

Clasificación, segmentación y reconstrucción de líneas en mapas temáticos a color

Joaquín Decelis Burguete

Centro de Investigación en Computación,
Instituto Politécnico Nacional,
UPALM, Zacatenco, Edificio CIC
C. P. 07738, México D. F.
decelis@sagitario.cic.ipn.mx

Resumen

En este trabajo se presenta una metodología para extraer líneas de mapas temáticos de manera semiautomática, inmersas en imágenes compuestas en color de 24 bits en formato JPEG. La metodología propuesta se realiza en tres etapas: preprocesamiento, procesamiento y postprocesamiento. La primera de ellas inicia desde el momento de leer digitalmente el mapa en papel. En la segunda etapa, las líneas de interés son clasificadas y segmentadas por sus características de color y posición de cada uno de sus píxeles. También se introduce un factor discriminante que ayuda a la clasificación. Dentro de la tercera etapa, las líneas se convierten en vectores y son reconstruidas automáticamente.

Palabras clave: Interpretación automática de mapas cartográficos, segmentación a color, clasificación supervisada, operaciones morfológicas, capa vectorial.

1. Introducción

En vista de que actualmente los Sistemas de Información Geográfica (GIS - Geographical Information System) han adquirido gran importancia, existe la necesidad de producir nuevos mapas vectoriales y los que ahora están en papel se integren a los modernos sistemas automáticos.

El uso del escáner y los algoritmos de reconocimiento de patrones, establecen una alternativa prometedora para un análisis completo del mapa en forma automática o semiautomática. Estos modelos esencialmente deberán ser capaces de discriminar los elementos representados en el mapa y transformarlos a un formato estandarizado. Aunque esta idea no es nueva, las soluciones que minimicen la interacción humana aún se encuentran bajo investigación [9].

La importancia económica que tiene la conversión cartográfica automática, que muchos de los enfoques relacionados al tema sean comercializables, por cuya razón no son publicados [10]. Hasta el momento, los trabajos publicados relacionados al análisis de los mapas cartográficos pueden agruparse de la siguiente manera:

- 1) Según las herramientas de interpretación usadas: la morfología matemática, la extracción de líneas rayadas [6], los procesos de conversión [5], etc.;
- 2) Sistemas para la segmentación de los mapas según el color [12];
- 3) Sistemas para la extracción de símbolos [2] y cadenas de caracteres mediante pareo de patrones y procesos de clasificación;
- 4) Sistemas para la extracción de redes [16] y curvas de nivel [7];
- 5) El uso de redes semánticas de información para dirigir la interpretación [14], o modelos orientados a objetos con capacidad de aprendizaje mediante máquinas interactivas;
- 6) Plataformas para convertir en vectores a los mapas que se presentan como mapas automáticos o automáticos [1].

El problema principal para desarrollar la digitalización automática estriba en la cantidad de capas de información que contiene cada mapa, donde están parcialmente ocultas unas por otras [9]. Seguido aparecen varios tipos de problemas dentro de los que se ha leído digitalmente, con las siguientes características:

- 1) El proceso de rastrear con el escáner es la principal fuente de errores, éste genera ruido Gausiano que distorsiona el color de la imagen capturada, provocando que el color de las líneas no sea constante en toda su trayectoria;
- 2) Elementos de otras capas que pueden tener el mismo color, éstos se tocan, se superponen y se traslapan;
- 3) Los colores cambian dependiendo del color del fondo o la región que atraviesan.

Aunque los segmentos con rasgos lineales continuos, sin ramificaciones pueden ser detectados y ser convertidos en vector por procesos automáticos, los mapas manuales son frecuentemente utilizados para este fin, además de unir segmentos de las líneas son discontinuas dentro de una entidad continua.

La investigación enfocada a la interpretación de planos cartográficos tiene varios campos que tratar, dentro de éstos destaca la segmentación, la identificación y la separación de la capa de líneas [9].

Las dificultades principales de una interpretación totalmente automática son la densidad del mapa temático y a la variedad de leyendas. Se puede adoptar la técnica de "pelar la cebolla" donde se eliminan del mapa las capas de información ya procesadas para facilitar la interpretación de las restantes que son más complejas [4].

Para realizar este tipo de proyecto es recomendable desarrollar un sistema de bajo costo con poca intervención manual. No se considera la conversión en vector de forma interactiva o la interpretación automática con verificación humana exhaustiva como económicamente viable. Por el otro lado, un sistema completamente automático libre de error parece ser realista [10, 15].

En este trabajo se desarrollan métodos que funcionan de manera semiautomática y automática. El proceso es completo para minimizar las intervenciones del usuario que en mayoría de los casos es costoso.

Metodología propuesta

metodología que aquí se propone comienza desde la lectura digital del mapa temático originalmente en papel y termina hasta convertir la línea de interés en vector para que un pueda manipularlo. Ésta es una alternativa que tiene la característica de su sencillez operación y casi nula intervención del usuario.

2.1. Descripción de la metodología

de las causas para que no se llegue a un buen resultado depende del proceso de su lectura digital, para ayudar a corregir en parte el problema, se realiza un preprocesado a la imagen para quitar el ruido obtenido en su adquisición y corregir en lo posible el cambio tonalidades que suceden al mezclarse los colores contenidos en el mismo. Se hace notar que en el proceso de promediado de los colores existentes no hay una función inver- que nos pueda ayudar a corregir este evento.

Una vez que tengamos a la imagen en condiciones adecuadas, se aplicará alguno de cinco métodos diferentes de clasificación para obtener el conjunto de líneas deseadas continuar el proceso, la evaluación de cual de éstos es mejor para algún mapa digital determinado quedará delegada a la opinión humana [5], [6], [13].

El proceso siguiente será el de reducir la cantidad de píxeles que conforman a los segmentos de líneas encontradas sin perder información. En este proceso se aprovecha para quitar el excedente de ruido que se introdujo en la clasificación.

Posteriormente al convertirlos en vector se crean listas o tablas secuenciales con los puntos clasificados, para luego unir los diferentes extremos de las mismas y reconstruir posibles trayectorias.

1.1. Preprocesamiento

Normalización de la imagen. Para que el clasificador pueda trabajar de forma rápida y buenos resultados, la imagen debe estar con la menor cantidad de información indeseable proveniente del proceso de captura de la misma.

La normalización se realiza para cada uno de los tres colores primarios en RGB, en donde un color determinado será dependiente de los otros dos. Una vez expandida la imagen, se recorta de manera que todos los valores mayores o iguales a 255, se quedan en

del valor de ése pixel ± 1.5 desviaciones estándar se guardan en un tercer plano. se agregan los pixeles del segundo plano. En el tercer paso, se repite el mismo con los valores del tercer plano, tomamos el valor de cada pixel ± 1.0 desviaciones estándar. En los casos que cumplan con esta condición se guardan en un plano resultante al se agregan los del tercer plano mencionado.

Búsqueda de colores [3]: Aquí se considera la característica de que las líneas madas en los mapas con algunos colores específicos. De los 255^3 colores diferentes, puede contener una imagen en color de 24 bits, la reducimos a 3^3 , donde cada sub-cubo contendrá un conjunto limitado de niveles de intensidad. Tomamos a la línea de interés como centro del sub-cubo y clasificamos solamente a los que mismo orden RGB que el punto de la muestra.

En la figura 2 podemos observar la cantidad de información indeseable que adquieren diferentes clasificadores, el clasificador que más ruido capta es el de Búsqueda de y el que menos ruido capta es el de Expansión en tres pasos.

2.1.3. Postprocesamiento

Eliminación de ruido y adelgazamiento: Después de preparar a la imagen y realizz clasificación por alguno de los métodos anteriores (el que mejor resultado proporcione usuario experto dependiendo del mapa en cuestión), se prosigue a arreglar a las para conseguir mayor continuidad y reducir el grosor al mínimo evitando informaa redundante para el proceso de reconstrucción.

Filtrado: Este filtro se aplica a imágenes en donde las líneas de interés se mezclan fondo del mismo color. Los valores de los pixeles a analizar son todos los contenidos la imagen y se comparan con el valor en RGB del punto seleccionado que se mantiene constante durante este proceso. De un punto a analizar se toman solamente sus 8-vecinos y se calcula para cada color RGB la desviación estándar. Se utiliza como centro analizado cuyo radio está dado por la desviación estándar $\sigma_{\text{Analizado}}$ calculada. Se si el punto seleccionado pertenece a este rango, de ser así permanece en la imagen da, el resto será eliminado.

Binarizado: Basándose en el hecho de que el color ya no nos proporciona más ción, realizamos el binarizado de la imagen que consiste en cambiar el valor de la dad de los pixeles que son diferentes del blanco a valores de intensidad negro.

Cierre Morfológico: Con este proceso vamos a suavizar los contornos de las fusionar separaciones estrechas, eliminar pequeños huecos y agujeros del contorno.

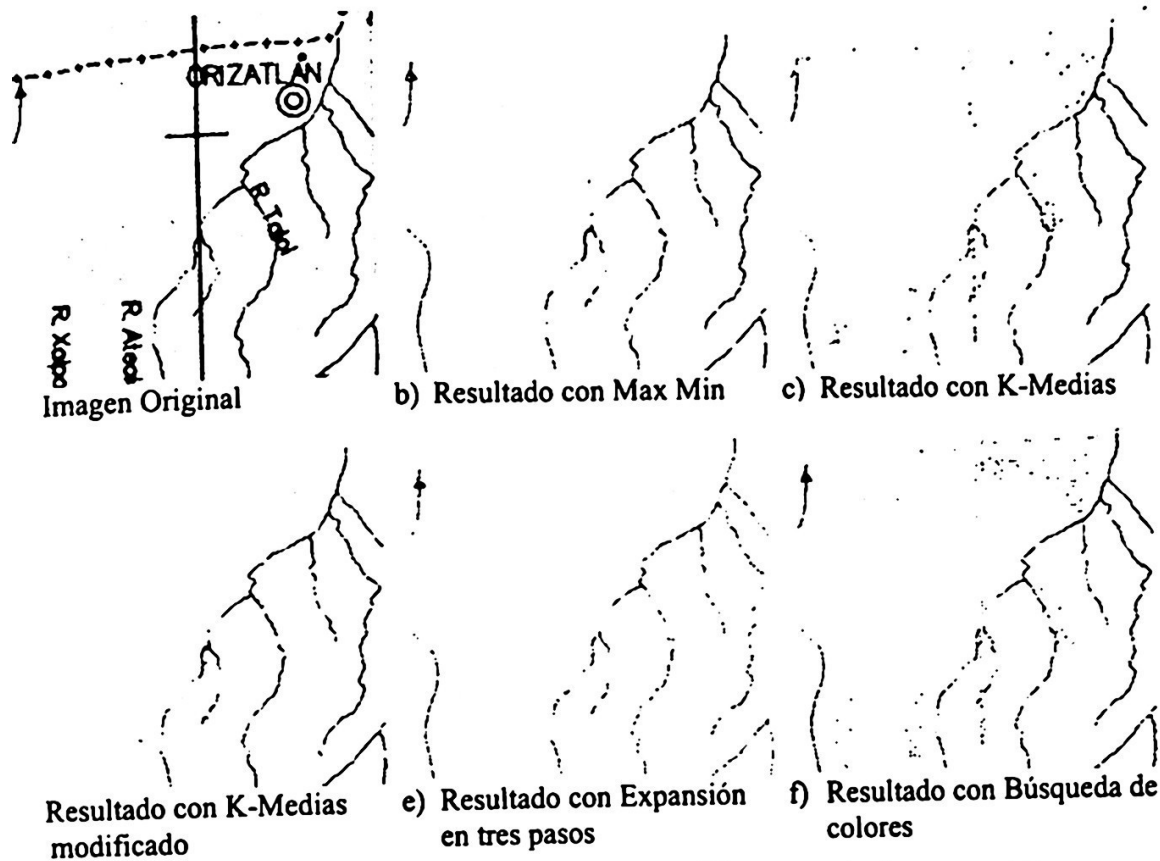


Fig. 2. Resultado de la clasificación con los diferentes métodos expuestos

Eliminación de píxeles mal clasificados: Existen píxeles que están en el límite del conjunto clasificado, éstos pueden no pertenecer a las líneas de interés. Podemos eliminarlos verificamos que son 8-vecinos al conjunto de píxeles que no fueron seleccionados en el proceso de clasificación. Este tipo de filtro se utiliza cuando la imagen contiene objetos oscuros que la línea de interés y el fondo no es del mismo color que la línea buscada por ejemplo para eliminar el texto.

Eliminación de píxeles aislados y en parejas: Cuando quedan píxeles aislados podemos eliminarlos. Si pertenecen a la trayectoria de alguna línea posteriormente la recuperaremos. No es conveniente utilizarlo cuando han quedado las líneas muy discontinuas.

Adelgazamiento: La transformación morfológica al azar ("hit" or "miss") es una herramienta para la detección de formas. En esta ocasión la utilizaremos para encontrar el centro de la línea.

del valor de ése pixel ± 1.5 desviaciones estándar se guardan en un tercer plano. se agregan los pixeles del segundo plano. En el tercer paso, se repite el mismo con los valores del tercer plano, tomamos el valor de cada pixel ± 1.0 desviaciones estándar. En los casos que cumplan con esta condición se guardan en un plano resultante al se agregan los del tercer plano mencionado.

Búsqueda de colores [3]: Aquí se considera la característica de que las líneas madas en los mapas con algunos colores específicos. De los 255^3 colores diferentes, puede contener una imagen en color de 24 bits, la reducimos a 3^3 , donde cada sub-cubo contendrá un conjunto limitado de niveles de intensidad. Tomamos a la línea de interés como centro del sub-cubo y clasificamos solamente a los que mismo orden RGB que el punto de la muestra.

En la figura 2 podemos observar la cantidad de información indeseable que adquieren diferentes clasificadores, el clasificador que más ruido capta es el de Búsqueda de y el que menos ruido capta es el de Expansión en tres pasos.

2.1.3. Postprocesamiento

Eliminación de ruido y adelgazamiento: Después de preparar a la imagen y realiz clasificación por alguno de los métodos anteriores (el que mejor resultado proporcione usuario experto dependiendo del mapa en cuestión), se prosigue a arreglar a las para conseguir mayor continuidad y reducir el grosor al mínimo evitando información redundante para el proceso de reconstrucción.

Filtrado: Este filtro se aplica a imágenes en donde las líneas de interés se mezclan fondo del mismo color. Los valores de los pixeles a analizar son todos los contenidos la imagen y se comparan con el valor en RGB del punto seleccionado que se mantiene constante durante este proceso. De un punto a analizar se toman solamente sus 8-vecinos y se calcula para cada color RGB la desviación estándar. Se utiliza como centro analizado cuyo radio está dado por la desviación estándar $\sigma_{\text{Analizado}}$ calculada. Se si el punto seleccionado pertenece a este rango, de ser así permanece en la imagen da, el resto será eliminado.

Binarizado: Basándose en el hecho de que el color ya no nos proporciona más información, realizamos el binarizado de la imagen que consiste en cambiar el valor de la intensidad de los pixeles que son diferentes del blanco a valores de intensidad negro.

Cierre Morfológico: Con este proceso vamos a suavizar los contornos de las fusionar separaciones estrechas, eliminar pequeños huecos y agujeros del contorno.

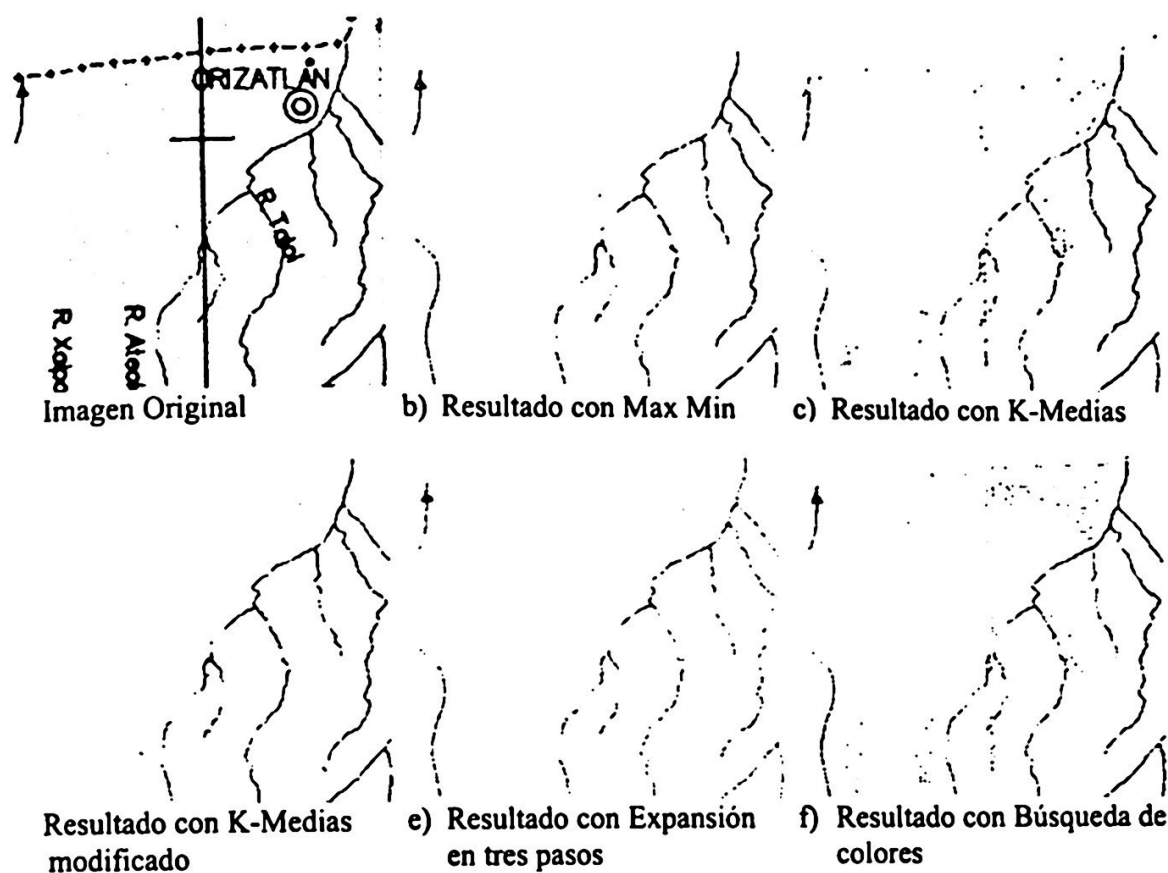


Fig. 2. Resultado de la clasificación con los diferentes métodos expuestos

Eliminación de píxeles mal clasificados: Existen píxeles que están en el límite del conjunto clasificado, éstos pueden no pertenecer a las líneas de interés. Podemos eliminarlos verificamos que son 8-vecinos al conjunto de píxeles que no fueron seleccionados en el proceso de clasificación. Este tipo de filtro se utiliza cuando la imagen contiene objetos oscuros que la línea de interés y el fondo no es del mismo color que la línea busca- por ejemplo para eliminar el texto.

Eliminación de píxeles aislados y en parejas: Cuando quedan píxeles aislados podemos eliminarlos. Si pertenecen a la trayectoria de alguna línea posteriormente la recuperaremos. No es conveniente utilizarlo cuando han quedado las líneas muy discontinuas.

Adelgazamiento: La transformación morfológica al azar ("hit" or "miss") es una herramienta para la detección de formas. En esta ocasión la utilizaremos para encontrar el centro de la línea.

2.1.3.1. Reconstrucción

En los resultados anteriores, la mayoría de los casos contienen segmentos de líneas, otros la ausencia de éstos, sin embargo toda esta información es necesaria para la trayectoria de las líneas.

Búsqueda de extremos en líneas: A partir de un extremo de la línea podremos encontrar otra que esté cercana. Para que un punto sea extremo debe cumplirse cualquiera de las siguientes condiciones:

- 1) El pixel de la línea que se está analizando debe tener un solo 8-vecino;
- 2) Si son dos 8-vecinos, entonces éstos deben ser 8-vecinos entre sí.

Creación de listas: Construiremos listas o segmentos de líneas con conjuntos de pixels que son 8-vecinos entre sí. Todos los pixels se relacionarán a una base de datos respectivas listas.

Búsqueda de candidatos: Después de que se agregaron todos los puntos de la base de datos, comienza el proceso de buscar otro punto extremo que se unirá a una lista determinada, con las siguientes características:

- 1) Debe ser el más próximo en caso de haber más de un punto extremo;
- 2) La distancia máxima entre puntos extremos debe definirse de tal manera que no se formen líneas paralelas;
- 3) Las líneas de unión no deben atravesar o tocar ningún punto de las líneas existentes en la imagen;
- 4) La línea recta nueva debe formar un ángulo entre 45° y 75° respecto a los puntos extremos de cada línea a unirse;
- 5) La relación ángulo-distancia es inversamente proporcional;
- 6) Cuando se unen dos listas éstas formarán una sola;
- 7) No se pueden unir puntos extremos de la misma lista;
- 8) Un punto extremo se puede unir una sola vez;
- 9) Las líneas nuevas se agregarán a la tabla de la base de datos.

De esta manera queda completo el proceso de convertir los centros de las líneas en vectores.

Resultados

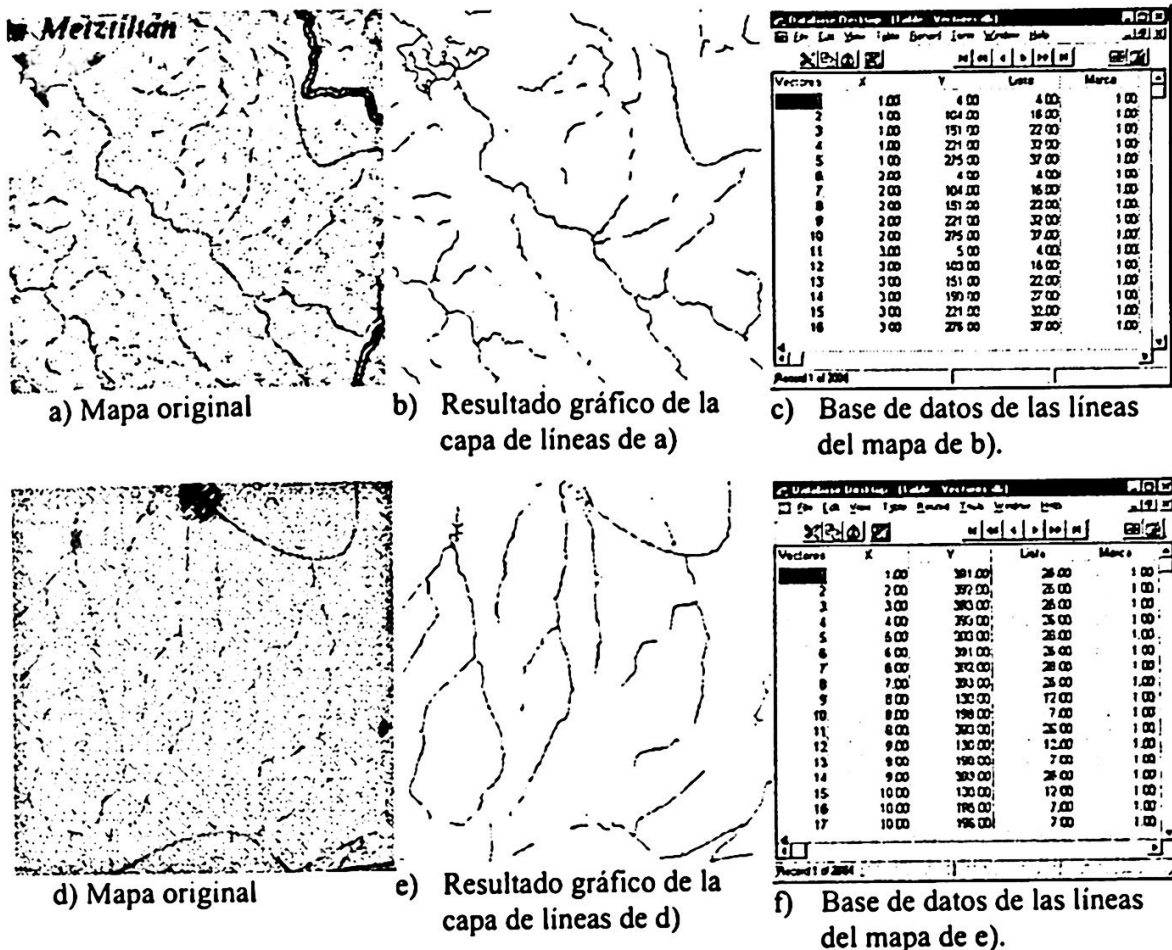


Fig. 3. Resultados del proceso de convertir en vector a las líneas inmersas en una región del mismo color.

En la figura 3 podemos observar algunos resultados de procesamiento completo del sistema aplicado a dos imágenes complejas exploradas digitalmente a color. Las características de esta imagen son: formato JPEG, 500 ppp, color de 24 bits. La dificultad principal para procesar esta imagen es que las líneas están inmersas en el fondo del mismo color, y aún visualmente es difícil distinguirlas. Se observa también la presencia de otros objetos tales como texto, carreteras y rayas artificiales provocadas por las condiciones de papel. En las imágenes de la figura 4d) y 4g), el texto aparece cubriendo las líneas de interés, se observa la presencia de diferentes colores y tonos a lo largo de unas líneas. Además, los extremos de las líneas que se desean unir, están muy cercanos a otras líneas que son paralelas y que no deben ser unidas. Después de la clasificación y segmentación se reconstruyen las líneas discontinuas (Fig. 3b), 3e), 4b), 4c) y 4h)) y se genera la base de datos de las líneas al convertirlas en vector (Fig. 3c), 3f), 4c), 4f) y 4i)), lista para ser incluida en un GIS.

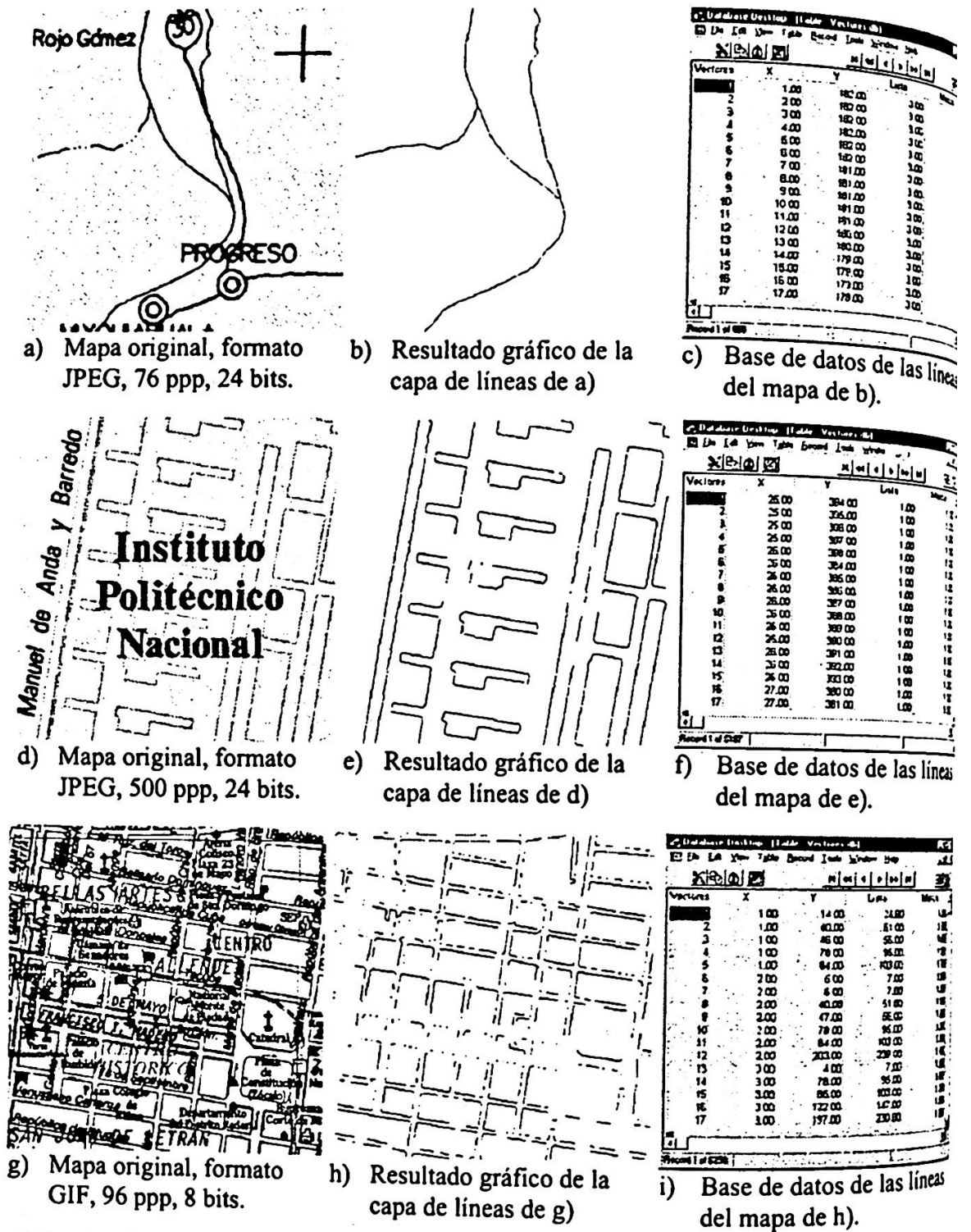


Fig. 4. Resultados del proceso de convertir en vector varios mapas con diferentes características.

Conclusiones y trabajo a futuro

este trabajo se realizó un tratamiento completo para digitalizar líneas en mapas provenientes de papel que parte desde la etapa de la lectura digital hasta su conversión a vector, donde se incluyen las etapas de: 1) Preprocesamiento (Normalización), donde se preparó

mapa temático para la transformación adecuada del papel a imagen digital. Se utilizaron mapas en color de 24 bits en formato JPEG, aunque también trabaja con otros formatos; 2) Procesamiento (Conjunto de clasificadores), donde se propuso un conjunto de clasificadores semiautomáticos eficientes que identifican a cada una de las partes de una línea; 3) Postprocesamiento (Adelgazamiento y conversión en vector de forma automática), donde se recuperó en el espacio correspondiente las líneas completas de los traslapes por otros objetos presentes en el mapa temático; 4) Generación automática de la base de datos de las líneas convertidas en vectores; 5) Reconstrucción de líneas interrumpidas por otros objetos presentes en el mismo mapa digital; 6) Generación de la capa vectorial de objetos lineales y optimización de la intervención de los expertos humanos.

Se incluirá el sistema propuesto al sistema integral A2R2V (from Analogic-to-Raster-Vector) para la interpretación automática de mapas cartográficos leídos digitalmente en color que se desarrolla en este instituto de investigación [10-12].

Referencias

-] Ablameyko, S., Bereishik, V., Kryuchkov, A.: Automated Map-Drawing Digitizing Technology Based on Scanner Input. IAPR Workshop on Machine Vision Applications, (1994), pp. 48-51.
- Chhabra, A. K.: Graphic Symbol Recognition: an Overview. IAPR Lecture Notes in Computer Science, vol. 1389, Graphics Recognition Algorithms and Systems, August, (1998), pp. 68-79.
- Decelis-Burguete, J.: Digitalización automatizada de líneas en mapas raster. Tesis de M. en C., Centro de Investigación en Computación – Instituto Politécnico Nacional (México, D. F.), noviembre, (2001).
- Deseilligny, P., Mariani, R., Labiche, J., Mullot, R.: Topographic Maps Automatic Interpretation: Some Proposed Strategies. IAPR Lecture Notes in Computer Science, vol. 1389, Graphics Recognition Algorithms and Systems, August, (1998), pp. 175-193.
- Doermann, D.S.: An Introduction to Vectorization and Segmentation. IAPR Lecture Notes in Computer Science, vol. 1389, Graphics Recognition Algorithms and Systems, (1998), pp. 1-8.
- Dori, D., Wenyin, L., Peleg, M.: How to Win a Dashed Line Detection Contest. IAPR Lecture Notes in Computer Science, vol. 1072, Graphics Recognition Algorithms and Systems, (1996), pp. 286-300.
- Dupont, F., Deseilligny, M. P., Gondran, M.: Automatic Interpretation of Scanned Maps: Reconstruction of Contour Lines. IAPR Lecture Notes in Computer Science, vol. 1389, Graphics Recognition Algorithms and Systems, (1998), pp. 194-206.

- [8] Gómez-Allende, D.: Reconocimiento de formas y visión artificial. Ed. Wesley Iberoamericana, 1994.
- [9] Levachkine, S. P., Polchkov, E. A.: Cartographic Pattern Recognition. Internacional MICAI 2000, 10-14 April Acapulco, México, (2000), pp. (ISBN 970-18-4465-3).
- [10] Levachkine, S. P., Polchkov, E. A.: Integrated Technique for Automated Digitization of Raster Maps. <http://www.revista.unam.mx/vol.1/art4/index.html>, Revista Universitaria, Vol. 1, No. 1, 30 de junio, (2000).
- [11] Levachkine, S. P., Velázquez, A., Alexandrov, V.: Color Image Segmentation False Colors and Its Applications to Geo-Images Treatment: Alphanumeric Characters Recognition. International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS 2001, Sydney, Australia, (IEEE Catalog Number (CD-ROM) 01CH37217C; Library of Congress Number: 01-087978; ISBN CD-ROM: 7033-3), 9-13 July, (2001).
- [12] Levachkine, S. P., Velázquez, A., Alexandrov, V., Kharinov, M.: Semantic and Recognition of Raster-Scanned Color Cartographic Images. Proc 4th, IAPR Int. Workshop on Graphics Recognition – GREC 2001, 7-8 September Kingston, Canada, (2001), pp. 255-266.
- [13] Myers, G. K., Mulgaonkar, P. G., Chen, C. H., DeCurtins, J. L., Chen, E.: Recognition-Based Approach for Automated Text and Feature Extraction from Scanned Maps. IAPR Lectures Notes in Computer Science, vol. 1072, Graphics Recognition (1996), pp. 190-203.
- [14] Nishijima, M., Watanabe, T.: An Automatic Extraction Approach of Road Information on the Basis of Recognition of Character Regions. Lecture Notes in Computer Sciences, vol. 1024 (1995), pp. 173-180.
- [15] Ogier, J. M., Adam, S., Vessaid, A., Bechar, H.: Automatic Topographic Map Analysis System. Proc. 4th. IAPR Int. Workshop on Graphics Recognition-GREC 2001, 7-8 September Kingston, Ontario, Canada, (2001), pp. 229-244.
- [16] Schavemaker, J. G. M., Reinders, M. J. T.: Information Fusion for Conflict Detection in Map Interpretation. IAPR Lecture Notes in Computer Science, vol. Graphics Recognition Algorithms and Systems (1998), pp. 231-242.