamiento, condiciones desfavorables de estructura o de laboreo.

Las tierras del grupo AC. Aptitud para agricultura en seco, restringida por limitaciones fuertes, son tierras de aptitud inferior. Las limitaciones de este grupo suelen ser el resultado de una o más de las siguientes circunstancias: condiciones climáticas leves (sequía ocasional), pendientes moderadas, alta susceptibilidad a la erosión hídrica, exceso de humedad por anegamiento, permeabilidad muy lenta, textura superficial fina, escasa profundidad del suelo, baja capacidad de retención de agua, salinidad y/o alcalinidad moderadas, pedregosidad moderada.

Las tierras del grupo AR. Aptas para agricultura debido a la existencia de riego, son tierras marginales para agricultura en seco por condiciones climáticas adversas. La disponibilidad de agua de riego modifica la deficiencia natural de humedad, permitiendo la realización de cultivos.

Los grupos AA, AB y AC incluyen zonas de riego que no han sido indicadas como perteneciente al Grupo AR.

Tierras de Aptitud Ganadera G

Son tierras no aptas para agricultura en seco, se diferencian seis grupos: GA, GB, GC, GD, GE y GF. Las limitaciones climáticas (humedad y temperatura), de suelo (profundidad efectiva, textura, pedregosidad, drenaje, alcalinidad, inundabilidad, nivel freático) se incrementan progresivamente desde GA a GF.

Muchos suelos de aptitud ganadera tienen cobertura de bosque, en ellos la actividad forestal es complementaria de la ganadera, como labor extractiva de postes, leña y carbón.

Tierras de Aptitud Forestal F

Son tierras no aptas para agricultura, pero que pueden ser usadas como tierras de pastoreo. Se diferencian dos grupos: FA y FB. Son tierras en relieve montañoso con gradiente pronunciado en las que las limitaciones por deficiencia de humedad (en especial) y de suelo (profundidad efectiva, pedregosidad, erosión) se acentúan de FA a FB.

CUESTIONARIO

1. ¿Cuáles son las diferencias entre los conceptos: uso, manejo y aptitud de los suelos?
2. ¿Qué herramientas permiten hacer cartografía y monitoreo de los recursos naturales?
3. ¿A qué se denomina fotointerpretación?
4. ¿Qué es un fotoíndice y qué un mosaico?
5. El análisis e interpretación de una imagen satelital, ¿aporta información sobre el uso potencial o actual de los suelos?
6. ¿Qué elementos de observación directa pueden utilizarse en ellas?
7. ¿Qué es una carta topográfica?
8. ¿Qué es un *land system*?
9. ¿Qué tipos de mapa de suelo conoce según su escala?
10. ¿Qué utilidad puede tener cada tipo?
11. ¿Cuál es la existencia cartográfica de suelos en Argentina?
12. Defina consociación, asociación, complejo y grupo indiferenciado (asócielo a la escala).

13. ¿Qué se entiende por clasificación utilitaria de suelos? ¿Cuándo es categórica y cuando paramétrica? De ejemplos.
14. ¿Cuáles son los niveles de clasificación en el sistema de USDA?
15. ¿Cuáles son las clases agrícolas y cuáles las ganaderas?
16. En esta clasificación, ¿cuáles clases de suelos podrían ser dedicados a las forestaciones
17. Explique los criterios utilizados para cada subclase.
18. De ejemplos de fases.
19. ¿Cuál es la utilidad de la clasificación según el esquema FAO?
20. ¿Qué diferencia tiene con el de USDA?
21. ¿Qué otras clasificaciones utilitarias conoce?
22. ¿A qué llamamos índice de productividad y cuál es su utilidad?
23. ¿Cómo se calcula?

BIBLIOGRAFÍA

- Barredo Cano, Jose I. 1996. Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en el ordenamiento del territorio. Ed. RA-MA Madrid, 261 p.
- Brown T. y B. Burley. 1996. Geographic information systems in the classroom: methods and philosophies J. of Natural Resources and Life Education 25:1-104.
- Buzai, G. D. y Baxendale, C. A. 2006. Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica. Ed. Lugar. Buenos Aires. Pp. 186-187. ISBN: 950-892-264-8.
- Etchevehere P. 1998. Normas de Reconocimiento de Suelos, Ed. Artes Gráficas NesDan S.R.L.Capital Federal, Buenos Aires, Argentina. 237 p.
- Centro de Investigaciones de Recursos Naturales, Departamento de Suelos.1984. Tirada Interna 73. Comparación del Sistema de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso (USDA) con respecto al Esquema de Evaluación de Tierras propuesto por FAO. INTA. Argentina.
- Chuvieco Salinero, E. 2002. Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el Espacio. Ed. Ariel. Barcelona, España. 584 p. ISBN: 84-344-8047-6
- Nakama V. y R. Sobral. 1987. Índices de productividad. Métodos paramétrico para evaluación de tierras. INTA-CIRN.
- Navone Stella M. O. Santanatoglia y A. Maggi. 1995. Determinación de distintos grados de erosión mediante procesamiento automático de imágenes satelitarias. Revista Facultad de Agronomía UBA 15 (2): 1193-198.
- Porta Casanellas y M. López Acevedo Requerin. 2003. Edafología para la Agricultura y el medio ambiente. Ed. Mundi-Prensa Libros. ISBN 8484761487, 9788484761488. Madrid, España. 929 p.
- Soil Survey Staff, Soil Survey Manual. 1951. Handbook Nº 18. Washington D.C. U.S.D.A.
- Sumner M. 1999. Handbook of soil Science. Ed. CRC Press, Washington DC, EEUU, I-33 p.
- Tasi, H & G Schulz. 2008. Índices de productividad específico para el cultivo de arándanos en el Departamento Concordia- Provincia de Entre Ríos- XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo- Potrero de los Funes - San Luís – Argentina.