

Implementación de un Sistema de Información Geográfica para la evaluación de tierras agrícolas

S. Merolla, G. Armeto y G. Calvanese.

Dirección de Aplicación de imágenes Satelitarias. Ministerio de Obras y Servicios Públicos de la Provincia de Buenos Aires. Calle 7 N° 1267, 2° Piso. (1900) LA PLATA - BUENOS AIRES - ARGENTINA

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo general la integración de la información disponible y generada a partir del análisis y procesamiento de las imágenes satelitarias en un Sistema de Información Geográfica. Siendo, sus objetivos específicos, la evaluación de tierras agrícolas y su interrelación con las características analíticas y morfológicas de los suelos, los fenómenos de erosión y el capital social con que cuenta una región.

PALABRAS CLAVE: Estructura parcelaria, erosión, capacidad de producción.

ABSTRACT

The general aim of this paper is the integration of available information and information generated from analysis and processing of satellite images in a Geographic Information System.

The specific aims are the evaluation of agricultural lands and their interrelation with analytic and morphologic characteristics of soils, erosion phenomenon and social capital available in the region.

KEY WORDS: Parceling structure, erosion, production capacity.

INTRODUCCION

El presente trabajo tiene por objetivo la integración de la información disponible en el país, sobre una área rural, a fin de poder evaluar la capacidad productiva de los suelos (asociados a la actividad agrícola) y su situación socio-económica frente al capital social (infraestructura) presente en el área de estudio.

Es nuestro interés poder evaluar la capacidad productiva del suelo a partir de la información proveniente de distintas fuentes, como, la cartográfica y descriptiva de los suelos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA); la imagen satelitaria que nos proporciona datos multitemporales e información sobre el estado y cobertura de los suelos; la cartografía planialtimétrica del Instituto Geográfico Militar (IGM) y las cartas parcelarias de la Dirección Provincial de Catastro.

La capacidad de producción de un suelo, depende de características internas y externas tales como la permeabilidad, la fertilidad física y química, el drenaje y la pendiente, que en forma conjunta o separada, interactúan en el desarrollo de los cultivos determinando la producción. No se pretende aquí realizar una descripción de cada una de estas características de suelo, sino tomar aquellas variables que representan las limitantes a la producción o que su presencia define o predetermina el desarrollo de los cultivos.

Ejemplo de ello, son las variables provenientes de la descripción de perfiles modales de suelos que constituyen características "permanentes" en el

tiempo y se encuentran en forma más o menos homogénea en la unidad cartográfica mapeada. Esta consideración fundamenta el desarrollo de este trabajo; ya que es de nuestro conocimiento que la unidad cartográfica mapeada no es una unidad taxonómica pura, encontrándose asociaciones, consociaciones y complejos en la que se identifican las series participantes pero no su precisa localización.

Conocer la capacidad de producción de un suelo y confrontarla con aquellas variables que la afectan, tales como la erosión (que puede desarrollarse sobre ellos) han sido también objeto de análisis en este trabajo.

Antecedentes

El área de estudio se encuentra ubicada en el norte de la provincia de Buenos Aires dentro la región denominada "Pampa ondulada" y corresponde a la hoja 3560-8-2 Inés Indart del IGM en el sur del partido de Rojas. Como datos relevantes, podemos mencionar la ruta provincial N2 30 y la estación "Los Indios" del ferrocarril General San Martín en cuya playa de maniobras se ubica el centro de acopio (planta de silos y galpones). Una pequeña población circunda a la mencionada estación. El rasgo fisiográfico más importante es el arroyo "Sauce Dulce" de régimen temporario y que constituye el límite entre los partidos de Rojas y Salto. (Fig. 1)

El clima es templado, favoreciendo la producción de cultivos invernales y estivales. 1.2 precipitación media anual, de 908 mm. tiene una muy

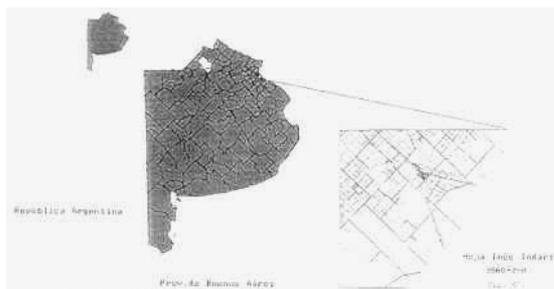


Fig. 1. Localización del área de estudio.

buena distribución a lo largo del año, produciéndose sus excesos entre los meses de mayo y octubre.

Las actividades que se desarrollan son la agrícola y agrícola-ganadera, encontrándose esta última en una constante disminución, debido a precios no competitivos y aumentos en los costos de producción; coadyuvados por el incremento en el rendimiento (Kg/Ha.) y en los precios internacionales de cereales y oleaginosas.

El estado actual del parcelamiento nos muestra una gran subdivisión de los predios; asimismo éstos presentan lotes con superficies que no superan las 10 hectáreas, que cohabitan con algunos de gran tamaño (Mapa de estructura agraria). Considerando la unidad económica mínima para este estudio en 70 hectáreas (valor promedio que ha sido tomado de los estudios de subdivisión de parcelas para esa región), vemos que existe un alto porcentaje de lotes que no superan ese límite (35,34%) los que fueron considerados parvifundios desde el punto de vista de la superficie. En cuanto a latifundios sólo se observa un bajo porcentaje del orden del 8,69%.

El área es una planicie con pequeñas ondulaciones, cuyas pendientes no superan el 0,5% siendo éstas poco erosivas. Dependiendo ello en gran parte de la textura, estructura, cobertura y uso. Los suelos aquí encontrados son (de buena a muy buena productividad, considerando un paquete tecnológico medio) argiúdoles típicos de colores oscuros, profundos y bien drenados. Estos suelos se han desarrollado sobre sedimentos loésicos de textura franco-limosa gruesa a franca. La capa arable suele llegar a los 30cm. y se observa la presencia del horizonte B2t cuyo porcentaje de arcillas varía entre 28 y 36% determinando en algunos sectores una baja infiltración. Los colores oscuros se deben al buen contenido de materia orgánica (3,0-3,5%) lo que asegura una buena provisión de nutrientes y la factibilidad de que los mismos se encuentren disponibles en la solución del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo, se fundamenta en la digitalización de la información preexistente y/o generada, la reclasificación de mapas, la superposición y el análisis de distintas capas de información para la

obtención de resultados. Para alcanzar el objetivo planteado, se propuso la integración de

la percepción remota y los sistemas de información geográfica. Cabe aclarar que debido a la escasa disponibilidad de datos y a que los mismos fueron obtenidos espaciadamente en el tiempo, no se ha podido realizar un análisis previo, a fin de clasificar la misma. Esta etapa es de gran importancia en el diseño del cualquier proyecto debido a que las fuentes de información no siempre adoptan idéntico criterio cuando la generan o si se dispone de la misma no es aplicable por diferentes factores.

Los procesos utilizados para el mejoramiento de la imagen satelitaria han sido, realces (estiramientos lineales) que representan un conjunto de técnicas que mejoran la calidad visual de las mismas, y filtrados que nos permiten suavizar o realzar ciertos rasgos presentes en la imagen. También, a partir del ajuste de cartografía con imagen, la corrección geométrica de la misma. El Sistema de Información Geográfica utilizado para la mencionada integración, ha sido ILWIS. Este software, desarrollado por el ITC (International Institute of Aerospace Survey and Earth Sciences) de Holanda, posee un sistema de modelaje que permite mejorar la tarea de planeamiento, manejo y conservación de recursos.

La manipulación de mapas y el modelamiento cartográfico es hecho en el dominio de celdas. Varios procedimientos para transformaciones de puntos, áreas y volúmenes son disponibles dentro del modelo de análisis de mapas. Sobreposición rápida constituye un aspecto importante del sistema. El uso de datos tabulares reduce el uso de requerimiento de almacenamiento y permite procedimientos de reclasificación en forma rápida y eficaz. Las técnicas de procesamientos de imágenes son un componente esencial dentro de las capacidades de análisis y transformación de datos al sistema (Valenzuela, 1989).

El material utilizado para el desarrollo metodológico ha sido:

- Cartografía topográfica del IGM, escala 1:50.000
- Carta de suelos del INTA, escala 1:50.000.
- Plano de catastro rural, Min. Economía Bs.As.
- Imagen satelitaria Landsat TM bandas 345.
- Mapa de uso del suelo, DAIS-MOSP Bs.As.
- Información del trabajo de campo.

Se encuentra en análisis la incorporación de nuevas capas de información, tales como relación suelo desnudo-cobertura vegetal (generada a partir de la clasificación de imágenes satelitarias de baja y alta resolución) con información pluviométrica, etc., a fin de poder evaluar el grado de vulnerabilidad de los suelos del área bajo estudio (diagrama 1).

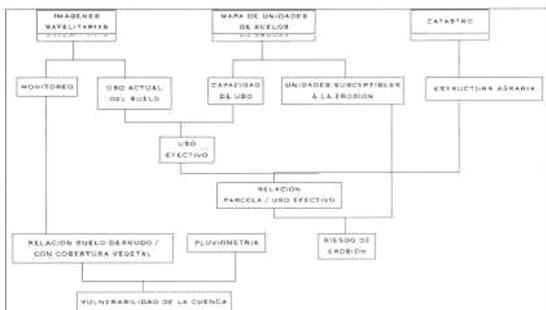


Diagrama 1. Modelo cartográfico de datos.

Diagrama de flujo

En el diagrama de flujo se observan los pasos que se han seguido para lograr los objetivos.

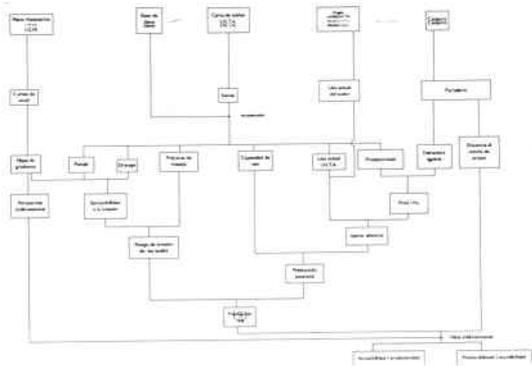


Diagrama 2. Flujo de trabajo.

Análisis de la información

Se diseñó la base de datos representándose en tablas las características internas y externas de cada unidad cartográfica de suelos.

Con los datos correspondientes a las columnas paisaje, drenaje, prácticas de manejo, capacidad, intensidad y productividad de la base de datos, se reclasificó el mapa de suelos dando origen a los seis respectivos mapas, los cuales fueron utilizados como parte del flujo. La superposición entre sí y con otros mapas, como por ejemplo el parcelario (proveniente del catastro) y las curvas de nivel (obtenidas de la cartografía del 10M) fueron realizadas mediante tablas bidimensionales ponderadas.

Del análisis de la información pudo obtenerse por cruzamientos de diferentes capas temáticas las áreas con riesgo de erosión, objetivo éste que se incorporó a los resultados del presente trabajo.



Figura 2. Mapa de riesgo de erosión.

Así por ejemplo el mapa de riesgo de erosión (Fig. 2), fue generado por una tabla de dos dimensiones, en los valores del mapa susceptibilidad a la erosión y los valores del mapa relación parcela/uso efectivo, de la siguiente forma:



Diagrama 3. Esquema metodológico para obtener el mapa de riesgo de erosión



Figura 3. Perspectiva tridimensional de Imagen Landsat-TM sobre el MDT.

Otro objetivo fue el modelado tridimensional de la imagen satelitaria (Fig. 3) y la obtención del mapa de gradientes, para lo cual debieron realizarse los siguientes pasos:

- Rasterizar el mapa de curvas de nivel.
- Interpolar isolíneas con lo cual se obtiene el modelo digital del terreno (MDI).
- Realizar un filtrado bidimensional de derivada primera.
- Clasificar los valores de cada pixel de acuerdo a una tabla.

Trabajo de campo

A fin de tener mejores pautas para el análisis del área se realizó un trabajo de campo, que consistió en el relevamiento de actividades, sistemas de producción y encuesta a productores sobre el nivel tecnológico que poseen. El criterio tomado para este trabajo dependió del mapa de estratificación del área (generado en base a la interpretación visual de imágenes satelitarias), realizándose un muestreo sobre los estratos de uso previamente determinados.

Como resultado del mismo pudo comprobarse que la actividad que predomina en el área es la agrícola, con trigo en invierno y maíz y soja para verano respectivamente.

Se ha observado también una gran subdivisión interna de las parcelas, con lotes que varían entre 8 y 15 hectáreas. Ello era producto de otras situaciones, en las que la ganadería tenía una activa participación en la rotación de los suelos y se contaba con una estructura mixta de producción. Por otra

parte, el crecimiento indiscriminado de la agricultura sin un paquete tecnológico adecuado a la capacidad productiva de los suelos y coadyuvado por la implementación de otras tecnologías (grandes equipos) y una fuerte política exportadora de granos ha llevado a la ganadería a su desaparición en el área y comprometido la productividad de los suelos, exponiéndolos a un creciente proceso regional de degradación de los mismos.

El análisis del área permitió también visualizar que los implementos agrícolas utilizados son el arado de reja y vertedera, rastras de discos, arado de cinceles, vibrocultivador y rolos acondicionados. Referente a la utilización de semillas se comprobó un alto porcentaje en el uso de híbridos y variedades selectas de alta productividad. Idéntica situación se presenta con el uso de plaguicidas tanto para el control de malezas, como para el de plagas y enfermedades.

Glosario

A los efectos del análisis y modelamiento de la información hemos convenido en realizar una descripción de los términos empleados.

- **Unidad cartográfica de suelos:** se denomina así a cada una de las áreas delineadas en la carta de suelos que son la representación gráfica de un determinado tipo de paisaje, están ocupadas por uno o más suelos, responden de la misma manera a determinado manejo o tratamiento y se identifican mediante un símbolo.
- **Drenaje del suelo:** se refiere a la rapidez y facilidad con que el agua es eliminada del suelo en su estado natural, tanto por escurrimiento superficial como por infiltración hacia la capa freática.
- **Prácticas de manejo y conservación:** alternativas de tratamiento para que el productor seleccione la o las más convenientes de acuerdo con su plan de explotación y capacidad económica (están determinadas de acuerdo a las limitaciones que tienen los suelos para su uso). Por ej.: rotación de cultivos, uso del rastrojo, abono verde, cincelado y subsolado, control de malezas, etc..
- **Capacidad de uso:** está dada por el aumento progresivo de las limitaciones que presentan los suelos para el desarrollo de los cultivos.
- **Unidad económica:** Es la superficie mínima con la cual puede vivir y desarrollarse un productor y su familia.
- **Índice de Productividad:** índice que resulta de la fórmula multiplicativa cuyos factores (drenaje, profundidad efectiva, textura superficial, salinidad alcalinidad, materia orgánica, erosión, etc) son propiedades de los suelos vinculadas a la productividad. Este factor modifica su valor en función de limitantes de cada una de las propiedades seleccionadas. La escala total va de 0 a 100 y como referencia general se pueden

100 y como referencia general se pueden establecer los siguientes rangos.

- 100 a 70 muy buena productividad
- 69 a 50 buena productividad
- 49 a 30 regular productividad
- 29 a 0 baja productividad

RESULTADOS

Para el logro de los resultados planteados debieron cumplirse diferentes etapas; así por ejemplo el mapa de susceptibilidad a la erosión de un suelo, es el resultado del cruzamiento de los mapas de drenaje y paisaje. Este último asocia el gradiente de una pendiente como característica relevante de la erodabilidad de un suelo. El resultado, es una categorización en grados de susceptibilidad a la erosión, observándose que el mayor porcentaje del área es no susceptible. Cabe aclarar que no se han realizado estudios meteorológicos a fin de poder evaluar la erosividad de lluvias de gran intensidad sobre pendientes largas donde el agua por la velocidad que alcanza sí lo es. Solo se ha considerado la erodabilidad de un suelo por su composición interna (textura y estructura) y su posición en el paisaje.

A partir del mapa obtenido anteriormente y la superposición con el de prácticas de manejo se obtuvo el mapa de riesgo de erosión. Este mapa nos indica la necesidad de realizar prácticas de manejo conservacionista a nivel de parcela para aquellos suelos con susceptibilidad a la erosión.

El mapa de uso actual del suelo nos muestra las actividades que se desarrollan en la región, estableciéndose tres estratos de uso: agrícola, agrícola-ganadero y ganadero; se considera estrato agrícola cuando la superficie cultivada representa un 70-

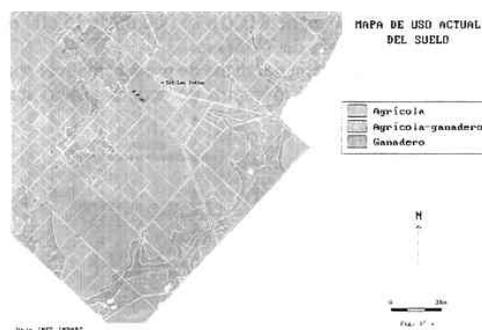


Figura 4. Mapa de uso actual del suelo

100% del área considerada (Fig. 4).

La base de datos; catastral proveyó información respecto a las distintas superficies de las parcelas, las mismas fueron agrupadas en función de su tamaño creándose una categorización de parvifundio si su superficie se encontraba entre 70 y 500 Has., minifundio menores de 70 has y latifundio, si superaba las 500 Has.

Esta categorización generó un mapa denominado de estructura agraria y con la información de índices de productividad, mediante el cruce de ambos se obtuvo como resultado un mapa que muestra la relación parcela- productividad o productividad por hectárea.

Otros; resultados, inicialmente no planteados, fueron la evaluación de las parcelas con riesgo de erosión. Para ello fue necesario incorporar nuevas capas de información en el diagrama de flujo. Los mapas empleados; para este objetivo han sido el de uso actual de suelo, estructura parcelaria, capacidad de uso y susceptibilidad a la erosión de los suelos.

A partir del cruzamiento del mapa de unidades susceptibles a la erosión con el mapa de productividad por hectárea, se obtuvo un mapa que muestra el riesgo de erosión que, asociado a la relación tamaño y distribución de los lotes productivos, refleja el problema erosivo; estando el mismo estrechamente vinculado a la capacidad y de disponibilidad de tecnología, a la planificación de las políticas agro-pecuaria y al manejo y conservación del recurso.

En forma paralela, a partir del cruce de los mapas de uso actual del suelo (proveniente de la interpretación de imágenes satelitarias) y la productividad por Ha. (producto del cruzamiento de productividad por estructura 1'8 agraria) se origina el mapa de aprovechamiento que evalúa el grado de utilización de los suelos. Este producto que proviene de integrar la productividad del suelo con la información satelitaria para una determinada situación, nos permite cotejar al suelo desde el punto de vista de las actividades productivas. Es por ello que se realiza el cruzamiento de éste con la capacidad de uso del suelo; esto genera un mapa de producción potencial, que representa optimización de la relación tipo y uso del suelo.

De los mapas de producción potencial y riesgo de erosión de los suelos superpuestos se obtiene el mapa de producción real. El resultado es la forma de cómo intervienen las variables y su interrelación para la obtención de un producto (cultivo de cosecha).

Cumpliendo con el objetivo planteado de contrastar las características productivas de los suelos con la infraestructura de un área se tomó la relación entre la ubicación de los productores respecto a un centro de acopio, la distancia como una variable de ajuste. De esta manera se definieron rangos: hasta 3.000 m, de 3.000 a 15.000 m, de 15.000 m hasta 32.000 m y más de 32.000 m.

Finalmente, la mezcla del mapa de producción real con el mapa de distancias al centro de acopio generó dos resultados (Fig.5), dependiendo los mismos de las variables accesibilidad y productividad que se hicieron prevalecer en uno y otro caso. Se consideró una distancia óptima al centro de acopio de 3.000 m; todo aquel productor que se encuentre en ese radio tendrá fácil acceso por la

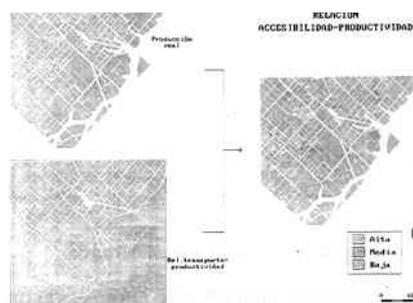


Figura 5. Relación accesibilidad - productividad.

disponibilidad de vías de comunicación. Asimismo se presupone que el paquete tecnológico es homogéneo, lo que indica que las formas de cultivar el suelo, el uso de tecnologías (semillas híbridas, herbicidas y fertilizantes) y el nivel cultural de los productores es más o menos uniforme para la región en estudio. A partir de la superposición de distintas capas de información se ha podido obtener información útil para el usuario, tal como un listado de parcelas, con su superficie total y los porcentajes de cada unidad cartográfica de suelos que poseen.

CONCLUSIONES

Este trabajo pretende mostrar las posibilidades que ofrecen los actuales sistemas de información geográfica, y las diferentes capas de información disponibles para la evaluación de tierras, mediante una metodología desarrollada por profesionales de distintas áreas de la DAIS.

Es nuestro interés brindar pautas para la evaluación de tierras agrícolas, en base a las características analíticas y morfológicas de los suelos y a variables como la estructura parcelaria y el capital social con que cuenta una región.

Asimismo, este trabajo permite la posibilidad de obtención de datos y su manejo, para una rápida visualización de aquellas variables que actúan sobre la producción, como así también de aquellas características que tienen mayor relevancia,

Como resultado de la manipulación de mapas también ha podido obtenerse un archivo que contiene la superficie total de cada una de las parcelas y las superficie de las unidades cartográficas de suelos que la misma. El resultado final en dos capas de información, según el criterio prevaleciente, merece un análisis; si se considera la accesibilidad como variable relevante o si se realiza aquél desde el punto de vista de la productividad. La situación ideal es aquella donde el productor se encuentra próximo al centro de acopio y sus suelos son de alta productividad; pero si se realiza un segundo análisis un productor que no posee tierras de alta productividad pero se encuentra ubicado cerca del centro de acopio será para él una situación ideal ya que no tiene costo de flete.

Si bien la ubicación del centro de acopio es real y funcional, el mapa de distancias se torna hipoté-

tico, ya que la entrega de la cosecha por parte del productor al acopiador no depende de la distancia, sino de innumerables variables económico-financieras. Pero desde el punto de vista de la densidad de caminos, es decir disponibilidad de los mismos y cercanía, la evaluación es posible y real.

Por lo antes expuesto, el análisis de la productividad versus la accesibilidad (cercanía a un centro de acopio) debe ser debatido teniendo en cuenta aspectos socio-económicos que en la actualidad no se conocen.

Es de destacar, que la posibilidad de contar con información cartográfica de suelos a escala 1:50.000 que provienen de mosaicos; no apoyados puede introducir errores por falta de precisión geométrica. Teniendo en cuenta esto, se realizó un ajuste de la cartografía utilizando un gran número de puntos de control. Esto permitió una mejor integración y superposición de las diferentes capas de información.

De la comparación de la imagen satelitaria con la información cartográfica catastral pudo observarse que dentro de las pequeñas parcelas se desarrollaban diferentes actividades productivas.

Debido a la gran subdivisión en las parcelas de menores dimensiones, el tamaño de los lotes internos determina la imposibilidad de realizar una rotación programada, adecuada a la capacidad de

uso de 100 suelos y a la situación económica de las actividades posibles a desarrollar en la región.

Por otra parte, parcelas con valores altos de índices de productividad y baja susceptibilidad a la erosión, plantearán un modelo de producción basado en la rotación de cultivos teniendo en cuenta 100 actuales sistemas de labranza cero o aquellas prácticas conservacionistas mínimas, descartando la rotación con pasturas como mecanismo de recuperación de las variables físico-químicas de un suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- BOCCO, G. 1993. Gully initiation in Quaternary volcanic environments under temperate subhumid seasonal climates. *Catena*, 20: 495-513.
- BOCCO, G., VALENZUELA, C. R. 1993. Integrating satellite-remote sensing and geographic information systems technologies in gully erosion research. *Remote sensing reviews*. 7: 233-240.
- CARTA 1980 DE SUELOS DE LA REPÚBLICA ARGENTINA. Hoja 3560-7 y 8 L.N.Alem-Junín INTA.Argentina.
- III CONFERENCIA LATINOAMERICANA SOBRE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. 1991. Viña del Mar. Chile.
- ETCHEVEHERE, P. 1982. Normas de reconocimiento de suelos. INTA Argentina.
- INSTITUTO DE PEDOLOGÍA para la descripción de suelos en el campo. Centro de estudiantes de Agronomía.