

Fig. 23. Procedimiento para realizar el proceso de cálculo - columna nueva - clasificación - representación, con el uso de los programas complementarios a los SIG.

El programa SIMILITUD, programado en lenguaje Borland C++ (Borland Software Corporation, 2002), en su primera versión (versión 1.0) permite: leer una base de datos de atributos en formato ACCESS (Microsoft Corporation, 2000); elegir los campos necesarios para el cálculo; establecer el modelo, designando los valores apropiados para cada una de las variables que se toman en cuenta; establecer pesos para las variables; calcular las distancias de similitud y generar nuevas columnas en la base de datos con el resultado de los cálculos. A esta versión se le ha agregado la posibilidad de establecer intervalos de similitud, para lo cual el usuario es auxiliado por la muestra de un histograma de frecuencias de las similitudes.

Los valores de las variables en el modelo pueden expresarse según todas las opciones mostradas en la tabla 6 y pueden ser tomados de los propios valores de la base de datos o insertados de manera independiente.

Se pueden generar nuevas columnas en la base de datos de atributos con las distancias de similitud calculadas y con los valores de los intervalos establecidos. El nombre de estas columnas puede indicarse o de lo contrario el programa asume los nombres que se usarán. En el caso de la obtención de varias columnas nuevas producto de cálculos sucesivos el programa brinda la elección de sobrescribir los nombres existentes o no. Finalmente se puede indicar si las columnas generadas se insertarán o no en la tabla de atributos. El programa brinda además en una tabla los intervalos de la clasificación con los valores que toman todas las variables analizadas en cada uno de ellos, lo que puede emplearse en la conformación de la leyenda del mapa temático a realizarse.

La base de datos de atributos con la que se trabaja presenta en un campo el nombre de las entidades espaciales que se clasificarán. El resto de los campos contiene las variables examinadas. Cada record representa una entidad espacial con el comportamiento de todas las variables (figura 24).

El programa se ejecuta realizando los siguientes pasos:

- Apertura de una base de datos.

- Selección de los campos con datos que se incluirán en el establecimiento del modelo.
- Establecimiento del comportamiento de las variables en el modelo.
- Establecimiento de pesos para las variables.
- Elección de las opciones adecuadas para el establecimiento de la columna nueva con datos de atributos que se generará.
- Inserción de la nueva columna con datos de atributos en la tabla.

El programa SIMILITUD puede instalarse en el disco duro de una computadora personal desde un disco compacto, mediante un programa instalador (SETUP). Para activarlo, basta seleccionarlo desde el menú de Inicio – Programas, de Windows o desde su icono en la pantalla principal o escritorio de Windows. La figura 25 muestra una imagen con la apariencia del programa en ejecución.

III.2. Programa complementario TIPOGRAMAS. Representación cartográfica con el uso de diagramas especiales

Los tipogramas son diagramas o gráficos especiales que se emplean en los mapas temáticos para representar, en localidades o territorios determinados, el comportamiento de familias de variables que pueden o no estar expresadas en iguales unidades de medida y sus valores pueden ser absolutos o relativos. Su esencia es representar sobre ejes concéntricos las magnitudes de las variables, estableciendo una relación entre el tamaño de cada eje y el valor de cada variable. El proceso de los cálculos para llevar a cabo su dibujo es fácilmente desarrollado en un programa computacional. Son interpretados con facilidad y brindan mucha información al unísono, lo que lleva a generar nueva información sintética como parte de la modelación cartográfica. Los tipogramas pueden formar parte del método de los símbolos fuera de escala o también del método de los cartodiagramas, según la clasificación de los métodos de representación cartográfica de Salitchev (1981), ampliamente conocida y utilizada en Cuba.

Como ya se ha visto, la información geográfica comúnmente viene dada mediante numerosas variables que pueden estar expresadas en iguales o distintas unidades de medida, según el caso. Al gestionar la información geográfica usualmente se mezclan estas variables al unísono y se precisa de representaciones cartográficas que se ajusten a estas características para reflejar de manera sintética las particularidades y generalidades de los objetos y fenómenos geográficos que son estudiados.

Los tipogramas se han empleado con éxito sobre todo en la representación de temas socioeconómicos y ambientales, aunque pueden usarse también para representar fenómenos de la naturaleza. Varios atlas regionales y especiales elaborados en Cuba, como el Atlas de Camagüey (IGEO e ICGC, 1989 a); el Atlas Regional del Caribe (Departamento de Geografía Económica del Instituto de Geografía de la ACC, 1979) o el Atlas de Medio Ambiente del Caribe (IGT, 1995) o también nacionales, como el Nuevo Atlas Nacional de Cuba (IGEO e ICGC, 1989 b), exhiben variados mapas temáticos con tipogramas.

El proceso de la elaboración de mapas temáticos que utilizan diagramas en el ambiente de los SIG requiere de:

- *La base de datos espaciales.*
- *La base de datos de atributos.*
- *Conjunto de opciones especiales de representación cartográfica.*
- *Conjunto de opciones de edición e impresión.*

La base de datos espaciales brinda al mapa lo que los cartógrafos llaman la base cartográfica. En una base de datos espaciales están almacenadas las entidades espaciales elementales (puntos, líneas y polígonos) con las que se pueden representar los elementos de carácter espacial que se ubican sobre la superficie de la Tierra. Para confeccionar un determinado mapa se escogen, según los principios de la selección y la generalización que exige la asignación del mapa, las entidades espaciales correspondientes. Hay entidades espaciales que sirven en el mapa sólo como elementos de referencia y otras sobre las que pueden actuar de forma especial los programas de representación cartográfica para transformarlas de algún modo y resultan de hecho las entidades

objeto de la representación. Las bases de datos espaciales con estructuras que cumplen los requisitos indispensables de flexibilidad, comparación y topología, funcionan de forma óptima en los paquetes de SIG, puesto que constituyen su basamento estructural.

La base de datos de atributos flexible, con un manejador eficiente, sirve para caracterizar a los datos espaciales. A veces las bases y manejadores de los propios paquetes de SIG resuelven los problemas de la caracterización eficiente de las entidades espaciales que se utilizan en los temas tratados, pero a veces es necesario recurrir a paquetes de bases de datos y manejadores externos más especializados. De cualquier manera, las bases de datos de atributos funcionan, en uno u otro contexto, eficientemente.

El *conjunto de opciones especiales de representación cartográfica* se está presente en los paquetes de SIG de propósito general que comúnmente se emplean. En estos paquetes hay métodos o variantes de representación cartográfica de la información que pueden cumplir las expectativas de los especialistas usuarios en diversos temas, sin embargo, en ocasiones se dificulta la mezcla de métodos de representación que se emplean en la elaboración de una cartográfica más compleja y por otro lado hay tipos de diagramas que no están contemplados. En este último caso están los tipogramas.

Los tipogramas no forman parte de las variantes de diagramas empleados para la representación cartográfica de la información en los paquetes de SIG comúnmente usados. Algunos paquetes de SIG específicos, sistemas de cartografía automatizada, sistemas de bases de datos, hojas de cálculo y sistemas estadísticos presentan opciones para la construcción de gráficos polares y las llamadas rosas. En ellos se representan comúnmente variables expresadas en la misma unidad de medida, empleando parámetros de construcción sencillos y en el caso de contemplar diferentes unidades de medida, no se tienen en cuenta todas las posibilidades de construcción de los tipogramas que han sido empleados en numerosos mapas y atlas consultados.

Microsoft Access

Archivo Edición Ver Formato Registros Herramientas Ventana ?

Campos con las variables examinadas

Campos con las variables examinadas

NOMBRE_PROV	Grado_Urb_	Esp_vida_	Tasa_A_Fem_%	EnfyAux_%	TasaEsc6_	Mortlnf_%o	Sal_medio	Médicos%o
Pinar del Río	50	70	33	3	87	17	162	1
La Habana	70	72	33	4	85	14	171	1
Ciudad de La Habana	100	72	43	5	90	12	185	5
Matanzas	75	74	33	4	87	13	171	2
Villa Clara	72	76	28	3	90	15	180	1
Cienfuegos	78	78	30	4	92	19	185	1
Sancti Spiritus	75	75	25	3	85	14	175	1
Ciego de Avila	70	70	32	2	85	14	175	1
Camagüey	70	70	33	4	85	14	175	1
Las Tunas	70	70	27	2	85	21	172	1
Granma	70	70	21	2	85	21	171	1
Holguín	55	75	21	2	85	17	172	1
Santiago de Cuba	60	75	30	3	85	19	172	2
Guantánamo	55	75	27	3	85	21	171	1
Isla de la Juventud	80	72	57	6	87	12	180	2

Record o fila que representa a la provincia de Villa Clara , con el comportamiento de sus variables

Fig. 24. Ejemplo de una tabla de atributos en formato Access.

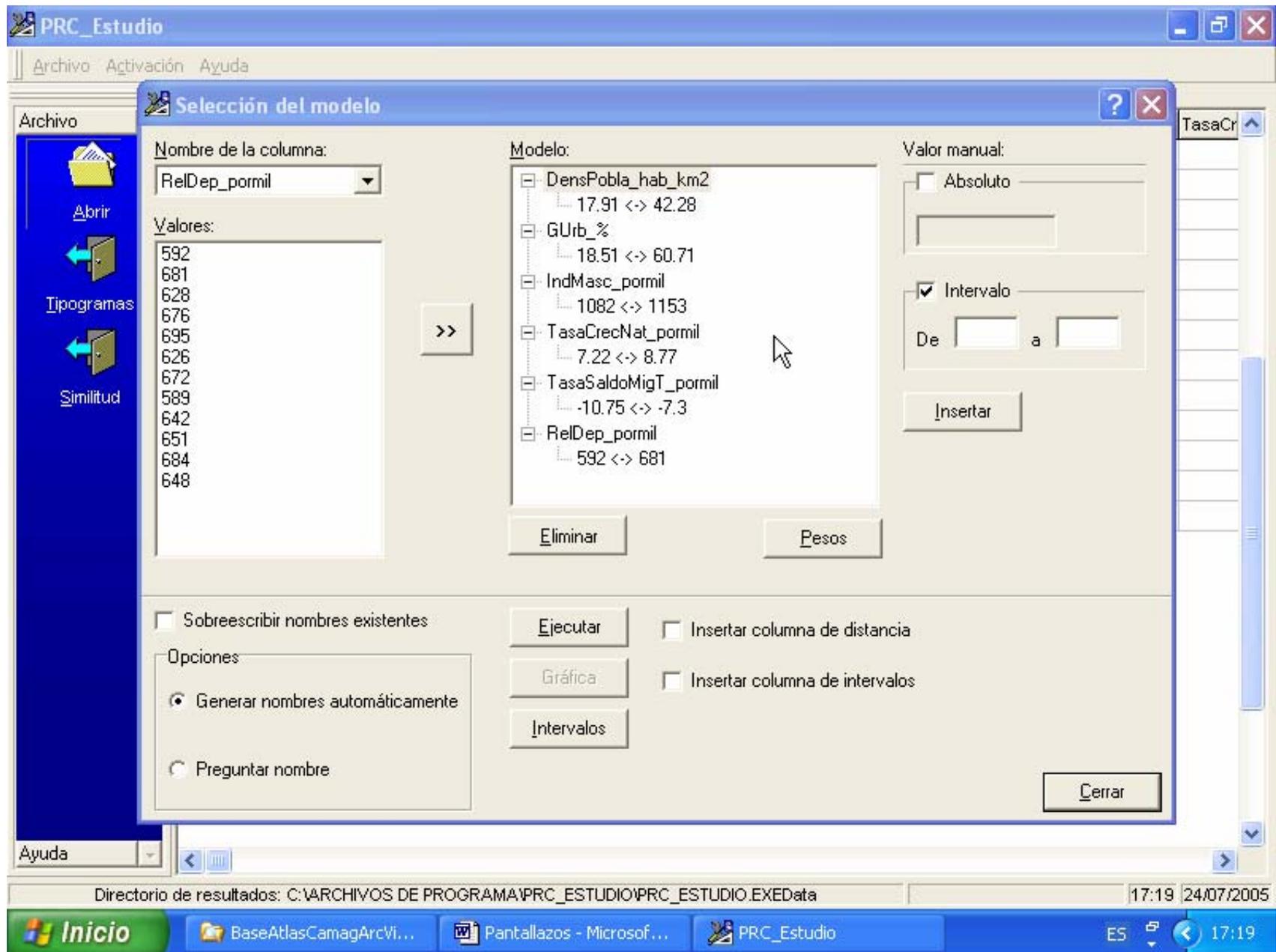


Fig. 25. Apariencia del programa SIMILITUD en ejecución.

Existen antecedentes en Cuba de programas para la elaboración de mapas con tipogramas de forma automatizada. Desde mediados de los años 80 del siglo XX en Cuba se comienza a trabajar en la automatización de mapas temáticos (Novua, 1994, 2003) y se pueden mencionar dos sistemas producidos que abordan la ejecución (cálculos y dibujos) de tipogramas: PC-SACE (Sistema Automatizado de Cartografía Estadística), desarrollado en el entonces IGEO en 1987 y SAPHA (Sistema Automatizado Para Hacer Atlas), desarrollado por N. Viñas en el Grupo territorial de estudios geográficos de Santiago de Cuba, perteneciente a la Academia de Ciencias de Cuba, en 1989. Ambos constituyen pasos importantes que han permitido examinar los resultados de la aplicación de diferentes procedimientos y ganar en experiencias.

PC-SACE formó parte del SIGC pero no fue concebido como un programa complementario a un SIG. Se podía emplear, formando parte o no del SIGC, como programa independiente. Igual sucede con el sistema SAPHA, concebido como sistema independiente para la elaboración de mapas temáticos que pueden formar parte de atlas y con orientación a abordar directamente el dibujo de los mapas en una mesa graficadora. Hoy no se usan porque la forma propia de abordar la entrada y salida de la información, así como la interfase con el usuario y la programación en general no compiten con los estándares abordados por sistemas de bases de datos, representación y edición cartográfica de la información geográfica existentes.

Con respecto al *conjunto de opciones de edición e impresión* flexible del mapa final obtenido, los paquetes de SIG incursionan en esta fase de la representación cartográfica y algunos mapas sencillos se pueden obtener y satisfacer a los usuarios, pero existen otros sistemas más especializados que tratan la edición con más rigor y permiten confeccionar mapas más complejos, con opciones de separación de originales de línea y relleno para la impresión.

Lo anterior apunta a que se puede centrar la atención en las potencialidades del método de representación en cuestión y no en tareas como la creación de archivos de entrada de datos, tanto espaciales como de atributos o el dibujo y edición de gráficos, entre otras, que ya resuelven con excelencia los sistemas de bases de datos, los paquetes de SIG o los sistemas de edición gráfica existentes.

El procedimiento propuesto entonces, para la elaboración de los mapas temáticos, que emplean diagramas, como es el caso de los tipogramas, con el uso de los programas complementarios a los SIG, es el siguiente (figura 26):

Las entidades espaciales, establecidas en capas de información, que pueden conformar la base cartográfica requerida para un mapa temático, se pueden exportar en forma de archivos de intercambio gráfico hacia otros programas.

Empleando la asociación entre las entidades espaciales y los datos de atributos, las primeras pueden clasificarse según distintos atributos y se pueden obtener mapas temáticos intermedios. Las entidades componentes de estos mapas temáticos también se pueden exportar.

Los datos de atributos, tanto los que forman parte de las bases del propio software de SIG como los que forman parte de bases con formatos propios de sistemas manejadores de bases de datos externos, pueden ser leídos por programas complementarios, que los analizan, realizan cálculos, determinan variables y generan archivos de intercambio gráfico. Estos programas pueden utilizar la información de los atributos seleccionados para elaborar entidades gráficas que se utilizan en la conformación de métodos de representación cartográfica.

Los archivos de intercambio gráfico, con la información de la base cartográfica requerida para el mapa temático, incluyendo la variante de una posible información temática intermedia, pueden ser leídos por un sistema de edición gráfica que, a la vez, posibilita su dibujo.

Los archivos de intercambio gráfico generados por los programas complementarios también se leen por el sistema de edición gráfica. Teniendo la base cartográfica más los elementos gráficos constituyentes de los métodos de representación cartográfica que se van a emplear, queda entonces la generación y edición de los elementos que le faltan al mapa con el uso de las bondades del propio sistema editor gráfico para llegar a la confección del mapa temático final.

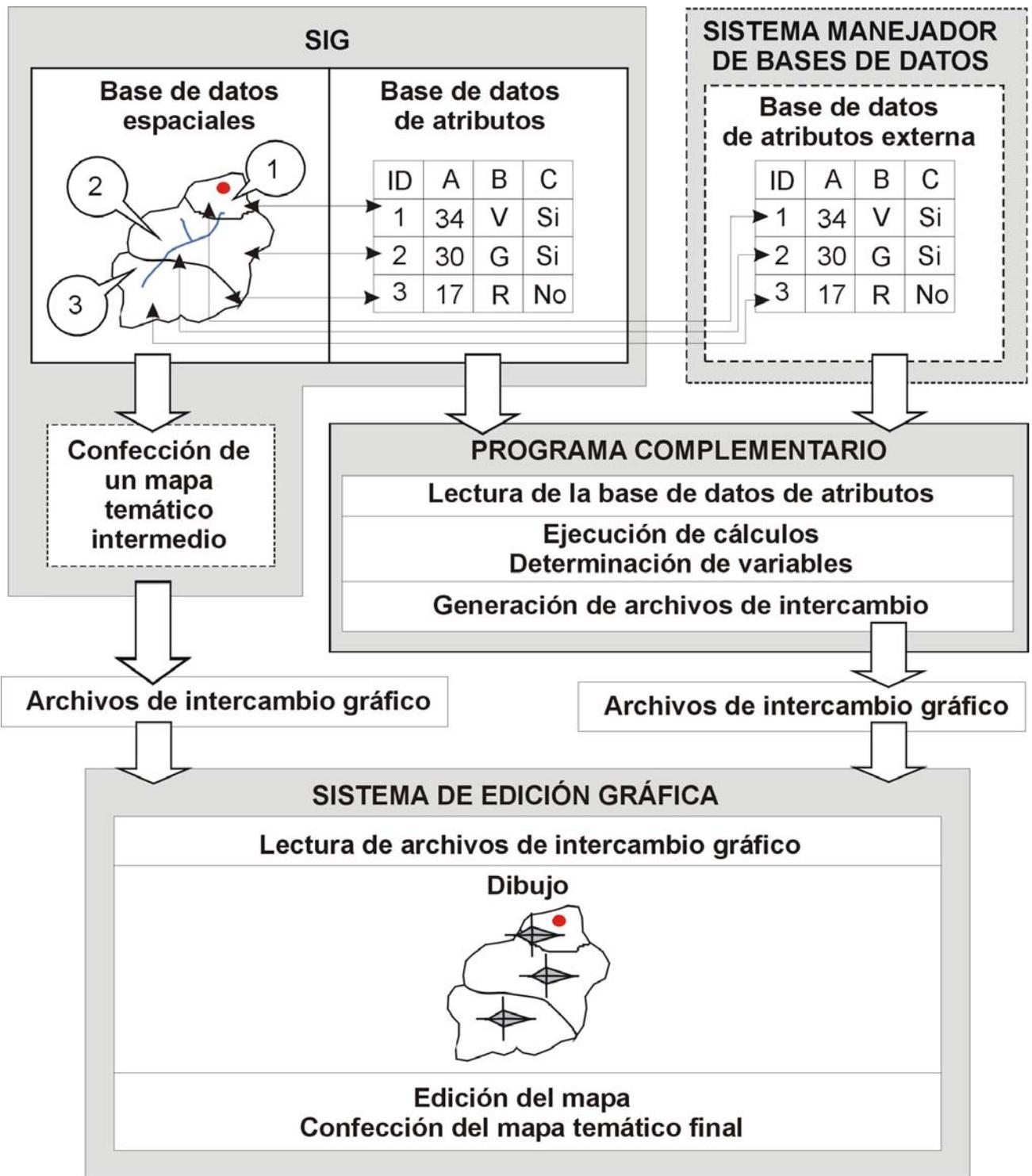


Fig. 26. Procedimiento para la elaboración de los mapas temáticos que emplean diagramas, con el uso de los programas complementarios a los SIG.

El programa TIPOGRAMAS es un programa complementario que se basa en el procedimiento anterior y permite la construcción de mapas temáticos en los que se emplean los tipogramas.

Los tipogramas han sido clasificados según su aspecto o forma y las funciones que cumplen. En ese sentido, se plantea que los más utilizados en el manejo y representación de muchos indicadores en un mapa son: los tipogramas de sectores, de bisectrices, de círculos concéntricos y de ejes fijos, entre otros (Véliz y Rosell, 1994).

No obstante, al programar su construcción y manejar las opciones en un programa de computación es necesario reparar en aquellas regularidades y particularidades que influyen o determinan en las variantes de tipogramas que se pueden crear. Estas variantes en definitiva pueden asociarse a la clasificación anterior, aunque barren un espectro mayor de posibilidades (tabla 7).

El programa complementario TIPOGRAMAS parte del principio de que los dos grandes grupos en que se dividen los tipogramas están determinados por dos parámetros: las unidades de medida en que se expresan las variables y las escalas de representación de las variables en los ejes.

Si las variables se expresan en diferentes unidades de medida para cada eje, o también si se expresan en la misma unidad de medida en todos los ejes pero en diferentes escalas para cada eje, entonces los tipogramas que se crean bajo estas condiciones reflejan el comportamiento de una familia de variables que entre ellas no son comparables (variantes: I y II.1.). Sin embargo, manteniendo los ejes de un mismo tamaño y haciendo coincidir el mayor valor de cada variable con la mayor dimensión de los ejes, entonces con la representación del resto de los valores los ejes, por proporcionalidad, se puede lograr la representación de las fluctuaciones de las variables expresadas en los mismos. Esto se puede apreciar comparando cada eje con su equivalente en cada diagrama. Un polígono (polígono total simple), cuyos vértices coinciden con los puntos sobre los ejes donde están expresados los valores de las variables (variantes: IA y II.1.A), sirve de referencia de los desplazamientos de las variables, mientras el vértice de un polígono se acerca más al centro del diagrama estará indicando que la variable expresada en ese eje está tomando valores más bajos, por el contrario mientras más se aleja el vértice de un polígono del centro del

diagrama estará indicando valores más altos para la variable. Una convención opcional, utilizada en la construcción de estos tipogramas, es el uso de polígonos parciales obtenidos por bisectrices para destacar con diferentes colores las variables (variantes I.B. y II.1.B.).

Es importante destacar que, para este grupo de tipogramas, tanto el polígono total simple como los polígonos parciales obtenidos por bisectrices no tienen otra significación geométrica que resaltar los valores de las variables tomados en los ejes. Lo esencial en su interpretación es el aspecto que toman los polígonos, lo cual al comparar cada tipograma acentúa diferencias y concordancias.

La ubicación de cada diagrama refiere el comportamiento expresado de las variables a un punto o una región determinada, de manera que varios diagramas en varias regiones o puntos brindan información sintética del comportamiento de la familia de variables analizada en todo el espacio geográfico estudiado, permitiendo interpretar regularidades y particularidades de forma rápida, fácil y eficiente.

Algunos ejemplos de tipogramas pertenecientes a este grupo se pueden observar en los mapas publicados siguientes:

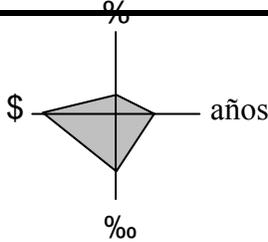
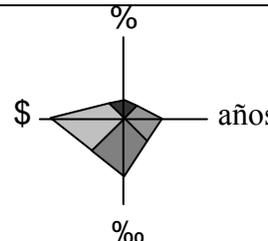
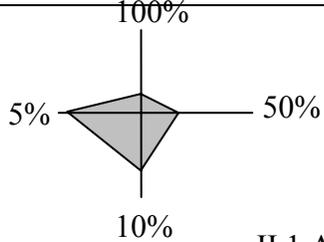
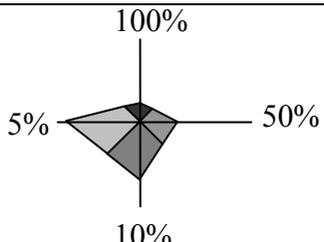
- Mapa “Población rural. Indicadores demográficos”, Atlas de Camagüey.
- Mapa “Comercio, productos alimenticios y productos industriales”, Atlas de Camagüey.
- Mapa “Servicios comunales”, Atlas de Camagüey.
- Mapa “Población y medio ambiente social”, Atlas de Camagüey.
- Mapa “Cambios en el poblamiento urbano”, Nuevo Atlas Nacional de Cuba.
- Mapa “Cambios en el poblamiento rural”, Nuevo Atlas Nacional de Cuba.

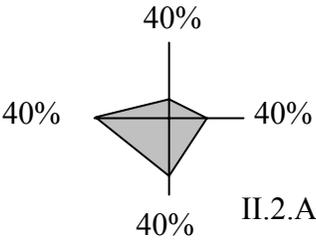
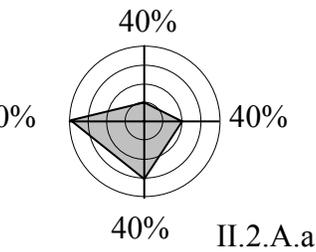
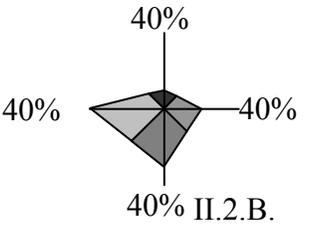
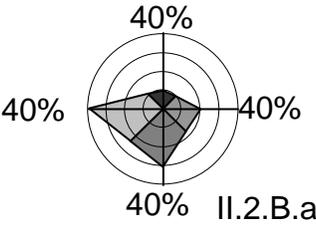
- Mapa “La población y el medio ambiente”, Nuevo Atlas Nacional de Cuba.

Si las variables se expresan en la misma unidad de medida y en la misma escala en todos los ejes, entonces los tipogramas que se crean bajo estas condiciones reflejan el comportamiento de una familia de variables que entre ellas son comparables y hasta podrían ser en algunos casos sumandos o valores parciales de un valor total (variante: II.2). Puede continuarse con el criterio de mantener los ejes de un mismo tamaño y entonces hacer coincidir el mayor valor de todas las variables con la mayor dimensión de los ejes. Con la representación del resto de los valores en los ejes, por proporcionalidad, se puede lograr la representación de las fluctuaciones de las variables expresadas en los mismos. Se puede comparar cada eje con su equivalente en cada diagrama y además con el resto de los ejes de un mismo diagrama. Para la referencia de los desplazamientos de las variables se puede emplear un polígono total simple, que abarca el comportamiento de todas las variables (variante: II.2.A) o también polígonos parciales obtenidos por bisectrices (variante: II.2.B) o polígonos parciales obtenidos por sectores angulares entre ejes contiguos (variante II.2.C), que abarcan el comportamiento de cada variable individualmente.

Para este grupo de tipogramas, en el caso de que las variables sean sumandos o valores parciales de un valor total se puede hablar de relación de tipo areal entre los polígonos parciales obtenidos por bisectrices y el polígono total simple que los encierra. En este caso, la relación entre la suma de los ejes y la dimensión de un eje determinado es igual a la relación entre el área del polígono total simple y el área del polígono obtenido por bisectrices equivalente. También hay relación de tipo areal en los polígonos parciales obtenidos por sectores angulares entre ejes contiguos. La relación entre la dimensión máxima de los ejes y la dimensión de un eje determinado, desde el centro del diagrama hasta el punto donde se representa el valor de la variable, es igual a la relación entre el área del polígono formado para la dimensión máxima de los ejes y el área del polígono formado para el eje determinado anterior.

Tabla 7. Variantes de tipogramas. Parámetros de definición y elementos de construcción.

Parámetros de definición		Elementos de construcción		Ejemplo gráfico
Unidades de medida en que se expresan las variables	Escalas de representación de las variables en los ejes	Tipos de polígonos del tipograma	Presencia de círculos concéntricos	
I Variables expresadas en diferentes unidades de medida para cada eje		A		 <p>I.A.</p>
		B		 <p>I.B.</p>
II Variables expresadas en la misma unidad de medida en todos los ejes	I	A		 <p>II.1.A.</p>
		B		 <p>II.1.B.</p>

Parámetros de definición		Elementos de construcción		Ejemplo gráfico
Unidades de medida en que se expresan las variables	Escalas de representación de las variables en los ejes	Tipos de polígonos del tipograma	Presencia de círculos concéntricos	
II	2 Variables expresadas en la misma escala en todos los ejes	A		 <p>II.2.A.</p>
			a Con círculos concéntricos	 <p>II.2.A.a.</p>
		B		 <p>II.2.B.</p>
			a Con círculos concéntricos	 <p>II.2.B.a.</p>

Parámetros de definición		Elementos de construcción		Ejemplo gráfico
Unidades de medida en que se expresan las variables	Escalas de representación de las variables en los ejes	Tipos de polígonos del tipograma	Presencia de círculos concéntricos	
II	2	C		<p>10 km² 10 km² 10 km² 10 km² II.2.C.</p>
			a	<p>10 km² 10 km² 10 km² 10 km² II.2.C.a.</p>

A - Polígono total simple.

B - Polígonos parciales, obtenidos por bisectrices.

C - Polígonos parciales, obtenidos por sectores angulares entre ejes contiguos.

Para acentuar las comparaciones entre los valores de las variables representadas en los ejes de un mismo diagrama se pueden emplear círculos concéntricos. (variantes: II.2.A.a., II.2.B.a., II.2.C.a)

Los círculos concéntricos pasan por cada uno de los valores representados en los ejes e indican su proyección en los restantes. De esta manera se representan las distancias existentes entre los valores de las variables en los distintos ejes. Cuando los valores de las variables se diferencian en intervalos fijos, entonces los círculos concéntricos quedan expresados con separaciones equidistantes.

Algunos ejemplos de tipogramas pertenecientes a este grupo se pueden observar en los mapas publicados siguientes:

- Mapa “Educación. Curso 1985-1986”, Atlas de Camagüey.
- Mapa “Producción total agropecuaria”, Atlas de Camagüey.
- Mapa “Estructura cuantitativa de las ciudades”, Atlas regional del Caribe.
- Mapa “Estructura del empleo por sectores económicos”, Atlas regional del Caribe.
- Mapa “Estructura cuantitativa de los predios rurales según su tamaño”, Atlas regional del Caribe.
- Mapa “Uso general de la tierra”, Atlas regional del Caribe.
- Mapa “Estructura de uso de la tierra cultivada”, Atlas regional del Caribe.
- Mapa “Producto interno bruto por sectores de la actividad económica”, Atlas regional del Caribe.
- Mapa “Agricultura y medio ambiente”, Atlas de Medio Ambiente del Caribe.

Por último, todas las variantes de tipogramas, excepto las que tienen círculos concéntricos, se pueden dibujar con los ejes, sin los ejes o con los ejes truncados por los polígonos (figura 27).

El programa TIPOGRAMAS, programado en lenguaje Borland C++ (Borland Software Corporation, 2002), en su primera versión (versión 1.0) permite: leer una base de datos de atributos en formato ACCESS (Microsoft Corporation, 2000); elegir los campos necesarios; escoger opciones convenientes acerca de las propiedades de los datos; seleccionar las variantes de tipogramas deseadas y generar archivos de intercambio gráfico en formato DXF (Autodesk, Inc.). Se aborda la construcción de tipogramas con polígono total simple, con polígonos parciales obtenidos por bisectrices y con círculos concéntricos. Se brinda la opción de obtener tipogramas con los ejes enteros o con los ejes truncados por los polígonos. Se controlan las dimensiones de los tipogramas mediante un factor de escala que puede introducirse. En las pruebas preliminares y las comprobaciones con datos reales se ha empleado como editor gráfico de los mapas, con resultados satisfactorios, el sistema Corel Draw 9 (Corel Corporation y Corel Corporation Limited, 1999).

La base de datos de atributos con la que se trabaja presenta en un campo el nombre de las localidades o regiones donde se van a ubicar los tipogramas. El resto de los campos contiene las

variables examinadas. Cada record representa una localidad o región con el comportamiento de todas las variables (la figura 24, citada anteriormente sirve de ejemplo).

Mediante una ventana de diálogo TIPOGRAMAS establece una interfase interactiva con el usuario que permite escoger la columna de la base de datos que se empleará como nombre de las localizaciones a las que se va a referir el tipograma y a su vez las columnas de los datos que se representarán en sus ejes.

El orden en que se eligen los campos de atributos con datos efectivos para los cálculos determina el orden en que se expresan los ejes del tipograma, partiendo del eje vertical superior, en el sentido de las manecillas del reloj (figura 28).

Si todas las columnas vienen con datos expresados en la misma unidad de medida y en la misma escala, entonces los ejes del tipograma se pueden relacionar entre sí y la connotación interpretativa del tipograma como representación cartográfica puede incluir esta relación para cada localización, además del análisis de los diagramas entre las localizaciones. Los cálculos son distintos también a la variante de que las columnas vengan con datos expresados en distintas unidades de medidas. En esta última variante los ejes no se pueden relacionar entre sí. El diagrama no tiene interés para el análisis de las variables examinadas en una sola localización, pero resulta muy útil el análisis de las familias de comportamientos de las variables entre las localizaciones, lo que hace al tipograma un diagrama especial, distinto a los diagramas más empleados en los más usados SIG.

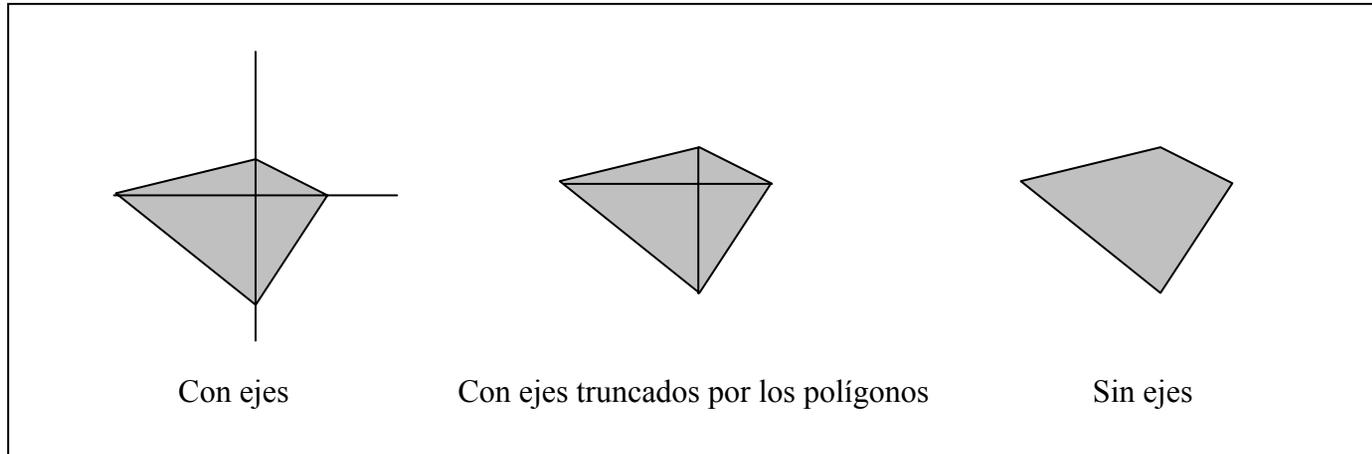


Fig. 27. Opciones, con respecto a los ejes, en el dibujo de los tipogramas.

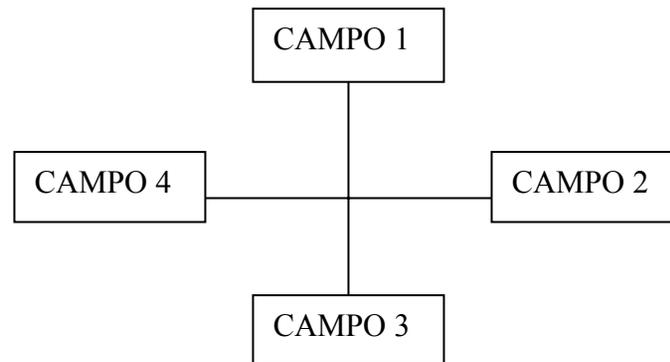


Fig. 28. Orden en que se expresan los ejes de un tipograma basado en el orden en que se eligen los campos de atributos con datos efectivos para los cálculos en el programa TIPOGRAMAS. Ejemplo para un tipograma de 4 ejes.

Las variables propuestas para los cálculos, con su descripción, tipo y dominio se muestran en la tabla 8.

El programa se ejecuta realizando los siguientes pasos:

- Apertura de una base de datos.
- Selección del campo con el nombre de las localidades o regiones.
- Selección de los campos con los datos en el orden deseado.
- Selección de la respuesta para la siguiente pregunta: ¿Las variables se expresan en la misma unidad de medida y en la misma escala?
 - a) Sí.
 - b) No.
- Si la respuesta es a), entonces se halla el mayor valor de todos los valores de atributos (M) ; si no, entonces se halla el mayor valor de cada campo de atributo (m (j)).
- Cálculo del ángulo entre los ejes.
$$\sigma (i,j) = 360 / c$$
- Cálculo del ángulo de los ejes.

Si $j = 1$, entonces $\alpha (i,j) = 90$, sino $\alpha (i,j) = \alpha (j - 1) - \sigma$
Si $\alpha (i,j) \leq 0$, entonces $\alpha (i,j) = 360 + \alpha (i,j)$
- Cálculo de los valores sobre los ejes.

Si la respuesta es a): $a (i,j) = (v (i,j) * 40) / m (j)$, sino, entonces $a (i,j) = (v (i,j) * 40) / M$.

Nota: 40 es un valor constante que se asume como dimensión mayor de los ejes.

- Cálculo de las coordenadas de los valores sobre los ejes.
 $x(i,j) = a(i,j) * \cos \alpha$
 $y(i,j) = a(i,j) * \sen \alpha$
- Cálculo de las coordenadas de los extremos de los ejes.
 $xx(i,j) = 40 * \cos \alpha$
 $yy(i,j) = 40 * \sen \alpha$
- Control del factor de escala y del efecto del truncado de los ejes por los polígonos, según el caso.
- Escritura de los archivos de formato DXF para cada localidad o región.

El nombre del archivo es el nombre que aparece en el campo de los nombres de las localidades o regiones de ubicación.

Este archivo contiene información de todos los parámetros leídos o calculados durante la ejecución del programa.

Este archivo permite construir tipogramas mediante líneas (ejes), polígonos y textos (nombre de la localidad o región). Cada una de estas entidades se almacena en capas (layers) diferentes para su mejor manejo durante la edición. El establecimiento de diferentes capas permite la edición de colores diferentes, la colocación de las entidades encima o debajo unas de otras y el dibujo o no de los ejes.

Como se observa, la descripción de los pasos anteriores, a la manera de como se exponen en la documentación de base para la programación por los especialistas temáticos y en geoprocesamiento, se hace poniendo énfasis en las tareas que se desea que se resuelvan, así como en su forma y orden. Se plantean fórmulas y algunos algoritmos sencillos que ayudan mucho a los programadores y se obvian cuestiones propias de programación y cálculos estándares (como

el caso de hallar el mayor de una columna en una base de datos). De hecho, todo el presente epígrafe constituye la documentación de base para la programación confeccionada para la elaboración del programa TIPOGRAMAS.

Tabla 8. Variables propuestas para el funcionamiento del programa TIPOGRAMAS.

<i>Nombre</i>	Descripción	Tipo	Dominio
r	Número de records efectivos	Entero	[desde 1 hasta :]
c	Número de campos efectivos	Entero	[desde 3 hasta :]
i	Número de orden de un record efectivo	Entero	[desde 1 hasta r]
j	Número de orden de un campo efectivo	Entero	[desde 1 hasta c]
v(i,j)	Valor para el record i y el campo j	Decimal positivo o negativo	con 12 lugares y 2 decimales (Ej:11 000 000.00)
m(j)	Mayor valor para un campo	Decimal positivo o negativo	con 12 lugares y 2 decimales (Ej:11 000 000.00)
M	Mayor valor de todos los datos	Decimal positivo o negativo	con 12 lugares y 2 decimales (Ej:11 000 000.00)
a(i,j)	Valor que toma v(i,j) sobre el eje	Decimal positivo	con 5 lugares y 2 decimales (Ej:150.00)
x(i,j)	Coordenada x de un valor v(i,j)	Decimal positivo o negativo	con 5 lugares y 2 decimales (Ej:150.00)
y(i,j)	Coordenada y de un valor v(i,j)	Decimal positivo o negativo	con 5 lugares y 2 decimales (Ej:150.00)
xx(i,j)	Coordenada x del extremo de un eje	Decimal positivo o negativo	con 5 lugares y 2 decimales (Ej:150.00)
yy(i,j)	Coordenada y del extremo de un eje	Decimal positivo o negativo	con 5 lugares y 2 decimales (Ej:150.00)
$\alpha(i,j)$	Ángulo de los ejes	Decimal positivo	Con 5 lugares y 2 decimales (Ej: 347.14)
$\sigma(i,j)$	Ángulo entre los ejes	Decimal positivo	Con 5 lugares y 2 decimales (Ej: 347.14)

El programa TIPOGRAMAS puede instalarse en el disco duro de una computadora personal desde un disco compacto, mediante un programa instalador (SETUP). Para activarlo, basta seleccionarlo desde el menú de Inicio – Programas, de Windows o desde su icono en la pantalla principal o escritorio de Windows. La figura 29 muestra una imagen con la apariencia del programa en ejecución.

En el anexo 1 se muestra un ejemplo propuesto para una de las pruebas del programa TIPOGRAMAS, con una base de datos y resultados conocidos.

III.3. Sistema PRC_Estudio. Estudio de programas complementarios

Los distintos programas complementarios a los SIG pueden tener una serie de procedimientos que se repiten o solapan. Los programas TIPOGRAMAS y SIMILITUD, por ejemplo, que han sido los casos analizados anteriormente, leen ambas bases de datos comunes y realizan algunas operaciones comunes con los datos almacenados.

Atendiendo a esta característica es ventajoso el desarrollo de estos programas con procedimientos comunes, en el ambiente de un sistema único. Con la concepción del tratamiento de estos programas dentro de un sistema se evitan repeticiones en la programación, los programas funcionan óptimamente y de forma simplificada y rápida. Por otro lado los usuarios tienen a la mano, de manera unificada y compacta, toda una serie de programas al unísono.

Si se toman en cuenta las características de la información geográfica no es raro observar de manera frecuente la necesidad de la ejecución de varios tipos de análisis y de representaciones de diversas formas a un mismo universo de información, dentro del contexto de una misma investigación científica o trabajo práctico, por parte de los mismos especialistas. De manera que contar con un sistema de programas variados en un marco único puede ser de gran utilidad a éstos últimos.

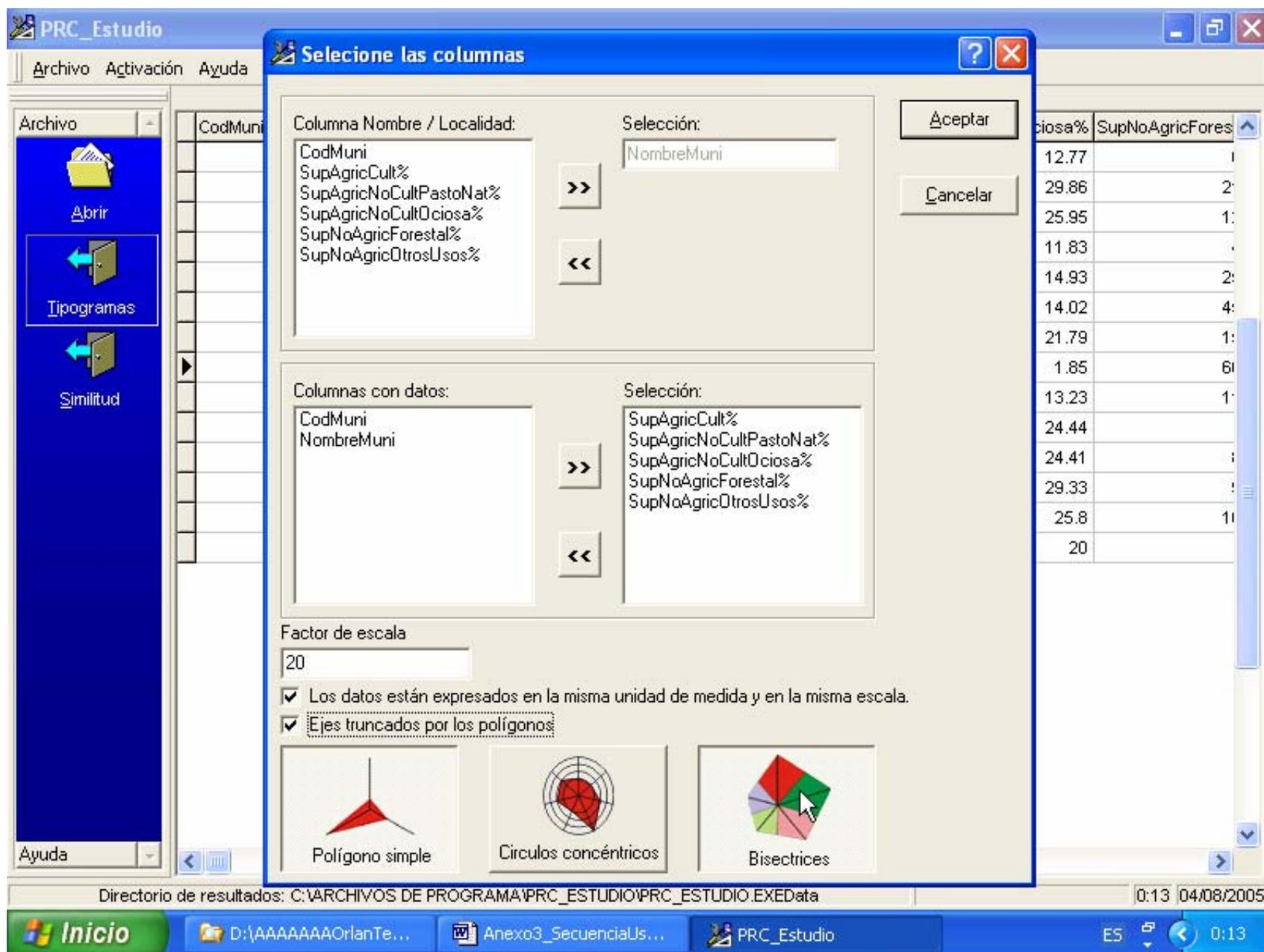


Fig. 29. Apariencia del programa TIPOGRAMAS en ejecución.

Considerando todo lo expresado anteriormente se ha creado el sistema PRC_Estudio como un estudio de programas complementarios, un taller o gabinete concentrador de programas complementarios, un sistema que constituye una plataforma común de opciones de análisis y representaciones cartográficas disponibles para su uso de forma complementaria a una amplia variedad de sistemas de geoprocésamiento, donde hasta ahora se incluye un programa para el análisis de datos (SIMILITUD) y un programa para la representación cartográfica (TIPOGRAMAS), pero que podría desarrollarse con la inclusión de otros muchos programas.

PRC_Estudio guía al usuario en el trabajo con uno u otro programa complementario. Es un manejador de programas complementarios. Presenta un menú principal con las opciones de: “Archivo”, “Activación” y “Ayuda”.

En el menú de “Archivo” existen opciones para abrir una base de datos; para establecer las carpetas de los datos que se pueden generar durante la corrida de los programas; para la ejecución de los programas complementarios en cuestión y para salir del sistema. En el menú de “Activación” se presentan opciones para la activación o no de los distintos programas complementarios. Si no se desea la presencia de algún programa en el estudio, éste puede ser desactivado. Por último en el menú de “Ayuda” se pueden encontrar explicaciones acerca del contenido de los programas y acerca del sistema como tal. PRC_Estudio (versión 1.0) trabaja sobre plataforma Windows 98 o superior, se ha probado satisfactoriamente sobre Windows XP, empleando Office 2000 o XP. Se opera con procesadores PC Pentium III, 64 RAM o superior.

Los programas SIMILITUD y TIPOGRAMAS se han desarrollado en el contexto de su manejo en el sistema PRC_Estudio. Por tanto las pruebas realizadas con estos programas y las aplicaciones en el trabajo con información geográfica real también pueden dar referencia de los resultados del empleo de PRC_Estudio.

III.4. Aplicaciones SIG relacionadas con el análisis y la representación cartográfica de la información geográfica

A continuación se presentan seis casos de estudio que constituyen muestras de la ejecución de aplicaciones relacionadas con el análisis y la representación cartográfica de la información geográfica con la intervención de los dos programas complementarios que se han creado.

Para la valoración de las soluciones alternativas que se analizan, el experimento científico concebido ha sido preparado considerando dos grupos de aplicaciones:

- Aplicaciones que permitan comparar sus resultados con productos ya obtenidos anteriormente (mapas), mediante el empleo de soluciones tradicionales (Casos 1, 2 y 3).
- Aplicaciones ejecutadas en el marco de nuevos proyectos de investigación (Casos 4, 5 y 6).

Como variables independientes generales en el experimento se han considerado:

- El empleo del sistema PRC_Estudio.
- El grado de conocimiento experto de los especialistas temáticos.

En los casos 1, 2 y 3, los especialistas temáticos son los autores de los respectivos productos ya obtenidos con el empleo de soluciones tradicionales (mapas elaborados en diferentes atlas).

En los casos 4, 5 y 6, son los especialistas temáticos que han participado en dos proyectos de investigación desarrollados en el IGT.

- El grado de conocimiento experto del especialista en geoprocesamiento.

El especialista en geoprocesamiento en todos los casos ha sido el autor de este trabajo.

- La participación de especialistas en programación, bases de datos y mantenimiento digital; la intervención de técnicos de apoyo y el empleo de equipos de computación.

La ejecución de estas aplicaciones no ha requerido más programación que la del sistema PRC_Estudio. Todos los casos han sido ejecutados en la división de Geomática del IGT, bajo las mismas condiciones para estas variables.

- Los procedimientos descritos para la ejecución de las aplicaciones.

Como variables dependientes generales se han considerado:

- La utilización de diferentes paquetes de geoprosesamiento.

Se han empleado indistintamente diferentes paquetes de SIG con que cuenta el IGT: ArcView, Mapinfo y ArcGIS, para la digitalización de las bases cartográficas de referencia y obtención de mapas temáticos intermedios o finales. Se han utilizado los manejadores de bases de datos propios de los paquetes de SIG y manejadores externos (Access).

- Los objetivos de las aplicaciones.
- Los datos que intervienen en las aplicaciones.
- Las unidades espaciales de análisis y representación cartográfica.

Caso 1:

Se representa en un mapa de Cuba una clasificación de los municipios atendiendo a características sanitario-urbanísticas para el hábitat, teniendo en cuenta como indicadores o variables que definen estas características: el grado de urbanización y la población servida con acueducto y alcantarillado; todas en por ciento de la población total. Para ello se emplea un cartograma con cuatro categorías: muy favorables, favorables, medianamente favorables y débilmente favorables. Además se presenta por provincias una caracterización de las condiciones de vida de la población, dada por los indicadores: grado de urbanización (%), esperanza de vida al nacer (años), tasa de actividad femenina (%), enfermeras y auxiliares por mil habitantes, tasa de escolaridad de 6 a 16 años (%), mortalidad infantil por mil nacidos vivos, salario promedio mensual en pesos y médicos por mil habitantes. Esta caracterización se realiza empleando

tipogramas que muestran a escala provincial el comportamiento de la familia de indicadores mencionados. El mapa se titula “La Población y el Medio Ambiente” y se encuentra publicado en el Nuevo Atlas Nacional de Cuba.

Ejecución de la aplicación empleando las soluciones analizadas:

Se empleó una base cartográfica digital que se obtuvo producto de la digitalización de la base cartográfica del Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Para ello se usó el sistema Mapinfo, digitalizando en pantalla una imagen referenciada producto del barrido con escáner de la base del atlas. Se establecieron dos capas vectoriales: división político administrativa por municipios (polígonos) y límites provinciales (líneas). Esta base quedó referenciada empleando la proyección cónica conforme de Lambert y usando el sistema de coordenadas geográficas. A la primera de estas capas se asoció una base de atributos que contempla códigos municipales y nombres de los municipios.

Con el empleo del sistema manejador de bases de datos Access se construyó una base de datos de atributos externa con dos tablas: en una se presentan los municipios con los indicadores de las características sanitario-urbanísticas para el hábitat y en otra las provincias con los indicadores de la caracterización de las condiciones de vida de la población. La fuente de los datos de atributos es el expediente del mapa elaborado para el atlas. La información está referida al año 1986. Este paso se experimentó también empleando el manejador de bases de datos del SIG que se está usando y después se exportó la base de datos de atributos en formato Access para ser trabajada en PRC_Estudio.

En PRC_Estudio se importó la base de datos en formato Access y se abrió la tabla con los datos a escala municipal. Usando el programa SIMILITUD se declaró un modelo óptimo para el comportamiento de los indicadores de las características sanitario-urbanísticas para el hábitat. Este modelo es ideal y los valores para los indicadores son: Grado de urbanización: 95 – 100, Población servida con acueducto y alcantarillado: 80 – 100. El programa calculó la distancia de similitud entre el modelo y los municipios con sus datos reales respectivos, generó un histograma de frecuencias del comportamiento de las distancias de similitud y se declararon cuatro intervalos

de agrupación de los municipios según su distancia al modelo. El grupo que presenta distancias menores corresponde con los municipios con características sanitario-urbanísticas para el hábitat muy favorables, el grupo con distancias mayores corresponde con características débilmente favorables y así, los demás grupos también quedan clasificados. PRC_Estudio generó columnas nuevas en la base de datos de atributos con información de las distancias y los intervalos de clasificación obtenidos.

En el sistema de información geográfica que se está empleando (en este caso se experimentó además con los paquetes ArcView y ArcGIS), se encuentra ya la base de datos espaciales como se señaló con anterioridad. Se importó entonces la base de datos de atributos en formato Access con columnas disponibles para la clasificación de los municipios y se estableció una conexión de tipo SQL con la tabla de atributos asociada a la base de datos espaciales presente en el SIG. Ambas tablas deben presentar una columna común, que en este caso es la de los códigos municipales. Identificando estas columnas se realizó una unión o asociación (*Join*) entre ambas tablas, indicando además que la columna que establece los intervalos de clasificación forme parte de la tabla de atributos del SIG.

Una vez efectuado el paso anterior, en el SIG se construyó un mapa temático usando un cartograma con una gama de colores. Los colores más intensos corresponden con los municipios de características sanitario-urbanísticas para el hábitat más favorables. Este mapa con la representación de las coordenadas, la escala gráfica y los demás elementos necesarios se exportó en formato vectorial para su importación luego en el sistema de diseño y dibujo gráfico Corel Draw.

Por otra parte en PRC_Estudio se abrió la tabla con los datos a escala provincial. Usando el programa TIPOGRAMAS se indicaron los campos involucrados en la representación de las condiciones de vida de la población, se especificó que las variables tienen diferente unidad de medida, se indicó la variante de tipogramas de polígonos parciales obtenidos por bisectrices, con ejes truncados por los polígonos y el programa generó los archivos de dibujo con formato DXF. Estos archivos se importaron en Corel Draw y se ubicaron los tipogramas en las provincias. Después se editó finalmente el mapa, lográndose el resultado que se muestra en la figura 30.

Nota: En este mapa no se indica el nombre de los municipios de Cuba, al igual que sucede en el mapa publicado, respetando las normas de redacción del atlas, que lo han acordado así, teniendo en cuenta que existen mapas generales de referencia expuestos anteriormente.

Caso 2:

Se representa en un mapa de la provincia de Camagüey, Cuba, una clasificación de los municipios atendiendo a la densidad de población rural (habitantes por km²). Para ello se emplea un cartograma con cuatro categorías: menos de 8, de 8 a 12, de 12 a 18 y más de 18. Además se presenta, también por municipios, una caracterización de la población rural según indicadores demográficos. Los indicadores son: población concentrada (%), tasa de mortalidad (‰), tasa de natalidad (‰), tasa de mortalidad infantil (‰) y crecimiento natural (%). Esta caracterización se realiza empleando tipogramas que muestran a escala municipal el comportamiento de la familia de indicadores mencionados. El mapa se titula “Población rural. Indicadores demográficos” y se encuentra publicado en el Atlas de Camagüey. El mapa publicado presenta otros diagramas que no son considerados en el experimento.

Ejecución de la aplicación empleando las soluciones analizadas:

Se empleó una base cartográfica digital que se obtuvo producto de la digitalización de la base cartográfica del Atlas de Camagüey. Mediante un procedimiento similar al empleado para el caso 1, se establecieron en el SIG dos capas vectoriales: división político administrativa por municipios (polígonos) y límites provinciales (líneas). La base quedó referenciada empleando la proyección cónica conforme de Lambert y usando el sistema de coordenadas geográficas. A la primera de estas capas se asoció una base de atributos que contempla los códigos municipales, los nombres de los municipios y los valores de densidad de la población. Mediante una reclasificación se obtuvo en el SIG una columna con los intervalos de densidad de la población deseados y se construyó un mapa temático usando un cartograma con una gama de colores. Los colores más intensos corresponden con los municipios de mayor densidad. Este mapa, con la representación de las coordenadas, la escala gráfica y los demás elementos necesarios se exportó

en formato vectorial para su importación luego en el sistema de diseño y dibujo gráfico Corel Draw.

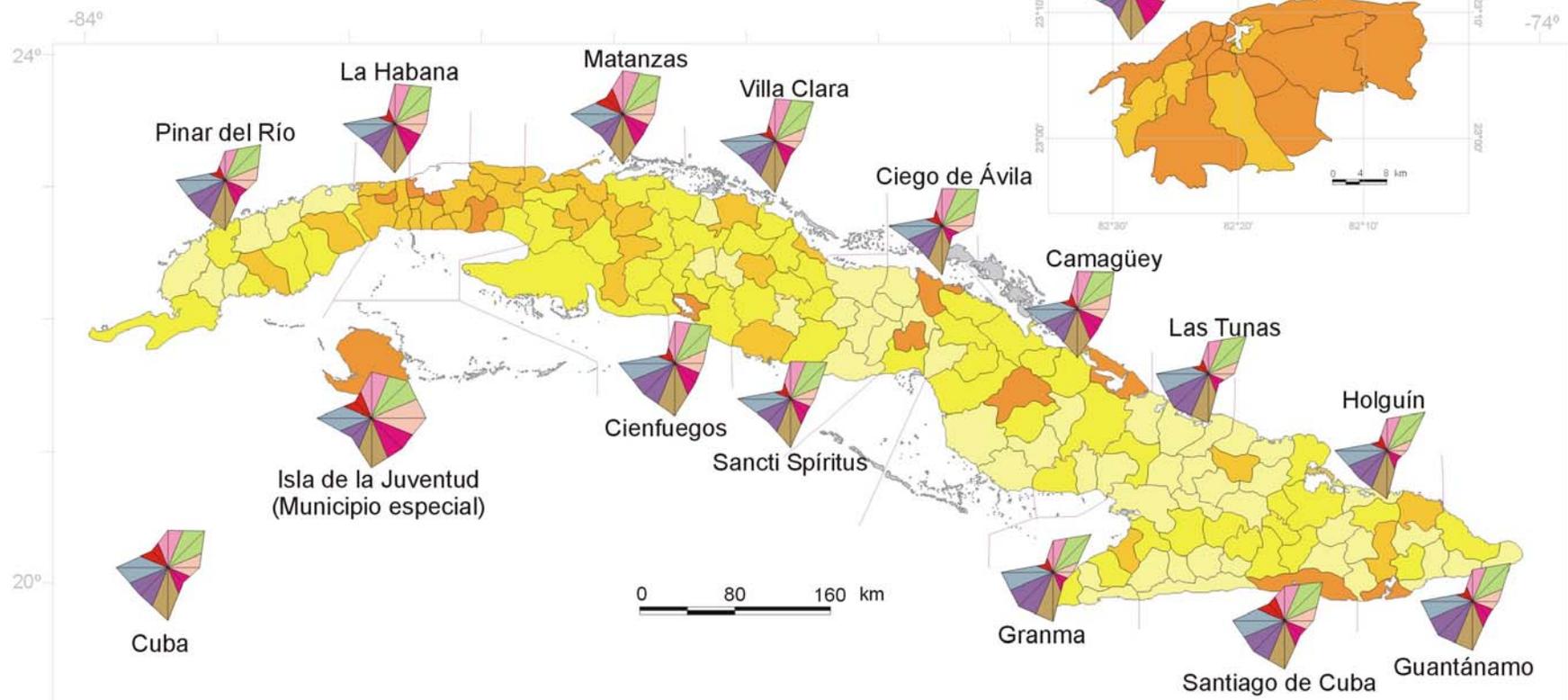
En Access se construyó una base de datos de atributos externa con una tabla, donde se presentan los municipios con los indicadores demográficos. La fuente de los datos de atributos es el expediente del mapa elaborado para el atlas. La información está referida al año 1986.

En PRC_Estudio se importó la base de datos en formato Access y se abrió la tabla con los datos a escala municipal. Usando el programa TIPOGRAMAS y un procedimiento similar al empleado para el caso 1, se generaron los archivos de dibujo con formato DXF. Estos archivos se importaron en Corel Draw y se ubicaron los tipogramas en los municipios. Después se editó finalmente el mapa, lográndose el resultado que se muestra en la figura 31.

Caso 3:

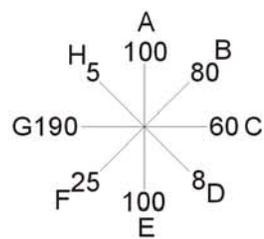
Se representa en un mapa del Caribe, por países, una caracterización de las causas que originan tendencias ambientales negativas de la agricultura, expresadas por los indicadores: tierras cultivadas del total de tierras (%), uso de fertilizantes por hectáreas de tierras cultivadas (kg/ha), número de maquinarias agrícolas por hectáreas (No/1000 ha), práctica del monocultivo (dicotómico), tierras bajo riego del total de tierras cultivadas (%), deforestación (%) y degradación potencial de los suelos (cualitativo). Esta caracterización se realiza empleando tipogramas que muestran por países el comportamiento de la familia de indicadores mencionados. El mapa se titula “Agricultura y Medio Ambiente” y se encuentra publicado en el Atlas de Medio Ambiente del Caribe.

LA POBLACIÓN Y EL MEDIO AMBIENTE



Condiciones de vida de la población (por provincia)

Características sanitario-urbanísticas para el hábitat (por municipio)



- A** Grado de urbanización en %
- B** Esperanza de vida al nacer en años
- C** Tasa de actividad femenina en %
- D** Enfermeras y auxiliares por mil habitantes
- E** Tasa de escolaridad de 6 a 16 años en %
- F** Mortalidad infantil por mil nacidos vivos
- G** Salario promedio mensual en pesos
- H** Médicos por mil habitantes

- Orange** Muy favorables
- Yellow-Orange** Favorables
- Yellow** Medianamente favorables
- Light Yellow** Débilmente favorables
- Grey** Sin información

- Thick line** Límites provinciales
- Thin line** Límites municipales

Indicadores
 Grado de urbanización (%)
 Población servida con acueducto y alcantarillado (%)

Fig. 30. Mapa "La Población y el Medio Ambiente", obtenido mediante una aplicación SIG con la intervención del sistema de programas complementarios PRC_Estudio.

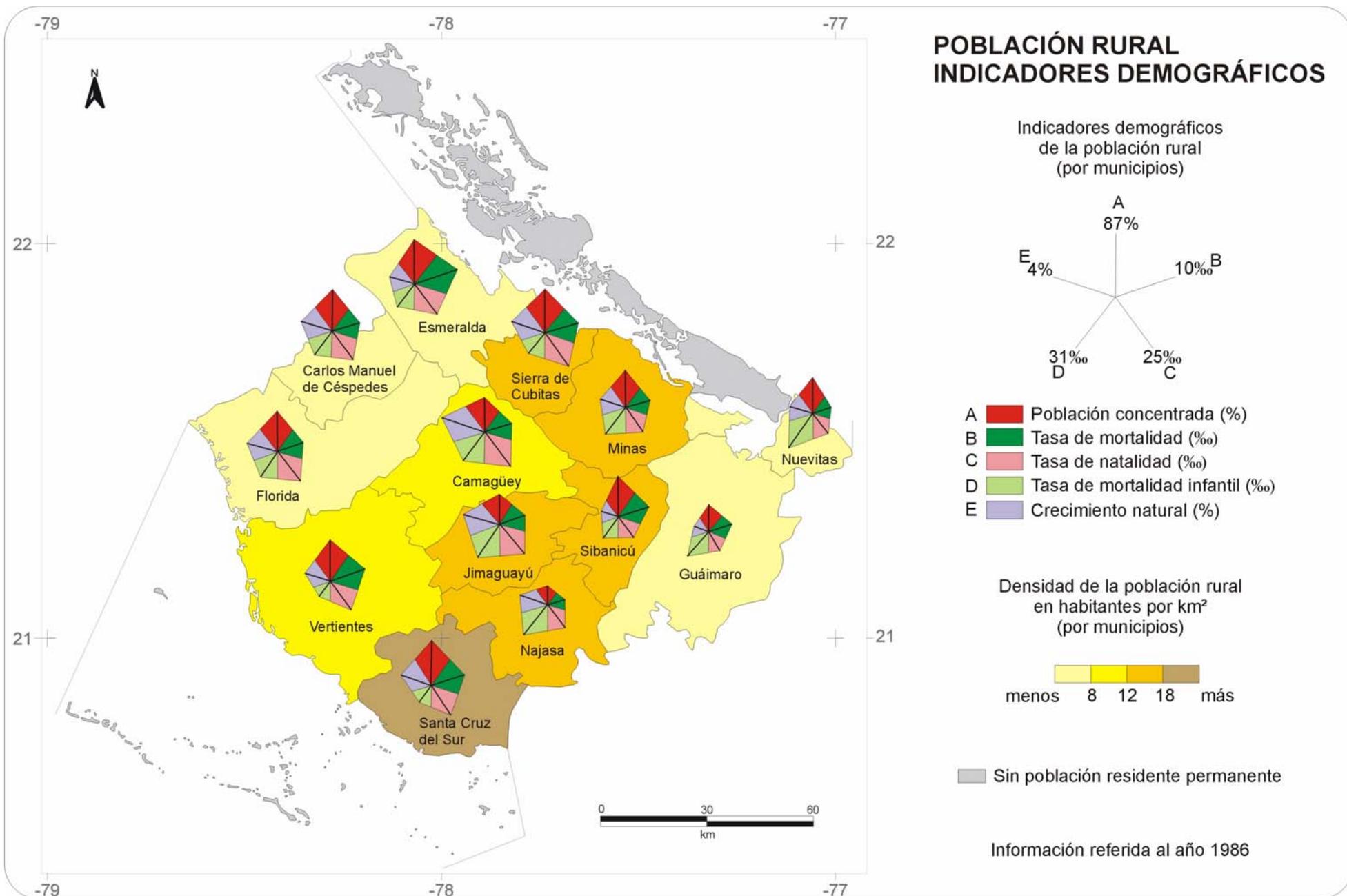


Fig. 31. Mapa "Población rural. Indicadores demográficos", obtenido mediante una aplicación SIG con la intervención del sistema de programas complementarios PRC_Estudio.

Ejecución de la aplicación empleando las soluciones analizadas:

Se empleó la base cartográfica digital del Atlas de Medio Ambiente del Caribe, establecida con una capa vectorial: países (polígonos). Ésta se encuentra referenciada empleando el sistema de coordenadas geográficas y a la misma se encuentra asociada una base de atributos con los nombres de los países.

Mediante un procedimiento similar al empleado para los casos anteriores se construyó una base de datos en Access con una tabla que contiene los códigos de los intervalos que se desean representar. La fuente de los datos de atributos es propio mapa publicado. La información está referida al año 1993. Con el empleo de PRC_Estudio se generaron los archivos de dibujo con formato DXF. Se especificó que las variables están expresadas en la misma unidad de medida y en la misma escala para todos los ejes del tipograma. Se indicó la variante de tipogramas de polígonos totales simples con círculos concéntricos. Los archivos de dibujo se importaron en Corel Draw, se ubicaron los tipogramas en los países y se editó finalmente el mapa, lográndose el resultado que se muestra en la figura 32.

Caso 4:

Se representa en un mapa del Caribe una clasificación de los países, atendiendo a su similitud a un modelo muy favorable de calidad de vida, teniendo en cuenta como indicadores o variables que definen la calidad de vida: la población con acceso a servicios de salud (%), la población con acceso a agua potable (%), la tasa de mortalidad infantil (‰), la población dependiente (%), la tasa de alfabetización de adultos (%), los partos con atención profesional (%), la población con acceso a saneamiento adecuado (%), la tasa de mortalidad en menores de 5 años (‰), la tasa de natalidad (‰) y la esperanza de vida al nacer (años). Para ello se emplea un cartograma con cinco grados de similitud al modelo muy favorable de calidad de vida: muy alto, alto, medio, bajo, muy bajo. Además se presenta por países la caracterización gráfica de estos indicadores empleando tipogramas. El mapa se titula “Calidad de vida en países del Caribe. Sus grados de similitud a un modelo muy favorable”. Este mapa constituye una de las salidas del resultado “La implementación de la dimensión ambiental en el escenario caribeño, como opción estratégica del

desarrollo”, del proyecto científico-técnico “Medio Ambiente y desarrollo sostenible en el Caribe. Una visión de las realidades y expectativas regionales”, que pertenece al programa ramal de ciencia y técnica “Tendencias actuales de la economía mundial y del sistema de relaciones internacionales”.

Ejecución de la aplicación empleando las soluciones analizadas:

Se emplearon procedimientos similares a los empleados para los casos anteriores. Sólo se indicarán las características específicas de este caso:

- Se usó la misma base cartográfica empleada en el caso 3.

Las fuentes de los datos de atributos fueron: PRB (2002 a), FNUAP (2002), CEPALC (2002) y PRB (2002 b).

La información está referida al año 2001.

- El modelo muy favorable de condiciones de vida lo constituye un modelo real: Canadá. Los valores de los indicadores analizados para Canadá son el modelo al cual se determina la similitud.
- Se indicó la construcción de tipogramas que expresan distintas unidades de medida y presentan polígonos totales simples con ejes truncados por los polígonos.

El mapa final obtenido se muestra en la figura 33.

En el anexo 2 se muestra un ejemplo de uno de los archivos con formato DXF generado para este caso (se refiere al tipograma asociado a Guatemala).

Caso 5:

Se representa en un mapa de Camagüey, Cuba, por municipios, una caracterización del balance de la tierra, dada por los indicadores: superficie agrícola cultivada; superficie agrícola no cultivada, con pasto natural; superficie agrícola no cultivada, ociosa; superficie no agrícola con uso forestal y superficie no agrícola con otros usos. Para ello se emplean tipogramas que muestran por municipios el comportamiento de la familia de indicadores mencionados. El mapa se titula “Provincia de Camagüey. Balance de la tierra”. Este mapa constituye una de las salidas producto de la “Caracterización regional (Provincia de Camagüey)”, desarrollada para el proyecto científico-técnico “Aplicación de herramientas de geoprocésamiento para la caracterización y el diagnóstico microrregional del medio rural en Cuba”, que pertenece al programa ramal de ciencia y técnica “Protección del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible Cubano”.

Ejecución de la aplicación empleando las soluciones analizadas:

Se emplearon procedimientos similares a los empleados para los casos anteriores. Sólo se indicarán las características específicas de este caso:

- Se usó la misma base cartográfica empleada en el caso 2.
- Las fuentes de los datos de atributos fueron: ONE (2004) e Informes para el proyecto, elaborados por la Dirección Provincial de Planificación Física (DPPF-CPITER) de la provincia de Camagüey.

La información está referida al año 2003.

- Se indicó la construcción de tipogramas que expresan iguales unidades de medida y presentan polígonos parciales obtenidos por bisectrices, con ejes truncados por los polígonos.