

Fig. 13 (señalada en la tabla 3). Composición de paisajes digitales y mapa final que muestran un ejemplo de análisis espacial. Determinación de conectividad mediante proximidad (buffer) y superposición.

I.2. Antecedentes a tomar en cuenta para la investigación. Tendencias de los SIG y sus aplicaciones.

Como es ampliamente conocido, se considera, que el primer SIG, esencialmente tal y como se concibe hoy, se implementó en los años 60 del siglo XX, cuando se desarrolló el *Canadian Geographical Information System* (CGIS) por el Departamento de Agricultura de Canadá. Por eso se dice que constituyen una disciplina reciente. A partir de aquí se desarrollan múltiples proyectos en el ámbito internacional por parte de instituciones públicas, privadas y organizaciones internacionales.

En los años 90 se acelera de forma significativa del desarrollo de los SIG al producirse, por una parte, un *hardware* mucho más rápido y barato y, por otra, una estandarización en el manejo de los programas de computación. Se produce estandarización en el ambiente de los programas, en su interfase con el usuario, en su programación. Se incrementan las posibilidades de intercambio entre los formatos digitales existentes. Se centra la atención en que los paquetes de SIG resuelvan cada vez más problemas. Todo este proceso, conjuntamente con el hecho de que el volumen de datos digitales sea ya significativo hacen que en los escenarios internacionales de discusión acerca de los SIG se hable ya del convencimiento de que los paquetes de SIG existentes son eficientes y la preocupación se centre en los datos, los altos volúmenes de información que se pueden ya intercambiar técnicamente pero necesitan de una estandarización en su concepción para ser tratados por todos de una forma también eficiente.

Hasta nuestros días se siguen produciendo paquetes de SIG y los existentes se perfeccionan. Un impacto significativo en su concepción se está produciendo por el desarrollo en las comunicaciones. Los SIG se preparan para su uso en contraste con la circulación global de información por las redes existentes en todos los ámbitos: locales, nacionales, regionales e internacionales. Es necesario que los datos fluyan en esas redes y por lo tanto se hace especial énfasis en su estandarización y en la conformación correcta de metadatos que los expliquen de manera detallada. Una preocupación en nuestros días es la conformación de Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) a diferentes niveles que permitan el intercambio de datos.

Según Coleman y Mc Laughlin (citado por Lizarazo, Rey y Chaparro, 2002), una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) “refleja la convergencia de los sectores de telecomunicaciones, servicios de información y tecnología informática y representa mucho más que las instalaciones físicas utilizadas para transmitir, almacenar, procesar y desplegar datos espaciales, voz e imágenes”. Es el conjunto integrado por las tecnologías modernas (*software* y *hardware*) de información y comunicaciones, los estándares de trabajo, las políticas, y los recursos humanos, dispuestos para la distribución y gestión eficiente de los datos espaciales. Puede establecerse a distintos niveles. De esta manera se ha generalizado el término Infraestructura Nacional de Datos Espaciales (INDE) y el término Infraestructura Global de Datos Espaciales (IGDE).

En una IDE se conciben los datos espaciales fluyendo por redes e involucrando a muchas personas. Por eso necesitan: estándares en su conformación, tecnologías modernas que garanticen su tratamiento en las redes, todo un soporte legal que garantice los distintos tipos de intercambio que se produzcan, políticas que definan las reglas con que van a tratarse los datos, definiciones de cuáles van a ser los datos que van a circular (datos geográficos fundamentales) y definiciones de las características de los datos circulantes que permitan que sean avalados por múltiples usuarios (metadatos). Los datos y sus características quedan establecidos en complejos directorios o catálogos de consulta en las redes (*clearinghouse*).

Como se puede observar el concepto de IDE, asociado a la distribución de la información geográfica y a la utilización de las nuevas tecnologías de las comunicaciones, se relaciona estrechamente al concepto de SIG en su acepción amplia ya que, en definitiva para realizar cualquier aplicación por pequeña que ésta sea, es necesario la consideración de los componentes mencionados: *software*, *hardware*, datos, personal y procedimientos.

Se han celebrado ya varias reuniones internacionales para la definición de acciones referentes a la Infraestructura Global de Datos Espaciales. Se ha tratado su vinculación con otras iniciativas globales como son: La Base de Datos Geográfica de la ONU, el proyecto Tierra Digital o La Infraestructura Global para la Información de Desastres y se han promovido estándares para el mundo. En el ámbito americano se ha creado el Comité Permanente para la Infraestructura de Datos Espaciales de las Américas (PC IDEA), como foro continental para maximizar los

beneficios económicos, sociales y ambientales de la información geográfica, mediante el desarrollo de IDE a escala nacional y regional.

Hoy son muchas las herramientas SIG existentes. De la misma forma existen aplicaciones a escalas detalladas correspondientes, por ejemplo, a zonas de implantación de proyectos constructivos o parques nacionales y también a escalas mayores que pueden abarcar países o grandes regiones. Las bases de datos operadas con SIG se desarrollan mundialmente y en este ámbito se comienzan los preparativos para su intercambio. Ya comienzan a funcionar en el ámbito internacional varias IDE, con distinto grado de desarrollo. Se pueden consultar los *clearinghouses* establecidos en varios países.

Es común en el ámbito internacional la utilización de paquetes de SIG comerciales que se han impuesto por su eficiencia y por su amplia distribución, así como por su conocimiento por parte de personas de una amplia gama de ramas del conocimiento. Se utilizan tal y como han sido concebidos y con el uso conjunto de programaciones de tipo *script*, que constantemente se incrementan.

En la literatura internacional se han descrito procedimientos metodológicos para la implementación de SIG en su acepción amplia y la realización de aplicaciones (Tomlinson, 1988; Lavandero, Gastó y Rodrigo, 1994; ESRI, 1994; Burrough, 1998) que reflejan de alguna manera los distintos marcos contextuales donde se han desarrollado y constituyen alternativas generales a tener en cuenta en cualquier aplicación o también alternativas específicas orientadas a cumplir los objetivos de una aplicación en particular. Sin embargo, con respecto a la utilización de los programas computacionales en la solución de problemas concretos de análisis y representación cartográfica de la información geográfica, estos procedimientos llevan implícito el uso de programas comerciales y académicos existentes y la realización de *scripts* dentro de estos últimos en los casos necesarios, pero no contemplan el uso de programas complementarios independientes que interactúen con cualquiera de los programas existentes. Por otra parte, con respecto al personal que participa en las aplicaciones de los SIG se ha centrado la atención en su preparación y en la significación que tienen los usuarios finales de las respuestas que brindan las aplicaciones en la elección de los datos a tratar en el SIG, así como en la elección de los

procedimientos óptimos para el análisis y la representación de la información, pero no se ha profundizado en las especialidades clave presentes en el personal que ejecuta una aplicación y las funciones que desempeñan en cada fase del procedimiento general para llevar a cabo las aplicaciones.

En Cuba comenzó a utilizarse la tecnología de los SIG, a finales de la década de los 80 en el marco de un fuerte impulso en la generalización del uso de la computación a escala nacional y de la generalización práctica del uso de los SIG en el ámbito internacional.

En 1987 en el entonces Instituto de Geografía, hoy Instituto de Geografía Tropical (IGT), se trabajó en la implementación y el desarrollo de un SIG, el SIG de Cuba (SIGC) orientado a la actualización del nuevo Atlas Nacional de Cuba, que por entonces se estaba concluyendo. Este SIG se desarrolló bajo las concepciones computacionales de la época e incluía una amalgama de programas, algunos de reconocido uso internacional y otros programados por especialistas del Instituto de Geografía y de otras instituciones pertenecientes a la Academia de Ciencias.

Para este sistema se desarrollaron bases de datos y programas de captación, análisis y salida de datos. Los sistemas de análisis y salida leían bases de datos propias con formatos particulares y se encargaban de la representación de la información dentro de ellos mismos o haciendo enlaces directos con sistemas ya implantados.

El hecho de abordar todos estos problemas al mismo tiempo hizo muy complejo el trabajo. Por citar un ejemplo, dentro de la representación de la información no sólo estaba el problema de incluir en el SIGC todos los métodos de representación cartográfica abordados en el atlas, sino también los problemas de diseñar una base de datos estadísticos, establecer los intercambios de formato con el programa de salida y abordar los problemas de la edición gráfica para los mapas, que incluían cuestiones como la superposición de gráficos y otras muchas. Se trabajó en muchas direcciones a la vez y esto requería de un esfuerzo de mayor cantidad de especialistas y recursos dedicados por entero a este tipo de trabajo, lo cual no respondía a las condiciones del Instituto, donde se trabajaba en otras direcciones que requerían del mismo personal. Por otro lado, al paso

del tiempo cambiaron las concepciones computacionales y los sistemas comerciales ya implantados fueron resolviendo cada vez más problemas. Se decidió entonces no continuar con el desarrollo del SIGC.

Hay otras experiencias de programación de *software* de SIG que también han concluido su desarrollo, como el caso de Telemap/GIS, producido en 1989 en el entonces Instituto Cubano de Hidrografía, que hoy conforma la empresa GEOCUBA; MAPWARE (EICISOFT, Centro de *Software* y Robótica) y City Manager (Facultad de Matemática de la Universidad de La Habana); que contribuyeron a una provechosa experiencia en el tema.

Actualmente se desarrolla, también en GEOCUBA, un *software* denominado CARTOSIG, que gestiona bases de datos geográficas y se ha aplicado ya en la gestión de información que tratan algunas de las Organizaciones Básicas Eléctricas (OBE), de la Empresa Eléctrica, en Cuba.

Puede decirse que los anteriores son los esfuerzos que más sobresalen en cuanto a programación de *software* de SIG en Cuba. Cabe destacar aquí el trabajo de un grupo de programadores cubanos, que contratados por la empresa mixta cubano-española CESIGMA, S.A., desarrollan y mejoran algunos de los módulos de un *software* de SIG español, de la empresa CADIC, S.A. denominado L@tino.

Los ejemplos anteriores de creación de *software* de SIG que han concluido, son una expresión de cuán compleja resulta esta tarea y su sostenimiento en el tiempo, teniendo en cuenta además que en los paquetes creados se repiten procesos existentes en paquetes de excelencia producidos por entidades de alta especialización con los cuales compiten en medio de un ambiente muy dinámico de cambios y perfección de los mismos.

Acerca de las programaciones de tipo *script*, se puede plantear que también hay experiencias en Cuba. Se ha trabajado en la personalización o programación de bases de datos de atributos, confeccionando pantallas amigables o fichas para la entrada, actualización y salida de datos. Muestras de ello datan desde la elaboración de bases de datos como GEODATA y GEOPUNTO

en el marco del desarrollo del SIGC. Un ejemplo destacado lo ha constituido el sistema de información sobre medio ambiente denominado SIMARNA (CIGEA, Centro de Información y Gestión Ambiental), que se encuentra en fase de operación desde mediados de 1989. Es una base de datos descriptiva que maneja información de índole natural, económica, social y legal, relacionada con la gestión y manejo ambiental. También se ha trabajado en la personalización de *software* de SIG de reconocido uso internacional como MapInfo o ArcView, ya sea en la conformación de menús acordes con las aplicaciones o en la inclusión de programas internos para la entrada o análisis de datos.

Con respecto al desarrollo de programas complementarios a los SIG, tal y como han sido definidos éstos anteriormente, existen antecedentes que se relacionan sólo con la adaptación de archivos de intercambio, producidos por sistemas de uso generalizado, que se emplean en el geoprocésamiento, para su uso cómodo por sistemas de nueva programación o viceversa. Es el caso del programa SIGLINK, desarrollado en el marco del SIGC, que manejaba los archivos de intercambio entre los programas y sistemas que integraban éste último o el caso del sistema de programas DXF Manager, que maneja archivos en formato DXF para su uso en el sistema Telemap (Páez, 1998).

Si se mencionan aplicaciones de los SIG en Cuba en espacios geográficos de cualquier dimensión, la lista sería larga. Por citar sólo algunos casos, donde se destaca lo complejo de la información y la heterogeneidad en la composición de instituciones que participan, se podrían mencionar el SIG para el manejo de información ambiental del archipiélago Sabana–Camagüey, que forma parte de un proyecto PNUD, y el Sistema de Información Territorial Integral para La Ciudad de La Habana (SITICH), que forma parte de un proyecto internacional (Habana-Ecópolis) con Italia. Si se trata de la incursión en las nuevas técnicas de las comunicaciones y el tratamiento de mapas en redes hay que mencionar de manera destacada las aplicaciones regionales desarrolladas por el grupo territorial de GEOCUBA en Villa Clara.

Con respecto al desarrollo de metodologías para las aplicaciones de los SIG en Cuba se puede decir que existen adelantos importantes, entre los que se destacan, por su carácter general, los

trabajos: “Aplicación de la tecnología de los SIG integrados en el estudio de los recursos naturales, en interés de la defensa y la economía” (García, 1994) y “El inventario, el análisis y el diagnóstico geocológico de los paisajes mediante el uso de los SIG” (Quintela, 1995). Más recientemente se destaca el trabajo “Perfeccionamiento del manejo de la información en las Regiones Especiales de Desarrollo Sostenible (REDS) de la República de Cuba, mediante la aplicación de técnicas de avanzada” (Martín, 2001), que refleja la integración de las tecnologías de la información geográfica en función del manejo de la información temática tratada, incluye un análisis de los procedimientos metodológicos generales empleados en el ámbito internacional en las aplicaciones de los SIG y propone una metodología para abordar el tema del manejo de la información en las REDS de Cuba. También se puede citar el trabajo “Métodos para el manejo de la información de suelos en las regiones montañosas de Cuba mediante técnicas digitales” (Garea, 2003), que analiza el papel de los SIG en el manejo de la información de suelos en las regiones montañosas de Cuba.

En Cuba existe en estos momentos una voluntad favorable en todos los niveles de dirección del país con respecto a la informatización de la sociedad. “...Dentro de pocos años (la estrategia de uso ordenado y masivo de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones) se verá concretada en portales informativos y de trámites para el ciudadano, así como en la informatización total de las gestiones del gobierno o en las diferentes redes sectoriales. ... (las acciones que pretenden llevarse a cabo al efecto)...incluyen la creación de una infraestructura de datos espaciales” (del Valle, 2004). Se dan entonces, los primeros pasos para la creación de la Infraestructura de Datos Espaciales de la República de Cuba (IDERC). En este sentido, según Delgado (2002), “existen cinco aspectos positivos claves que caracterizan el actual contexto nacional: crecimiento de la disponibilidad de datos digitales y proyectos para incrementarla...; asimilación e implementación de especificaciones de estándares internacionales (OpenGIS); conciencia y voluntad dentro de los sectores industrial, gubernamental y académico...; auge en el desarrollo de proyectos orientados a apoyar los procesos de toma de decisión (proyectos económicos, sociales, ambientales y de manejo de desastres) que requieren acceso multi-resolución a datos espaciales; y diseminación de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones.”

Entre las tendencias más significativas que se manifiestan en el empleo de los SIG y sus aplicaciones se encuentran las siguientes:

En el ámbito internacional:

- Generalización rápida del empleo de los SIG en múltiples campos del conocimiento.
- Crecimiento en número de las bases de datos geográficas.
- Incremento constante de los datos espaciales. Ampliación constante de los volúmenes de datos en las bases.
- Presencia e incremento de aplicaciones en el marco de SIG institucionales.
- Presencia e incremento de aplicaciones en el marco de proyectos concretos.
- Incremento constante de las programaciones de tipo *script* en los paquetes de amplio uso internacional, para la solución de problemas específicos.
- Empleo del geoprocesamiento, como concepto de empleo de varios tipos de paquetes de *software*, en una aplicación. Incluso, en las aplicaciones donde directamente sólo se emplea un paquete, en muchas ocasiones hay uso indirecto de más de uno.
- Inclusión del tratamiento de los datos espaciales, en *software* de reconocido uso internacional que antes no los contemplaban. Es significativo, por ejemplo, el caso de bases de datos de atributos, como Oracle, que actualmente incluye el tratamiento de bases de datos espaciales (Oracle Spatial). También se aprecia en sistemas como AutoCAD el paso del tratamiento de entidades, sólo con carácter gráfico, a entidades gráficas georreferenciadas y con reconocimiento de sus características topológicas (AutoCAD Map).

- Mejora constante de los paquetes de SIG existentes. Los paquetes van resolviendo nuevos problemas y los ya resueltos se perfeccionan.
- Los paquetes manejadores de datos espaciales, se tornan más complejos en cuanto a sus funciones. La complejidad apunta también a la potenciación de los análisis espaciales. Los sistemas considerados antes como sistemas para *desktop mapping* pueden llegar a ser considerados como SIG.
- La mejora y la complejidad de los paquetes empleados, con la inclusión de soluciones nuevas, se produce tanto con cambios internos, así como con la adición de nuevas extensiones o módulos que van creando grandes familias.
- Mejora del intercambio entre los diferentes formatos de los datos espaciales, lo que permite el fácil traspaso de información de un paquete a otro y potencia el geoprocesamiento.
- Presencia, en los paquetes usados, de las transformaciones vector-raster, en los dos sentidos, con eficiencia.
- Incorporación rápida de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones.
- Manejo de los datos espaciales en las redes a distintos niveles, incluyendo Internet. Distribución de las bases. Democratización de la información espacial.
- Incorporación del manejo de los SIG en las redes, incluyendo Internet.
- Reconocimiento de la falta de uniformidad en la conformación de las bases de datos espaciales como impedimento para su generalización y uso distribuido.
- Estandarización de las bases de datos espaciales ambientales. Establecimiento de estándares internacionales.

- Establecimiento e incremento de los metadatos como parte integrante de las base de datos espaciales.
- Establecimiento de datos geográficos fundamentales por niveles jerárquicos, para su distribución.
- Establecimiento de los aspectos legales de la información espacial. Establecimiento de políticas con respecto a los datos espaciales.
- Establecimiento de directorios o catálogos de datos espaciales para su distribución (*Clearinghouses*).
- Establecimiento de Infraestructuras de Datos Espaciales a distintos niveles.
- Establecimiento de principios para la garantía de la calidad de los datos espaciales.
- Necesidad de alto grado de especialización en SIG para la realización de las aplicaciones, teniendo en cuenta la variación constante de procedimientos que se imponen en poco tiempo.
- Facilidad en el manejo de los paquetes empleados. Paquetes con interfases cada vez más amigables con el usuario.
- Los paquetes de SIG más potentes, de mayor garantía de éxito, incluso con el paso del tiempo, de acuerdo con el desarrollo computacional de cada momento y de mayor uso a escala internacional, son producidos por empresas e instituciones con una estructura organizativa de personal bien estudiada, altos presupuestos financieros, concreción en la actividad y una constante dedicación en el tiempo.
- Incremento constante de la demanda de soluciones en los SIG a problemas concretos por parte de los especialistas que los emplean, que cada vez más ven las potencialidades de los SIG para resolver sus problemas.

Para el caso de Cuba se pueden puntualizar las siguientes observaciones:

- Se ha producido en determinado momento la introducción de los paquetes de SIG creados en Cuba en la solución de variados problemas geográficos, pero aparejadamente a esto siempre se ha mantenido el interés, en mayor medida, en la aplicación de paquetes de procedencia extranjera, de amplio uso internacional.
- Existen paquetes de SIG creados en Cuba que han llegado a cumplir, por un tiempo, algunas de las expectativas de varios usuarios, pero al no mantenerse al ritmo constante de los avances mundiales, éstos han ido perdiendo interés. En estos casos no ha habido garantía de una renovación necesariamente constante. Bajo las condiciones en que han sido creados no han sido sostenibles.
- En múltiples aplicaciones se ha ido incrementando el uso de paquetes de SIG extranjeros impuestos mundialmente. Entre los más usados están: ArcView, MapInfo, ILWIS, IDRISI, AGIS, CARIS, ER_Mapper, Spring, SPANS y en los momentos actuales ArcGIS. Estos se emplean al unísono en las distintas instituciones que realizan estudios relacionados con la información espacial.
- Existencia del manejo de varios paquetes de SIG al unísono en aplicaciones donde participan una o varias instituciones o centros.
- Comienzo de los primeros pasos para el establecimiento de una IDE a escala nacional con el desarrollo de todos los procesos que ello implica.

I.3. Bases metodológicas de la investigación

El procedimiento metodológico seguido en la investigación se puede observar en la figura 14.

Una vez definido y fundamentado el tema de la investigación y tomando en cuenta el planteamiento general del problema, así como la hipótesis y los objetivos de la investigación, es necesario el estudio del conocimiento existente acerca del tema y el establecimiento de las bases teórico-conceptuales para la propia investigación. Por tanto, en una etapa inicial de nivel teórico-conceptual, primeramente se estudian y seleccionan materiales en forma de documentos bibliográficos, estadísticos y cartográficos, que reflejan directa o indirectamente el conocimiento existente. También se seleccionan, entre las ideas del conocimiento empírico no sistematizado por el investigador, aquéllas relacionadas con el tema a tratar, de forma que se puedan contrastar con las ya establecidas y reconocidas y en este proceso, se distinguen las necesidades de su sistematización. Posteriormente, de forma sistematizada, se analizan las bases conceptuales, posiciones teóricas y antecedentes existentes relacionados con el tema de la investigación y se adoptan las bases conceptuales y posiciones teóricas requeridas para enfrentarlo. Se llega a la identificación de tendencias en el tratamiento del tema.

En una segunda etapa de corte teórico-metodológico, contando con las bases teórico-conceptuales previamente establecidas, se identifican de forma detallada los problemas existentes en las aplicaciones de los SIG, relacionados con los programas computacionales y el personal, como componentes de estos sistemas sobre los cuales recae el peso del análisis y se establecen relaciones entre los problemas identificados, los componentes que intervienen y las soluciones existentes que se pueden emplear en el tratamiento de cada componente. Para las soluciones propuestas se presentan las definiciones necesarias y se establecen los procedimientos requeridos.

En una tercera etapa de nivel metodológico-práctico se materializan las soluciones propuestas mediante el estudio de casos relacionados con el análisis y la representación cartográfica de la información geográfica. Se crean dos programas complementarios: SIMILITUD, para la clasificación de individuos espaciales basada en su similitud a un modelo, utilizando la distancia de similitud de Gower y TIPOGRAMAS, para la representación cartográfica de la información geográfica con el uso de tipogramas; ambos concebidos como partes de una plataforma única de programas complementarios diversos para el análisis y la representación cartográfica de la información geográfica: PRC_Estudio. Se ejecutan además varias aplicaciones SIG, donde intervienen los dos programas complementarios anteriores.

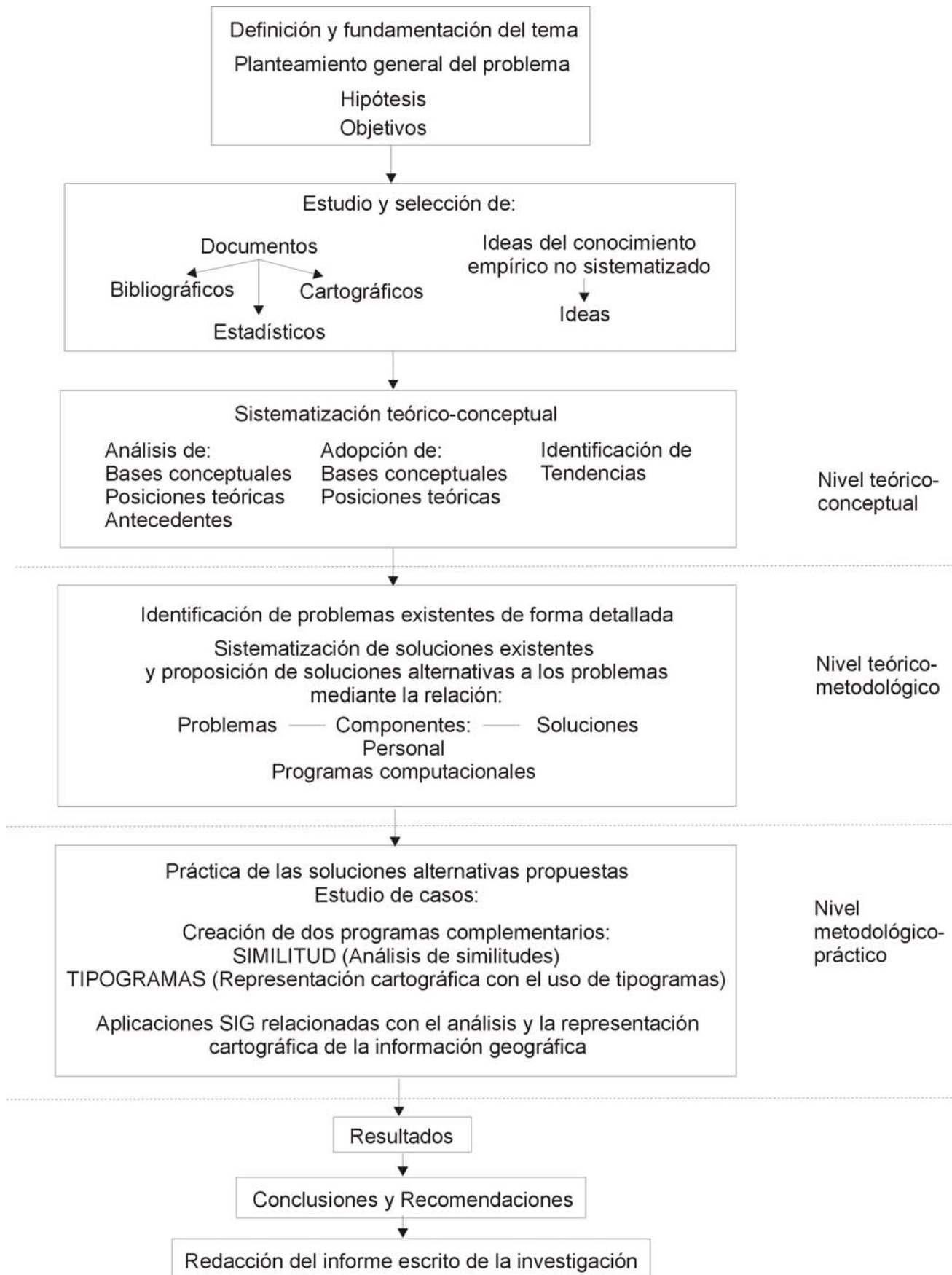


Fig. 14. Procedimiento metodológico seguido en la investigación.

Los resultados obtenidos durante todo el proceso de la investigación son analizados y elaboradas las conclusiones y recomendaciones pertinentes. Finalmente, se redacta el informe escrito de la investigación.

La presente investigación emplea el método científico de investigación, como método general que proporciona modelos teórico-prácticos para ser aplicados en cualquier campo de la ciencia. El uso de este método general se materializa mediante el empleo de métodos específicos, procedimientos y técnicas llevados a cabo en etapas, con las cuales va transitando la investigación del nivel teórico-metodológico al práctico.

Durante la investigación se han empleado métodos históricos (método inductivo, deductivo, sintético, analítico, de la abstracción, de la concreción) y métodos lógicos (método sistémico, de la modelación, dialéctico). También se han utilizado métodos empíricos. La observación científica ha sido apoyada por el uso del método experimental.

El desarrollo propio de las soluciones planteadas implica el empleo de métodos matemáticos, heurísticos, de medición, de clasificación numérica y evaluación, así como tipológicos, comparativos y cartográficos. Se empleó el método documental y bibliográfico. Se analizó una numerosa bibliografía existente en forma de publicaciones e informes científico-técnicos en formato digital y analógico. Se consultaron durante la investigación numerosos mapas y atlas, entre los que se destacan el Nuevo Atlas Nacional de Cuba, el Atlas de Camagüey, el Atlas Regional del Caribe y el Atlas de Medio Ambiente del Caribe. Varios mapas de los atlas consultados se emplearon directamente en la investigación.

Han sido utilizadas las técnicas inherentes a los propios SIG, las técnicas de la computación, las redes de comunicación digital y específicamente Internet y sus servicios de correo electrónico y navegación internacional por portales de interés en el tema de investigación. Se ha hecho uso de lenguajes de programación, técnicas de generación de archivos de intercambio, así como de sistemas de bases de datos y de edición y dibujo automatizado.

CAPÍTULO II. SOLUCIONES ALTERNATIVAS PARA EL EMPLEO DE LOS PROGRAMAS COMPUTACIONALES Y EL PERSONAL Y EN LAS APLICACIONES DE LOS SIG. PROGRAMAS COMPLEMENTARIOS PRC Y ORGANIZACIÓN DEL PERSONAL EN ESPECIALIDADES CLAVE

Con el objetivo de abordar las bases teórico-conceptuales y los procedimientos necesarios para la ejecución de las aplicaciones de los SIG con la utilización de programas complementarios PRC a los sistemas de geoprocésamiento existentes y con el empleo del personal que ejecuta las aplicaciones organizado en especialidades clave, como soluciones alternativas que contribuyen al uso de análisis y representaciones cartográficas de la información geográfica adecuados y convenientes para la solución de problemas geográficos concretos en el marco dichas aplicaciones; y teniendo en cuenta las bases conceptuales, posiciones teóricas, antecedentes y tendencias existentes relacionados con los SIG y sus aplicaciones, examinados en el capítulo anterior; es necesario identificar de forma detallada y sistematizar los problemas existentes en el marco de las aplicaciones de los SIG, relacionados con los programas computacionales y el personal, como componentes de interés a examinar, para lograr plasmar la ubicación de las soluciones alternativas que se proponen, en este contexto.

II.1. Problemas existentes en las aplicaciones de los SIG, relacionados con los programas computacionales y el personal

Problemas relacionados con los programas computacionales:

- Empleo de programas computacionales teniendo en cuenta sólo su disponibilidad o su conocimiento por parte del personal que participa en las aplicaciones, lo cual trae como consecuencia que los programas computacionales no respondan a las exigencias que demanda la aplicación y que las mismas brinden respuestas que no satisfacen las expectativas de los usuarios.
- Falta de mantenimiento y actualización de los programas computacionales en las aplicaciones, lo cual provoca que éste no responda a las exigencias que demanda la aplicación y que las mismas brinden respuestas que no satisfacen las expectativas de los usuarios.

- Las tecnologías que se pueden integrar a los SIG no lo están de igual forma, en cuanto a su contenido y su nivel de desarrollo, en los diferentes paquetes de SIG existentes. Cuando se hace uso de un paquete único de SIG en una aplicación, puede haber una limitación en el empleo de opciones requeridas para el funcionamiento óptimo de la misma, por no estar incluidas estas opciones en dicho paquete. Esto provoca Insatisfacciones en los ejecutores y usuarios de la aplicación, que no resuelven óptimamente todos los problemas deseados.
- Los sistemas de geoprocésamiento empleados en las aplicaciones tienen un límite en sus opciones para el análisis y la representación cartográfica de los datos espaciales y en las opciones para la personalización del trabajo con ellos. Cuando se hace uso de varios paquetes de geoprocésamiento en una aplicación, puede haber una limitación en el empleo de opciones requeridas para el funcionamiento óptimo de la misma, por no estar incluidas estas opciones en dichos paquetes. Esto provoca Insatisfacciones en los ejecutores y usuarios de la aplicación, que no resuelven óptimamente todos los problemas deseados.
- Incremento constante de la demanda de soluciones, de manera personalizada, mediante las aplicaciones de los SIG a problemas específicos por parte de los ejecutores de las aplicaciones y los usuarios de las mismas. Los ejecutores y usuarios de las aplicaciones cada vez más ven en los SIG amplias potencialidades para resolver sus problemas, pero se enfrentan a paquetes que no contemplan las opciones deseadas. Este incremento de la demanda de soluciones se manifiesta con un ritmo mayor al de los problemas resueltos en los paquetes existentes. Esto provoca Insatisfacciones en los ejecutores y usuarios de la aplicación, que no resuelven óptimamente todos los problemas deseados.
- La programación de nuevos paquetes completos de SIG y otros paquetes de geoprocésamiento es muy compleja e implica que se repitan opciones en ellos que funcionan de forma excelente en sistemas existentes muy competentes. Debido a la alta dinámica de la programación y del desarrollo de los SIG en general, para la programación de paquetes nuevos de SIG y otros paquetes de geoprocésamiento se requiere de una estructura organizativa de personal bien estudiada, altos presupuestos financieros, concreción en la actividad y una constante dedicación en el tiempo. Los sistemas creados que no tienen en

cuenta los factores que inciden en la complejidad de su programación no son competentes ni sostenibles. Para el empleo de las opciones que funcionan de forma excelente en sistemas existentes se siguen utilizando estos últimos.

- Un mismo grupo de trabajo de ejecutores de aplicaciones puede emplear indistintamente varios paquetes de geoprociamiento según los requerimientos de las distintas aplicaciones que desarrolle. Los programas de tipo *script*, se condicionan al uso en un determinado sistema de geoprociamiento y pueden estar limitados a determinados lenguajes de programación. Mediante el empleo de los programas de tipo *script* un mismo grupo de trabajo necesita entonces llevar la solución del mismo problema, en caso de que se requiera en las distintas aplicaciones donde intervenga, a los distintos paquetes de geoprociamiento que esté utilizando, según las particularidades de cada aplicación.

Problemas relacionados con el personal:

- Ambigüedad en el tratamiento de los términos relacionados con los SIG y sus aplicaciones, que genera confusión con la terminología empleada en el marco de una aplicación e incluso en los productos que se esperan de la misma. Esta confusión puede establecerse entre los ejecutores de una aplicación y sus usuarios o clientes e incluso entre los mismos ejecutores.
- Subutilización de los programas computacionales en una aplicación. Uso deficiente del SIG, que puede ser desde el punto de vista general o en su empleo sólo como apoyo cartográfico. Incluso puede haber un uso deficiente como apoyo cartográfico. Esto provoca la obtención de productos también deficientes.
- Contradicción entre la variación constante de procedimientos que se imponen en poco tiempo en el manejo de los programas computacionales empleados en las aplicaciones, que apunta a una especialización en el personal; y la facilidad en la operación de estos programas, con interfaces cada vez más amigables con el usuario, que apunta a su uso fácil por personas que no requieren una alta especialización. Esto puede acarrear la operación y empleo de estos programas por personal no preparado para ello.

- Deficiente ubicación en tiempo de las tareas a desarrollarse dentro de una aplicación en el marco de un proyecto, lo cual trae como consecuencias desajustes en la coordinación de la obtención de datos, su carga y la utilización de las informaciones.
- Falta de mantenimiento y actualización del personal en las aplicaciones, lo cual provoca que este no responda a las exigencias que demanda la aplicación y que las mismas brinden respuestas que no satisfacen las expectativas de los usuarios.
- Falta de atención a la concepción del trabajo del personal por especialidades y, en algunos casos, utilización de los especialistas asociados a una aplicación según las funciones básicas de los SIG. Esto puede acarrear desequilibrio en el desarrollo de las distintas funciones del SIG y subutilización de los especialistas en algunas de ellas.

II.2. Soluciones para el empleo de los programas computacionales y el personal

En la práctica, no existen condiciones iguales, repetitivas o universales para las aplicaciones de los SIG que se pueden realizar, los programas computacionales que se emplean y el personal que participa en ellas. Cada aplicación, desarrollada en un marco contextual determinado, tiene particularidades propias que la diferencian de las demás. Las soluciones prácticas que se sistematizan a continuación no tienen por tanto un carácter dogmático, sino que se presentan como variantes útiles que, incluso en el caso de no corresponderse con un caso de aplicación determinado, deben tenerse en cuenta, como posibilidades a analizar.

Considerando lo anterior, es conveniente retomar los problemas existentes, encausarlos mediante su relación con los componentes de interés y analizar las variantes de sus soluciones. (tabla 4). Analizando la tabla 4 se hace referencia a las siguientes soluciones:

Tabla 4. Problemas existentes en las aplicaciones de los SIG, relacionados con los programas computacionales y el personal. Soluciones alternativas.

Problemas	Efectos	Componentes	Soluciones	
			Acciones	Procedimientos
Empleo de programas computacionales teniendo en cuenta sólo su disponibilidad o su conocimiento por parte del personal que participa en las aplicaciones.	Los programas computacionales no responde a las exigencias que demanda la aplicación. Las aplicaciones brindan respuestas que no satisfacen las expectativas de los usuarios.	Programas Computacionales	Estudio y análisis de los programas computacionales requeridos y disponibles. Selección adecuada de los programas computacionales que se utilizan en la aplicación.	Realización de talleres, reuniones, comunicaciones directas o indirectas entre todo el personal asociado a la aplicación. Consulta de documentación y prueba de los programas computacionales.
Falta de mantenimiento y actualización de los programas computacionales en las aplicaciones			Mantenimiento de los programas computacionales asociados a las aplicaciones y actualización de los mismos si es necesario.	Realización de evaluaciones periódicas de los programas computacionales ajustadas a los requerimientos de las aplicaciones en el tiempo.

Problemas	Efectos	Componentes	Soluciones	
			Acciones	Procedimientos
<p>Las tecnologías que se pueden integrar a los SIG no lo están de igual forma, en cuanto a su contenido y su nivel de desarrollo, en los diferentes paquetes existentes.</p>	<p>Insatisfacciones en los ejecutores de la aplicación y en los usuarios de la misma, que no resuelven óptimamente todos los problemas deseados.</p>	<p>Programas Computacionales</p>	<p>Empleo de varios sistemas de geoprocésamiento, incluso del mismo tipo en una misma aplicación.</p>	<p>Trabajo conjunto de las especialidades clave que intervienen en las aplicaciones.</p> <p>Establecimiento de los procedimientos de trabajo en los que intervienen.</p>
<p>Los sistemas de geoprocésamiento empleados en las aplicaciones tienen un límite en sus opciones para el análisis y la representación cartográfica de los datos espaciales y en las opciones para la personalización del trabajo con ellos.</p>			<p>Creación de sistemas completos de geoprocésamiento con la inclusión de las opciones deseadas.</p>	
<p>Incremento constante de la demanda de soluciones, de manera personalizada, mediante las aplicaciones de los SIG a problemas específicos por parte de los ejecutores de las aplicaciones y los usuarios de las mismas.</p>			<p>Programación de las opciones faltantes que se desean mediante programas de tipo script que se ejecutan como parte de los sistemas existentes.</p> <p>Creación de programas complementarios a los sistemas de geoprocésamiento (PRC), con desarrollo independiente y basados en el intercambio de formatos estándar de datos espaciales.</p>	

Problemas	Efectos	Componentes	Soluciones	
			Acciones	Procedimientos
La programación de paquetes completos de SIG y otros paquetes de geoprocésamiento es muy compleja e implica que se repitan opciones en ellos que funcionan de forma excelente en sistemas existentes muy competentes.	Los sistemas creados que no tienen en cuenta los factores que inciden en la complejidad de su programación no son competentes ni sostenibles. Para el empleo de las opciones que funcionan de forma excelente en sistemas existentes se siguen utilizando estos últimos.	Programas Computacionales	Creación de programas complementarios a los sistemas de geoprocésamiento (PRC), con desarrollo independiente y basados en el intercambio de formatos estándar de datos espaciales que pueden interactuar con cualquiera de estos sistemas. Su programación es sencilla y no repiten opciones ya existentes, sino que las complementan.	Trabajo conjunto de las especialidades clave que intervienen en las aplicaciones. Establecimiento de los procedimientos de trabajo en los que intervienen.
Un mismo grupo de trabajo puede emplear indistintamente varios paquetes de geoprocésamiento según los requerimientos de las aplicaciones que desarrolle. Los programas de tipo script, se condicionan al uso en un determinado sistema de geoprocésamiento y pueden estar limitados a determinados lenguajes de programación.	Un mismo grupo de trabajo necesita llevar la solución del mismo problema, con el empleo de los programas de tipo script, a distintos paquetes de geoprocésamiento, según sus particularidades.			

Problemas	Efectos	Componentes	Soluciones	
			Acciones	Procedimientos
Ambigüedad en el tratamiento de los términos relacionados con los SIG y sus aplicaciones.	Confusión en la terminología. Confusión del producto que se espera de una aplicación.	Personal	Estudio y análisis del personal que diseña la aplicación, que la ejecuta y que va a ser usuario de la misma. Selección adecuada del personal que diseña y ejecuta la aplicación. Preparación del personal (ejecutores y usuarios).	Realización de talleres, reuniones, comunicaciones directas o indirectas entre todo el personal asociado a la aplicación. Realización de talleres, cursos, seminarios, entrenamientos, conferencias; que preparen al personal.
Subutilización de los programas computacionales en una aplicación.	Uso general deficiente del SIG. Uso del SIG sólo como apoyo cartográfico. Deficiente uso como apoyo cartográfico. Obtención de productos deficientes.			
Contradicción entre la variación constante de procedimientos que se imponen en poco tiempo en el manejo de los programas computacionales empleados en las aplicaciones y la facilidad de operarlos, con interfaces cada vez más amigables con el usuario.	Operación y empleo de los programas computacionales por personal no preparado para ello.			

Deficiente ubicación en tiempo de las tareas a desarrollarse dentro de una aplicación en el marco de un proyecto.	Desajustes en la coordinación de la obtención de datos, su carga y la utilización de las informaciones.			
Problemas	Efectos	Componentes	Soluciones	
			Acciones	Procedimientos
Falta de mantenimiento y actualización del personal en las aplicaciones.	El personal no responde a las exigencias que demanda la aplicación. Las aplicaciones brindan respuestas que no satisfacen las expectativas de los usuarios.	Personal	Mantenimiento del personal asociado a las aplicaciones y actualización del mismo si es necesario.	Realización de evaluaciones periódicas del personal ajustadas a los requerimientos de las aplicaciones en el tiempo.
Falta de atención a la concepción del trabajo del personal por especialidades. Utilización de los especialistas asociados a una aplicación según las funciones básicas de los SIG.	Desequilibrio en el desarrollo de las distintas funciones del SIG. Subutilización de los especialistas en algunas de ellas.		Utilización de los especialistas asociados a una aplicación según los requerimientos de la misma, abarcando todas las funciones de los SIG.	Establecimiento de las especialidades clave que intervienen en las aplicaciones. Establecimiento de los procedimientos de trabajo en los que intervienen.

Soluciones relacionadas con los programas computacionales:

- Estudio y análisis de los programas computacionales requeridos y disponibles.
- Selección adecuada de los programas computacionales que se utilizan en la aplicación.
- Mantenimiento de los programas computacionales asociados a las aplicaciones y actualización de los mismos si es necesario.
- Empleo de varios sistemas de geoprocésamiento, incluso del mismo tipo en una misma aplicación.
- Creación de sistemas completos de geoprocésamiento con la inclusión de las opciones deseadas.
- Programación de las opciones faltantes que se desean mediante programas de tipo script que se ejecutan como parte de los sistemas existentes.
- Creación de programas complementarios a los sistemas de geoprocésamiento (PRC), con desarrollo independiente y basados en el intercambio de formatos estándar de datos espaciales.

Profundizando en el análisis de las soluciones relacionadas con los programas computacionales se puede plantear lo siguiente:

Los programas computacionales empleados en las aplicaciones de los SIG deben satisfacer las demandas de las aplicaciones en las cuales va a intervenir. Por esta razón debe tenerse lo más claro posible la noción de las funciones de entrada, manejo, análisis y salida que van a necesitarse y en dependencia de éstas, entonces emplear los programas apropiados, que cumplan con el desempeño de las funciones requeridas. Deben analizarse los paquetes existentes y los que se necesitan y finalmente seleccionar los que van a ser empleados. Para lograr esto es útil la

realización de talleres, reuniones, comunicaciones directas o indirectas entre todo el personal asociado a la aplicación. Debe consultarse la documentación acerca de los sistemas existentes y realizar pruebas con los mismos.

Se debe considerar la evolución de los programas computacionales en el tiempo. Esta consideración está relacionada con la vida útil de la aplicación prevista. Es provechoso entonces realizar evaluaciones en períodos determinados y decidir sobre la asimilación de versiones modernas del mismo sistema o su sustitución por otro.

Hoy es una realidad que los paquetes de SIG y otros paquetes de geoprocésamiento, elaborados a escala mundial por entidades académicas y empresariales de alta especialización en este tipo de producto, han tenido una amplia aceptación por sus usuarios y son útiles para el tratamiento general de la información geográfica y específicamente para su análisis y su representación cartográfica, generalizándose su uso de manera constante. Estos sistemas con el tiempo se incrementan en número y diversidad; se hacen más complejos; abordan soluciones a mayor número de problemas, se perfeccionan; permiten más integración entre ellos, valiéndose de un alto nivel de intercambio entre los formatos de datos espaciales que manejan; permiten su manejo cada vez más fácil por parte de los usuarios y se producen bajo la concepción de la estandarización de los procesos que realizan.

Al emplear estos sistemas de geoprocésamiento, sus usuarios aprovechan todas las bondades que, de manera general ellos brindan, sin embargo es también una realidad el hecho de que diferentes tipos de análisis y representaciones cartográficas que necesitan utilizar los usuarios para resolver problemas particulares de carácter geográfico, así como la forma específica o personalizada de ejecutarlos, pueden verse limitados por las posibilidades que ofrecen los sistemas.

Existen formas de solucionar este problema (figura 15), algunas de las cuales se emplean en la actualidad en dependencia de las condiciones concretas de trabajo de los usuarios. Una de ellas es el uso de varios sistemas de geoprocésamiento, incluso del mismo tipo, en una misma aplicación, buscando en unos las opciones que no presenten otros. Esta solución, además de abusar de la utilización de paquetes del mismo tipo que repiten los mismos procesos, deja restringido el

problema a la posibilidad de encontrar o no la opción requerida. Es posible que ningún paquete responda a las expectativas del usuario para desarrollar los análisis y representaciones deseadas.

Otra solución es crear sistemas de geoprocésamiento propios con las opciones deseadas. Este caso implica la generación de sistemas completos donde se repiten opciones que funcionan de forma excelente en sistemas ya existentes muy competentes y que requieren de una programación muy compleja. El usuario aquí se debe colocar al nivel de los grandes productores de los sistemas y generar productos competitivos y perdurables para que esta solución tenga sentido.

Una tercera solución incluye aprovechar, dentro de las bondades de los sistemas de geoprocésamiento, el uso de programas de tipo *Script*. Estos programas, que pueden elaborar los usuarios, se ejecutan como parte de los sistemas mencionados y permiten desarrollar las opciones faltantes que se desean incluir dentro de ellos, así como personalizar a gusto los procesos que se ejecutan. Los programas de tipo *Script*, sin embargo, se condicionan al uso en un determinado sistema de geoprocésamiento y pueden estar limitados a determinados lenguajes de programación. Esto significa que la solución dada a un problema dentro del marco de utilización de un paquete determinado de geoprocésamiento, necesitaría programarse nuevamente bajo los requerimientos de otro.

Una solución alternativa que puede emplearse para el desarrollo de opciones de análisis y representaciones cartográficas de la información geográfica, no presentes en sistemas de geoprocésamiento existentes, es la elaboración y uso de programas complementarios (PRC) a estos sistemas.

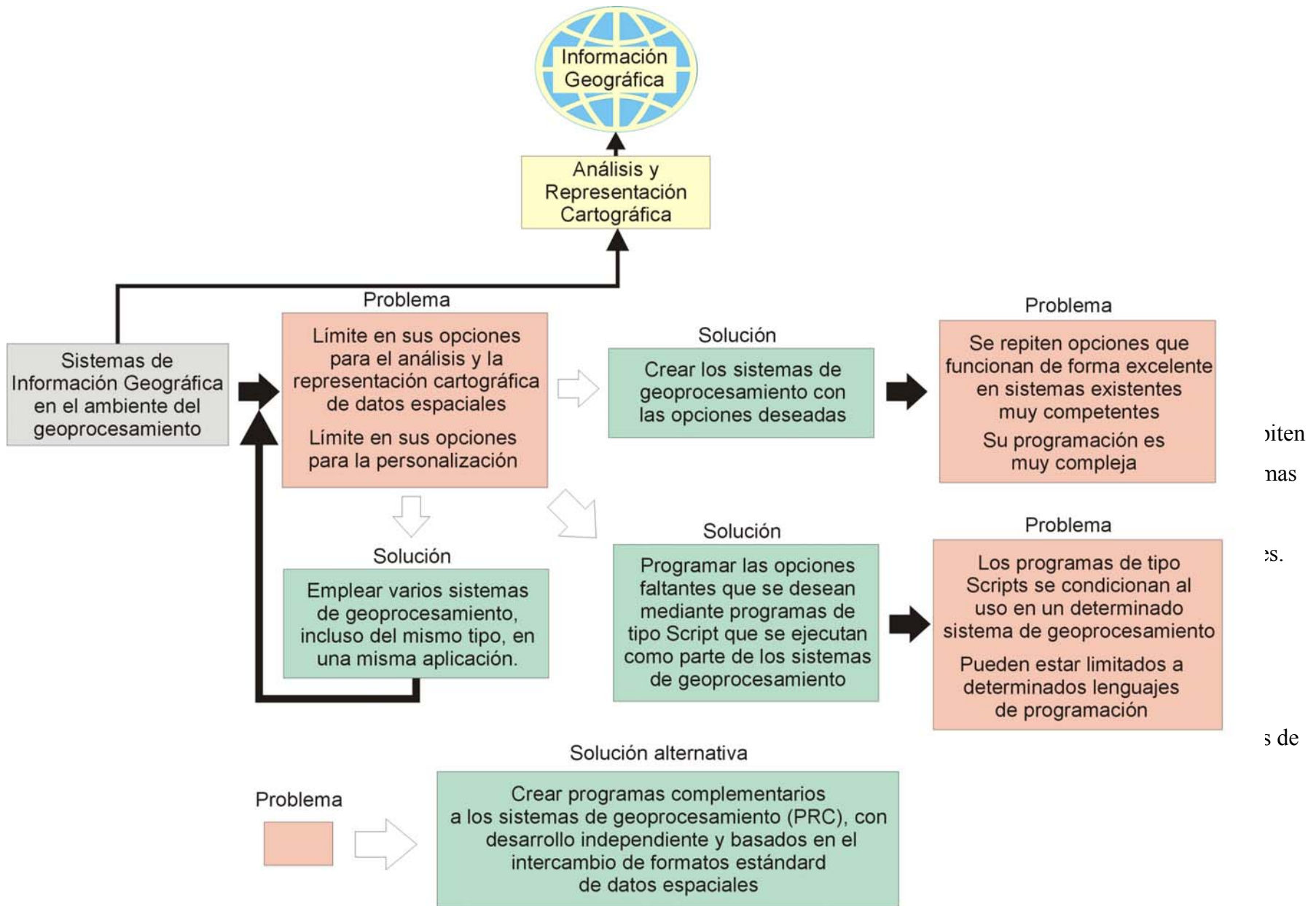


Fig. 15. Problemas y soluciones relacionados con el empleo de los programas computacionales en las aplicaciones de los SIG.

Soluciones relacionadas con el personal:

- Estudio y análisis del personal que diseña la aplicación, que la ejecuta y que va a ser usuario de la misma.
- Selección adecuada del personal que diseña y ejecuta la aplicación.
- Preparación del personal (ejecutores y usuarios).
- Mantenimiento del personal asociado a las aplicaciones y actualización del mismo si es necesario.
- Atención a la concepción del trabajo del personal por especialidades y utilización de los especialistas asociados a una aplicación según los requerimientos de la misma, abarcando todas las funciones de los SIG.

Profundizando en el análisis de las soluciones relacionadas con el personal se puede plantear lo siguiente:

El personal asociado a las aplicaciones de los SIG debe ser profundamente estudiado, analizado y concientemente elegido y preparado. Este personal puede considerarse dividido de la siguiente manera:

- Personal que diseña la aplicación: proyecta los componentes del SIG que intervienen en una aplicación en función de sus objetivos y es el máximo responsable de los resultados que se obtengan en la misma.
- Personal que ejecuta la aplicación: está integrado por los que operan el SIG en todos sus subsistemas en el marco de una aplicación.

- Personal usuario de la aplicación: es el que se beneficia con los resultados aportados por la aplicación del SIG.

En dependencia del tipo de aplicación que se realice, esta división del personal puede tener distinta relevancia. A veces un mismo grupo de personas diseña una aplicación, la ejecuta y se beneficia con sus resultados. En otras ocasiones, una institución puede contratar los servicios del diseño de la aplicación a otra, para después ejecutar las aplicaciones y utilizar los resultados. Otra posibilidad es que el contrato llegue hasta la ejecución de las aplicaciones. De cualquier manera al llevar a cabo cualquier tipo de aplicación es provechoso el cuestionamiento de esta división.

Es importante que todo el personal, desde la óptica de sus funciones actúe con unidad de concepciones y criterios respecto a la aplicación del SIG, eliminando confusiones en la terminología y en los productos esperados.

Para evitar la subutilización de los programas computacionales empleados y la obtención de productos deficientes, el equipo de trabajo debe dominar concientemente, con el nivel acorde con las aplicaciones, el *software* que se utilice. Cuando se trabaja en aplicaciones con diferentes paquetes de geoprocésamiento, el personal debe prepararse en el conocimiento necesario de dichos paquetes, para usar de manera óptima sus potencialidades y manejar correctamente el intercambio de los formatos que se utilicen.

Una preparación adecuada del personal permite que la operación de los programas, además de ser fácil, mediante el empleo de las interfaces amigables con el usuario que permiten los sistemas existentes, se realice con el nivel de conocimientos apropiados de todos los procedimientos empleados, logrando la adecuación correcta de su uso a la solución de los problemas concretos que exige la aplicación.

En el marco de aplicaciones en proyectos de investigación basados en SIG, diferentes especialistas desarrollan tareas distintas como parte del proyecto, las cuales forman parte de la aplicación. A medida que se producen datos, éstos pueden integrar las bases de datos geográficas. En otro momento se requiere de los propios servicios del SIG para desarrollar análisis y salidas

necesarias para el proyecto. Una deficiente ubicación en tiempo de las tareas a desarrollarse dentro de una aplicación en el marco de un proyecto, provoca desajustes en la coordinación de la obtención de datos, la carga y la utilización de las informaciones. Es necesario entonces la relación y la comunicación en un lenguaje común entre todo el personal que aplica el SIG.

Para estudiar, analizar y seleccionar el personal requerido para las aplicaciones es útil la realización de talleres y reuniones con la participación de todo el personal asociado a la aplicación. En general se deben establecer comunicaciones directas o indirectas entre todo el personal. La preparación del personal puede lograrse mediante talleres, cursos, seminarios, entrenamientos y conferencias. En dependencia de las necesidades de las aplicaciones y del estado en que se catalogue el personal disponible, se pueden trazar las estrategias de selección y de preparación del mismo.

El personal debe ser sostenible, o lo que es igual, debe responder siempre a las exigencias que demanda la aplicación, a lo largo del período para el cual ésta establece su utilidad. En proyectos cortos es posible reunir un grupo de personas que después de una aplicación del SIG se desintegre y vuelva a sus labores cotidianas. En aplicaciones de más larga vida y alcance es necesario crear condiciones para un grupo permanente o para su renovación sin afectar los resultados. Si se cree conveniente mantener un personal que ha dejado de responder las demandas que exige la aplicación, hay que tomar medidas para su actualización apropiada.

Con respecto al personal que ejecuta una aplicación, debe señalarse que, en el contexto de varias metodologías para la implementación de SIG y la realización de aplicaciones, que han sido estudiadas, se ha tratado el tema del personal, centrandolo en su preparación y en la significación que tienen los usuarios finales de las respuestas que brindan las aplicaciones en la elección de los datos a tratar en el SIG, así como en la elección de los procedimientos óptimos para el análisis y la representación de la información. Lo anterior es de gran importancia, sin embargo es conveniente profundizar, así mismo, en las especialidades clave presentes en el personal que ejecuta una aplicación y las funciones que desempeñan éstas en cada fase del procedimiento general para llevar a cabo las aplicaciones.

Un aspecto significativo a tener en cuenta es que los SIG se encuentran en un campo de acción de varias especialidades o disciplinas científicas y técnicas. Una aplicación SIG tiene como objetivo la solución de problemas concretos de carácter geográfico dentro de temas determinados, en el marco de lo cual el análisis y la representación cartográfica de la información geográfica juegan un papel fundamental, por tanto, en una aplicación es necesaria la concurrencia de especialistas en los temas tratados; pero por otra parte, la solución a los problemas temáticos es abordada en un ambiente computacional que requiere de especialidades relacionadas con la modelación cartográfica del tema en el SIG, la conformación de bases de datos digitales, el mantenimiento digital de la información, el empleo de equipos e infraestructuras y, en ocasiones, el desarrollo de programaciones. Un desequilibrio en la actuación de los especialistas imbricados en una aplicación SIG provoca resultados insatisfactorios en las respuestas obtenidas durante la misma.

En ocasiones se ha planteado y llevado a la práctica, una división de los especialistas ejecutores de una aplicación en grupos, de acuerdo con la división de las funciones propias de un SIG. El personal se separa en grupos de trabajo condicionados por el tipo de función que va a realizar dentro del SIG. De esta forma los grupos de trabajo se dividen según los subsistemas de: adquisición, entrada, análisis y salida. Sin embargo, si bien para el desarrollo o programación de paquetes de SIG o de otros sistemas de geoprocésamiento esta división podría resultar provechosa, para las aplicaciones de los SIG puede traer como consecuencia problemas de desequilibrio en el desarrollo de las distintas funciones y subutilización de los especialistas en algunas de ellas. Ajustados a esta división, los especialistas no participan por igual de todas las funciones del SIG como un todo, puesto en función de objetivos temáticos específicos.

Hoy en día, es común hablar de especializaciones en la aplicación de toda ciencia, producto de que cada parte integrante de la misma se va desarrollando de una manera tal, que se necesita prestar atención suprema a su desenvolvimiento, provocando diferencias en el nivel de conocimientos en estas partes por los denominados especialistas.

Un incremento de la división del trabajo dentro de las ciencias, según las especialidades que concurren en el mismo, trae como consecuencia que las aplicaciones de las ciencias se desarrollen con más detalle y conocimiento en cada una de las ramas del saber que confluyen en

ellas y por ende se necesite, cada vez más, de un tratamiento interdisciplinario o de variados especialistas para lograr su éxito.

En las ciencias geográficas se manifiesta el fenómeno mencionado de las especialidades. Los geógrafos, aunque en un nivel de generalización mayor sean todos especialistas en los estudios de la envoltura geográfica y en las ciencias empleadas para ello, se dividen en especialidades. Se pueden mencionar entonces a los geomorfólogos, edafólogos, climatólogos, demógrafos, cartógrafos, especialistas en SIG o a los especialistas en Geografía de la Industria, por citar sólo algunos ejemplos. A su vez, este nivel de diferenciación en especialidades pudiera seguir dividiéndose si así lo requiriera la práctica de esta ciencia (especialista en climatología tropical, especialista en industrias locales) o también podría generalizarse (geógrafo físico, geógrafo socioeconómico, cartógrafo).

Para las aplicaciones de los SIG se pueden examinar entonces las especializaciones contribuyentes más importantes o especializaciones clave y discutir sobre las estrategias a seguir para lograr su éxito. Una división apropiada puede ser: especialistas temáticos, especialistas en geoprocesamiento y especialistas en programación, bases de datos y mantenimiento digital. (figura 16).

Los especialistas temáticos son aquellos especialistas en los temas abordados por la aplicación, los cuales van a ser expresados en los datos que son adquiridos, capturados, almacenados en las bases de datos, manejados, analizados y finalmente representados. Conocen los datos que se están manipulando, cómo deben analizarse, los métodos que se deben aplicar y cuál es la representación más adecuada que merecen los resultados para su mejor interpretación y comunicación. En la figura 16 se muestra un ejemplo de especialistas temáticos que podrían participar en una aplicación realizada como parte de estudios ambientales integrales. En este caso dominan los temas de geomorfología, suelos, biodiversidad, población, economía, sociedad, entre otros. El producto de su trabajo se refleja en la ejecución de evaluaciones de impacto ambiental, ordenación ambiental, estudios de línea base ambiental, por citar algunos ejemplos.

Los especialistas en programación, bases de datos y mantenimiento digital están relacionados con la programación de los sistemas computacionales que se emplean en las aplicaciones, las bases de datos complejas y todo lo referente al mantenimiento del sistema desde el punto de vista operacional, incluyendo los equipos empleados y los sistemas de redes. Conocen ampliamente sobre programación computacional y lenguajes, bases de datos geográficas y manejadores, teoría de sistemas, comunicaciones, redes y otros. El producto de su trabajo incluye los sistemas y programas computacionales, orientados a satisfacer problemas en diferentes campos del conocimiento. Tienen dentro de su radio de acción la solución de los problemas técnicos, en relación con los equipos de cómputo existente.

Los especialistas en geoprocésamiento son entonces aquellos conocedores de la interfase existente entre los SIG, vistos en su acepción amplia y estrecha, y el campo específico de aplicación de éstos. Estos especialistas conocen lo fundamental de cada vertiente del conocimiento analizada, sirviendo de enlace de tipo personalizado entre ellas. Son el hilo conductor del conocimiento en ambos sentidos. Los especialistas temáticos desean materializar su trabajo de una forma óptima mediante la aplicación del SIG, para lo cual necesitan canalizar su problema, correctamente interpretado, hacia la parte del mundo de las aplicaciones de los SIG que les interesa. Necesitan además la explotación apropiada de los programas de computación que se empleen. Los especialistas en programación, bases de datos y mantenimiento digital necesitan producir programas cada vez mejores, que resuelvan más problemas y de la mejor manera posible. Necesitan establecer los equipos y el mantenimiento digital de forma que cumpla con las expectativas de la aplicación. Para ello requieren los problemas temáticos ya interpretados y llevados a un nivel esencial orientado a su solución en el SIG. Los especialistas en geoprocésamiento sirven entonces como una especie de intérpretes en ambos sentidos, que facilita y mejora mucho el trabajo durante las aplicaciones.

Los especialistas temáticos y los especialistas en geoprocésamiento se vinculan más estrechamente por su perfil de formación que los especialistas en programación, bases de datos y mantenimiento digital y cualquiera de los antes mencionados.

Tomando en cuenta a los especialistas temáticos y en geoprocésamiento y su conocimiento acerca de los temas abordados en la aplicación, acerca del geoprocésamiento en sentido amplio y acerca de los programas computacionales a emplear, se pueden seguir las variantes estratégicas para la ejecución de las aplicaciones expuestas en la tabla 5. Aquí se tiene en cuenta, de manera implícita, la posibilidad de que la distinción entre el especialista temático y el especialista en geoprocésamiento no exista.

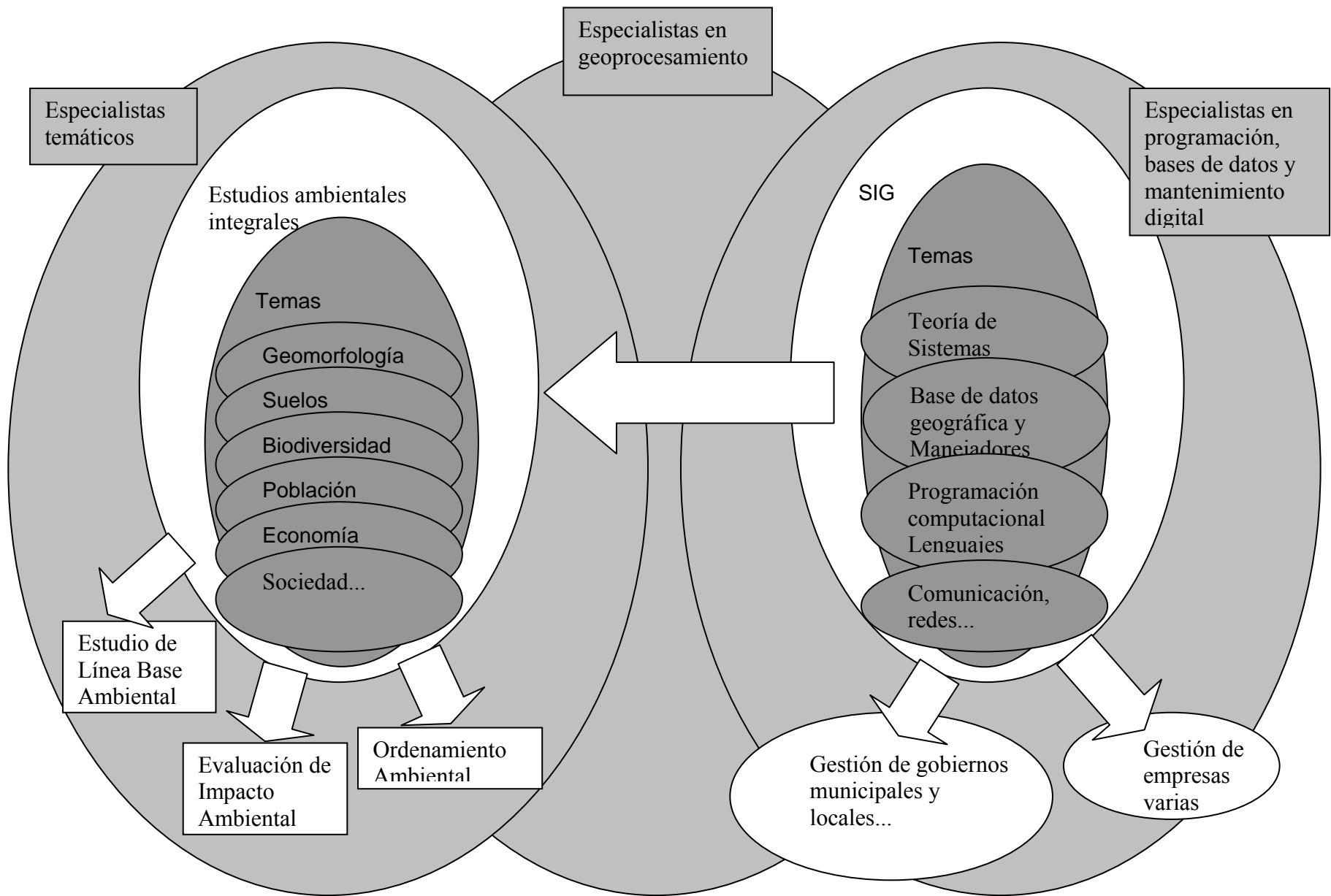


Fig. 16. Relaciones entre las especialidades y los temas asociados a las aplicaciones de los SIG.

Un grupo de especialistas también importante, que puede ser incluido en las aplicaciones de los SIG como apoyo a las tareas que se ejecutan, es el grupo de técnicos, bien entrenados, especializados en la entrada, edición y corrección de los datos en las bases de datos geográficas.

Tabla 5. Variantes estratégicas a seguir con los especialistas temáticos y los especialistas en geoprocésamiento.

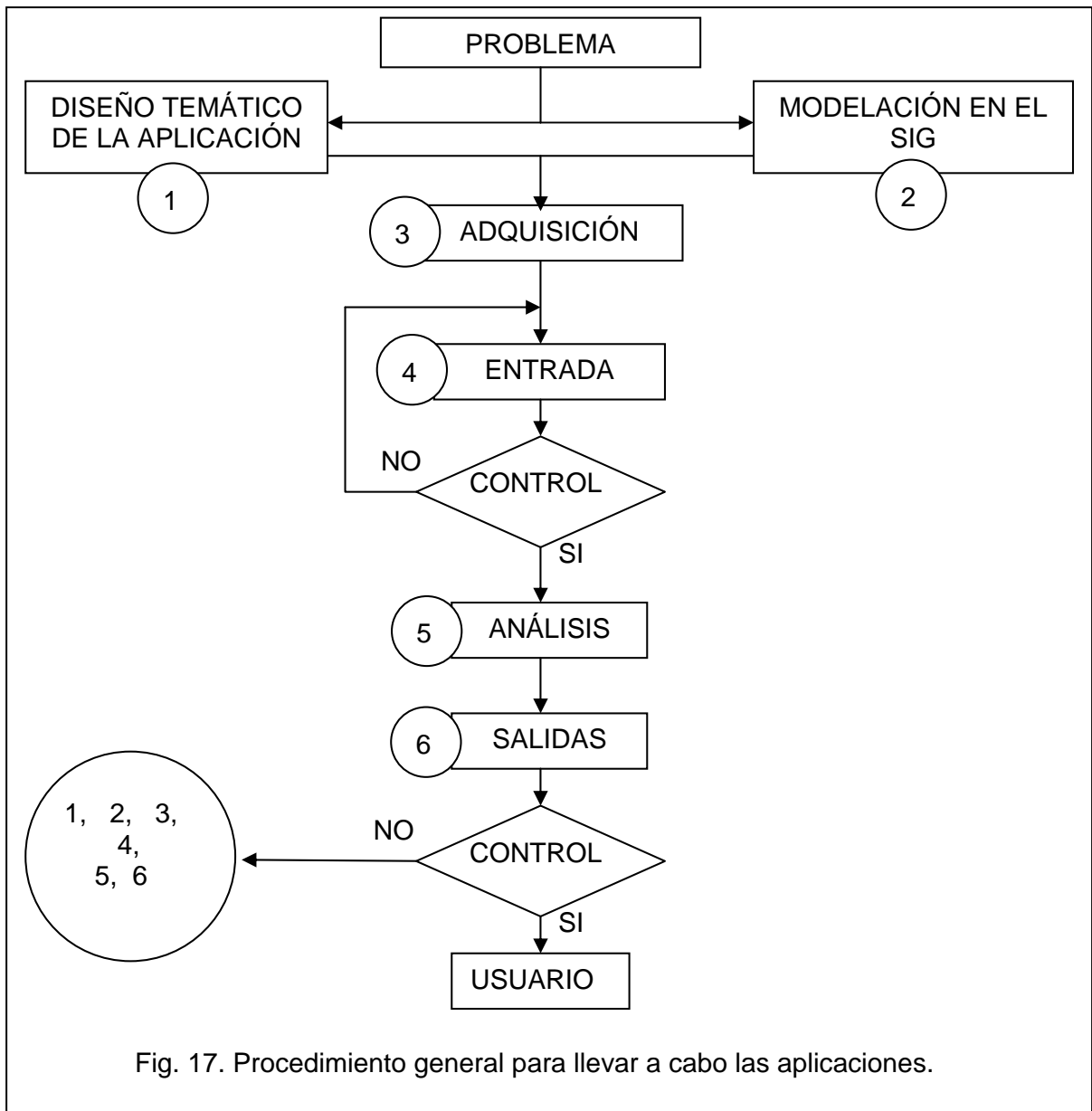
<i>Conocimiento</i> <i>Especialistas</i>	de la temática abordada en la aplicación	del geoprocesamiento	del software a usar y los equipos	Estrategia
temáticos	Si	Si	Si	Los especialistas pueden diseñar la aplicación y ejecutarla.
en geoprocésamiento	SI	SI	Si	
temáticos	Si	Si	No	Los especialistas pueden diseñar la aplicación y ejecutarla siempre que se preparen en el dominio del software y los equipos a usar o empleen un personal conocedor del mismo que brinde sus opiniones en el diseño y lo opere.
en geoprocésamiento	Si	Si	No	
temáticos	Si	No	Si	El diseño y la ejecución de la aplicación se realiza con la participación de ambos tipos de especialistas. Deben establecerse nexos fuertes de trabajo.
en geoprocésamiento	No	Si	Si	
temáticos	Si	No	No	El diseño y la ejecución de la aplicación se realiza con la participación de ambos tipos de especialistas. Deben establecerse nexos fuertes de trabajo. Los especialistas en geoprocésamiento deben prepararse en el dominio del software y los equipos a usar o emplear un personal conocedor del mismo que brinde sus opiniones en el diseño y lo opere.
en geoprocésamiento	No	Si	No	

Se puede plantear entonces que en una aplicación de un SIG intervienen cuatro grupos de trabajo que participan, de manera interrelacionada, durante toda la ejecución de la misma. Estos son:

- Grupo temático: Está compuesto por los especialistas temáticos. Es el encargado del diseño temático de la aplicación donde tiene gran importancia la definición de los datos, las metodologías a emplear y los análisis y salidas necesarios para dar solución a los problemas planteados. Se ocupa de la adquisición de los datos necesarios y de poner éstos en manos del grupo de geoprocésamiento, con todas las especificaciones que se requieren según el caso. Participa en los análisis y en la elaboración de las salidas. Participa también en los controles a la entrada y salida de los datos e informaciones para su evaluación.
- Grupo de geoprocésamiento: Está compuesto por los especialistas en geoprocésamiento, con amplia visión geográfica. Realiza la modelación cartográfica en el SIG, de los procesos descritos por el grupo temático para la solución de los problemas planteados. Participa en los análisis y en la elaboración de las salidas. Participa también en los controles a la entrada y salida de los datos e informaciones para su evaluación.
- Grupo de bases de datos, programación y mantenimiento digital: Está compuesto por los especialistas en programación, bases de datos y mantenimiento digital. Garantizan el desarrollo de programas de computación en caso necesario; el diseño, funcionamiento, y mantenimiento de las bases de datos complejas y la disposición para el trabajo y funcionamiento óptimo de todos los equipos, incluyendo las redes de comunicación, si también son necesarias. También atiende la compatibilidad en el trabajo entre los diferentes programas y sistemas utilizados y los equipos; así como el resguardo de las bases de datos y las necesidades de insumos para los equipos.
- Grupo técnico: Está compuesto por los técnicos especializados en la introducción de las entidades espaciales y sus atributos en las bases de datos geográficas, con la condición de tener una probabilidad muy baja de errores. Su trabajo incluye la edición y corrección de las bases de datos, teniendo en cuenta los controles efectuados a los datos almacenados.

Las especialidades clave contenidas en los grupos de trabajo mencionados participan en las aplicaciones mediante el procedimiento general que se plantea en la figura 17.

Las aplicaciones se llevan a cabo para la solución de problemas concretos que se desean resolver. Este problema es analizado en primera instancia por el grupo temático, quien establece las bases teóricas y metodológicas necesarias, según el tema tratado, para darle respuesta. El grupo de geoprocésamiento realiza la transferencia de los planteamientos de los temáticos al lenguaje de su expresión en los SIG, mediante la modelación cartográfica, para lo cual demanda



de los temáticos los datos necesarios con los requerimientos precisos, según la modelación concebida. Los datos se adquieren y son convertidos a formato digital, copiados o transformados de formatos de otros sistemas. En la entrada de los datos juega un importante papel el trabajo laborioso del grupo técnico. En el caso de copia y transferencia de datos el papel importante lo juega el grupo encargado de las bases de datos y el mantenimiento digital.

Los datos quedan establecidos en el formato digital que exigen los programas computacionales de geoprociamiento que van a ser empleados. Estos datos en formato digital se someten entonces a un control por parte del grupo temático y el grupo de geoprociamiento. Si la evaluación no es satisfactoria en algún caso, se pasa a la corrección de los mismos por parte del grupo técnico. Si la evaluación es satisfactoria entonces pasan a formar parte de la base de datos y quedan disponibles para su recuperación.

En la extracción, el filtrado y la salida de los datos actúan tanto el grupo temático como el de geoprociamiento, cada uno perfilando el trabajo desde su óptica. Aquí se construyen modelos digitales óptimos mediante la modelación cartográfica, que den respuesta al problema de la aplicación y se elaboran salidas de todo tipo que cumplan con los requerimientos de la transmisión lógica de la información hacia su usuario.

Las salidas también son controladas y evaluadas. Para este paso, en el caso de que las salidas hayan sido realizadas para los usuarios finales de la aplicación, éstos últimos participan junto con los ejecutores en la evaluación de las mismas. Los usuarios pueden dar opiniones valiosas acerca de una versión preliminar del resultado que se les va a entregar. Los señalamientos hechos irán a parar a las fases que corresponda y cuando se obtenga una evaluación satisfactoria el producto de la aplicación estará en condiciones de entregarse definitivamente al usuario.

II.3. Desarrollo de programas complementarios. Programas complementarios PRC para el análisis y la representación cartográfica de la información geográfica

El requerimiento de programas complementarios PRC lo sugiere la necesidad de resolver problemas concretos de carácter geográfico en el marco de las aplicaciones de los SIG, que no

encuentran en las opciones brindadas por los sistemas de geoprocésamiento existentes las capacidades para su soluci3n id3nea o personalizada.

El desarrollo de los programas complementarios PRC se realiza aplicando un procedimiento que, en esencia, se asemeja al procedimiento general planteado para realizar las aplicaciones de los SIG, utilizando los mismos grupos de trabajo establecidos en que se divide el personal (figura 18).

Los problemas a solucionar con la programaci3n se analizan por el grupo temático, quien establece las bases te3ricas y metodol3gicas para darles respuesta. El grupo de geoprocésamiento realiza la transferencia de los planteamientos de los temáticos al lenguaje de expresi3n que deben tener en un programa complementario PRC, para lo cual demanda de los temáticos los datos necesarios con los requerimientos, seg3n el problema.

El grupo temático y el de modelaci3n cartográfica, despu3s de discutir el problema y sus posibles soluciones, se reúnen con el grupo de programaci3n para discutir con él sobre el problema, las soluciones, e incluso, propuestas de programaci3n en sesiones de trabajo conjunto.

Es recomendable, antes de la discusi3n planteada, la elaboraci3n por parte de los dos primeros grupos, de una documentaci3n de base para la programaci3n. En este documento se pueden plantear conceptos, métodos y procedimientos que sean útiles a los programadores. Se puede abordar el título, la definici3n y los objetivos del programa. También pueden tratarse definiciones, métodos y procedimientos propios del trabajo que se está haciendo o referentes al ámbito de la especialidad que se está aplicando (de la cartografía, del medio ambiente...), relativos al ámbito propio de los SIG (funciones del SIG a que se hace referencia...) o también concernientes a temas matemáticos (coeficientes, fórmulas...).

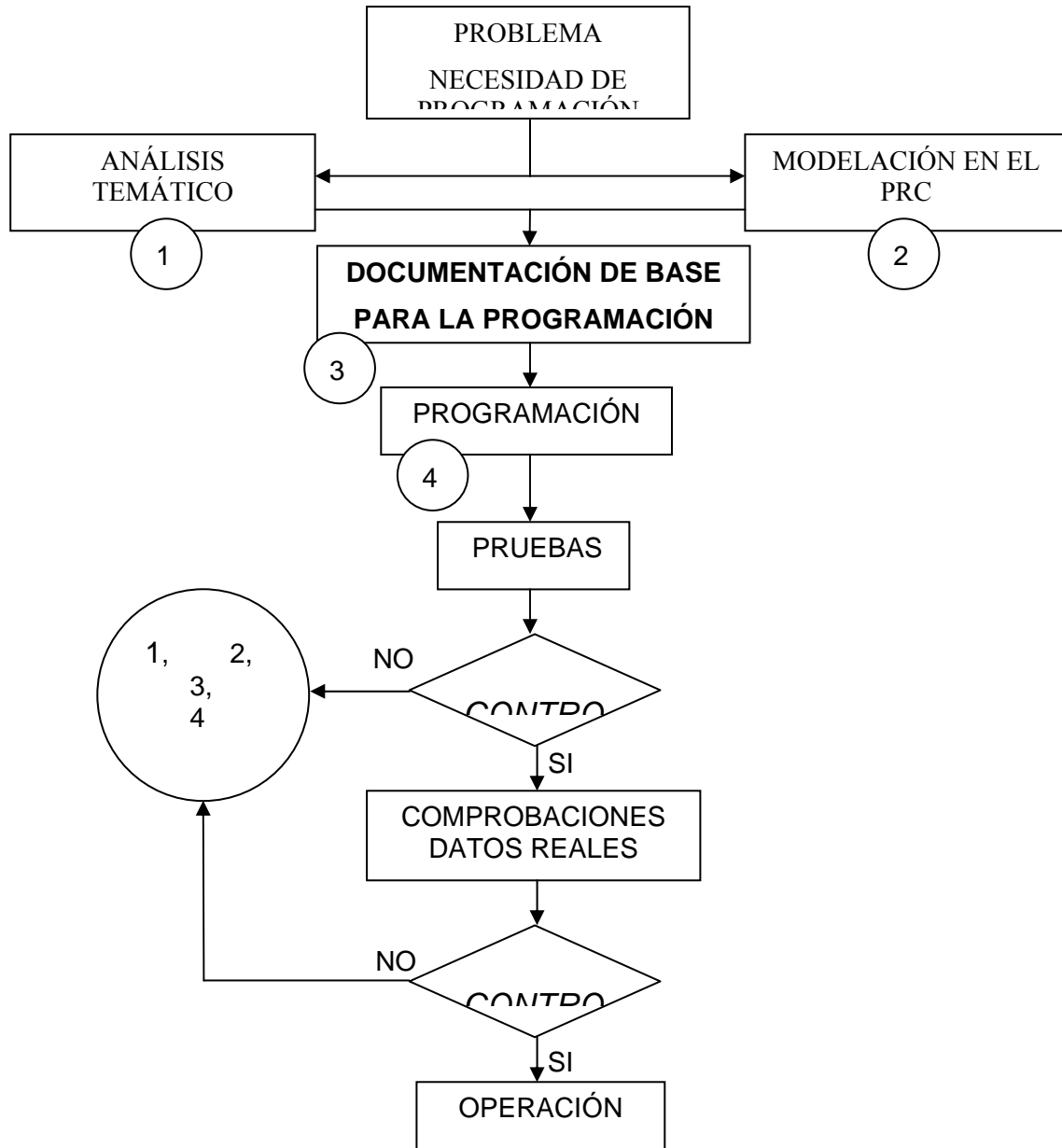


Fig. 18. Procedimiento general para el desarrollo de programas complementarios PRC.

Se puede incluir el planteamiento de algoritmos temáticos, que constituyen la secuencia lógica de acciones que se desea o se propone que se produzcan cuando se corra el programa. Los algoritmos elaborados por los temáticos no presentan al detalle las secuencias de comandos e instrucciones que plantean los programadores en determinado lenguaje, sino que describen de manera general los procesos propuestos para la solución del problema y así, los programadores

tienen más elementos que facilitan centrar su atención en la propia programación y en la generación de ideas que mejoren el programa. Para describir mejor los pasos lógicos a seguir, desde el punto de vista temático, se pueden detallar las variables posibles a utilizar por el programa, así como su tipo y dominio. Se pueden plantear también determinadas condiciones para el comportamiento de las variables y para la corrida del programa. Por último, es recomendable agregar a la documentación ejemplos para la prueba del programa, con bases de datos de prueba y resultados conocidos de antemano. Es útil a los programadores adelantar posibles diseños del programa, que incluyan variantes de opciones, sistemas de menús, ventanas e iconos.

Los programadores juegan un papel activo. Esto quiere decir que al compartir la solución del problema con los demás especialistas buscan su programación óptima y proponen nuevos conceptos a aplicar, métodos, procedimientos, diseños, que enriquecerán el producto final.

Una vez elaborado el programa y demostrada su validez en la solución de los problemas empleados como pruebas, entonces debe pasarse a una etapa de comprobación del mismo con datos reales, bajo circunstancias contrastantes. Durante esta etapa los especialistas temáticos y en geoprosesamiento anotarán toda clase de comportamiento del programa para su optimización por los programadores. Como un mismo programa puede llegar a tener distintos grados de complejidad, se fija un grado determinado de complejidad como tope para una determinada versión, si los problemas hallados durante las comprobaciones del programa encajan dentro del tope de complejidad previsto, inmediatamente debe pasarse a su solución mediante la reprogramación, si por el contrario existen proposiciones que pueden mejorar el programa bajo topes de complejidad mayor, entonces se determinan nuevos topes para nuevas versiones, se elaboran las nuevas versiones y se repite el proceso anterior.

La documentación de base para la programación, una vez enriquecida por los programadores sirve para la elaboración de la ayuda del programa en su ejecución y para la documentación general que puede acompañar la instalación del programa.

El grupo técnico, por su parte, puede jugar un importante papel en la entrada de datos de todo tipo para las aplicaciones del programa. Durante las comprobaciones del programa y su evaluación participan, además de sus propios ejecutores, los usuarios de las informaciones y otras personas cuyo conocimiento de los problemas tratados o su interés permitan dar valiosos criterios.

Para el empleo de los programas complementarios en el marco de las aplicaciones de los SIG, con vistas a la solución de problemas de carácter geográfico, asociados con el análisis y la representación cartográfica de la información geográfica, es necesario profundizar en estos temas y relacionarlos con las funciones de los SIG en las que están presente: análisis y salida.

Muchas veces no se llega a la esencia del comportamiento de un fenómeno de carácter geográfico hasta que no se relacione con otros fenómenos, se sintetice, se simplifique o se represente de distintas formas para su mejor comprensión. En este sentido se utilizan cada vez más, diferentes métodos de análisis y representación de la información que ayudan a la mejor interpretación y explicación de estos fenómenos, los cuales con el desarrollo de la tecnología de los SIG han cobrado un gran auge.

La aplicación de los métodos matemáticos de investigación en el ámbito de las geociencias o ciencias que tratan el comportamiento espacial de diversos fenómenos, encierra una relación recíproca, por cuanto los resultados obtenidos de esta aplicación influyen en el desarrollo de estas ciencias y a la vez en el desarrollo de los propios métodos matemáticos que se aplican. Constituye entonces un salto cualitativo en el proceso cognoscitivo la fusión de las ciencias factuales, que se refieren a hechos concretos y las ciencias formales, referentes a ideas. La formalización se convierte en un proceso necesario del desarrollo (figura 19).

Tanto el análisis como la representación cartográfica de la información geográfica encierran campos del conocimiento complejos por la variedad de conceptos, métodos y procedimientos existentes, asociados a ellos.

Otra consideración importante es que los programas complementarios PRC resuelven problemas concretos no resueltos en los paquetes de SIG existentes o en otros paquetes aplicados en el marco del geoprocesamiento. Esto apunta a que en determinado método de análisis o de representación cartográfica un programa complementario PRC puede intervenir resolviendo alguna de sus fases o etapas, puesto que las otras pueden estar ya resueltas de manera eficiente.

Teniendo en cuenta lo anterior puede decirse que no tiene sentido hablar de soluciones generales para la programación de todos los análisis o representaciones cartográficas que pudiera tener la información geográfica. Una solución de carácter general es el planteamiento del procedimiento para el desarrollo de los programas complementarios PRC, pero cuando se habla de determinado análisis o representación, en un contexto de trabajo específico, entonces se emplean soluciones específicas.

Haciendo referencia a las funciones básicas de los SIG usadas en las aplicaciones, que se relacionan con el análisis y la representación cartográfica de la información geográfica, se puede plantear que los análisis pueden ser muy variados como lo refleja la tabla 2 mostrada en el capítulo anterior; los datos sobre los que se ejecuta determinado análisis son los datos espaciales, los de atributos o ambos; y los resultados de los análisis, que constituyen salidas de los SIG, pueden estar relacionados con la transformación de entidades espaciales o la generación de nuevas y con la generación de nuevos datos de atributos (figura 20).

En la figura 20 se representa el basamento estructural de un SIG, compuesto por las bases de datos espaciales y de atributos. Con la aplicación de un análisis se pueden transformar las entidades espaciales almacenadas, de acuerdo con un criterio determinado. En el ejemplo mostrado se aprecia una salida donde el polígono señalado con el número 2 ha sufrido un corte.

También pueden generarse nuevas entidades espaciales. En el ejemplo se observa la generación de un *buffer* o área de influencia a partir de una entidad lineal (un río). En el ejemplo relacionado con la generación de nuevos datos de atributos se observa una columna nueva en la base de datos, que responde al igual que las otras, a características, en este caso nuevas, que se expresan acerca de los polígonos 1, 2 y 3.

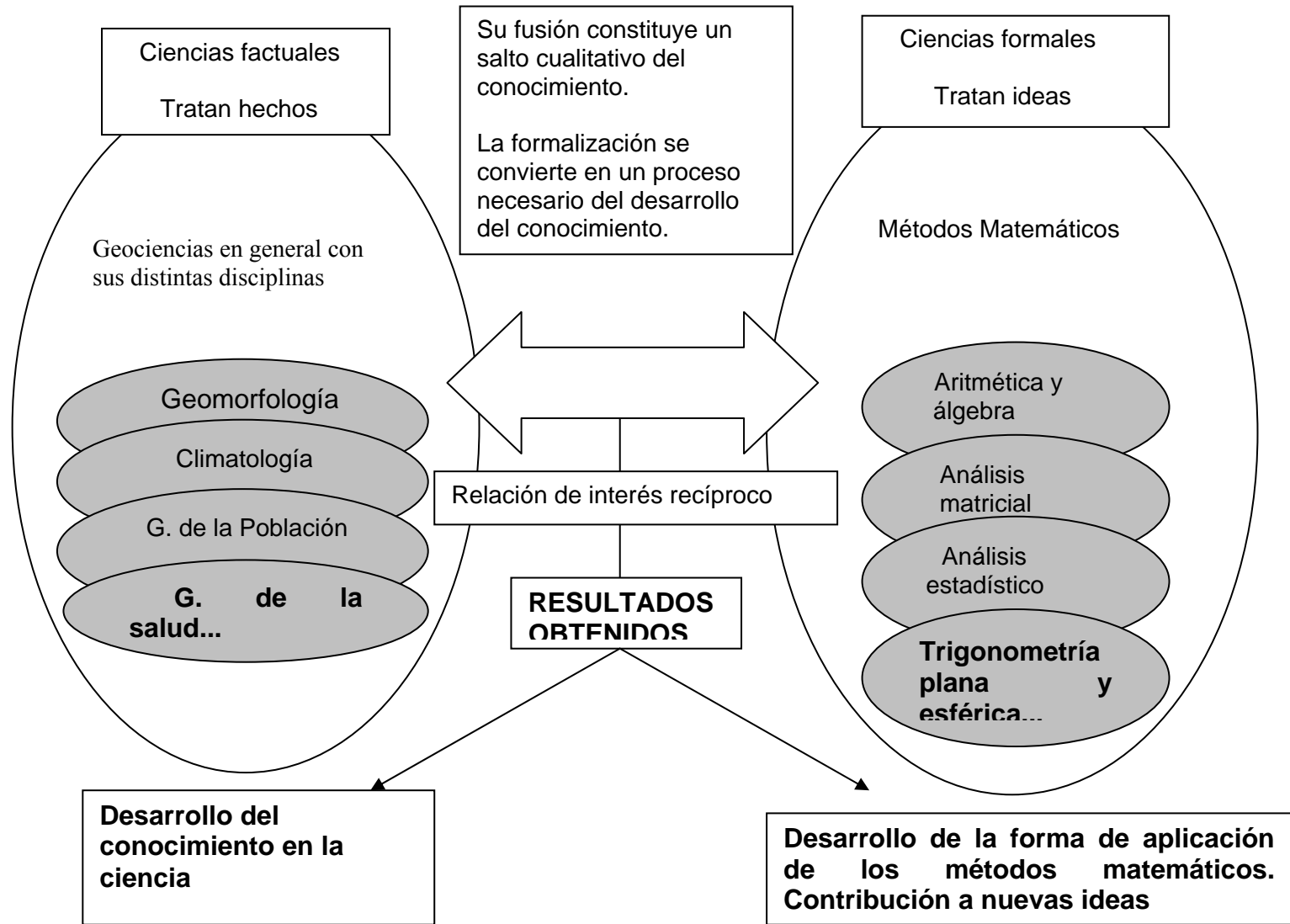


Fig. 19. La formalización en las geociencias.

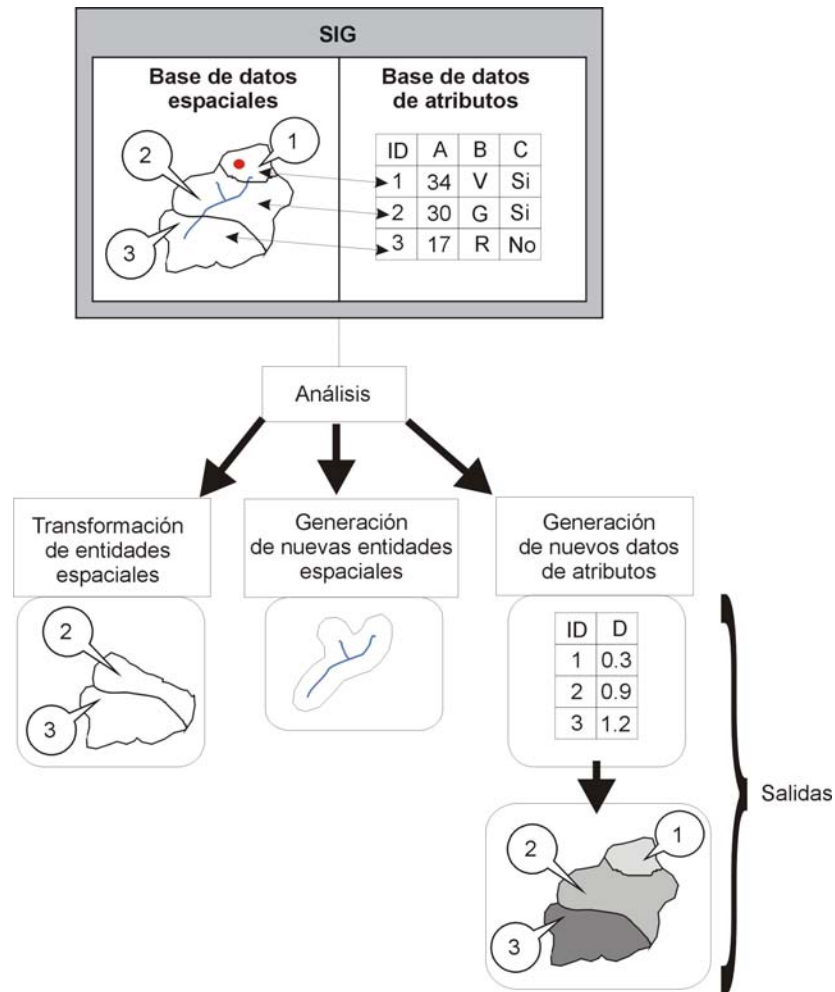


Fig. 20. Ejemplos de resultados obtenidos de los análisis en los SIG y su relación con las salidas.

La salida o representación de los análisis puede ser el propio resultado de éstos últimos, de manera tal y como se obtiene. Otras veces estos resultados se expresan aplicando sobre ellos variados métodos de representación. Los métodos de representación pueden actuar también sobre los datos que permanecen almacenados en las bases de datos sin haber sido sometidos a análisis alguno. La representación de la información puede incluir el uso de gráficos de diferentes tipos, textos y tablas. La representación cartográfica, mediante la elaboración de mapas, ocupa un papel primordial en los SIG. Según Sijmons (2000) “Los mapas despliegan la salida potencial de una serie de escenarios que son importantes para la asistencia de profesionales científicos, planificadores y tomadores de decisión”.

Por representación cartográfica se entiende la representación de los objetos y fenómenos del mundo real mediante los mapas, utilizando signos convencionales o cartográficos. Los mapas son el modelo convencional del mundo real que más se conoce y emplea. Según Salitchev (1981), “un mapa geográfico es una representación reducida, generalizada y matemáticamente determinada, de la superficie terrestre sobre un plano.”

La representación cartográfica es descrita de diferentes formas por distintos autores. Se puede plantear que existen dos formas generales: mediante la definición de métodos de mapeo, que enmarcan tipos de mapas y mediante métodos de representación cartográfica.

Los métodos de mapeo son formas estandarizadas de aplicación de las variables gráficas (variables que pueden expresar diferencias en dimensión, textura, color, orientación, patrón; entre las entidades espaciales: puntos, líneas y polígonos), para representar los componentes de la información en los mapas. En estos métodos no sólo se toma en cuenta la escala de medición de los objetos a representar, sino la naturaleza de su distribución (si se refiere a puntos, líneas, áreas o volúmenes; si su distribución es continua o discontinua; y si sus bordes o límites son suaves o no). El resultado de una combinación específica de variables gráficas de acuerdo con un determinado método estandarizado es un tipo de mapa (Kraak y Ormeling, 1996).

De acuerdo con esta definición se hace referencia a los siguientes tipos de mapas (se describen para ellos sus propiedades más singulares de forma sintética):

- Mapas cromáticos o de mosaicos: Representan valores nominales para las áreas representadas mediante colores o patrones.
- Mapas coropléticos: Representan valores calculados en series discretas. Los valores pueden ser relativos.
- Mapas de isolíneas: Asumen que el fenómeno representado tiene una distribución continua y cambia suavemente sus valores en el espacio plano.

- Mapas de datos puntuales nominales: Representan puntos con diferente patrón, orientación o color.
- Mapas basados en el método proporcional absoluto (mapas de símbolos proporcionales): Los valores absolutos discretos validos para localizaciones puntuales o para áreas se representan por símbolos proporcionales. Se emplean con éxito las figuras geométricas.
- Mapas de diagramas: Permite comparar figuras o visualizar tendencias temporales. Utilizan diagramas lineales, de barras, histogramas, areales (pie).
- Mapas de puntos: Son un caso especial de mapas de símbolos proporcionales. Se utilizan puntos que se localizan donde ocurren los fenómenos a representar. Cada punto denota la misma cantidad. Pueden usarse distintos pesos para los puntos.
- Mapas de líneas de flujo: Simulan movimientos. Se emplean líneas que pueden tener diferencias en sus dimensiones o en la intensidad de su color y pueden representar sentidos de direcciones mediante flechas.
- Mapas de superficies estadísticas: Se basan en la representación tridimensional de datos cuantitativos tales como los usados en los mapas coropléticos o de isolíneas.

Por otra parte se describen los métodos de representación cartográfica como métodos que se emplean para la representación de los objetos de una localidad u otros fenómenos que se muestran en el mapa, mediante símbolos cartográficos. Se requieren para presentar en los mapas geográficos; mediante puntos, líneas o superficies; los distintos fenómenos tanto continuos como dispersos, por el carácter de su localización. Contemplan la interpretación de las particularidades cualitativas y cuantitativas de estos fenómenos y las interrelaciones de los mismos, su desplazamiento y desarrollo en el tiempo (Salitchev, 1981).

Según este autor, la parte principal de cualquier mapa geográfico es la representación cartográfica. Ésta interpreta, de acuerdo con la asignación del mapa, ciertos fenómenos naturales

y sociales, y ofrece una serie de conocimientos sobre su distribución, estado, vínculos y a veces su desarrollo. Estos fenómenos y su conocimiento forman el contenido del mapa. Los métodos de representación cartográfica se basan en los símbolos o signos cartográficos que difieren entre sí por el patrón, la dimensión y el color.

De acuerdo con la definición de Salitchev se hace referencia a los siguientes métodos de representación cartográfica (se describen para ellos sus propiedades más singulares de forma sintética):

Métodos de representación cartográfica:

- Los símbolos fuera de escala: Se usan símbolos para señalar el lugar en que se hallan los objetos que no se expresan en la escala del mapa o que ocupan un área menor a la del símbolo convencional. Los símbolos pueden caracterizar el objeto representado según su magnitud, valor y variaciones en el tiempo.
- Los símbolos lineales: Se emplea para interpretar las líneas geométricas y los objetos de prolongación lineal que no se expresan por su anchura en la escala del mapa.
- Las isolíneas: Se basa en el empleo de las isolíneas (curvas que pasan en el mapa por puntos con iguales valores para el índice cuantitativo, el cual caracteriza el fenómeno cartografiado). Se usa para caracterizar la magnitud o intensidad de los fenómenos continuos, que varían gradualmente en el espacio.
- El fondo cualitativo: Muestra las subdivisiones de un territorio. Se emplea para expresar una característica cualitativa de los fenómenos que se extienden sobre la superficie terrestre o que se propagan masivamente.
- Los diagramas locales: Utiliza diagramas pertenecientes a determinados puntos. Los diagramas se emplean para caracterizar las magnitudes de los fenómenos estacionales y de

otros fenómenos periódicos. En determinados puntos se pueden caracterizar fenómenos que son extensos en la superficie terrestre o que ocupan en ella una superficie grande.

- Los puntos: Se emplea para cartografiar fenómenos dispersos en grandes cantidades. Se utilizan puntos localizados en el lugar donde ocurren los fenómenos a representar. Cada punto denota la misma cantidad. Pueden usarse distintos pesos para los puntos.
- Las áreas: Se emplea para destacar la región por donde el fenómeno se extiende. Caracteriza la extensión de superficies aisladas.
- Los símbolos de movimiento: Muestra los desplazamientos que experimentan los fenómenos, tanto naturales como sociales. Los símbolos de movimiento pueden señalar el rumbo, la forma, la dirección y la velocidad del desplazamiento; la calidad, la potencia y la estructura del fenómeno que se mueve.
- Los cartodiagramas: Se usa para representar la distribución de cualquier fenómeno con ayuda de diagramas insertados en un mapa, dentro de las unidades de la división territorial (con mayor frecuencia la administrativa). Expresan la magnitud del fenómeno dentro de los límites de las correspondientes unidades territoriales.
- Los cartogramas: Se emplean para representar la intensidad media de cualquier fenómeno dentro de los límites de determinadas unidades territoriales (con mayor frecuencia las administrativas).

Como puede observarse ambas formas de describir la representación cartográfica son válidas y tratan el mismo tema, poniendo énfasis en mayor o menor grado, en las características de entidades espaciales (puntos, líneas y polígonos) empleados y en las características de los objetos y fenómenos de la envoltura geográfica que son representados. En Cuba se usa con mayor frecuencia la terminología referida a los métodos de representación cartográfica y se emplea la clasificación propuesta por Salitchev.

Los mapas se emplean para visualizar, en sentido general los datos espaciales. En el ambiente de los SIG los análisis geoespaciales frecuentemente comienzan con mapas; los mapas soportan resultados que enjuician análisis intermedios, así como representan los resultados finales. Los mapas han adquirido un papel adicional con el advenimiento de las IDE. Cuando se emplea una IDE el acceso a los datos necesarios requiere de procedimientos complejos de interrogación que son simplificados cuando se usan los mapas para seleccionar (“pinchar”) las áreas y los temas acerca de los cuales son necesarios los datos (Kraak y Ormeling, 1996).

Según estos autores, en el ambiente de una IDE la visualización se aplica en cuatro situaciones diferentes (objetivos de la visualización):

- Para explorar o tratar con datos crudos y desconocidos.
- Para analizar datos conocidos.
- Para presentar o comunicar un conocimiento geoespacial.
- Para acceder fácilmente a los archivos de datos que soportan los mapas.

En la figura 21 se muestra la relación de la exploración, el análisis y la presentación de los datos geoespaciales, con parámetros tales como el grado de conocimiento del usuario acerca de los datos, el tipo de uso que se le da a los mapas y el grado de interacción gráfica requerido. El acceso fácil a los archivos de datos que soporten los mapas es un tipo sencillo de presentación o comunicación de la geoinformación.

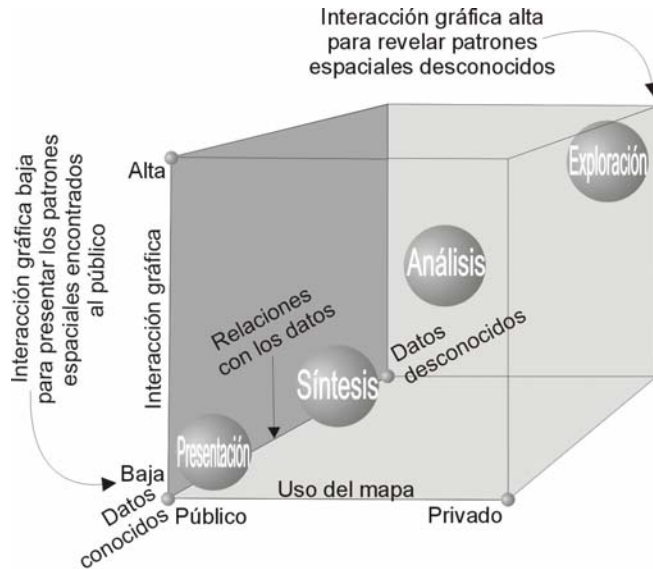


Fig. 21. Relación de la exploración, el análisis y la presentación de los datos geoespaciales, con parámetros tales como el grado de conocimiento del usuario acerca de los datos, el tipo de uso que se le da a los mapas y el grado de interacción gráfica requerido.

Tomado de la figura “El cubo de uso de los mapas” (adaptado por Kraak y Ormeling (1996), a partir de MacEachren y Taylor (1994)).

Visto lo anterior, para llegar a plantearse un problema relacionado con el análisis o representación de la información y su solución mediante un programa complementario es necesario:

- Determinar la necesidad práctica del análisis o la representación y evaluar antecedentes.
- Estudiar a fondo el análisis o representación cartográfica y enmarcar cada una de sus fases en el ambiente de un SIG.
- Determinar el grado de solución existente en los paquetes de SIG empleados, así como en otros paquetes asociados a otras tecnologías que se emplean en el marco del geoprocesamiento.

- Determinar la factibilidad de solución mediante el uso de los programas complementarios.
- Plantear el problema de forma clara, considerando como argumento todo lo referido acerca de los puntos anteriores.
- Desarrollar el programa complementario.

CAPÍTULO III. PRÁCTICA DE LAS SOLUCIONES ALTERNATIVAS PROPUESTAS. ESTUDIO DE CASOS RELACIONADOS CON EL ANÁLISIS Y LA REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Se expone a continuación la materialización práctica de la creación de dos programas complementarios PRC, concebidos como partes de una plataforma única de programas complementarios diversos para el análisis y la representación cartográfica de la información geográfica; así como la ejecución de seis aplicaciones SIG, donde intervienen los dos programas complementarios anteriores y el personal organizado en las especialidades clave; como demostración del valor práctico de estas alternativas propuestas para el uso de análisis y representaciones cartográficas de la información geográfica adecuados y convenientes en la solución de problemas geográficos concretos.

El marco contextual en que se han desarrollado los ejemplos que se exponen corresponde directamente con el trabajo investigativo que se lleva a cabo en el Instituto de Geografía Tropical (IGT), integrado a la Agencia de Medio Ambiente y perteneciente al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) de Cuba.

El objeto social del IGT (MEP, 2004) contempla, entre otras tareas: ejecutar proyectos de investigaciones básicas, aplicadas y de innovación tecnológica y brindar servicios de asesoría, consultoría y asistencia técnica en el campo de la geografía, el medio ambiente y la geomática. El IGT se propone la ejecución de los proyectos de investigación y servicios científico-técnicos mediante una estructura organizativa basada en tres divisiones o subdirecciones: Estudios geográficos, Estudios medioambientales y Geomática (IGT, 2003 b). Las dos primeras divisiones aglutinan especialistas en las temáticas de geomorfología, clima, población, agricultura y otras, orientadas a estudios geográficos en general y ambientales respectivamente. En la división de Geomática, que incluye al actual Departamento de Modelación Cartográfica y SIG, se concentran los especialistas en geoprocesamiento y en programación, bases de datos y mantenimiento digital, así como técnicos especializados en la entrada y edición de datos espaciales.

La estrategia de desarrollo e innovación tecnológica del IGT apunta a un uso cada vez más activo de las tecnologías de la información geográfica. Distintos paquetes de geoprocésamiento se emplean por los mismos ejecutores de aplicaciones en diferentes proyectos y servicios científico-técnicos. La innovación no se correspondería con tratar de crear sistemas de geoprocésamiento completos que ya funcionan excelentemente a nivel mundial porque no existen las condiciones idóneas para ello, sin embargo existe la demanda de soluciones personalizadas para enfrentar análisis y representaciones cartográficas de la información geográfica que no se encuentran disponibles, o al menos no de la forma personalizada deseada, en los paquetes de geoprocésamiento existentes.

Un ejemplo de esas demandas es la ejecución personalizada de métodos de análisis de similitudes de entidades espaciales a un modelo, de manera sencilla y práctica, que se han experimentado ya por especialistas del instituto con resultados satisfactorios en varias investigaciones, pero que no han contado con un soporte en programas computacionales definitivamente práctico y sostenible.

Lo mismo sucede con otro ejemplo relacionado con la representación cartográfica de la información geográfica. El uso de algunos diagramas en los mapas temáticos a la manera de como han sido elaborados de forma tradicional por los especialistas en numerosos proyectos, mapas y atlas de diferente corte, no encuentran una expresión exacta en los sistemas de geoprocésamiento existentes.

Tomando en cuenta lo planteado anteriormente se aborda la creación de dos programas complementarios: SIMILITUD, para el análisis de similitudes de entidades espaciales a un modelo y TIPOGRAMAS, para la representación cartográfica de la información geográfica en mapas temáticos mediante el uso de los tipogramas; ambos concebidos como partes de una plataforma única de programas complementarios diversos para el análisis y la representación cartográfica de la información geográfica (PRC_Estudio). Las soluciones alternativas propuestas se ponen a prueba en la ejecución de seis aplicaciones SIG en el marco de la elaboración de atlas y de diferentes estudios geográficos.

III.1. Programa complementario SIMILITUD. Análisis de similitudes de entidades espaciales a modelos

En los estudios geográficos un lugar importante lo ocupa la clasificación de los objetos y fenómenos componentes de la envoltura geográfica. Éstos abarcan un universo muy grande y pueden ser de carácter físico (cuencas hidrográficas, sistemas montañosos, humedales), de carácter socioeconómico (asentamientos poblacionales, industrias) o de carácter integral (capaz de establecer los primeros resultados y límites en las tipologías y regionalizaciones y reduzca al máximo el subjetivismo).

La idea en que se basan estos métodos cuantitativos es que dada una colección de entidades, cada una de las cuales viene dada por un conjunto de atributos (variables), se estructure un esquema de clasificación para agrupar dichos entes en clases, cuyo número y características deben ser determinados. Los aspectos básicos de cualquier método de clasificación son: la definición de las variables, o sea, el criterio de clasificación; la elección de la medida de similitud entre las entidades que intervienen; y la definición del método que creará los grupos, o sea, el establecimiento de un conjunto de reglas para utilizar esa medida y construir el esquema de clasificación.

La información geográfica, como se ha expresado antes, se presenta muchas veces como un volumen consecuente de datos de observaciones sistemáticas, muy heterogéneo, en ocasiones poco conocido por el investigador. De ello se deriva la necesidad de su procesamiento para ponerla a su servicio. La solución de muchos de estos problemas se dificulta empleando los métodos estadísticos tradicionales y se utilizan entonces los métodos heurísticos o de búsqueda, que tienen su propio desarrollo matemático y permiten formular hipótesis y hacer diagnósticos y pronósticos. Ellos se basan en una mezcla de conocimientos empíricos con formales derivados de teorías matemáticas, físicas y otras en cualquier proporción.

Una medida de similitud que puede ser aplicada en el análisis de entidades de carácter espacial es el coeficiente de similitud de Gower. Este coeficiente trabaja con variables cuantitativas, cualitativas y dicotómicas (Gower, 1991). Las primeras son definidas en el campo de los números

reales y con valores lineales ordinales, como por ejemplo valores de profundidad, pendientes, habitantes, grado de urbanización de un municipio y otros. Las variables cualitativas no tienen una representación numérica directa y pueden caracterizarse numéricamente sólo por asignación o codificación como el tipo de suelo, la litología o las formaciones vegetales. Las variables dicotómicas son un caso particular de variable cualitativa que sólo admite dos estados (presencia o ausencia) como pueden ser: la existencia de manifestaciones cársticas en un área, la ocurrencia de frentes fríos, la presencia de sedimentos terrígenos o la existencia del sector agropecuario. Otra característica de este coeficiente es que permite trabajar con información incompleta.

El coeficiente de similitud de Gower está definido como el valor promedio de todas las posibles comparaciones entre un individuo i y un individuo j , y su expresión viene dada por:

$$G(i,j) = \frac{\sum_{k=1}^n S(i,j,k)}{\sum_{k=1}^n s(i,j,k)}$$

donde:

k es la variable que se tiene en cuenta para la comparación.

$s(i,j,k)$ es el peso de la variable k y expresa la posibilidad de hacer las comparaciones entre los individuos. Vale 0 cuando la comparación es imposible y 1 en caso contrario.

Si $s(i,j,k) = 0$, $S(i,j,k)$ es desconocido, pero convencionalmente se toma el valor 0.

$S(i,j,k)$ es la puntuación de la variable k y toma valores entre 0 y 1. Si el individuo i es diferente a j , vale 0 y si tienen algún grado de semejanza toma valores entre 1 y una fracción positiva.

El valor $S(i,j,k)$ se calcula según los tipos de variables. Así, para las cuantitativas con valores X_1, X_2, \dots, X_i de la variable k , toma valor según:

$$S(i,j,k) = 1 - |X_i - X_j| / R(k)$$

donde:

$R(k)$ es el recorrido de la variable k , tomado para toda la población o para la muestra.

Si $X_i = X_j$, luego $S(i,j,k) = 1$ y si $X_i < X_j$, entonces $S(i,j,k)$ es una fracción positiva, siendo mínima cuando X_i y X_j son los puntos opuestos del recorrido de la variable k .

Para variables cualitativas $S(i,j,k) = 1$ si i y j no difieren, y 0 si son distintos.

Por tanto si el valor del coeficiente $G(i,j)$ se aproxima a 1 , significa que los individuos i,j tienen una similitud muy fuerte y en la medida que se aleje del valor 1 y se acerque a 0 , la similitud disminuye.

Una representación conveniente puede ser obtenida tomando como proporción de distancia entre los individuos i,j la dada en la expresión:

$$D(i,j) = [2(1 - G(i,j))]^{1/2}$$

El valor de $D(i,j)$ puede caracterizar la similitud entre i y j en términos de distancia (Distancia de Gower), entonces i y j tendrán una similitud más fuerte mientras menor sea esta distancia (figura 22).

Aplicando esta distancia de similitud se puede determinar el grado de semejanza o similitud entre un individuo modelo, que puede tener carácter espacial y un grupo de individuos, teniendo en cuenta determinadas variables asociadas a ellos. La distancia de Gower entre un individuo modelo y una población de individuos puede tener valores desde 0 (la distancia 0 a un modelo equivale al propio modelo) hasta el valor $2^{1/2}$. Así quedaría evaluado ese modelo en cada uno de los individuos y entonces podrían clasificarse estos últimos en intervalos de similitud. Los procedimientos antes mencionados pueden ser llevados a ejecutarse en un programa computacional de manera fácil.

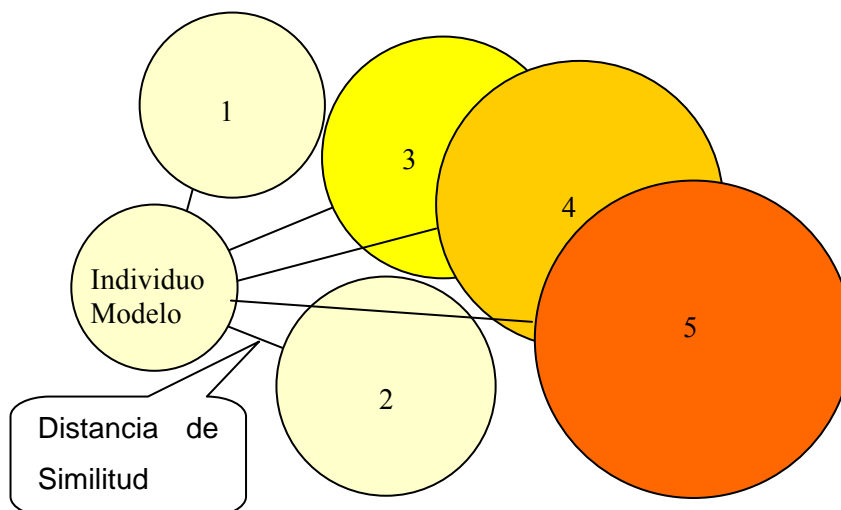


Fig. 22. Representación gráfica de la distancia de similitud existente entre un individuo modelo (círculo) y otros cinco individuos, expresada en términos de dos variables: diámetro y color.

La distancia de Gower como medida de similitud y su uso en la clasificación de entidades espaciales en intervalos de semejanza a un individuo modelo ha sido experimentada en la clasificación de territorios según sus condiciones naturales para el desarrollo de actividades socioeconómicas (Candeaux, Novua, Díaz, 1989). En este artículo se explica cómo puede determinarse un modelo óptimo de comportamiento de un grupo de variables para la actividad socioeconómica que se trata y entonces se compara el modelo óptimo con cada uno de los individuos espaciales (celdas, polígonos, líneas, puntos,...en general: unidades o entidades espaciales) determinados en el territorio y caracterizados por el comportamiento de las mismas variables consideradas en el modelo pero con su comportamiento real, utilizando la distancia de Gower. Por último, se analizan los valores de las distancias y se determinan intervalos de agrupación con lo cual los individuos quedan clasificados.

En realidad el procedimiento descrito anteriormente no es propio sólo del tipo de clasificación de que se habla, sino que, salvando la especificación del objetivo de la clasificación y las variables escogidas, puede aplicarse con cualquier propósito.

Según Quintela (1995), “la utilización racional de los recursos naturales y el desarrollo sostenible de los territorios plantean exigencias más allá del establecimiento de simples patrones de relación con la naturaleza basados en análisis parciales sobre la posibilidad de desarrollar una u otra actividad socioeconómica”. En el trabajo científico que se cita, se plantea como imprescindible para garantizar estrategias de desarrollo sostenible mediante el planteamiento de planes de ordenamiento territorial, la adopción de plataformas teórico-metodológicas sobre bases holísticas con una concepción sistémica. Se presenta aquí el enfoque sistémico de la geoeología de los paisajes y su desarrollo con el empleo de los SIG. Al tratarse el análisis geoeológico de los paisajes se incluye el uso de medidas de similitud como la distancia de Gower.

Lo expresado antes apunta a que la distancia de Gower, como medida de similitud, tiene una aplicación universal que rebasa los marcos de determinada disciplina científica, por otra parte

también apunta a que se ha empleado con éxito en estudios geográficos en los que se ha tenido en cuenta la clasificación de entidades espaciales y ha sido considerada tanto en estudios parciales de relaciones entre la naturaleza y las actividades socioeconómicas como en estudios sistémicos que consideran unidades integrales entre las que se encuentran los paisajes.

Si se concibe en el ambiente de los SIG la clasificación de individuos espaciales basada en su similitud a un modelo, teniendo en cuenta un grupo de variables que los caractericen, salta a la vista rápidamente que este proceso tiene que ver en primera instancia con la generación de una columna nueva en la base de datos de atributos como consecuencia de un cálculo (cálculo de las similitudes al modelo) que involucra a un conjunto de columnas de la misma. Esta nueva columna tendría los valores de similitud para cada individuo espacial. A continuación los individuos espaciales deben clasificarse en intervalos de similitud y lógicamente el resultado final se expresa en un mapa temático donde los grupos obtenidos, en dependencia de su similitud al modelo, se representan con distintos tonos de color.

Como convención se puede llamar al proceso de la clasificación de individuos espaciales basada en los atributos de una columna nueva de la base de datos, que se genera como consecuencia de cualquier cálculo que involucre a un conjunto de columnas de la misma, así como la elaboración de mapas temáticos que muestren los resultados de dicha clasificación, como: proceso cálculo - columna nueva – clasificación - representación.

El proceso de cálculo - columna nueva – clasificación - representación, en el ambiente de los SIG, requiere de:

- *La base de datos espaciales.*
- *La base de datos de atributos.*
- *Conjunto de opciones especiales de análisis con los cálculos necesarios.*
- *Conjunto de opciones especiales de clasificación y representación cartográfica.*
- *Conjunto de opciones de edición e impresión.*

La base de datos espaciales contiene las unidades espaciales que son objeto de la clasificación. Estas bases funcionan de forma óptima en los paquetes de SIG, puesto que constituyen su basamento estructural.

La base de datos de atributos es el reservorio de información que sirve para caracterizar a los datos espaciales. Aquí van a estar representadas las variables a tener en cuenta para la clasificación y su comportamiento para cada unidad espacial. Las bases y manejadores de los propios paquetes de SIG a veces resuelven los problemas de la caracterización eficiente de las entidades espaciales. En ocasiones es necesario recurrir a paquetes de bases de datos o manejadores externos más especializados. De cualquier manera y según los requerimientos, las bases de datos de atributos funcionan, en uno u otro contexto, eficientemente.

El conjunto de opciones especiales de análisis con los cálculos necesarios incluye todas las operaciones que tienen que ver con la obtención de los nuevos datos de atributos que van a regir el proceso de clasificación.

En los paquetes de SIG de propósito general comúnmente usados están incluidos muchos tipos de análisis, pero específicamente el análisis de similitudes a un modelo, empleando la distancia de similitud de Gower no está presente.

Haciendo referencia a otros sistemas de geoprocésamiento que pueden contribuir a la ejecución de este tipo de análisis son tomados en consideración entonces los sistemas estadísticos. En estos sistemas, el coeficiente de similitud de Gower aparece formando parte de las medidas de similitud que se utilizan en los análisis de agrupaciones (cluster analysis) orientados a la determinación de similitudes entre entidades (espaciales o no), unas con otras. El análisis en cuestión podría realizarse entonces con el empleo de sistemas estadísticos, sin embargo existen un conjunto de factores que han conllevado a considerar la personalización de los procesos que se ejecutan como parte del mismo, con el objetivo de facilitar su acercamiento a la solución de los problemas concretos de carácter geográfico en los que se emplea. Entre ellos, está el hecho de que las similitudes se establecen entre un modelo (una entidad espacial determinada), que puede ser ideal (se puede construir) o real (puede estar presente dentro de las entidades sometidas al

análisis), y no entre todas las unidades unas con otras. Además, como parte del establecimiento del modelo es necesario expresar las variables en distintas formas, según su naturaleza (tabla 6). En los paquetes estadísticos esta parte del proceso se torna un tanto compleja, teniendo en cuenta que es abordado en un ambiente estadístico matemático de forma particular en cada sistema. Por otra parte, las salidas producto de los cálculos son expresadas en forma numérica o en gráficos, contruidos por los propios sistemas y no están orientadas a una representación cartográfica, ni a la edición directa de forma automatizada de las bases de datos, mediante la inserción de columnas nuevas para su tratamiento posterior en el SIG. En resumen se puede plantear que el uso de los paquetes estadísticos para el análisis que se expone es válido, pero se necesita de cierta destreza en su utilización y de variantes de manejo y procesamiento a los datos que hacen un tanto complejo el trabajo.

Existe un antecedente en Cuba de un programa computacional para la determinación de distancias de similitud a un modelo, basado en la distancia de Gower. Se trata del programa GOWEREVA (Gower evaluativo), diseñado por R. Candeaux en el entonces Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba (IGEO) en 1988. Este programa formó parte del SIGC, comentado ya en el primer capítulo. El programa GOWEREVA no fue concebido como un programa complementario a un SIG. Se podía emplear, asimilando los datos estadísticos establecidos en el SIGC, pero la entrada de datos, el análisis y la salida de los resultados se realizaba de forma independiente. Se puede decir que no se orientaba a resolver problemas puntuales no resueltos por sistemas ya existentes, sino que resolvía problemas que involucraban partes ya resueltas por otros sistemas.

Tabla 6. Expresión de las variables en la conformación del modelo para el análisis de similitudes.

Expresión de las variables en el modelo	Variables - Ejemplos		
	Cuantitativas	Cualitativas	Dicotómicas
Valor absoluto	80	Manglar	Sí
Intervalo	17 – 65		
Condición alternativa (Valor absoluto)	5 ó 10	Manglar o Vegetación de costa	
Condición alternativa (Intervalos)	0 – 17 ó 65 – 120		

Este programa operaba con una base de datos propia con requerimientos particulares, cuya carga con datos resultaba compleja. Las entidades espaciales asimiladas se limitaban a cuadrículas o celdas cuya representación cartográfica era abordada por el propio programa. En él no se contemplaban todas las formas posibles de expresión de las variables en el modelo, admitiendo sólo la declaración de intervalos y sus cálculos se restringían a la consideración de variables cuantitativas, por lo que los otros tipos de variables debían expresarse mediante códigos numéricos. GOWEREVA resultó ser no competitivo con las formas estándares de abordar la construcción, edición y manejo de las bases de datos de atributos a la manera de como lo hacen los sistemas de bases de datos existentes. Lo mismo sucedió con las formas estándares de abordar las representaciones cartográficas. Con el tiempo las características de su programación se tornaron obsoletas. Sin embargo el desarrollo de este programa permitió probar las ventajas de la programación del tipo de análisis que se examina, en el sentido de su personalización hacia la solución de problemas concretos de forma sencilla, específica y práctica. El programa produjo alto interés en la aplicación del análisis y éste se empleó en varias investigaciones.

Hasta aquí se puede resumir que el *conjunto de opciones especiales de análisis con los cálculos necesarios* para realizar el proceso que se examina, puede ser asumido por un programa complementario que facilite su empleo potencial en la solución de problemas geográficos.

Continuando en el análisis del proceso planteado, se puede decir que los SIG sí presentan un amplio *conjunto de opciones especiales de clasificación y representación cartográfica*. Es común en los SIG la presencia de variantes de representación que incluyen la clasificación de los valores

de atributos en intervalos y su expresión mediante gamas de colores. Es precisamente esta variante de representación la que se ajusta a la expresión de la clasificación de las entidades espaciales en grupos.

Con respecto al *conjunto de opciones de edición e impresión*, los paquetes de SIG incursionan en esta fase de la representación cartográfica y algunos mapas sencillos, como los que satisfacen la representación de la clasificación de las entidades espaciales en grupos, se pueden obtener con resultados satisfactorios, no obstante si se desea una edición más compleja del mapa se pueden emplear otros sistemas más especializados. Los sistemas de edición gráfica tratan la edición con más rigor y permiten confeccionar mapas más complejos. Estos sistemas son eficientes también en la obtención de originales de línea y relleno por colores para la impresión, cuando se pretende realizar tiradas largas de mapas impresos.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, puede plantearse que para llevar a cabo el proceso de cálculo - columna nueva – clasificación – representación, en el ambiente de los SIG, se puede centrar la atención en los métodos de análisis en cuestión, su programación y la elevación de sus potencialidades y no en tareas como la creación de archivos de entrada de datos, tanto espaciales como de atributos o la representación, el dibujo y la edición de los mapas temáticos que expresan los resultados, ya que esto último lo 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 realizar el proceso de cálculo - columna nueva – clasificación – representación, con el uso de los programas complementarios a los SIG, es el siguiente (figura 23):

Los atributos o características de las entidades espaciales pueden manejarse en un SIG formando parte de la base de datos de atributos del propio software de SIG o formando parte de bases con formatos propios de sistemas manejadores de bases de datos externos. En este último caso se establecen conexiones de intercambio entre el software de SIG y las bases de datos externas.