

APLICACION DE LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA A
ESTUDIOS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL

BERTANI, Luis A.*
CIMINARI, Mabel L.*

La información ambiental constituye un elemento fundamental para toda tarea de planificación y ordenamiento territorial, tarea que se ha convertido en un proceso cada vez más complejo debido a que el volumen de la información con que se debe trabajar es cada vez mayor.

"El hecho que, la mayoría de las veces, esta información se encuentra dispersa en los más diversos organismos públicos y privados, presentada en los más diferentes formatos sin ninguna o casi ninguna compatibilidad, muchas veces superpuesta o repetida, otras veces incompleta e incluso ausente, permite evaluar a qué punto puede llegar la dificultad encontrada por los profesionales en la ejecución de un proyecto" (Teixeira, 1988).

Los estudios de ordenamiento territorial requieren de una permanente y rápida actualización debido a los procesos de cambio y transformaciones que en cada medio se producen. Por ello la utilización del computador, como auxiliar para el tratamiento de los datos, se convierte en una técnica sumamente ventajosa otorgando nuevas posibilidades de análisis, que los métodos tradicionales no permiten.

La implementación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en las últimas décadas, ha adquirido un desarrollo notable al permitir de una manera más eficaz

* Profesores Regulares del Area Técnico- Metodológica. Cátedras Cartografía y Aerofotointerpretación. Departamento de Geografía. Facultad de Humanidades. Universidad Nacional del Comahue.

la realización de trabajos inter y transdisciplinarios. "Los SIG empleados como una técnica de investigación, desarrollo o planeamiento, posibilita la utilización de recursos de análisis muy complejos, que no son posibles por medios manuales. Los mapas generados pueden ser consultados, tratados algebraicamente, analizados, combinados y cruzados, incluso pueden generarse nuevos mapas" (Teixeira-Gray de Cerdán, 1990).

Tomando como base estas consideraciones, el presente artículo tiene la finalidad de contribuir a una introducción al conocimiento de los Sistemas de Información Geográfica y a la posibilidad que brinda su aplicación en estudios de ordenamiento territorial.

Breve historia de los Sistemas de Información Geográfica

El desarrollo de la informática es un acontecimiento que data de la década del '50. Su aplicación estuvo orientada en sus inicios, al cálculo científico de las ciencias exactas, aunque en los últimos veinte años ha tenido cada vez mayores aplicaciones en el campo de otras ciencias, como es el caso de las ciencias sociales y ha incursionado en nuevas disciplinas científicas o técnicas tales como Cartografía, Geografía, Ecología, como así también en estudios de planificación urbana y de ordenación del territorio. El principal factor de este proceso de desarrollo, es la continua innovación de la tecnología de la informática.

En el año 1962, en Canadá, se diseña el primer Sistema de Información Geográfica, destinado al mantenimiento de un inventario de recursos naturales a escala nacional (Burrough, 1987).

F. Rojo y M.Vidal (1988) reconocen la existencia de cinco generaciones de ordenadores, la última a partir de

1985. Estos avances permitieron el desarrollo de la tecnología informatizada favoreciendo un aumento en la velocidad de ejecución de cálculos, la capacidad de memoria y la disminución del tamaño del hardware empleado.

A principios de la década del '60 en los EEUU, H. Fischer de la Universidad de Harvard utilizó la computadora para realizar mapas asignando valores estadísticos en un reticulado de papel de plano, a través del programa SYMAP (SYnagraphic MAPping). Este programa y otros como el GRID, IMGRID, GEOMAP, etc., permitían hacer en forma rápida, lo que Mc Harg (1969), realizaba manualmente a través de la superposición de mapas analíticos transparentes. Este avance en el tratamiento de la información espacial contrastaba con una baja calidad estética de los mapas, por lo que muchos cartógrafos se negaban a aceptar estos resultados.

Durante los años 70 se realizaron considerables inversiones para el desarrollo y aplicación de cartografía computarizada principalmente por parte de organismos públicos y privados en los EEUU. Surgen así numerosos sistemas y programas de computación que permitieron mejorar la producción cartográfica a través de estos sistemas.

"Así, durante los años 60 y 70 coexistieron dos corrientes en la aplicación de métodos computarizados de mapeo: una la automatización de información existente, con acento en la exactitud cartográfica y la calidad visual y otra que puso el acento en el análisis espacial pero a expensas de buenos resultados gráficos" (Burrough, 1987).

¿ Qué es un Sistema de Información Geográfica ?

"Un Sistema de Información Geográfica es un sistema de información asistido por el computador para la entrada, manipulación y despliegue de datos espaciales" (A.Guevara,1987).

Un sistema es un conjunto de entidades y elementos relacionados y conectados, de tal modo que forman una unidad y un todo organizado que participa de un sistema más amplio. "En un SIG las entidades están descritas no sólo por sus atributos temáticos sino también por su localización geográfica y su configuración espacial" (Bosque,1988). Es decir, existen dos clases genéricas de datos espaciales:

- de localización: detallan la ubicación y topología de los elementos geográficos representados por puntos, líneas y áreas (X e Y)

- de atributos: describen las características de estos elementos (Z)

Según Guevara (1987), el objetivo de estos sistemas es el tener:

1. Ubicación espacial del problema en estudio.
2. Un sistema normal de recolección de datos.
3. Información organizada.
4. Información actualizada.
5. Información "instantánea"
6. Representación gráfica del problema.

7. Permitir modelos complejos.

Un Sistema de Información Geográfica está constituido por tres componentes:

1. Hardware
2. Software
3. Relación entre ambos.

1. El hardware está compuesto por todos los dispositivos mecánicos y circuitos eléctricos y electrónicos que componen la computadora. Es usado para almacenar, procesar y desplegar la información cartográfica digital.

2. Los software son los programas internos que administran los recursos de la computadora, así como los programas realizados por el usuario o provistos por el fabricante. Ejecuta las operaciones del SIG.

3. La utilización de los hardware y software, y su relación recíproca, dará como resultado la salida de datos elaborados en forma gráfica o alfanumérica.

La estructura básica de un Sistema de Información Geográfica se compone de tres fases principales:

1. Entrada de la información.
2. Archivo/recuperación de la información.
3. Salida de la información.

1. La entrada de la información (INPUT) puede realizarse a través de información ya digitalizada como así también de aquella documentación de tipo analógico (mapas, fotografías aéreas, imágenes satelitarias). Es

importante el conocimiento de los datos a incorporar en cuanto a calidad y estructura de los mismos.

"Antes de iniciar la codificación de la información espacial, cuando se pretende construir un SIG de dimensiones reales, se requiere de la definición de las unidades de registro. Estas unidades o bloques, de forma rectangular, definen un directorio que es consultado cuando se pretende recuperar, introducir o modificar datos en el SIG. Lo habitual es que existan una serie de capas (ficheros) de información espacial (Fig. 1) por cada unidad de registro" (Cebrián, 1988).

Existen dos maneras de representación de los datos geográficos dentro del computador que son variaciones de los dos modelos básicos de construcción del SIG: modelo raster y modelo vectorial.

La principal diferencia entre ambos radica en el "modelo de espacio" que cada uno presupone. En el modelo vectorial se trabaja en un espacio continuo, donde el fenómeno espacial tiene una representación lo más exacta posible. Todo elemento puede ser reducido a puntos, líneas o polígonos y referido a un sistema de coordenadas. La introducción de un documento gráfico (digitalización) puede realizarse utilizando diversos sensores (mesa digitalizadora, scanners, etc.). El modelo raster divide el espacio en elementos discretos. Para la digitalización de los datos se emplea una malla cuadrículada transparente la que se superpone a cada mapa o imagen para lograr la correspondiente codificación del valor del atributo para cada celdilla. La resolución del sistema estará dada por la relación entre el tamaño de cada celdilla en el mapa y el área cubierta por ella en el terreno. La estructura de datos empleada en el sistema raster es más simple y la tecnología utilizada es menos costosa que en el modelo vectorial.

2 - Archivo-recuperación de la información: constituye las vías de comunicación exterior de la base

de datos, permitiendo el procesamiento y conversión en una nueva fuente de información bajo la forma de mapas, tablas e imágenes. En un SIG la base de datos está compuesta por una serie de archivos diferentes como ya se detalló en el punto anterior.

Existen dos fases en el proceso de recuperación de datos en un SIG:

- Extracción de datos: es el proceso de selección de parte de la documentación contenida en la base de datos. Estos elementos son capaces de satisfacer por sí mismos o en combinación entre sí una demanda concreta de información.

- Filtrado de los datos: es un concepto genérico que hace referencia a todas las manipulaciones llevadas a cabo sobre la información extraída de la base de datos, antes de su presentación final.

3. Salida de la información (OUTPUT) puede ser presentada de dos maneras:

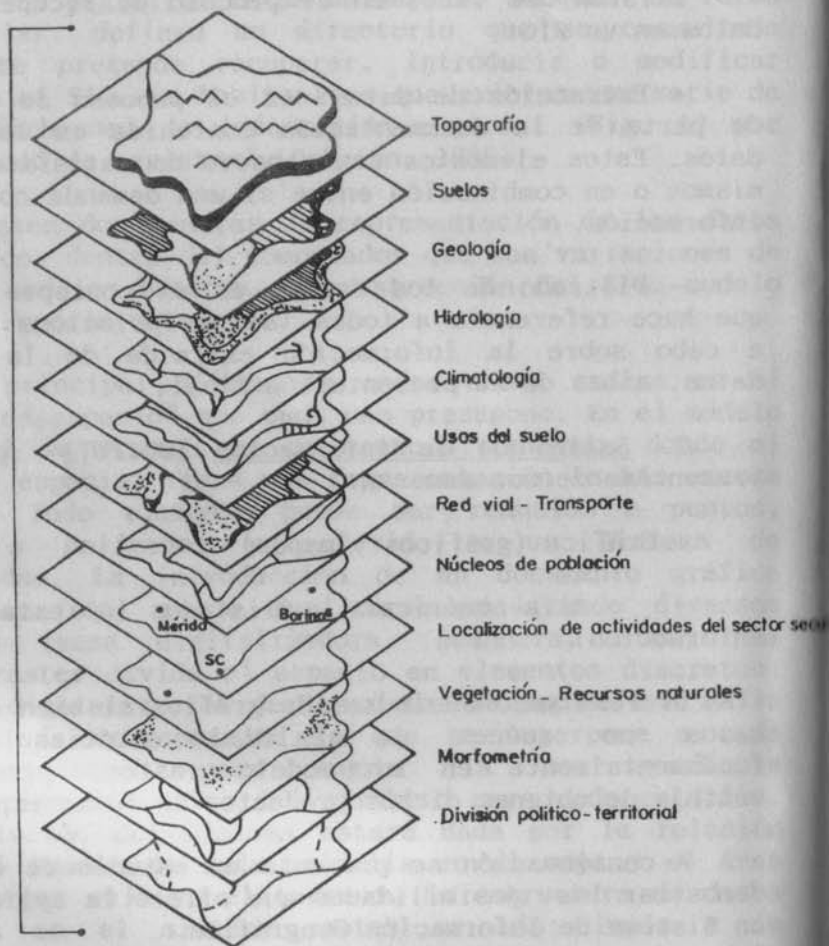
- Gráfica (gráficos y mapas)
- Alfa-numérica (listados estadísticos, información)

El resultado de la salida gráfica si bien en muchos casos no reúnen la calidad estética deseada, fundamentalmente en el modelo raster, presenta la ventaja de obtener dichos productos en forma expeditiva.

A continuación se presenta un estudio de caso para demostrar las posibilidades que ofrece la aplicación de un Sistema de Información Geográfica.

ESTRATOS DE INFORMACION EN UN SIG

Estratos de información



Cebrián de Miguel, J. Sistemas de Información Geográfica, 1988

El caso Vaqueros. Provincia de Salta

En el marco de un seminario sobre cartografía geocientífica aplicada a estudios de planificación territorial realizado en la Universidad Nacional de Salta, se llevó a cabo un estudio en la localidad de Vaqueros (9 Km. al Norte de la Ciudad de Salta) con el objeto de aplicar un SIG (INGRID, diseñado originalmente en la Universidad de Harvard)

Los grupos de trabajo que participaron en el seminario consideraron distintas acciones a emprender en este lugar. De estos estudios se desarrollará el que tuvo como objeto determinar los sectores más aptos para la localización de un parque industrial en esta localidad. La aplicación de este SIG permitió obtener resultados gráficos a través del ordenador que permitió una rápida visualización de la capacidad del territorio para ejecutar la acción prevista.

En primer lugar se definieron los objetivos generales, se consultaron los antecedentes sobre estudios de este lugar y se establecieron los límites del área. Sobre estos aspectos se obviarán detalles con el objeto de profundizar los temas relacionados con la producción cartográfica del SIG empleado.

En la primera fase, denominada fase inventario, se consideraron todos aquellos elementos del medio físico y biótico que influirían (o serían influenciados) por la acción propuesta (Parque industrial).

Los elementos considerados en esta fase y que fueron cartografiados son los siguientes: litología, estructura, pendiente, exposición, vegetación, geomorfología, accesibilidad y uso del suelo. Conviene señalar que el número definitivo de elementos a considerar varía para cada estudio en particular. En este caso se tomaron en cuenta ocho elementos, que podrían haber sido más o menos de acuerdo a los objetivos propuestos y al grado de precisión requerida.

Para la digitalización de los datos existentes, a cada mapa se le superpuso una red cuadrículada, en este caso de 0,5 cm por lado, dimensión que está directamente vinculada a la escala del trabajo (1:50.000). Este cuadrículado representa en el terreno 6,25 Ha. El procedimiento permitió obtener mapas analíticos los cuales presentan una leyenda donde se pueden leer los distintos atributos (Z) del tema tratado.

En una fase posterior se consideró la capacidad que presenta el área para el objetivo propuesto. Con esta finalidad se analizaron uno por uno los distintos elementos de la fase inventario (geología, vegetación, etc.) que incidirán o serán afectados por la creación del futuro parque industrial. Para ello se cuantificaron (de 0 a 5) los distintos tipos o atributos de cada elemento considerado (0= capacidad nula; 1= mínima capacidad hasta 5= máxima capacidad).

Como resultado se obtuvieron a través del ordenador ocho mapas (uno por cada elemento) que contienen, cada uno de ellos, las diferentes capacidades (6 clases).

Posteriormente, utilizando el ordenador, se "sumaron" las capacidades de los ocho mapas resultantes. La capacidad de una cuadrícula o celdilla en el mapa estará dada por la sumatoria de las capacidades de los distintos tipos o atributos.

$$C = \sum C_{ij}$$

donde C = capacidad

C_{ij} = capacidad i del elemento j

El programa empleado permite recoger los valores o pesos asignado a cada elemento, determina la capacidad de cada cuadrícula, las normaliza en seis clases y da

lugar a una salida gráfica que refleja la aptitud potencial del territorio.

En caso que se considere que alguno de los elementos de la fase inventario merezca más atención que otro (por ejemplo pendiente más importante que vegetación), el software permite ponderarlo para que en la sumatoria de los distintos mapas, tenga más peso que otro. En el estudio de Salta a todos los mapas se le asignó igual peso.

Para efectuar los estudios de impacto se procedió de igual manera que para determinar la capacidad territorial. Se realizó la sumatoria de cada uno de ellos para obtener el mapa de impacto definitivo, en el cual se prevén los efectos que producirá dicha actividad.

La metodología contempla la posibilidad de "mezclar" los mapas de capacidad y de impacto para lograr un último mapa denominado de aptitud. Para su elaboración el programa permite utilizar distintos criterios. Si empleamos un criterio más "desarrollista" se le asignará más peso al mapa de capacidad que al de impacto. En cambio si utilizamos un criterio más "ecologista" se invertirá el peso asignado a cada mapa, aunque en este caso se reducirá la oferta territorial. En la Fig. 2 se detalla el diagrama metodológico utilizado para el estudio de la localidad de Vaqueros.

Las Fig. 3, 4 y 5 muestran los mapas de capacidad, impacto y aptitud para la radicación del parque industrial. Para este caso el mapa de aptitud se construyó asignando mayor peso al impacto (65%) que al de capacidad (35%).

Este último mapa refleja la síntesis de la información contenida en el ordenador y permite observar, en forma expeditiva, cuáles son aquellos sectores más favorables para desarrollar el estudio previsto.

Figura N° 2

DIAGRAMA METODOLOGICO EMPLEADO PARA EL ESTUDIO DE VAQUEROS

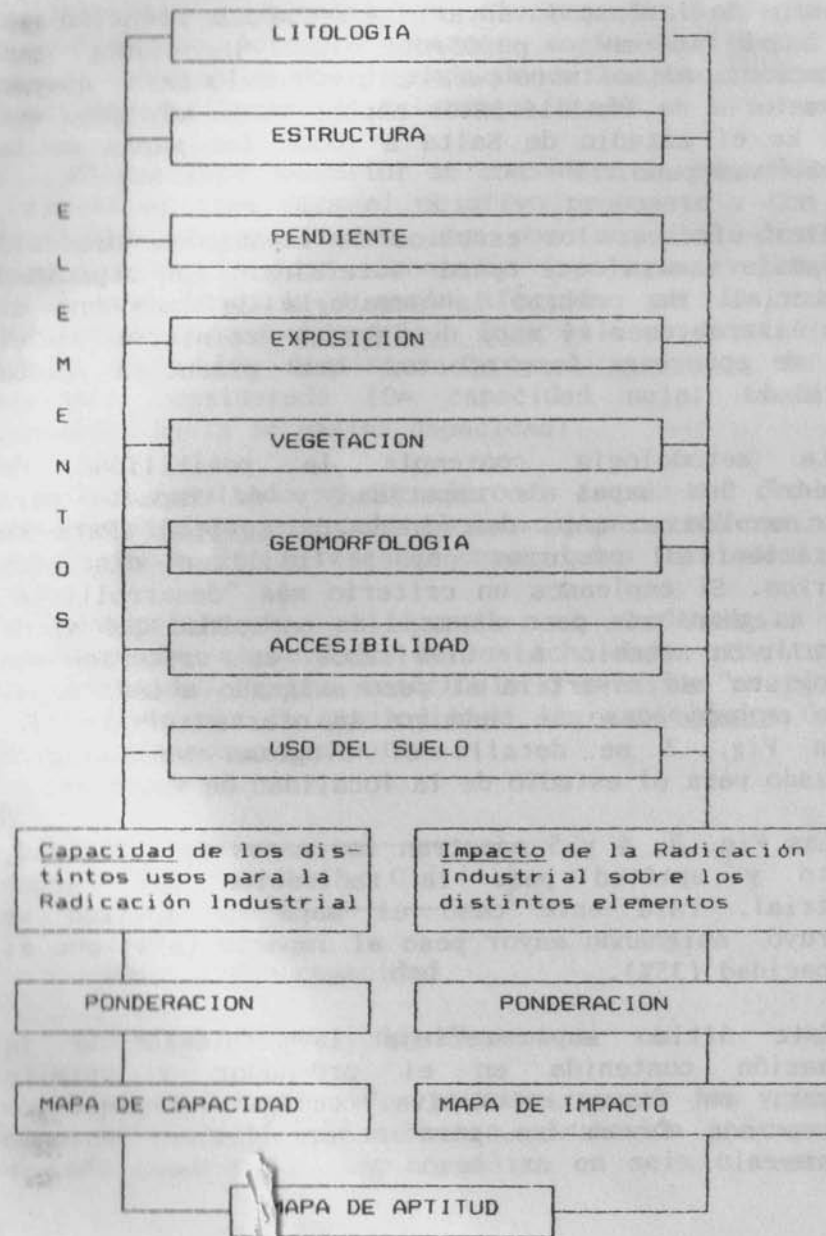
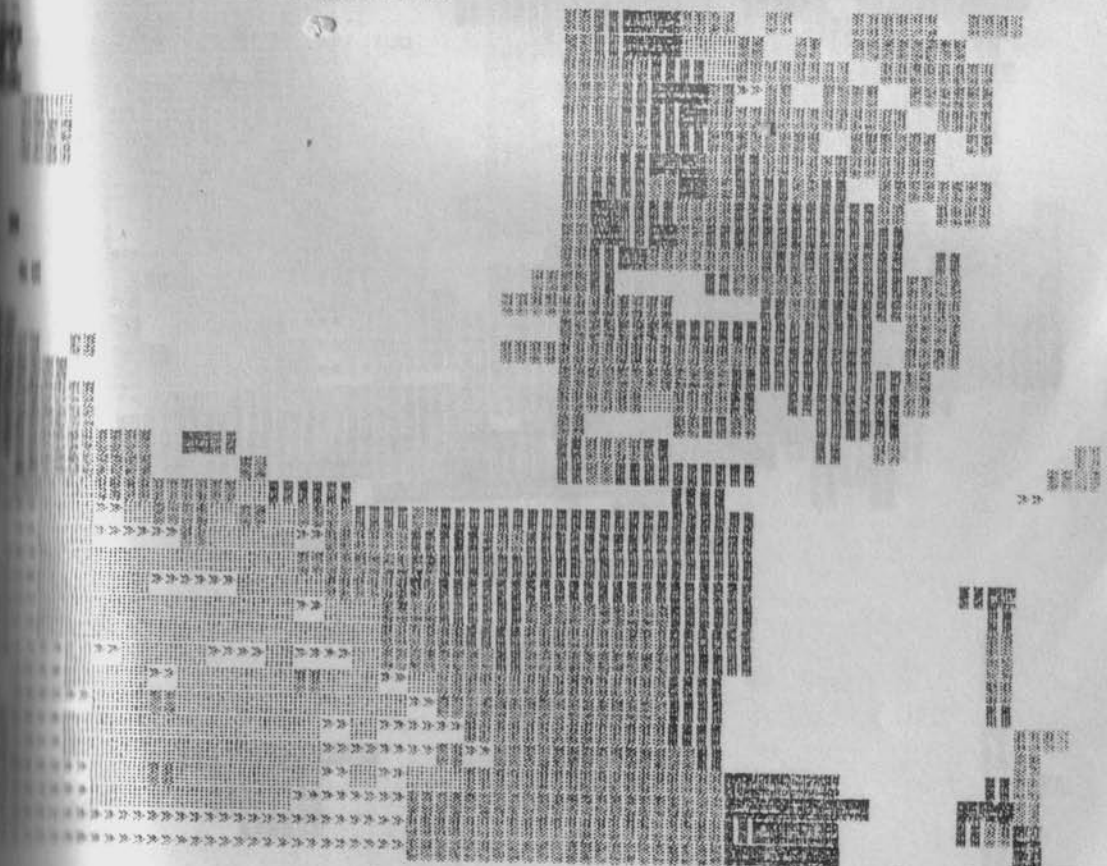


Figura N° 3

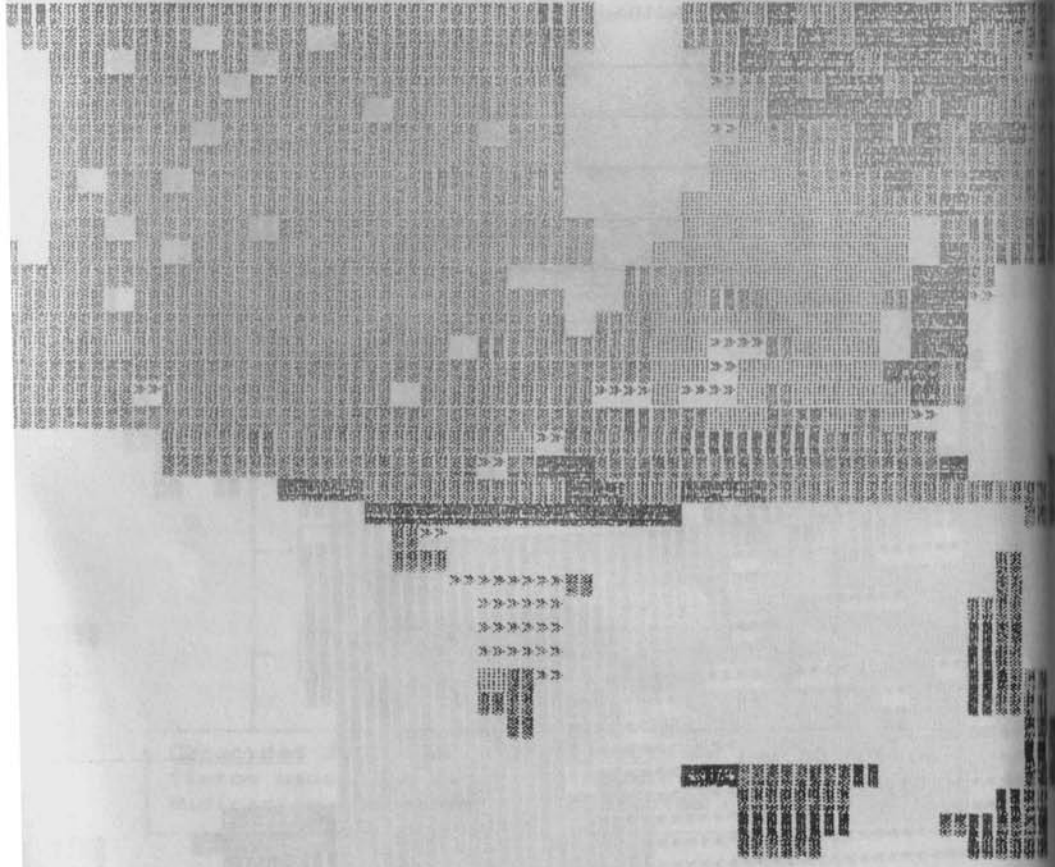
INDICANDO VALORACION DE CAPACIDAD



1: 102 2: 120 3: 310 4: 165 5: 39 -7: 660
 301.4402 DESVIACION: 52.20615
 236.1825 ; 262.2856 ; 340.5948 ; 366.6979

Figura N° 4

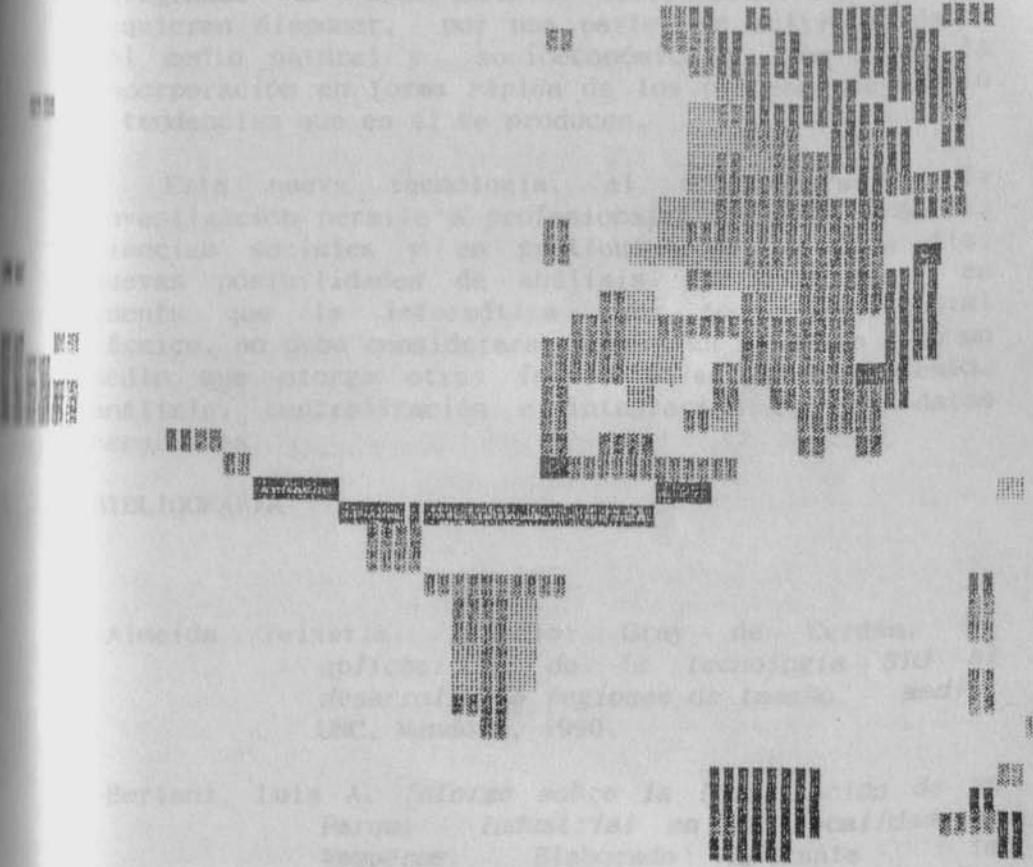
MAPA DE VALORACION DE IMPACTO



CLASES 1: 30 2: 79 3: 512 4: 47 5: 79 -7: 657
 MEDIA: -102.3684 DESVIACION: 51.30876
 INTERVALOS: -166.5044 ; -140.85 ; -63.88685 ; -30.23247

Figura N° 5

MAPA DE VALORACION DE APTITUD



CLASES 1: 0 2: 34 3: 140 4: 72 5: 19 -7: 1140
 CAPACIDAD DE LA CAPACIDAD: 35 PESO DEL IMPACTO: 65

Consideraciones finales

Los Sistemas de Información Geográfica constituyen una herramienta que amplía las posibilidades de investigación pues permiten mejorar la capacidad de manipulación de los datos espaciales, el tratamiento simultáneo de distintas fuentes de información, con una fácil salida gráfica. De allí la importancia que estos sistemas presentan en la aplicación a estudios integrados de ordenamiento territorial, ya que requieren disponer, por una parte, de múltiples datos del medio natural y socioeconómico y, por otra, la incorporación en forma rápida de los procesos de cambio y tendencias que en él se producen.

Esta nueva tecnología, al incorporarse a la investigación permite a profesionales del ámbito de las ciencias sociales y en particular de la Geografía, nuevas posibilidades de análisis. Se debe tener en cuenta que la informática como todo instrumental técnico, no debe considerarse un fin en si mismo sino un medio que otorga otras formas para el tratamiento, análisis, centralización e integración de los datos espaciales.

BIBLIOGRAFIA

- Almeida Teixeria, Amandio; Gray de Cerdán, N. *Aplicación de la tecnología SIG al desarrollo de regiones de tamaño medio*. UNC, Mendoza, 1990.
- Bertani, Luis A. *Informe sobre la localización de un Parque Industrial en la localidad de Vaqueros*. Elaborado durante la realización del Seminario "La Cartografía Geocientífica aplicada a la planificación de usos del suelo y a la prevención de riesgos naturales".