

3. LA GESTIÓN DEL ERROR EN LA INTEGRACIÓN DE LOS DATOS

Con la capacidad de los SIG para generar información, que es analíticamente compleja, se crea una capacidad poderosa para generar errores en la información producida. La cantidad de errores potenciales, que pueden producirse

y magnificarse en el proceso de integración de datos, está relacionada con la gran cantidad de variables que se combinan en muchas aplicaciones, los niveles de incertidumbre respecto a la relativa importancia y peso de cada variable en el modelo espacial, los procedimientos y algoritmos utilizados para integrar los datos, y los errores ya existentes en los datos utilizados. En el diseño de aplicaciones de SIG para el análisis de riesgos en América Latina, es preciso, entonces, contemplar estrategias para la gestión del error, con el fin de mejorar la calidad y transparencia de la información ofrecida al usuario.

Hay múltiples oportunidades para la magnificación de errores existentes y la generación de nuevos errores en los procesos de integración de datos. La integración de variables con valores relativos con otras variables de valores absolutos es un problema común en muchas aplicaciones, y que produce error: por ejemplo, la combinación de indicadores de vulnerabilidad relativa con valores absolutos, como el tamaño de la población; lo cual produce índices de vulnerabilidad que muestran a zonas con mayor población como más vulnerables que zonas con menor población, aun cuando su vulnerabilidad relativa es muy baja.

El tamaño de las entidades espaciales utilizadas para el análisis es otra causa de error. Con frecuencia, la densidad poblacional es calculada mediante la división de la población total de una zona entre su área total. Sin embargo, en muchas zonas la población total se concentra en un área pequeña rodeada de áreas no pobladas. Como resultado, muchas áreas densamente pobladas aparecen con una baja densidad poblacional.

Otros errores son generados cuando se integran datos producidos a diferentes niveles de resolución o cuando se pretende ofrecer información de alta resolución, pero producida con datos con bajos niveles de resolución. Cuando se observan datos producidos a baja resolución con una alta resolución, la información aparenta una alta precisión. Esta supuesta precisión de la información, sin embargo, es falsa y errónea, ya que representa valores promedios interpolados y no valores específicos. Asimismo, el uso de datos cartográficos producidos a baja resolución, en aplicaciones que pretenden una alta resolución, aumenta la probabilidad de errores posicionales y de topología.

Los errores arriba mencionados frecuentemente se agravan por problemas de visualización; sobre todo, cuando el usuario está confrontando con mapas temáticos que muestran índices de riesgo o de vulnerabilidad, pero sin los datos referenciales necesarios para interpretar la información ofrecida sobre entidades espaciales de diferentes tamaños y con diferentes concentraciones de población, infraestructura y actividades económicas. Sobre todo en las aplicaciones que

producen índices probabilísticos de riesgo, el usuario a menudo se encuentra frente a un mapa temático abstracto, sin tener acceso a datos referenciales que le permitan interpretar correctamente la información.

Lamentablemente, hay pocas aplicaciones documentadas en la literatura que ofrecen información sobre la procedencia de los datos o sobre las operaciones espaciales llevadas a cabo; que le permitan al usuario verificar o convalidar la información presentada sobre el riesgo. Esto es particularmente crítico dado el carácter especulativo de muchos de los modelos espaciales y procedimientos de integración de datos utilizados en las aplicaciones, así como también la calidad deficiente de muchos de los datos en sí. En aplicaciones a escala local, donde los mapas temáticos representan elementos específicos en riesgo, y donde no se pretenden generar índices compuestos de riesgo, la información ofrecida puede ser más transparente y fácil de verificar. Éste no es el caso, sin embargo, en aplicaciones que sólo presentan mapas abstractos representando índices probabilísticos de riesgo.

Frente a este conjunto de problemas, hay una serie de estrategias que deberían considerarse para lograr una gestión adecuada del error, en aplicaciones para el análisis de riesgos. Una primera estrategia, que debería ser incluida como parte integral del diseño de cualquier aplicación, es la compilación, a lo largo del proceso de diseño, de información detallada sobre la procedencia de los datos, incluyendo las fuentes y los sistemas de medición y clasificación utilizados en el levantamiento y procesamiento de los mismos. Esta información debería ser complementada con perfiles detallados de los modelos espaciales-temporales utilizados y del conjunto de operaciones espaciales realizados sobre los datos. La información debería ser presentada como un expediente que acompaña a cualquier mapa temático producido, de manera que los supuestos y niveles de error e incertidumbre, implícitos en la información presentada puedan ser lo más explícitos y transparentes posibles para el usuario.

Una segunda estrategia, coincidente con las recomendaciones presentadas en los puntos 1 y 2, consiste en verificar la información producida mediante la comparación con información de otras fuentes o con *inteligencia* sobre los escenarios de riesgo analizados en la aplicación. Mayor *inteligencia* sobre el contexto significa mayores posibilidades de detección y eliminación de errores. Información deductiva sobre desastres y pérdidas ocurridas, o aplicaciones como DesInventar, pueden utilizarse para validar información producida por técnicas inductivas. Los datos generados por técnicas como el PRA, asimismo, pueden ayudar a identificar errores tanto en la cartografía como en los atributos en zo-

nas específicas. Aun en el caso de aplicaciones a nivel regional o nacional, el levantamiento selectivo de datos primarios utilizando PRA puede emplearse para validar muestras de datos y estimar niveles estadísticos probables de error.

Una tercera estrategia, coincidente con la recomendación presentada en el punto 1, sobre desarrollar aplicaciones a diferentes niveles de resolución, es reconocer explícitamente los límites de resolución impuestos por los datos utilizados en una aplicación. La información sobre riesgos producida por un SIG sería más creíble, en la medida que la resolución utilizada en la presentación de los mapas finales refleje la resolución más baja encontrada en los datos fuentes. En la medida que se ve estrictamente necesario integrar datos generados a una baja resolución para producir información a una resolución más alta, las limitaciones impuestas por la resolución de los datos fuentes deberían hacerse explícitos para el usuario.

Una cuarta estrategia de gestión del error y de reducción de incertidumbre, que podría considerarse, es la aplicación de simulaciones tipo Monte Carlo. Las técnicas Monte Carlo han sido aplicadas en análisis de riesgos en los Estados Unidos (Shinozuka et al., 1995; Emmi et al., 1995), para verificar el impacto de variaciones en los datos utilizados en los resultados finales. Ejemplos de este tipo abundan en los países desarrollados (Shinozuka, Hwang, 1995): el uso de simulaciones Monte Carlo para examinar la fragilidad de sistemas de agua, electricidad, gas, etc., con variaciones en datos específicos. En un estudio sobre la amenaza sísmica en Salt Lake City, Utah; por ejemplo (Emmi et al., 1995), se encontró que la distribución de la amenaza sísmica en la zona se mantenía igual aun cuando se produjeran variaciones significativas en los contornos entre los polígonos de intensidad sísmica. Sin embargo, los niveles de amenaza resultaron ser sumamente sensibles a cambios en las mismas intensidades. El uso de las técnicas Monte Carlo ofrece la posibilidad de explorar el impacto de errores, tanto en los datos fuentes como en los algoritmos utilizados en las operaciones espaciales, aun cuando no exista información acerca de la probable distribución de errores en los datos, aumentando la confiabilidad de la información presentada al usuario. La reciente Versión 2 de IDRISI (IDRISI, 1996) ofrece una variedad de herramientas para manejar la incertidumbre y el error en las aplicaciones de análisis de riesgos; en particular, para evaluar el impacto de errores de medición en el proceso de toma de decisiones, mediante técnicas, como el Ordered Weighted Average (OWA), que permiten al diseñador variar los procedimientos para la combinación de variables, tomando en cuenta tanto el peso de cada variable como el grado de riesgo en la solución.

4. LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS SIG EN ORGANIZACIONES

Según la literatura existente, una estrategia convencional de implementación de un SIG en una organización (McRae s.f.) incorpora varias fases: una fase de diseño, una fase de implementación y una fase de operaciones.

La fase de diseño empieza con una etapa de análisis: incluyendo el análisis del ambiente organizacional, institucional y político de la entidad (estructura organizativa, metas y objetivos, planes y actividades, recursos humanos, físicos y de información); oportunidades y limitaciones; un análisis de las necesidades de los usuarios; un análisis de los recursos de los usuarios, antes de pasar a la integración de los requerimientos y recursos de los usuarios y la evaluación de requerimientos funcionales. La etapa de diseño sigue con los requerimientos funcionales que surgen de la etapa del análisis y lleva al diseño conceptual y físico (hardware, software, modelo de datos, especificaciones, etc.) del SIG, y un plan de implementación. A menudo, el SIG se implementa después como un proyecto piloto, llevando a la revisión del diseño y los planes de implementación. La fase de implementación incluye la creación de bases de datos, software, hardware, capacitación e infraestructura; mientras que la fase de operaciones incluye actualización, expansión y monitoreo del rendimiento del sistema.

Aplicando estrategias de este tipo, típicamente pasan cinco o más años entre el surgimiento en una organización de la idea de tener un SIG y la implementación completa del mismo. En la literatura, se mencionan las dificultades de convencer a los directores y gerentes de los beneficios del SIG para poder mantener la velocidad de un proyecto, las dificultades en convencer a diferentes partes de una organización de adoptar fuentes comunes de datos, personal, procedimientos, compartir recursos y la resistencia a la introducción de los SIG, debido a cambios en las funciones laborales y estructuras de gestión.

La literatura también documenta una evolución paulatina de las estrategias de desarrollo de los SIG: desde un enfoque tecnocéntrico que da prioridad a la tecnología y la computarización de funciones existentes, hacia enfoques de orientación humana que priorizan los flujos y roles de la información en las estructuras organizativas; desde un enfoque de sistemas de información centralizados hacia un enfoque de redes de información en base a nodos independientes, y desde un enfoque en base a megacomputadoras y unidades especializadas de informática hacia un énfasis en redes de microcomputadores y la diseminación de las funciones de informática en toda la organización (Guevara, 1995).

Hay poca documentación en la literatura acerca de la implementación del SIG en organizaciones en América Latina. Sin embargo, al comprobarse que en organizaciones en la región existen SIG con funcionalidades sofisticadas y con configuraciones de hardware y software de alto costo, pero que en realidad son poco utilizados en la gestión de riesgos; hay que cuestionar hasta qué punto las estrategias de implementación de este tipo son relevantes o apropiadas

En primer lugar, en América Latina, la mayoría de las organizaciones involucradas en la gestión de riesgos, tanto en el sector gubernamental como en el sector no gubernamental, no tienen una cultura corporativa que haga posible la implementación de proyectos y programas de largo plazo, aun cuando su estructura pueda aparentar ser corporativa de una forma superficial. América Latina es postmoderna por necesidad, más que por convicción (Silva, 1992), y con la excepción de ciertos sectores, como la banca, nunca ha existido una cultura organizacional corporativa tal como existe en Europa o América del Norte. Con la crisis del modernismo en la región, en los últimos veinte años, los diferentes sectores de la sociedad se organizan cada vez más en torno a organizaciones pequeñas, especializadas y a menudo efímeras en los sectores gubernamentales, no gubernamentales y privados, con objetivos y funciones a corto plazo. Como tal, el trabajo de la mayoría de las organizaciones comprometidas en la gestión de riesgos está estructurado como proyectos o programas específicos y de muy corto plazo, que responden más a necesidades y demandas contextuales que a planes de mediano o largo alcance, y que se adaptan en forma pragmática a circunstancias sociales, económicas y políticas cambiantes. Hay que cuestionar, entonces, cuántas organizaciones realmente requieren un SIG de carácter corporativo, capaz de cumplir múltiples funciones para diferentes aplicaciones con altos niveles de resolución y precisión. La funcionalidad sofisticada de muchos SIG contrasta con los requerimientos de información muy específicos y a corto plazo de las organizaciones. Según algunos autores (Somers, 1994), los costos de implementar SIG diseñados para múltiples usuarios, funciones y aplicaciones, y con altos niveles de resolución y precisión, ya son mayores que los beneficios; y que los argumentos que se utilizaron para justificar las enormes inversiones, en tiempo y recursos, con el fin de implementar SIG de tipo corporativo, como la posibilidad de compartir fuentes de datos y de diseñar aplicaciones múltiples sobre bases de datos compartidas, ya no son válidos.

En segundo lugar, es improbable que una estrategia informática corporativa, que requiere de varios años para madurar, logre plasmarse con éxito en organizaciones de este tipo y rendir sus frutos, ya que las características y necesida-

des de la organización cambian a menudo más rápidamente de lo que el sistema bajo implementación puede cambiar. La descentralización funcional y espacial de las organizaciones, el cambio de estructuras jerárquicas a favor de estructuras planas con un énfasis en el trabajo en equipo, la necesidad de asegurar la adaptación y la innovación en contextos cada vez más cambiantes y especializados y la fragmentación de los sistemas de valores, tanto en las organizaciones como en la sociedad en general, son todos factores que atentan contra estrategias de implementación de SIG de este tipo. La velocidad del cambio es tal, que la mayoría de las organizaciones nunca reciben beneficios de un SIG de carácter corporativo. A menudo, los sistemas se vuelven obsoletos antes de culminarse su implementación, y no pueden adaptarse con la velocidad necesaria para mantenerse al día con cambios en la organización. Las estrategias de implementación a menudo exigen muchos supuestos: que cada etapa sea completada en detalle, antes de proceder a la siguiente; que el plan de desarrollo de todo el sistema sea completado antes de iniciar la implementación; que todos los requerimientos se analicen simultáneamente; que un diseño detallado completo sea desarrollado, etc. Cuando un elemento crítico en la organización se cambia, el proceso se detiene; dado que depende de que una serie de supuestos se mantenga igual.

En tercer lugar, el campo de la informática en general, y los SIG en particular, están evolucionando tan rápidamente que el tiempo de vigencia de un sistema determinado se vuelve cada vez más corto antes de que se desactualice. En los años 90, la introducción de interfases gráficas como Windows, el aumento en la velocidad de procesamiento y capacidad de almacenamiento de las computadoras personales, el desarrollo de redes locales y remoras, y el crecimiento espectacular de Internet son todos factores que están cambiando los paradigmas de la informática a una velocidad rápida. Según Guevara, estos desarrollos en la informática y las comunicaciones están creando condiciones nuevas para el trabajo en equipo, estructuras organizacionales descentralizadas y trabajo en red, que hasta hace pocos años hubieran sido imposibles.

En cuarto lugar, las organizaciones de gestión de riesgos en la región a menudo están caracterizadas por limitaciones presupuestales, que significan que la implementación de SIG de carácter corporativo, y con múltiples funcionalidades, sólo sean posibles con el concurso de la cooperación técnica internacional. Sin embargo, muchos intentos de la cooperación técnica internacional de introducir SIG, en organizaciones en América Latina, utilizando estrategias convencionales, no han tenido el éxito esperado. Aun cuando existe financiamiento para adquirir el hardware y software necesarios y recursos para capaci-

tar al personal, la sostenibilidad ha sido difícil de lograr, salvo que la cooperación continúe en forma indefinida. Una vez que se termina, las organizaciones a menudo se muestran sin capacidad de actualizar o renovar el SIG con sus propios recursos, y para reemplazar personal capacitado que deja la organización. Como resultado, algunos SIG, en poco tiempo, se vuelven obsoletos e inutilizables.

Muchos de estos problemas están subrayados en un informe del Banco Mundial sobre el uso de la informática para la gestión de desastres en regiones en desarrollo (Hassan et al., 1990). Según los autores, los intentos de la cooperación técnica internacional de implantar sistemas informáticos sofisticados, y que dependan del suministro de datos remotos, fracasan debido a que los sistemas no pueden integrarse de una manera sostenible en los entornos tecnológicos y organizacionales locales. Subrayan que, tanto los políticos como los funcionarios gubernamentales, encuentran dificultades para destinar recursos humanos y financieros a la implementación y mantenimiento de sistemas de información sofisticados. A la vez, insisten en que, en muchos países, la planificación a largo plazo, que a menudo es la razón de ser de los sistemas de información, sólo se practica en el papel, mientras que programas reactivos y a corto plazo son la norma más que la excepción.

En realidad, la implementación del SIG para el análisis de riesgos en organizaciones de América Latina responde no sólo a objetivos científicos y tecnológicos, y a preocupaciones sociales y humanitarias legítimas, sino también a cuestiones de poder. Dadas las connotaciones semióticas de la tecnología, la posesión de un SIG brinda poder y prestigio tanto a la organización como a los profesionales comprometidos: algo que es explotado por los vendedores de sistemas. Poseer un software como el ARCINFO, en vez de IDRISI, o un digitalizador grande, en vez de uno pequeño, son consideraciones reales en el desarrollo del SIG de organizaciones en América Latina, sin tomar en cuenta la cuestión de su funcionalidad.

Según Somers, la implementación del SIG de carácter autónomo, desagregado y no corporativo, orientados a aplicaciones especializadas y con objetivos y beneficios de corto plazo, representan una opción más apropiada para la mayoría de organizaciones, dada la limitación de recursos, la necesidad de tener resultados inmediatos y la disponibilidad de nuevas tecnologías y datos (Somers, 1994). Esto implica una estrategia de desarrollo del SIG consistente en un diseño básico, incorporando las características de los datos, las aplicaciones, la funcionalidad del software, y los usos, para luego basar el desarrollo del sistema so-

bre ese diseño. Bajo esta estrategia, tanto las aplicaciones como los resultados, podrían lograrse en el corto plazo, mientras que se sigue un trabajo más detallado sobre otros componentes del sistema. Tales sistemas probablemente ofrecen pocas funciones para aplicaciones muy específicas y, a menudo, ofrecerían sólo los niveles de resolución y precisión estrictamente necesarios para la aplicación y posibilidades a lograr con los datos disponibles. Es paradójico que Somers ilustre su estrategia propuesta, con referencia a la implementación de un SIG para la gestión de emergencias, citando aplicaciones que se lograron desarrollar en unos pocos días.

La OEA (Bender, 1993) recomienda una estrategia similar, en base a la utilización de equipos sencillos y de bajo costo diseñados para satisfacer las necesidades de información de aplicaciones específicas a corto plazo. Según la OEA, sistemas grandes y sofisticados, que requieren de mayores capacidades técnicas, pueden ser más difíciles de reparar y mantener localmente, y sus funcionalidades y capacidades no necesariamente son útiles o valen el costo adicional para el análisis de riesgos. Dadas las limitaciones financieras y técnicas típicas de la región, los SIG para aplicaciones específicas, probablemente, sean más sostenibles a la larga, comparado con sistemas multiusuarios y múltiples aplicaciones. Al mismo tiempo, pueden permitir que la mayoría de las aplicaciones se desarrollen en plazos cortos con equipos no sofisticados, produciendo beneficios a corto plazo para las organizaciones comprendidas. Según la OEA, el obstáculo principal para la implementación del SIG, en América Latina, es la ausencia de personal capacitado; problema que puede ser superado si la capacitación se incluye como un componente dentro de las estrategias de desarrollo del SIG.

En resumen, una estrategia de implementación del SIG para el análisis de riesgos en América Latina, probablemente, consistiría en el desarrollo rápido de aplicaciones específicas en vez del desarrollo de proyectos complejos con múltiples aplicaciones. Tal estrategia ofrecería visibilidad y resultados a corto plazo. Aun cuando el objetivo final en una organización es desarrollar un SIG más complejo; probablemente, sea mejor optar por un proceso de desarrollo flexible, relacionando las aplicaciones a nivel conceptual pero desarrollándolas en forma individual, permitiendo flexibilidad en el enfoque y cronograma de cada uno. Cuando no existen marcos institucionales estables, que puedan sostener un proyecto a mediano o largo plazo, es improbable que estrategias de implementación del SIG que requieren largos períodos y niveles importantes de estabilidad institucional puedan funcionar.

En la medida que se tomen en cuenta las estrategias propuestas anteriormente para el diseño de modelos espaciales-temporales, para la adquisición de datos y para la gestión de errores es posible implementar aplicaciones para el análisis de riesgos con un mínimo de equipamiento, con software de bajo costo y en plazos relativamente cortos. En la medida que el diseño se sustente en un modelo espacial-temporal sencillo, basado en datos fácilmente disponibles, y en la medida que se haga explícito que con los datos disponibles sea posible lograr sólo un bajo nivel de resolución, la inversión en tiempo y recursos que se requiera para implementar un SIG se reduce drásticamente. Las estrategias de implementación de este tipo son altamente apropiadas para las organizaciones que apoyan las estrategias de gestión de riesgos de la población y que requieren herramientas ágiles para la visualización de escenarios de riesgo que pueden compartirse con la misma población, y que pueden implementarse en zonas de poca infraestructura y soporte técnico.

Una visión de redes de organizaciones locales utilizando SIG de bajo costo, para apoyar las estrategias de gestión de riesgos de poblaciones vulnerables, es radicalmente distinta a la visión de organizaciones centralizadas utilizando SIG sofisticados para sustentar estrategias convencionales de gestión de riesgos. Con el rápido desarrollo de las telecomunicaciones en América Latina y las posibilidades cada día mejores de conexión al Internet, aun en regiones relativamente aisladas, esta estrategia apropiada de implementación del SIG en organizaciones se vuelve más viable. El Internet puede permitir mayor acercamiento y comunicación entre sistemas de información en organizaciones pequeñas, mayor acceso a datos y mayores posibilidades de difundir la información producida. La producción, actualización y difusión de información sobre riesgos, en tiempo verídico, es una posibilidad real en el Internet, que va a influir en el desarrollo de los SIG para el análisis de riesgos. La producción de información sobre riesgos, reflejando *imaginarios* locales, donde se combinan datos producidos por metodologías como PRA con datos remotos, y donde redes de organizaciones locales comparten información y la consolidan a otras resoluciones, para influir en las políticas nacionales e internacionales, es técnicamente posible hoy en día. Falta sólo cambiar los *imaginarios* del diseño e implementación del SIG para el análisis de riesgos, para que sea viable.