

# AP-SIG: un SIG con funciones específicas para Agricultura de Precisión

**Marcelo Ariel Uva**

*uva@dc.exa.unrc.edu.ar*

Depto. de Computación

Facultad de Ciencias Exactas Físico Químicas y Naturales

Universidad Nacional de Río Cuarto

**Oswaldo Campanella**

*ocampanella@exa.unrc.edu.ar*

Depto. de Geología

Facultad de Ciencias Exactas Físico Químicas y Naturales

Universidad Nacional de Río Cuarto

## Contexto

Desde hace ya un tiempo nuestro grupo de trabajo viene desarrollando tareas de investigación en temas vinculados a la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en diversas áreas. La utilización de SIG en la actualidad es muy variado. Se utilizan para la producción cartográfica, evaluaciones ambientales y de recursos naturales, estudio y evaluación de redes de servicios (electricidad, telefonía, emergencias médicas, etc.) y transportes, sistemas de catastro, etc. Este grupo interdisciplinar, está conformado por profesionales y estudiantes provenientes del campo de las ciencias geológicas, geográficas, de la computación, agrónomas, etc. Uno de los trabajos más importantes desarrollados por este grupo ha sido la *Construcción de un mapa de riesgo por colapso de la ciudad de Río Cuarto usando la tecnología de los SIG*. La imperiosa necesidad del aprovechamiento eficiente de los recursos naturales junto con el contexto socio-económico en el cual está inmersa nuestra ciudad, ha motivado a este grupo al desarrollo de herramientas SIG aplicables a las tareas que comprenden la Agricultura de Precisión.

## Resumen

La Agricultura de Precisión (AP) es un concepto agronómico de gestión de lotes o parcelas agrícolas, basado en la variabilidad espacial de los factores que controlan el rendimiento de un cultivo y en la posibilidad humana de alterarlos mediante la aplicación controlada de agroquímicos. La tecnología de los SIG aporta funciones de análisis de datos que permiten hacer más eficiente la aplicación de técnicas y productos para optimizar el tratamiento de cada sector del campo. El desarrollo de un SIG específico aplicable a la AP es sumamente necesario para lograr un máximo aprovechamiento de la información que el mismo campo brinda. Actualmente existen aplicaciones comerciales que proporcionan algunas funcionalidades limitadas para el área de la AP. En nuestra línea de investigación proponemos el desarrollo de un SIG, AP-SIG que contará con herramientas específicas para asistir al profesional a cargo (ingeniero agrónomo u otro) en las tareas de AP. Como resultados parciales se muestra una de las extensiones desarrolladas hasta el momento.

**Palabras Clave:** *Sistemas de Información Geográfica (SIG), Agricultura de Precisión, Polígonos de Thiessen.*

## 1. Introducción

La Agricultura de Precisión (AP) [1] es un concepto agronómico de gestión de lotes o parcelas agrícolas, basado en la variabilidad espacial de los factores que controlan el rendimiento de un cultivo y en la posibilidad humana de alterarlos mediante la aplicación controlada de agroquímicos. El uso de las nuevas tecnologías, como los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), sensores, monitores de rendimiento del cultivo, imágenes satelitales, y Sistemas de Información Geográfica (SIG) son incorporadas al campo. Los SIG vinculados a tareas de AP están limitados a la visualización de mapas de cosecha, cálculo del rendimiento promedio parcial o total de un lote, entre otras funcionalidades. Carecen, principalmente, de herramientas que permitan la vinculación de los datos, como por ejemplo la comparación de mapas de un mismo lote en campañas diferentes. Actualmente, ingenieros agrónomos vinculados con la AP recopilan un conjunto de datos: análisis de suelos, mapas de cosecha, datos referidos a como ha sido trabajado el campo, fertilizantes aplicados en campañas anteriores, información brindada por el dueño o encargado del campo, etc. Es necesario que el profesional a cargo de la toma de decisiones estratégicas de los tratamientos a seguir, tenga disponible toda esta información de manera integrada. Son los SIG quienes deben encargarse de esta labor permitiendo vincular datos existentes y posibilitando la extracción de nueva información. En nuestra línea de investigación proponemos el desarrollo de SIG-AP, un SIG que contará con herramientas específicas aplicables a la AP. Como resultado parcial se muestra una de las herramientas desarrolladas hasta el momento, la misma permite la generación de polígonos de Thiessen teniendo en cuenta restricciones espaciales como lo es el loteo del campo. Los desarrollos parciales han sido integrados como extensiones al SIG ArcView 3.2. Se tiene planificado en los próximos meses migrar este desarrollo a la plataforma SIG libre Gvsig.

## 2. Líneas de Investigación y Desarrollo

Desde hace tiempo nuestro grupo de trabajo viene desarrollando tareas de investigación en temas vinculados a la aplicación de SIG en diversas áreas. En nuestro trabajo, proponemos el desarrollo de SIG-AP, un SIG que contará con herramientas específicas aplicables a la AP. En las subsecciones siguientes se realiza una reseña general acerca de los SIG y se presenta nuestra propuesta, SIG-AP.

### 2.1. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

La tecnología de los SIG (Sistemas de Información Geográfica) está basada en componentes de hardware y software que permite el análisis e integración de información geográfica, permitiendo visualizar los datos obtenidos en un mapa[2]. Los SIG integran la información a través de capas o coberturas de datos georeferenciados que se van superponiendo. De la integración por superposición se obtienen mapas temáticos. El uso de los SIG en la actualidad es muy variado. Se utilizan para la producción cartográfica, evaluaciones ambientales y de recursos naturales, estudio y evaluación de redes de servicios y transportes, sistemas de catastro, etc. Para el caso de la agricultura, los SIG brindan la posibilidad de obtener un mapa digital del campo y al mismo tiempo la interacción con el mismo. Un ingeniero agrónomo podría determinar los puntos exactos para la realización de las extracciones de muestras de suelo para un posterior análisis. En esta línea de investigación se ha utilizado el SIG ArcView 3.2 de la empresa ESRI [2]. Se optó por este SIG en un primer momento debido a su alto rendimiento, liderazgo en el mercado y además, por ser altamente configurable y extensible.

### 2.2. SIG-AP

La maquinaria agrícola moderna está equipada con la tecnología que permite la extracción de una gran cantidad de capas de información de cada

sector o lote del campo. Una de estas capas son los "mapas de rendimiento". Un mapa de rendimiento puede definirse como un modelo digital del lote conformado por un conjunto de puntos de mapeo registrados durante la cosecha del lote. Cada uno de estos puntos posee un conjunto de atributos tales como la humedad del suelo, rendimiento en quintales, etc. La cantidad de puntos de mapeo que posee un mapa de rendimiento varía según el tamaño del lote y ronda en un promedio de 22.000 puntos. En la figura 1 podemos observar un mapa de rendimiento.

A medida que se suceden las diferentes campañas, se va generando una historia del campo (por lotes). Además de los mapas de rendimiento, se recolectan mapas de aplicación de fertilizantes, de refertilización, de velocidad de siembra, de puntos de extracción de muestras de suelo con sus respectivos resultados, de ambientación, etc. El volumen de la información crece de manera exponencial a medida que pasa el tiempo, tornándose cada vez más compleja de administrar y manipular eficientemente. Por todo lo anterior que surge

la idea de desarrollar SIG-AP, un SIG formado por un conjunto de herramientas específicas para asistir al profesional agropecuario no sólo en la administración de los datos, sino también en la generación de nueva información. Para su desarrollo se siguieron los lineamientos establecidos por la metodología de desarrollo *Extreme Programming*[3]. SIG-AP a sido implementado en Avenue, el lenguaje de scripts de ArcView 3.2.

### 3. Resultados obtenidos / esperados: Extensión areal de la validez de un análisis de suelo delimitado por un lote

Previo a la siembra de una campaña, se efectúan extracciones de muestras de suelo en cada lote y se envían a analizar al laboratorio. Este proceso es realizado luego de seleccionar los lugares de manera estratégica y observado en paralelo, los mapas de rendimiento recolectados de las campañas anteriores.

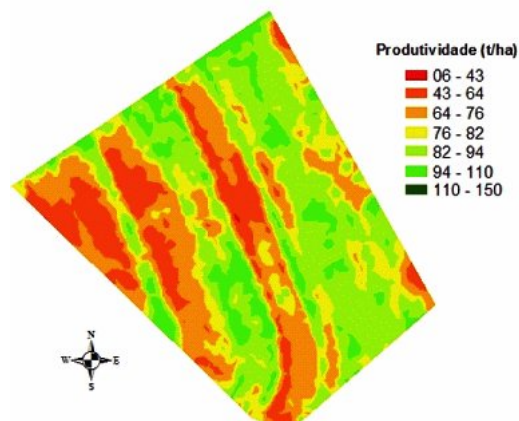


Figura nro. 1 - Mapa de rendimiento

El problema a tratar aquí es ¿hasta dónde se puede asegurar la validez de un dato?, es decir, ¿cuál será la distancia máxima en que es posible alejarse del punto de extracción de la muestra y seguir asegurando que esta tiene validez?. Para responder a estas preguntas hemos utilizado el concepto de polígonos de Voronoi o Thiessen[4].

Los Polígonos de Thiessen son una construcción geométrica que divide al plano euclidiano en secciones. Los polígonos de Thiessen establecen un método de interpolación basado en la distancia. Los polígonos son generados al unir los puntos entre sí, trazando las mediatrices de los segmentos unión. Las intersecciones de estas mediatrices determinan una serie de polígonos en un espacio bidimensional alrededor de un conjunto de puntos de control, de manera que el perímetro de los polígonos generados sea equidistante a los puntos vecinos y estableciendo su área de influencia. [4]. El cálculo los polígonos de Thiessen es posible de ser aplicado en este caso debido a que los datos obtenidos de los análisis de suelos son datos continuos. La metodología para extender arealmente la validez de un dato puntual depende principalmente de la forma en que el dato varía a lo largo de una línea horizontal. Aquellos datos que muestran una variación continua, tales como altitud o profundidad del nivel freático son interpolados por diversos métodos. Uno de los métodos más comúnmente usados es la generación de polígonos de Thiessen o Voronoi.

La generación de polígonos de Thiessen o Voronoi [5] ya es provista por Arcview, pero no de la forma que es necesaria. Generalmente, la recolección de las muestras de suelo es realizada en todo el campo, el problema aquí es que una muestra obtenida en un lote puede diferir enormemente con otra ubicada a los pocos metros por el sólo hecho de estar ubicadas en lotes diferentes. Esto tiene sentido si pensamos que cada lote es trabajado de forma diferente, es decir, puede ser cultivado con cereales distintos, fertilizado en diferentes proporciones y con diferentes agroquímicos, puede ser regado en forma diferentes, etc. Es por todo esto que a la hora de realizar una extrapolación de la validez de un resultado de análisis de suelo, es necesario tener en cuenta los límites espaciales impuestos por

el loteo del campo.

Una de las herramientas incorporadas a SIG-AP permite la discriminación de éstos límites. En la figura nro 2 es posible observar la generación de los polígonos de Thiessen sin tomar en cuenta las restricciones del lote y tomando en cuenta dichas restricciones espaciales.

#### **4. Formación de Recursos Humanos**

Durante el desarrollo de este trabajo, tres alumnos han realizado sus trabajos finales, correspondiente a la carrera de Analista en Ciencias de la Computación y otros tres los han iniciado. Además, uno de los autores de este trabajo ha obtenido el título de Dr. Geología.

#### **5. Conclusiones y trabajos futuros**

El incremento de la población mundial junto con una demanda creciente de alimentos y productos agrícolas, exige un uso racional y eficiente de los recursos naturales. La agricultura de precisión es un concepto agronómico que permite a través de nuevas herramientas tecnológicas dar a cada zona del campo cultivado el tratamiento agronómico más apropiado, permitiendo reducir costos en la producción, aumentando la productividad y haciendo un uso más eficiente de los insumos. Dentro de estas nuevas tecnologías, son los SIG los que poseen un potencial enorme para aportar al crecimiento de técnicas vinculadas a la tareas de AP. Actualmente, es muy poco el desarrollo llevado a cabo en esta área. Los SIG utilizados hoy en día no proveen las funcionalidades específicas para aprovechar al máximo todo el caudal de información obtenida del campo. En nuestra línea de investigación, se ha trabajado ,y se continúa haciéndolo, en el desarrollo de SIG-AP, un conjunto de herramientas específicas para ser aplicadas en tareas de AP. En los meses siguientes, se tiene pensado completar el desarrollo de SIG-AP y posteriormente migrar a Gvsig un SIG libre y muy potente.

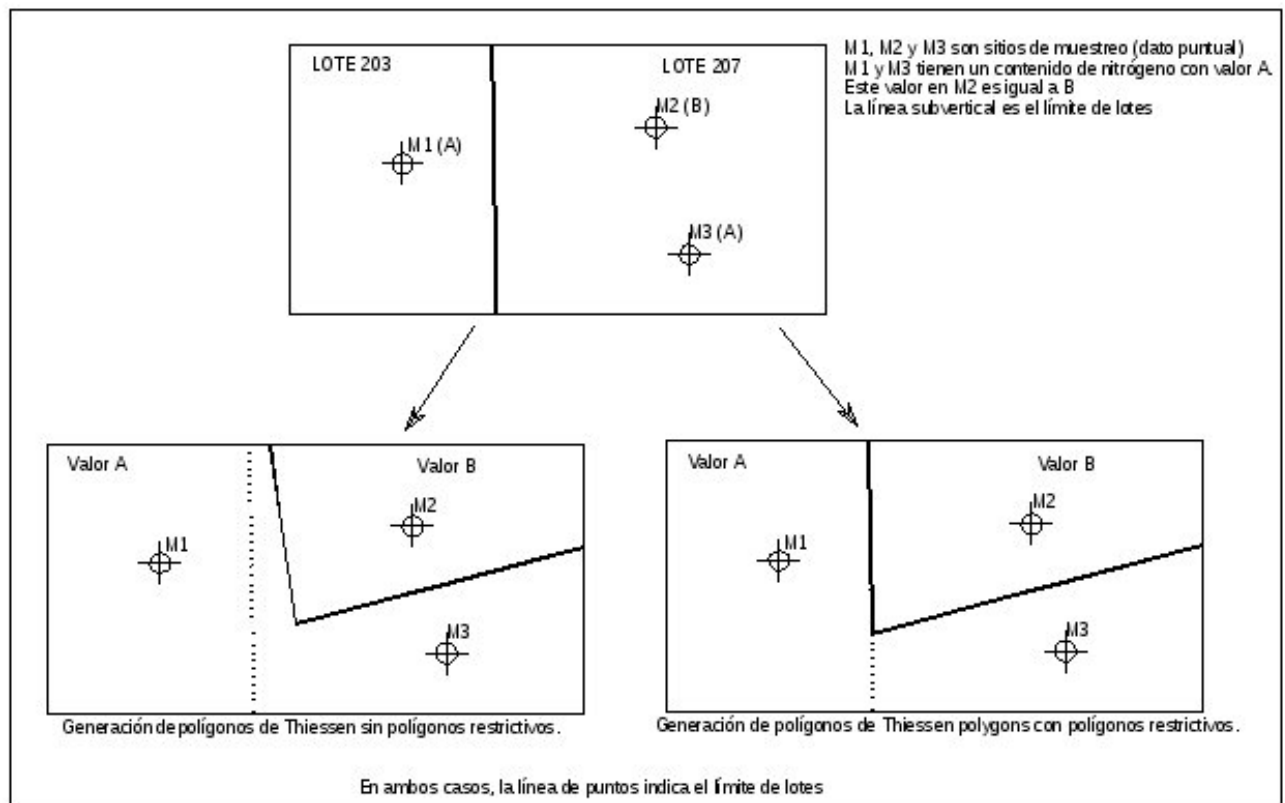


Figura nro. 2 - Gráfico comparativo de la generación de los polígonos de Thiessen sin y con las restricciones espaciales

## Referencias

- [1] Situación actual y posibilidades de la Agricultura de Precisión. Emilio Gil. Escuela Superior de Agricultura de Barcelona. Universidad Politécnica de Catalunya.
- [2] Sistemas de información geográfica: Prácticas con ArcView. Nieves Lantada Zarzosa, M. Amparo Núñez Andrés. UPC, 2002.
- [3] Extreme Programming and Agile Processes in Software Engineering: 6th International Conference, XP 2005, Sheffield, UK. Proceedings. Hubert Baumeister y otros. Publicado por Springer, 2005.
- [4] OKABE A., BOOTS B., SUGIHARA K. Spatial Tessellations: Concepts and Applications of Voronoi Diagrams. John Wiley and Sons. 1999.
- [5] BERG, KREVELD, OVERMARS, SCHWARZKOPF. Computational Geometry, Algorithms and Applications. Springer. 1997.