

50
13

SIGEDUC

**Un Sistema de Información Georeferenciado
para la Adecuada Localización y Diseño
de Centros Educativos
en Zonas de Pobreza**

Informe Final

Willem Van Wyngaarden PhD

Secretaria de Educación Distrital

Santa Fe de Bogotá, 20-12-1997

INTRODUCCIÓN

El sistema SIGEDUC es una aplicación de los sistemas de información georeferenciada con miras a lograr una adecuada localización y diseño de centros educativos en zonas de pobreza correspondientes a los estratos 1 y 2. De esta forma, se busca contribuir a elevar el nivel de vida de estas poblaciones infantiles. Por ello, la Secretaría de Educación del Distrito y la Misión Social brindaron desde un comienzo su apoyo decidido a esta iniciativa, que se originó en la Universidad de los Andes.

El SIGEDUC fue desarrollado en dos fases. La primera, sirvió para demostrar su utilidad y aplicabilidad ya que, en primer término, fue corroborada estadísticamente la *distancia* entre las viviendas y los centros educativos como una variable que incide en el porcentaje de asistencia a la educación y, en segundo término, se desarrolló e implementó exitosamente la metodología que permite comparar cuantitativamente la oferta y la demanda por educación, en el contexto del análisis espacial de accesibilidad. El área de Suba ubicada en Santa Fe de Bogotá sirvió de estudio de caso para ilustrar esta fase inicial.

La segunda fase, surgió de la necesidad sentida por la SED de institucionalizar esta herramienta. Fue diseñada de tal forma que el componente más importante del proyecto fuera la capacitación interna de la Secretaría de Educación del Distrito y de los CADELES correspondientes a las áreas trabajadas. También se propusieron esquemas operativos que faciliten el uso de los resultados del SIGEDUC como instrumento real de planificación. Como un segundo gran componente del proyecto, se propuso aplicar el método desarrollado a otras tres localidades de Bogotá, como parte del proceso de capacitación, e incorporar al análisis la información del SABE-50.

El presente informe consigna los resultados más relevantes de las dos fases. El primer capítulo contiene la base conceptual, procedimental y de información del SIGEDUC. El segundo capítulo, la información y procedimientos utilizados en la aplicación del SIGEDUC a cuatro localidades de Bogotá: San Cristóbal, Usme, Bosa y Suba. Se presentan, a manera de ilustración, los resultados obtenidos del análisis para la localidad de Bosa. El tercer capítulo contiene una propuesta operativa para utilizar el SIGEDUC como instrumento de planificación y programación dentro de la SED en sus instancias centralizadas y descentralizadas. El documento concluye con la discusión final y algunas recomendaciones de carácter general. Los manuales de utilización del Sistema se presentan como anexos independientes para facilitar su distribución y utilización.

Qué es un SIG?

Los SIGs son una herramienta fundamental en aquellas actividades o procesos que involucren el manejo de información espacializada; es esta característica lo que los diferencia de los sistemas convencionales. La información en forma de puntos, segmentos o polígonos está relacionada a un sistema de coordenadas geográficas o planas que permiten su localización exacta en el territorio. Surgieron como respuesta a la tecnología de sensores remotos que brindan imágenes en forma digital (en formato raster), como son las imágenes de satélite y las radagramétricas. Algunas de sus ventajas son:

(i) la información se almacena y procesa en forma digital, por lo que puede utilizar directamente los sensores remotos como fuente de información sobre patrones espaciales;

(ii) la información requerida por una institución está centralizada y actualizada lo que a la vez que permite su fácil acceso, su refinamiento progresivo y su utilización oportuna, facilita la incorporación de nuevos elementos a la luz de procesos de desarrollo institucional o modificaciones de esquemas de gestión;

(iii) una gran cantidad de datos puede ser almacenada, desplegada, analizada, extraída o integrada para diferentes propósitos y en forma inmediata;

(iv) la elaboración de *modelos* explicativos y predictivos, a partir de diferentes combinaciones de variables, es sumamente ágil permitiendo así la generación oportuna de escenarios que soporten la toma de decisiones;

(v) la obtención o intercambio de información entre diferentes usuarios, dentro de las instituciones o entre las mismas, se hace cada vez más fácil y menos costosa;

Aunque un Sistema de Información Georeferenciada (SIG) puede ser utilizado como herramienta cartográfica, su principal valor lo tiene su capacidad analítica (Aronov, 1989). Como herramienta cartográfica, su uso se orienta hacia la entrada y almacenamiento de datos cartográficos, su actualización y la producción e impresión de mapas¹. Como herramienta analítica², las funciones más importantes son: (i) clasificar y medir, (ii) cruzar mapas, (iii) realizar cálculos de proximidad y (iv) hacer cálculos de conectividad. Estas funciones son importantes en la modelación espacial.

¹ Varios sistemas están especializados en esta función, por ejemplo, Arc-Info, Autocad.

² Algunos sistemas están especializados en modelación espacial (ILWIS, SPANS, IDRISI). Para la ejecución del proyecto SIGEDUC se utilizó ILWIS 2.1 (ILWIS, 1994 y 1997, Apéndice 1 y 2).

CAPITULO 1

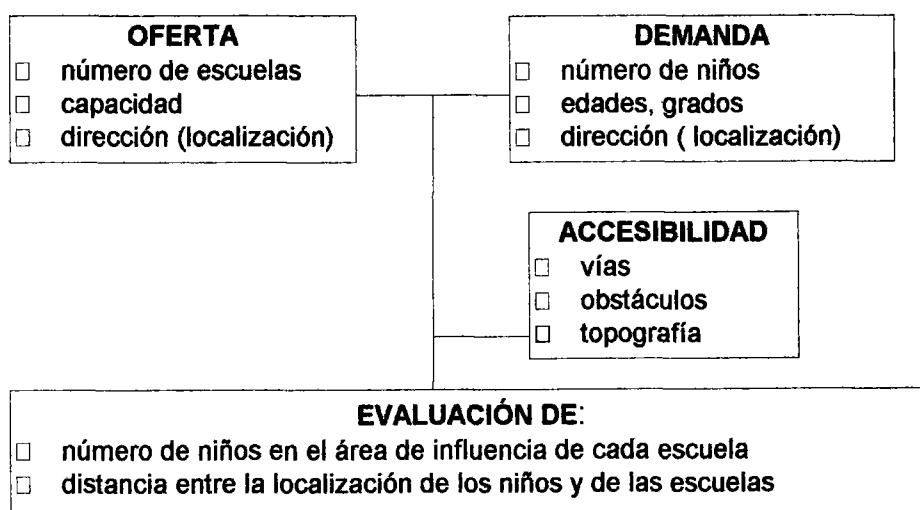
EL SISTEMA SIGEDUC

El SIGEDUC permite tres tipos de análisis. El primero corresponde al *eje* del sistema, relaciona la demanda por el servicio educativo, la oferta de centros educativos y la accesibilidad¹. O de otra forma, ¿están los centros de educación, localizados en los sitios correctos y con suficiente capacidad instalada, teniendo en cuenta la localización y el número de niños?. El segundo, complementa lo anterior al permitir la incorporación de la información referente a los centros educativos en los que efectivamente los niños están inscritos. El tercero, relaciona indicadores de calidad a los centros educativos existentes o programados. El presente capítulo contiene, para cada tipo de análisis, la información requerida, el procedimiento desarrollado y el tipo de resultados que se obtienen de su aplicación.

1.1 Análisis eje

Es deseable que las escuelas (oferta educativa) y los niños (demanda por educación) correspondan espacialmente (accesibilidad), y que la capacidad instalada de las escuelas tenga relación con los requerimientos de cupos por parte de los niños de los estratos considerados (gráfico 1.1).

Gráfico 1.1. Modelo conceptual SIGEDUC - análisis eje



¹ Similares ejercicios se han hecho en el campo de la conservación de ecosistemas (Fandiño, 1996, Toxopeus, 1996, Toxopeus y Wyngaarden, 1994).

Información

La información requerida se consigna en la tabla 1.1.

Tabla 1.1. Información necesaria para el análisis eje.

Información SIGEDUC		Tipo de análisis			
Fuente	Tipo	Situación actual ↓	Escenario(s) ↓	Sitio de Asistencia	Indicadores de calidad
IGAC	mapa topográfico	si el terreno es pendiente estándar	si el terreno es pendiente estándar	si el terreno es pendiente estándar	--
DANE	mapa urbano de manzanas	selección nivel	selección nivel	selección nivel	--
SED	localización de centros educativos oficiales y número de alumnos	--	--	--	valores - aplicación de indicadores
SABE50	indicadores de calidad por escuela	selección rango de edad	selección rango de edad	--	--
SISBEN	número de niños por manzana	--	--	selección escuela/colegio particular	--
SABE50	ubicación real de los alumnos por escuela	--	--	--	--

Mapas topográficos

Contienen el relieve del terreno en isolíneas de altitud (curvas de nivel). Están disponibles en el IGAC en formato análogo, a escala 1:10,000 y con intervalos de 25 metros. Esta escala e intervalo son lo suficientemente detallados. Con base en esto se construyen los mapas digitales de pendientes requeridos en el SIGEDUC. Esto es necesario únicamente cuando se trata de localidades ubicadas sobre zonas montañosas. El ejercicio se realiza sólo una vez para cada localidad, ya que la topografía es una variable estable.

Mapa de manzanas

Contiene la información acerca de la estructura urbana (calles, manzanas, puentes, etc.). Sirve como base de referenciación espacial para ubicar los centros educativos, los niños de estratos 1 y 2, y para calcular la accesibilidad. Estos mapas están disponibles en el DANE como "Cartografía Censal Área Urbana", a escala 1:5,000, en formato análogo y digital (DXF). Aunque el mapa digital no contiene toda la información necesaria, es posible complementarla usando el mapa análogo. Esta vía reduce considerablemente el tiempo de entrada de datos.

Con base en este mapa se construye una base de datos con información sobre los manzanas (tabla 1.2)

Tabla 1.2 Estructura de la base de datos sobre las manzanas.

Nombre	Sector	Sección	Manzana	Tipo	Área (m2)
Calle Río Bogotá				Calle Río	2.377.425
92020101	9202	01	01	Con constr.	295.000
92020102	9202	01	02	Con constr.	3.950
92020103	9202	01	03	Con constr.	38.413
92020104	9202	01	04	Escuela 36	4.938
92020109	9202	01	09	Con constr.	5.525
92020112	9202	01	12	Con constr.	6.250
92020115	9202	01	15	Con constr.	638
92020116	9202	01	16	Zona Verde	16.194
etc.				Con constr.	2.225

Localización de centros educativos oficiales y número de alumnos

El "Directorio de Establecimientos Educativos Oficiales de Santa Fe de Bogotá" disponible en la Secretaría de Educación del Distrito es actualizado cada año con base en información proveniente de los Cadeles, de la base de datos del DANE y del SABE50. La Tabla 1.3 ilustra el tipo de datos que se incorporan en el análisis.

Tabla 1.3 Estructura de la base de datos de los centros educativos.

Nombre Escuela/Colegio	Dirección	Nivel			Alumnos 1996		
		Preesc	Prim	Secund	Preesc	Prim	Secund
COL DIST JOSE FELIX RESTREPO	CR 6 N. 18A-20 SUR			X	0	0	3187
COL DIST JOSE JOAQUIN CASTRO MARTI	CL 34 SUR N. 2-20 ES			X	0	0	309
CENT EDUC DIST FLORENTINO GONZALEZ	CR 5A N. 31-45 SUR	X	X	X	31	196	614
CENT EDUC DIST JOSE MARÍA CARBONEL	AV 1 N. 4-11 ESTE			X	0	0	448
CENT EDUC DIST LOS ALPES	CR 12 ESTE N. 33A-80	X	X	X	30	322	1206
CENT EDUC DIST MONTEBELLO	CR 2 ESTE N. 24A-20	X	X	X	145	1028	896
ESC DIST ALEMANIA UNIFICADA	CL 38A SUR N. 2N-09	X	X		65	745	0
ESC DIST ALTAMIRA S.O	CL 42A SUR N. 12A-27	X	X	X	93	675	129
ESC DIST ANDRES ROSILLO	CR 9 N. 21-86 SUR	X	X		358	314	0
etc.							

Número de niños por manzana

El SISBEN (Sistema de Selección de Beneficiarios) sirve para la focalización del gasto social hacia los grupos mas pobres y vulnerables (DNP, 1994). En el contexto del SISBEN, la Misión Social del DNP desarrolló una base de datos basada en encuestas de los estratos 1, 2 y, parcialmente, del 3. Las encuestas fueron llevadas a cabo en 1995. Esta ha sido la fuente más importante de información para el desarrollo del SIGEDUC pues contiene los dato que permiten georeferenciar la localización de la población infantil, así como su edad, registro educativo y nivel socioeconómico.

Tabla 1.4 Estructura de la base de datos sobre niños de estratos 1 y 2.

Sector	Sección	Manzana	Edad	Sexo	Asisten	Grado	Puntaje	Nivel SISBEN
4521	01	00	11	1	1	4	61.2	4
4521	01	00	14	1	1	6	61.2	4
4521	01	02	3	1	2	0	59.5	4
4521	01	02	3	2	2	0	56.8	3
4521	01	02	4	1	1	0	56.8	3
4521	01	02	4	2	1	0	62.0	4
4521	01	02	10	1	1	2	52.5	3
4521	01	02	11	2	1	4	57.1	3
4521	01	02	12	2	1	6	59.4	4
4521	01	02	13	2	1	4	59.5	4
4521	01	02	14	1	1	5	59.4	4
etc.								

Procedimiento

Partiendo del modelo conceptual discutido se estructuró el procedimiento a seguir (Hofstee & Budde, 1992). El diagrama de flujo (gráfico 1.2) fija la secuencia de *pasos* y de *operaciones* requeridas tanto a nivel de mapas (cruce, clasificación, cálculos de distancias, interpolación), como de tablas (cálculos y unificación). Para utilizar el procedimiento en su versión automatizada, se debe consultar el manual del programa SIGEDUC (apéndices 3 y 4). La nomenclatura para abordar los siguientes apartes es la siguiente: resultado (R), información utilizada (I) y operación efectuada (O).

Datos iniciales (I):

- Mapa de MANZANAS en formato de segmentos y raster
- Tabla de atributos ligados al mapa MANZANAS, con columnas que contienen la información sobre ORIGIN (manzanas con escuelas) y ACCES (accesibilidad a través de calles, parques etc., u obstáculos)
- Tabla de NINOS con el número de niños por manzana
- Mapa de ESCUELAS en formato puntos y raster
- Dominio DISTCL con definición de clases de distancia

CONTENIDO

Índice de Mapas	ii
Índice de Gráficas	ii
Índice de Tablas	ii
Índice de Apéndices	iii
INTRODUCCIÓN	1
1 EL SISTEMA SIGEDUC	2
1.1 Análisis eje	3
1.2 Análisis del sitio de asistencia real a la educación	12
1.3 Indicadores de calidad	14
1.4 Discusión	16
2 APLICACIÓN DEL SIGEDUC A CUATRO LOCALIDADES	17
2.1 Estado de ejecución	17
2.2 Información y base de datos	18
2.3 Métodos y procedimiento	21
2.4 Resultados localidad Bosa	22
2.5 Discusión	30
3 PROPUESTA OPERATIVA	31
3.1 Institucionalización del SIGEDUC	31
3.2 Recomendaciones	36
4 CONCLUSIONES	38
BIBLIOGRAFÍA	40
APÉNDICES	

Índice de Mapas

2.1 Mapa de Sectores y Secciones de la localidad Bosa	19
2.2 Centros educativos oficiales en Bosa	20
2.3 Distancia a las escuelas de educación primaria	24
2.4 Distancia (en clases) a los colegios	25
2.5 Distancia a los colegios en el año 2000	27
2.6 Cobertura en % de niños - escuelas primarias en Bosa	28
2.7 Cobertura de los colegios en Bosa	29

Índice de Gráficas

1.1 Modelo conceptual SIGEDUC - análisis eje	3
1.2 Diagrama de flujo del procedimiento	7
2.1 Relación entre asistencia a la educación y distancia	30
3.1 Esquema operativo del SIGEDUC	34

Índice de Tablas

1.1 Información necesaria para el análisis eje	4
1.2 Estructura de la base de datos sobre manzanas	5
1.3 Estructura de la base de datos de los centros educativos	5
1.4 Estructura de la base de datos sobre niños	6
1.5 Información necesaria para el análisis de sitio de asistencia	12
1.6 Ejemplo hipotético del resultado en la tabla ASIST	13
1.7 Información necesaria para el análisis de calidad de la educación	15
2.1 Resultados obtenidos en las cuatro localidades	17
2.2 Número de manzanas y área total para las cuatro localidades	18
2.3 Número de centros educativos oficiales y de alumnos por localidad	19
2.4 Número de niños sin localización precisa por localidad	20
2.5 Número de niños sin localización precisa en Bosa	21
2.6 Número de niños por escuela primaria (en clases de distancia)	23
2.7 Número de niños por colegio (en clases de distancia)	25
2.8 Número de niños por colegio (en clases de distancia) en 2000	27
3.1 Propuesta operativa interna del SIGEDUC	33

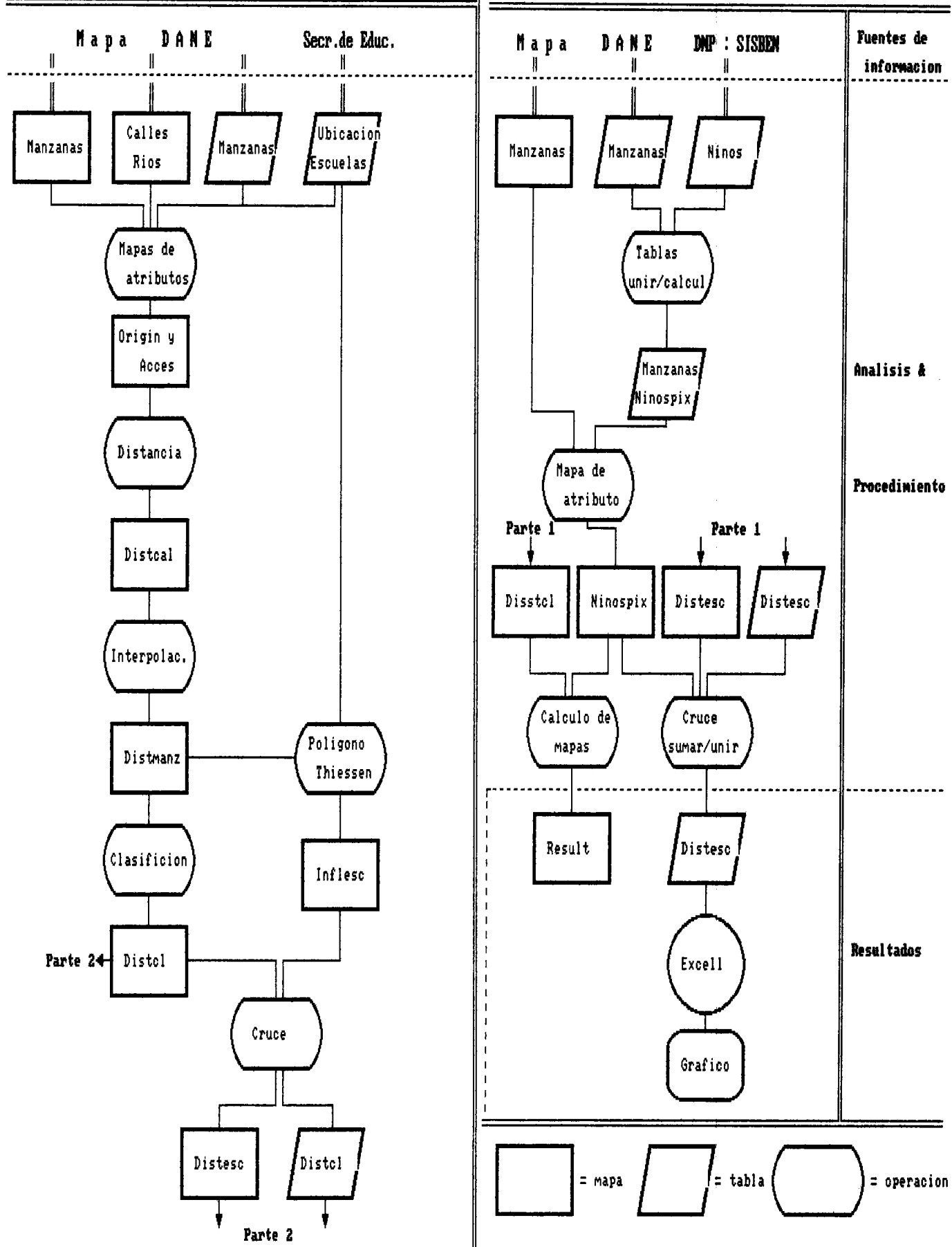
Índice de Apéndices

- 1 Introducción al Sistema de Información Geográfica ILWIS 2
- 2 Conceptos de Análisis y Modelamiento
- 3 Manual del programa SIGEDUC para ILWIS 2.1
- 4 Programa automatizado SIGEDUC para ILWIS 2.1
- 5 Conversión de archivos de ILWIS 1.4 a ILWIS 2.1

Gráfico 1.2 Diagrama de flujo del procedimiento

Proyecto SIGEDUC: Diagrama de flujo

Secretaria de Educacion, 01-10-1997, Santa Fe de Bogota Parte 1 Parte 2



Cálculo de accesibilidad:

- El mapa ORIGIN (R), mapa de atributo (O), del mapa y tabla MANZANAS (I)
- El mapa ACCES (R), mapa de atributo (O), del mapa y tabla MANZANAS (I)
- En el caso de que se trate de un área no plana, el mapa ACCES es corregido por un factor de esfuerzo en relación al porcentaje de la pendiente
- La distancia desde las escuelas/colegios a cualquier punto accesible del área (mapa DISTCAL) (R), teniendo en cuenta la infraestructura vial y los obstáculos naturales (mapa ACCES) (I) y aplicando operaciones de distancia (O), tomando como entrada el mapa de manzanas/calles y la localización de escuelas (mapa ORIGIN) (I)
- La distancia desde cualquier punto de las manzanas a las escuelas (mapa DISTMANZ) (R), con base en el mapa DISTCAL (I), por medio de interpolación dentro de las manzanas, lo que complementa el paso anterior (O).
- Limitar el mapa de distancia (mapa DISTMANZ) (I), al área objeto del análisis (mapa DISTAREA) (R), usando una operación de cálculo de mapas (O).
- Convertir el mapa de distancia a las escuelas en metros (mapa DISTAREA) (I), a un mapa del tiempo requerido de acceso caminando (mapa DISTAN) (R), por medio de una operación de cálculo de mapas (velocidad promedio 4 km./hora, o 66.7 m./min.)
- Un mapa clasificado de distancias para la totalidad de las escuelas - rangos (mapa DISTCL) (R), con base en el mapa DISTAN (I) y la definición de las clases, dominio DISTCL (I), usando clasificación (O).

Comandos en ILWIS 2.1²

Parte 1: Cálculo de accesibilidad:

Creación del mapa ORIGIN:

```
ORIGIN := MANZANAS.MANZANAS.ORIGIN
```

Creación del mapa ACCES:

```
ACCES := MANZANAS.MANZANAS.ACCES
```

(En caso de un área con pendientes:

```
ACCES := (MANZANAS.MANZANAS.ACCES)*(1+PENDPERC/20))
```

Creación del mapa de distancia usando las calles:

```
DISTCAL := MapDistance(ORIGIN,ACCES)
```

Interpolación al interior de las manzanas:

```
DISTMANZ := MapInterpolContour(DISTCAL)
```

Límite de área trabajada:

```
DISTAREA := iff(Isundef(MANZANAS),?,DISTMANZ)
```

Conversión de distancia en metros, a tiempo de desplazamiento en minutos:

```
DISTAN := DISTAREA/66.7
```

Clasificación en clases de tiempo de desplazamiento:

```
DISTCL := CLFY(DISTAN,DISTCL)
```

² Los comandos en el archivo script para el análisis automatizado (Apéndice 4) pueden ser diferentes en detalles.

Cálculo de la oferta educativa:

- El área de influencia de cada escuela o colegio (mapa INFLESC) (R), con base en el mapa de tiempo de desplazamiento (DISTAN) y en la localización de cada escuela o colegio en formato raster ESCUELAS (I), por medio de una operación de cálculo de polígonos de Thiessen (O)

Comandos en ILWIS 2.1:

Parte 2: Cálculo de la oferta (área de influencia de las escuelas):

Cálculo del mapa de polígonos de Thiessen:

INFLESC := MapThiessen(ESCUELAS,DISTAN,TEMP)

El mapa TEMP es temporal, se puede borrar después del análisis.

Para la presentación de los resultados el mapa de las áreas de influencia de las escuelas se convierte de raster a formato vector:

INFLESC := SegmentMapFromRasAreaBnd(INFLESC,8,smooth,single)

Cálculo de la demanda educativa:

- El número de píxeles por manzana (columna NPIX en la tabla MANZANAS.HIS) (R), con base en el mapa MANZANAS (I), usando un cálculo de un histograma (O)
- Agregar el número de píxeles en la tabla MANZANAS (columna NPIX en la tabla MANZANAS) (R), usando la columna NPIX en la tabla del histograma (I), unión de dos tablas (O)
- El número de niños por manzana (columna NINOSPIX en la tabla MANZANAS) (R), con base en las columnas NPIX y NINOS en la tabla MANZANA (I), para una división de las dos columnas (O) (la multiplicación por 1000 se usa para evitar valores muy pequeños)
- La distribución de niños (NINOSPIX) (R), el mapa MANZANAS y la tabla MANZANAS (I), combinación del mapa y la tabla mencionados (O)

Comandos en ILWIS 2.1

Parte 3: Cálculo de la demanda:

Cálculo del número de píxeles por manzana:

MANZANAS.HIS := TableHistogram(MANZANAS)

Unión con la tabla MANZANAS:

Open table MANZANAS

NPIX := ColumnJoin(MANZANAS.HIS,NPIX)

Close table MANZANAS

Cálculo del número de niños por píxel:

Open table MANZANAS

NINOSPIX := NINOS/NPIX*1000

Close table MANZANAS

Cálculo del mapa con el número de niños por píxel:

NINOSPIX := MANZANAS.MANZANAS.NINOSPIX

La evaluación:

- Las clases de distancia para el área de influencia de cada escuela (tabla y mapa DISTESC) (R), usando los mapas DISTCL y INFLESC (I), por medio de cruce de mapas (O)
- La densidad de niños dentro de cada clase de distancia para cada escuela (tabla NINOSDIS) (R), los mapas NINOSPIX y DISTESC (I), cruce de dos mapas (O)
- El número de niños dentro de cada clase de distancia para cada escuela (columna NINOS en la tabla DISTESC) (R), el número de niños en la tabla NINOSDIS (I), agregación por DISTESC (O)
- El número de niños total por área de influencia de cada escuela (columna NINOS en la tabla ESCUELAS) (R), por medio de agregación por INFLESC (O) el número de niños en la tabla DISTESC (I)
- El número total de niños por clase de distancia (columna NINOS en la tabla DISTCL) (R), por medio de agregación por DISTCL (O) el número de niños la tabla DISTESC (I)
- El mapa de las manzanas en las que hay niños, asignándoles un color según clases de distancia (mapa RESULT) (R), con base en los mapas DISTCL y NINOSPIX (I), por medio de la combinación de los dos mapas mencionados (O)

Comandos en ILWIS 2.1

Parte 4: Evaluación:

Cruce del mapa clase de distancia con el mapa área de influencia:

```
DISTESC := TableCross(INFLESC,DISTCL,DISTESC)
```

Cruce del mapa anterior (DISTCL) con el mapa NINOSPIX:

```
NINOSDIS := TableCross(DISTESC,NINOSPIX)
```

Cálculo del número de niños por clase de distancia, por escuela:

```
Open table NINOSDIS
```

```
NINOS := NPIX*NINOSPIX/1000
```

```
Close table NINOSDIS
```

Agregación de los números de niños por escuela y clase de distancia:

```
Open table NINOSDIS
```

```
DISTESC.NINOS := ColumnJoinSum(NINOSDIS,NINOS,DISTESC,1)
```

```
Close table NINOSDIS
```

```
Open table DISTESC
```

```
ESCUELAS.NINOS := ColumnJoinSum(DISTESC,NINOS,INFLESC,1)
```

```
DISTCL.NINOS := ColumnJoinSum(DISTESC,NINOS,DISTCL,1)
```

```
Close table DISTESC
```

Cálculo del mapa RESULT:

```
RESULT := iff(NINOSPIX>0.1,DISTCL,?)
```

La construcción de escenarios³ se hace a través del análisis eje, partiendo de los siguientes supuestos:

- ◆ la infraestructura no cambia en comparación con la última fecha de actualización cartográfica de la ciudad;
- ◆ no hay inmigración a ni emigración del área entre la fecha de la situación actual y la del escenario construido;
- ◆ los niños con una edad en la fecha inicial, tendrán un número de años ajustable para la fecha en la cual el escenario se construye;
- ◆ las escuelas que funcionan en la fecha inicial funcionarán también para la fecha del escenario construido;
- ◆ es posible proyectar nueva(s) escuela(s) y colegio(s).

Para obtener el escenario deseado, la base de datos se actualiza como si en la realidad las acciones de construcción de nuevos centros educativos ya hubieran sido realizadas y se lleva a cabo el mismo análisis aplicado a la *situación actual*. Al comparar los resultados de los dos análisis, se establece cuál será el impacto de una nueva escuela o colegio en el área.

Resultados

Cuatro resultados concretos surgen del análisis eje:

- Mapa (RESULT) con la distribución de niños en cada clase de distancia a la escuela o al colegio más cercano;
- Tabla (DISTESC) con el número de niños en cada clase de distancia por cada escuela o colegio;
- Tabla (DISTCL) con el número total de niños en cada clase de distancia para el área trabajada;
- Tabla (ESCUELAS) con el número total de niños en el área de influencia de cada escuela o colegio, junto con la información de la escuela incorporada a la base de datos.

³ Un escenario es una construcción que permite predecir una situación futura como resultado de ciertas intervenciones.

Resultados

La tabla resultante ASIST es, en efecto, el cruce entre el sitio de vivienda de los alumnos de cada escuela y el área de influencia de todos los restantes centros educativos del mismo nivel (los más cercanos para estos niños). La limitación de este análisis consiste en que está basado únicamente en los niños que efectivamente asisten a la educación.

La tabla resultante provee la información acerca de los niños que se desplazan más de lo necesario, lo que puede ser explicado por varias razones:

- la preferencia por un centro educativo en particular,
- la localización del sitio de trabajo de los padres,
- la asignación de cupos al azar,
- la aceptación de un cupo en cualquier centro educativo dada la insuficiente oferta educativa.

Con miras a ligar estos resultados a la formulación de escenarios se recomienda:

- asignar los cupos de acuerdo a la localización de los niños en las áreas de influencia,
- si no hay capacidad en dichos centros educativos, según el análisis eje - situación actual, proveer transporte hacia las escuelas más cercanas que cuenten con capacidad.

1.3 Indicadores de calidad

Es deseable que aparte del análisis espacial como tal el SIGEDUC contenga información sobre la calidad de los centro educativos, muy relevante en actividades programáticas.

1.2 Análisis del sitio de asistencia real a la educación

Como ha sido mencionado en apartes anteriores la distancia entre el sitio de vivienda y el centro educativo más cercano incide en el porcentaje de asistencia a la educación. Pero aun así no se sabe con certeza a qué centro educativo los niños están asistiendo. Este análisis permite complementar el análisis eje, al proveer esta información útil en la construcción de escenarios. En el trabajo realizado en las cuatro localidades de Bogotá se tuvo la dificultad de que la información no está disponible. Por lo tanto, el procedimiento presentado en este numeral no ha podido ser probado en un caso concreto.

Información

La información requerida se consigna en la tabla 1.5.

Tabla 1.5 Información necesaria para el análisis de sitio de asistencia

Información SIGEDUC		Tipo de análisis			Indicadores de calidad
Fuente	Tipo	Situación actual	Escenario(s)	Sitio de Asistencia ↓	
IGAC	mapa topográfico	si el terreno es pendiente	si el terreno es pendiente	si el terreno es pendiente	--
DANE	mapa urbano de manzanas	estándar	estándar	estándar	--
SED	localización de centros educativos oficiales y número de alumnos	selección nivel	selección nivel	selección nivel	--
SABE50	indicadores de calidad por escuela	--	--	--	valores - aplicación de indicadores
SISBEN	número de niños por manzana	selección rango de edad	selección rango de edad	--	--
SABE50	ubicación real de los alumnos por escuela	--	--	selección escuela/colegio particular	--

La información sobre el mapa topográfico, el mapa de manzanas y las escuelas o los colegios, utilizada en este caso, es la misma que para el análisis eje.

Dirección de los alumnos por escuela.

El SABE50 es la base de datos "Sistema de Información Básica para Instituciones Educativas", desarrollada por la Misión Social del DNP y ejecutada para el Distrito en cooperación con la Secretaría de Educación (SABE50, 1995). Contiene la información sobre la dirección de todos los alumnos para cada escuela o colegio. Pero hasta la fecha su obtención ha sido muy difícil por razones de seguridad. También hay problemas con la normalización de las direcciones pues se usan diferentes abreviaturas.

Procedimiento

El procedimiento sugerido tiene dos etapas: (a) realizar el análisis eje para cada centro educativo de los niveles preescolar, primaria o secundaria y (b) combinar los resultados de estos análisis hechos por escuela en una tabla ASIST (tabla 1.6).

La etapa (a):

- hacer el análisis eje (O) para cada centro educativo utilizando como información el mapa de manzanas, el mapa y la tabla de los centros educativos, por nivel educativo y los alumnos del centro educativo relevante (I). El resultado tabla ESCUELA (R), con una columna NIÑOS que contiene el número de alumnos del centro educativo analizado ubicados en el área de influencia de la totalidad de centros educativos
- Copie (O) esta tabla (I), y asigne el nombre (abreviado) del centro educativo (R).

La etapa b:

- cree (O), una tabla ASIST (R), con el dominio ESCUELAS (I)
- copie (O) en esta tabla el número de alumnos por centro educativo por nivel de la tabla ESCUELAS (I), la columna NINOS de todas las tablas de los centros educativos analizados (I) y asigne el nombre abreviado del centro educativo a la columna (R)

Tabla 1.6 Ejemplo hipotético del resultado en la tabla ASIST

Escuela	Alumnos	aaaa	bbbb	cccc	dddd	eeee	etc.
aaaa	345	304	25			16	
bbbb	267	5	241	21			
cccc	1258	10	745	425	74	14	
dddd	548	40		12	478	18	
eeee	237					237	
etc.							
	Total	359	1011	458	552	285	

Resultados

La tabla resultante ASIST es, en efecto, el cruce entre el sitio de vivienda de los alumnos de cada escuela y el área de influencia de todos los restantes centros educativos del mismo nivel (los más cercanos para estos niños). La limitación de este análisis consiste en que está basado únicamente en los niños que efectivamente asisten a la educación.

La tabla resultante provee la información acerca de los niños que se desplazan más de lo necesario, lo que puede ser explicado por varias razones:

- la preferencia por un centro educativo en particular,
- la localización del sitio de trabajo de los padres,
- la asignación de cupos al azar,
- la aceptación de un cupo en cualquier centro educativo dada la insuficiente oferta educativa.

Con miras a ligar estos resultados a la formulación de escenarios se recomienda:

- asignar los cupos de acuerdo a la localización de los niños en las áreas de influencia,
- si no hay capacidad en dichos centros educativos, según el análisis eje - situación actual, proveer transporte hacia las escuelas más cercanas que cuenten con capacidad.

1.3 Indicadores de calidad

Es deseable que aparte del análisis espacial como tal el SIGEDUC contenga información sobre la calidad de los centros educativos, muy relevante en actividades programáticas.

Información

Tabla 1.7 Información necesaria para el análisis de calidad de la educación.

Información SIGEDUC		Tipo de análisis			
Fuente	Tipo	Situación actual	Escenario(s)	Sitio de Asistencia	Indicadores de calidad↓
IGAC	mapa topográfico	si el terreno es pendiente	si el terreno es pendiente	si el terreno es pendiente	--
DANE	mapa urbano de manzanas	estándar	estándar	estándar	--
SED	localización de centros educativos oficiales y número de alumnos	selección nivel	selección nivel	selección nivel	--
SABE50	indicadores de calidad por escuela	--	--	--	valores - aplicación de indicadores
SISBEN	número de niños por manzana	selección rango de edad	selección rango de edad	--	--
SABE50	ubicación real de los alumnos por escuela	--	--	selección escuela/colegio particular	--

Indicadores de calidad de la educación.

La base de datos SABE50 contiene indicadores de calidad para los centros educativos. Los valores obtenidos de su aplicación son calculados automáticamente en el SABE50. En particular:

- Eficiencia interna: indica la permanencia de la población en el sistema educativo y la relación que logra la promoción de un nivel a otro,
- Calidad: indica la disponibilidad de recurso humano y de dotación de elementos y áreas educativas por alumno,
- Calidad docentes: Establece las características promedio de formación y experiencia de los docentes por cada nivel educativo,
- Infraestructura: indica qué tan adecuada es la infraestructura del establecimiento para los alumnos a los que se presta el servicio educativo.

El SABE50 está, en este momento, en la fase de entrada y validación de datos. Cuando la información esté disponible puede ser incorporada al SIGEDUC fácilmente mediante un consulto (query). La utilización de estos u otros indicadores dependerá de los desarrollos en este campo, pero el procedimiento sugerido para entrar estos indicadores al SIGEDUC no varían ya que un atributo relacional.

Procedimiento

El consulto de la base de datos SABE50, resulta en una tabla con indicadores de calidad por escuela o colegio, que puede ser importada en ILWIS. Con la operación unir se copian las columnas en la tabla ESCUELAS.

Existen tres posibles maneras de desplegar la información sobre calidad:

- como tabla de atributos del mapa ESCUELAS (mapa de puntos de las escuelas) con "Pixel Info",
- como tabla de atributos del mapa INFLESC (mapa de áreas de influencia de escuelas o colegios) con "Pixel Info",
- como mapa de atributos para combinar el mapa INFLESC con una columna (indicador de calidad) de la tabla ESCUELAS

Aunque los indicadores de calidad puedan desplegarse utilizando mapas de puntos o de áreas de influencia, no es un componente que necesite modelación espacial. Por tanto, estos resultados deben entenderse como un representación puramente gráfica.

Resultados

El resultado más importante es la tabla ESCUELAS con los valores obtenidos a través de los indicadores de calidad para cada escuela o colegio y su relación con la base georeferenciada.

1.4 Discusión

El contenido del presente capítulo evidencia que es el análisis eje el que provee una herramienta más sólida como instrumento de planificación. Su validez es además apoyada por los análisis que validan la hipótesis de que la distancia al centro educativo más cercano incide en el porcentaje de asistencia a la educación (ver capítulo dos). La aplicabilidad y el procedimiento del análisis sobre asistencia real a los centros educativos puede requerir refinamientos cuando se disponga de la información del SABE50. Los indicadores de calidad deben ser incluidos en los documentos programáticos que se formulen con base en los escenarios finales (ver capítulo 3).

CAPÍTULO 2

APLICACIÓN DEL SIGEDUC A CUATRO LOCALIDADES

Las localidades de San Cristóbal, Usme, Bosa y Suba se escogieron para iniciar la aplicación del SIGEDUC conjuntamente con la SED. Aunque Suba fue trabajada en la primera fase del proyecto, se encontró que la base de datos utilizada fue incompleta en cuanto a la población infantil y sólo se cubrió entonces un sector de la localidad.

2. 1. Estado de ejecución.

El estado de ejecución¹ de la aplicación del SIGEDUC a las cuatro localidades trabajadas se presenta en la tabla 2.1

Tabla 2.1 Resultados obtenidos en las cuatro localidades

Resultado	Realización			
	San Cristóbal	Usme	Bosa	Suba
Base de datos				
mapa de pendientes			n.a.	
mapa de manzanas				
datos de niños (SISBEN)				
datos de escuelas				
mapa de escuelas				
Análisis				
situación actual				
escenario				
indicadores de calidad				

n.a. no aplicable,

	completo
	parcial

¹ El procedimiento no pudo realizarse en su totalidad por las razones expuestas en el documento de autoevaluación del proyecto realizado por el consultor. Las dificultades principales fueron:

- la obtención de la mesa digitalizadora con cinco meses de retraso,
- la no asignación del equipo humano al proyecto por parte de los CADELES,
- la asignación de dos personas con dedicación de medio tiempo por parte de la SED-central, cuando se propusieron tres de tiempo completo,
- la no disponibilidad de la información del SABE50 para ejecutar los análisis correspondientes.

De acuerdo con el estado de ejecución para las cuatro localidades se presentan los siguientes apartes. Con miras a ilustrar los resultados obtenidos del análisis se presenta el caso completo de la localidad de Bosa. Los análisis que utilizan la información del SABE50 no se pudieron ejecutar por falta de información.

2.2. Información y base de datos

Mapa de pendientes

Con base en las curvas de nivel de los mapa topográficos de IGAC, se creó el mapa de porcentaje de pendientes para las localidades de Suba, San Cristóbal y Usme. Para Bosa este mapa no es necesario porque tratarse de un área plana.

Mapa de manzanas

Los mapas de manzanas fueron construidos con base en el mapa digital de la Cartografía Censal Área Urbana del DANE basado en fotografías aéreas de 1994 e información obtenida en terreno en 1996. Las nuevas construcciones, calles y manzanas pueden no estar actualizadas en su totalidad.

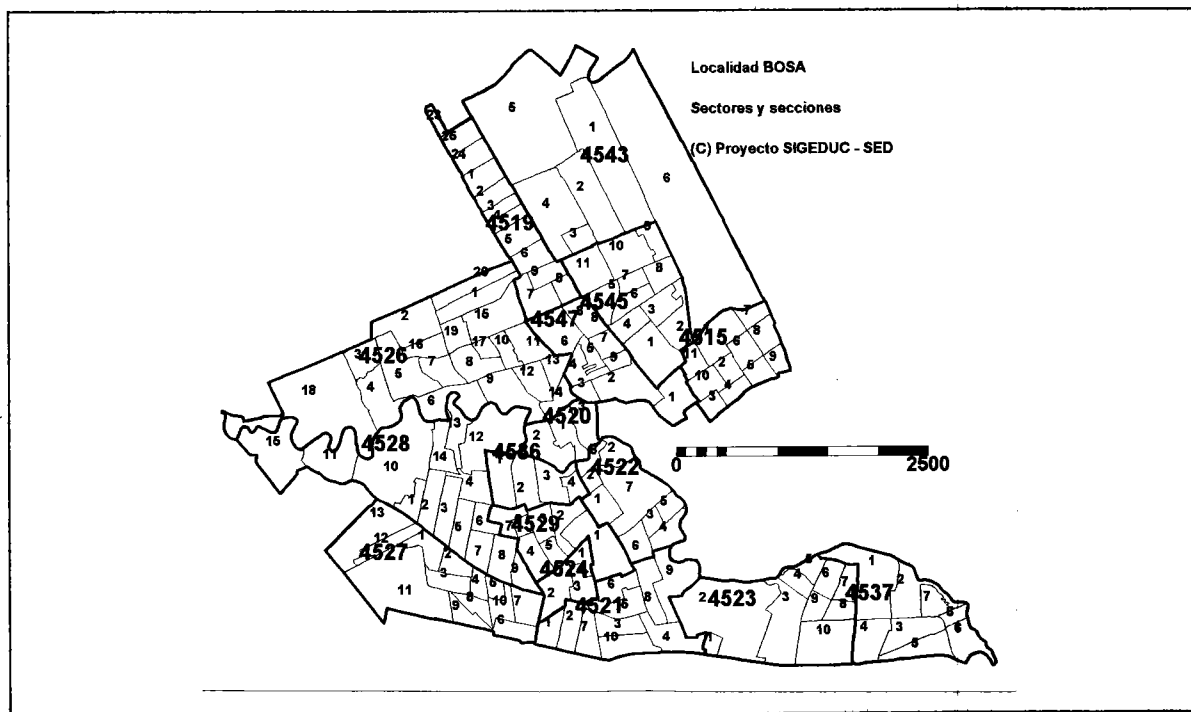
El número de manzanas y el área total de las cuatro localidades trabajadas se presenta en tabla 2.2.

Tabla 2.2 Número de manzanas y área total para las cuatro localidades

Localidad		Número de manzanas	Área total (ha)
Número	Nombre		
4	San Cristóbal	3,030	1,780
5	Usme	2,801	3,022
7	Bosa	3,017	2,632
11	Suba (parte oeste)	3,182	2,477
Total		12,030	9,911

El mapa 2.1 muestra la localidad de Bosa a nivel de sector y sección.

Mapa 2.1. Mapa de Sectores y Secciones de la localidad Bosa



Centros educativos

El número de centros educativos oficiales y el número total de alumnos fue extraído del Directorio de Centros Educativos Oficiales para cada localidad analizada son presentados en tabla 2.3. La localización de los centros educativos en Bosa se presenta en mapa 2.2.

Tabla 2.3 Número de centros educativos oficiales y de alumnos por localidad

Localidad		Preescolar		Primaria		Secundaria	
Número	Nombre	Número	Alumnos	Número	Alumnos	Número	Alumnos
4	San Cristóbal	51	3,243	55	26,618	12	14,655
5	Usme	30	1,536	35	22,175	6	7,622
7	Bosa	23	1,717	29	14,357	7	9,171
11	Suba (parte oeste)	21	1,582	23	15,914	6	5,988
Total		125	8,078	142	79,064	31	37,436

Tabla 2.5 Número de niños sin localización precisa en Bosa

Sector	Número de niños		Porcentaje Sin localización
	Con localización	Sin localización	
4515	806	198	24.6
4519	9,280	3,497	37.7
4520	5	0	0.0
4521	4,170	301	7.2
4522	17	0	0.0
4523	4,365	233	5.3
4524	69	15	21.7
4526	6,698	1,691	25.2
4527	3,308	530	16.0
4528	2,643	346	13.1
4529	55	6	10.9
4536	177	4	2.3
4537	13	4	30.8
4543	427	235	55.0
4545	796	69	8.7
4547	943	239	25.3
Total	26,404	7,368	21.8

La población infantil cuya localización exacta no se conoce se ubica en las zonas periféricas de estas localidades en permanente expansión y conformación de nuevos barrios. En Bosa, por ejemplo, los sectores 4519 y 4526 corresponden muy bien a esta situación: ubicados en la periferia y con un gran número de niños sin ubicación precisa (mapa 2.1 y tabla 2.5). Es importante tener presente esta situación al construir escenarios.

2.3 Métodos y procedimientos

Los métodos utilizados para el análisis siguen los procedimientos presentados en capítulo uno.

Análisis eje

El análisis de la situación actual - base de datos para el año 1996 - se realizó para tres grupos de niños con base en edades y su relación con grados de escolaridad preescolar (4-6 años), primaria (7-11 años) y secundaria (12-17 años). En cada caso se utilizó como información: (a) el número de niños para cada rango de edad en 1-1-1996, (b) la totalidad de centros educativos en funcionamiento para los grados considerados por rango de edad y (c) el mapa de manzanas y calles. Para las localidades de San Cristóbal, Usme y Suba el mapa de pendientes.

Se preparó la información y se aplicó el análisis eje generando dos tipos de resultados:

- mapa de distancia a las escuelas o los colegios en clases de distancia,
- tabla con el número de niños por cada clase de distancia para cada escuela/colegio.

Para la localidad de Bosa los niveles primaria y secundaria fueron analizados. Se construyó un escenario para el nivel secundaria con la incorporación de dos nuevos colegios, uno en ejecución y el otro programado.

Indicadores de calidad

Como ejemplo de la incorporación de indicadores de calidad de la educación al SIGEDUC, se trabajó el indicador de cobertura o capacidad de cada escuela o colegio a manera de porcentaje en relación al número de niños que viven en su área de influencia.

Para la localidad de Bosa se presentan los mapas de cobertura para la educación primaria y secundaria.

Corroboración de la hipótesis

Esta relación se establece con la aplicación del análisis eje para la situación actual en dos casos: (a) con todos los niños y clases de edad pertinentes y (b) utilizando únicamente los niños que asisten a la educación. Eso genera el porcentaje de niños que asisten por cada clase de distancia y el comportamiento de dicha relación por cada nivel educativo analizado. Para la localidad de Bosa se presenta esta relación para la educación primaria y secundaria.

2.4 Resultados localidad Bosa

Análisis de la situación actual (1996)

Primaria

En esta área se ubican 29 escuelas de educación primaria. Doce de ellas tienen menos de 100 niños de los estratos considerados en su área de influencia, y otras doce, presentan un número entre 100 y 500 niños. Cinco escuelas tienen una demanda superior a 500 niños (tabla 2.6).

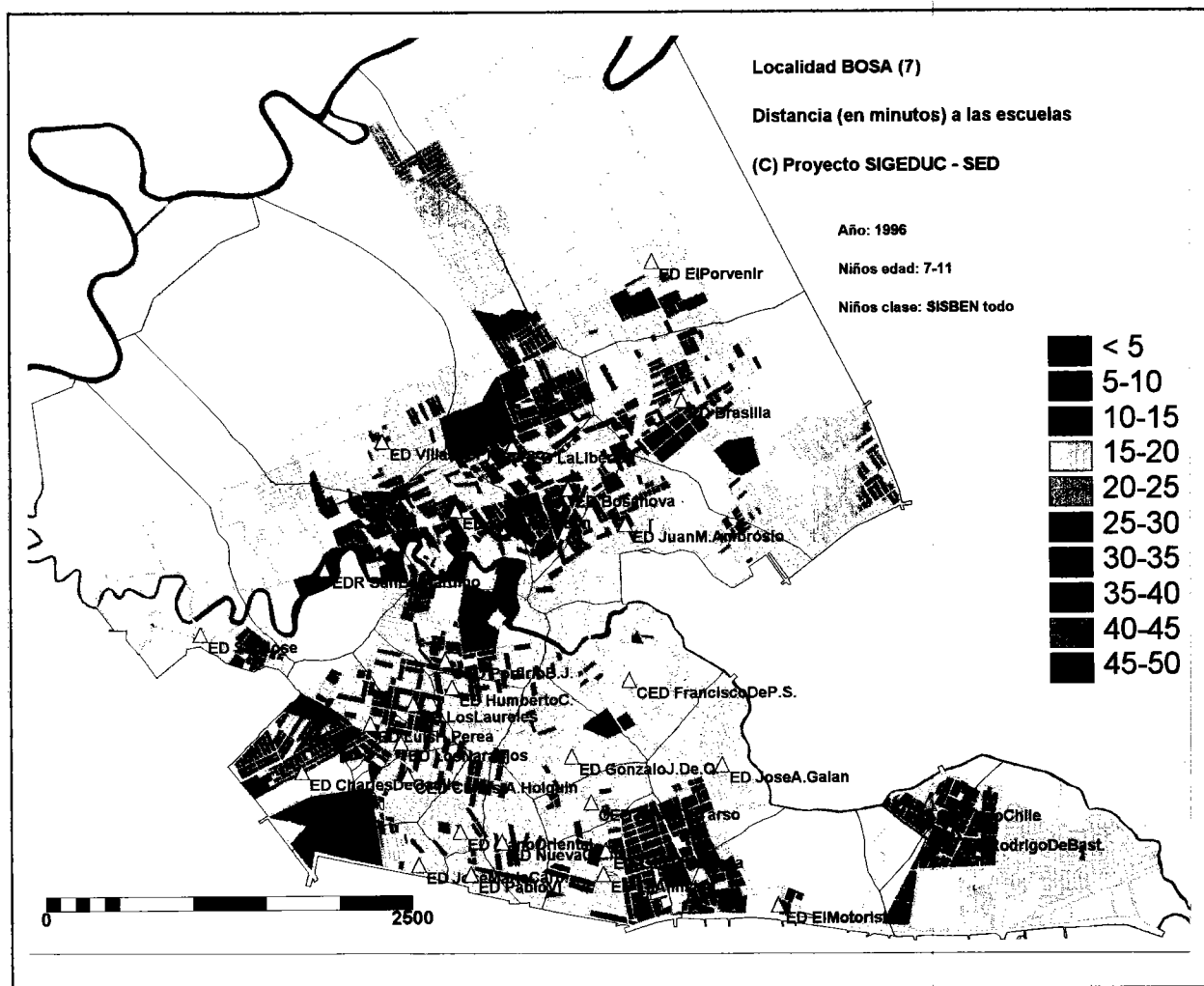
Hay cinco escuelas con un número de niños en su área de influencia muy superior al número de alumnos registrados en 1996 (tabla 2.6). Estos casos (*Brasilia, La Libertad, La Concepción, San José y Charles de Gaulle*) se localizan en el norte y oeste del área, zonas que coinciden con un número importante de niños sin localización precisa (tabla 2.4). Por tal razón, el número de niños en estas áreas puede ser muy superior al incluido en el análisis. Por su parte, la insuficiente capacidad de la escuela *Rodrigo de Bastidas* está compensada por la escuela *Nuevo Chile*, ubicada a poca distancia.

El análisis de accesibilidad muestra cómo en la mayoría de los casos los niños viven a una distancia inferior a 20 minutos caminando hasta las escuelas más cercanas. En los centros educativos *La Libertad, Brasilia, El Porvenir, Villas de Progreso y San Bernardino*, las distancias son mayores (mapa 2.3). Tenemos pues que el área que presenta mayores problemas está ubicada al norte de la localidad.

Tabla 2.6 Número de niños por escuela primaria (en clases de distancia)

Escuela distrital	Alumnos 1996	Niños Total	Número de niños en clases de distancia (minutos)									
			<5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	> 40	
CED Carlos.A.Holguin	1124	48	43	5								
CED FranciscoDeP.S.	596	13	9	4								
CED LaLibertad	616	2210	453	481	317	313	343	184	96	23		
CED NvoChile	866	402	400	2								
CED PabloDeTarso	709	16	16									
CED PorfirioB.J.	677	427	116	310	1							
ED Bosanova	624	417	244	173								
ED Brasilia	172	438	177	70	6	36	87	62				
ED CharlesDeGaulle	295	649	532	114	2	1						
ED EIMotorista	281	195	51	138	6							
ED ElPorvenir	954	288	29	13	23	64	36	49	70	4		
ED GonzaloJ.De.Q.	500	11	4	7								
ED HumbertoC.	315	22	20	2								
ED JoseA.Galan	564	214	79	135								
ED JoseMariaCarb.	315	14	9	4	1							
ED JuanM.Ambrosio	468	199	101	79	12	7						
ED LaAmistad	632	0	0									
ED LaConcepcion	299	755	494	248	13							
ED LlanoOriental	38	14	12	2								
ED LosLaureles	434	48	45	3								
ED LosNaranjos	307	43	42	1								
ED LuisH.Perea	312	208	199	9								
ED LuisL.DeMesa	972	783	535	247	1							
ED NuevaGranada	311	22	19	3								
ED PabloVI	368	7	7									
ED RodrigoDeBast.	473	873	774	94	3	1	1					
ED SanJose	103	145	23	122								
ED VillasDeProgreso	308	157	38	50		60	9					
EDR SanBernardino	384	272	140	80	12	4	36					
Total	14017	8890	4611	2396	397	486	512	295	166	27	0	

Mapa 2.3 Distancia a las escuelas de educación primaria



Secundaria

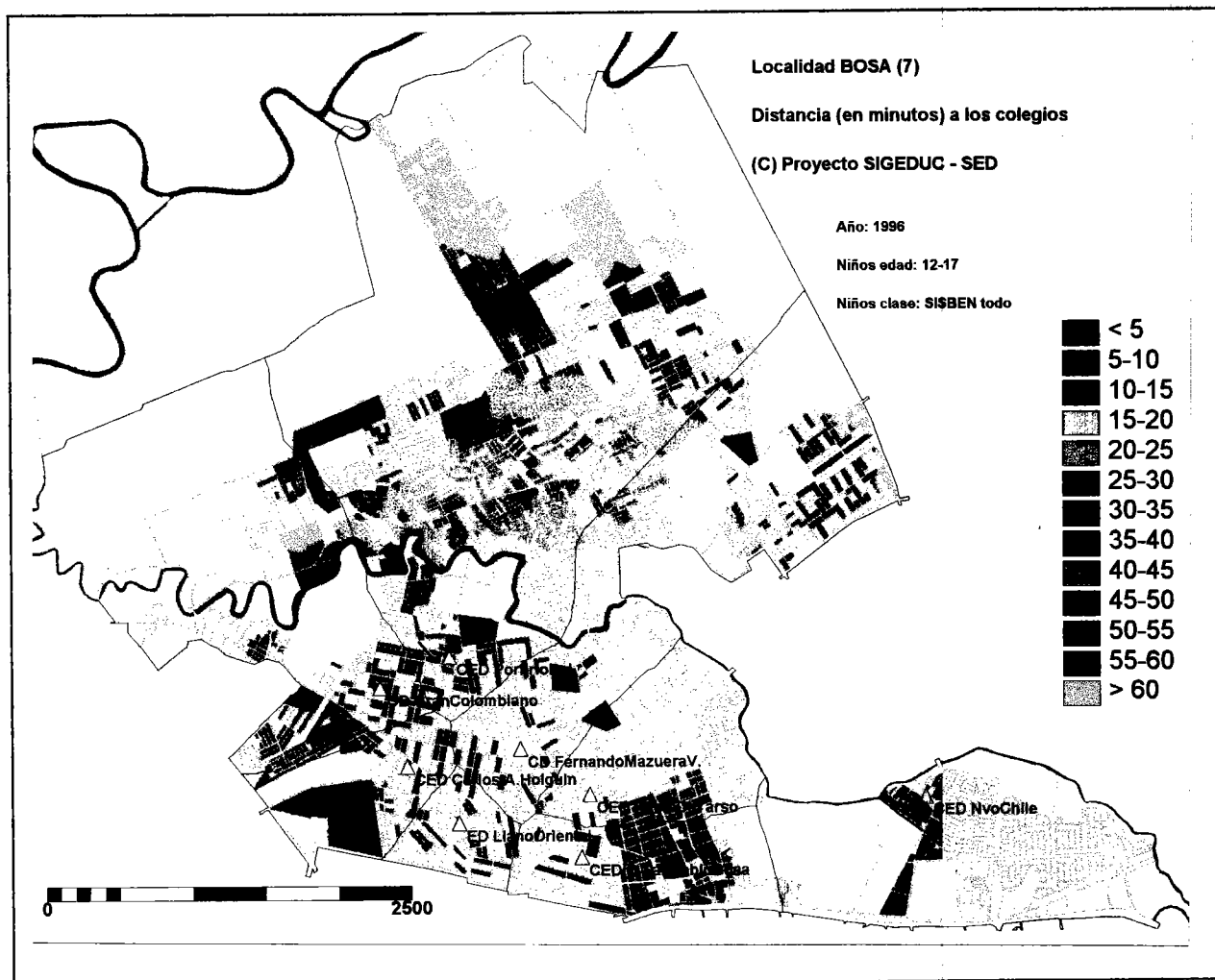
En Bosa hay 8 colegios de secundaria. El *Ilano Oriental* - tiene pocos niños en su área de influencia para los estratos considerados (tabla 2.7). Los restantes tienen entre 200 y 4000 niños. La capacidad es deficiente en el caso de los colegios *Nuevo Chile* y especialmente *Porfirio*, que atienden respectivamente 319 y 602 niños y tienen en su área de influencia 1593 y 4020 (tabla 2.7 y mapa 2.4).

Tabla 2.7 Número de niños por colegio (en clases de distancia)

Colegio distrital	Alumnos 1996	Niños Total	Número de niños en clases de distancia (minutos)												
			<5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	>60
CD FernandoMazueraV.	2417	354	25	14	6		8	20	31	59	10	33	60	65	23
CD GranColombiano	1889	907	137	216	319	121	3	3	2	5	10		48	42	1
CED Carlos.A.Holguin	956	201	86	20	88	7									
CED NvoChile	319	1593	933	599	28	1	30	1	1						
CED PabloDeTarso	701	418	67	141	209	1									
CED PorfirioB.J.	602	4020	109	291	11		41	339	336	434	886	532	218	378	445
CEDID SanPabloBosa	1753	836	220	356	226	28	6								
ED LlanoOriental	534	40	33	7											
Total	9171	8369	1610	1644	887	168	88	363	370	498	906	565	326	485	469

La localización de estos niños puede observarse en el mapa 2.4. En las zonas de Bosa, localizadas al norte del Río Tunjuelito, 4000 niños (40%) deben caminar de 30 minutos a más de una hora para acceder a los colegios más cercanos.

Mapa 2.4 Distancia (en clases) a los colegios



Qué surge del análisis de la situación actual (1996)?

Los resultados en forma de mapas y tablas ilustran claramente cómo la localización de los centros educativos no corresponde, en todos los casos, con la demanda proveniente de los estratos 1 y 2. En concreto:

En general, hay una fuerte concentración de escuelas y colegios en el centro de Bosa, mientras que los niños de los estratos considerados se ubican principalmente en la periferia de la localidad. En consecuencia, las escuelas localizadas en el norte y el oeste del área tienen una capacidad inferior al número de niños de primaria presentes en su área de influencia. Adicionalmente, más de 600 niños deben caminar por más de 20 minutos para acceder a la escuela más cercana.

El colegio *Nueva Chile* tiene una capacidad muy baja en relación con todos los niños en la edad de secundaria ubicados en su área de influencia, aunque las distancias hasta este colegio son menores. El colegio *Porfirio* tiene una capacidad muy baja en relación con todos los niños en la edad de secundaria ubicados en su área de influencia y, además, más de 3000 niños deben caminar mas que 35 minutos para acceder a él.

Escenario: Secundaria - 2000

El colegio Brasilia está en funcionamiento desde 1997. El colegio San Bernardino debe entrar en funcionamiento en 1999. Por consiguiente, este escenario no es hipotético, busca evaluar el impacto de las acciones implementadas o planificadas.

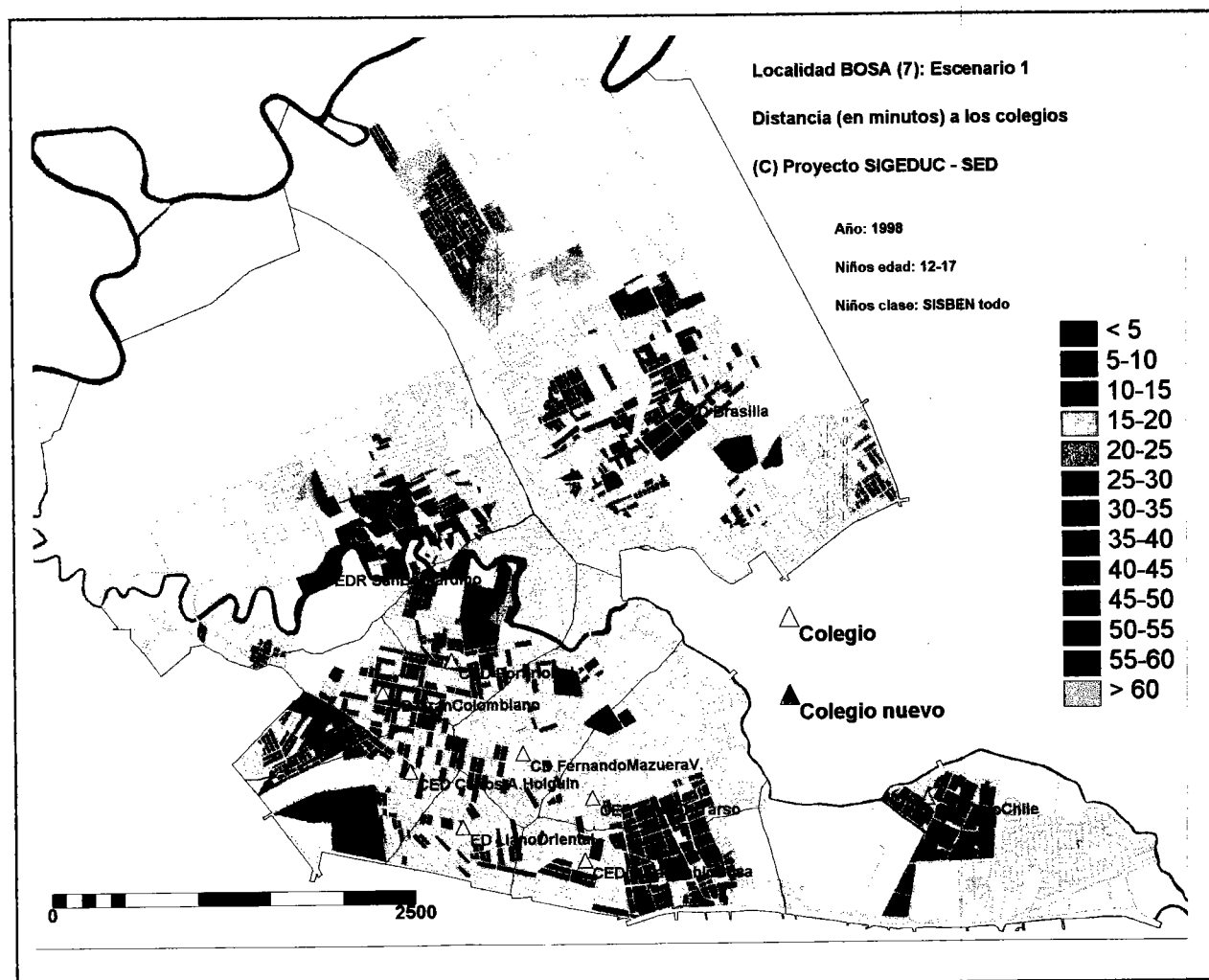
En el año 2000 habrá 3623 niños en el área de influencia del colegio *Brasilia*, y 1552 niños en el área de influencia del colegio *San Bernardino* (tabla 2.8). En el nuevo escenario la mayoría de los niños se ubican a distancias inferiores a 30 minutos. Solamente 350 de ellos deben caminar mas de 35 minutos, en contraste con los 3250 en 1996. El mapa 2.5 muestra cómo los nuevos colegios mejoran la situación en el norte del área de estudio. Sin embargo, la problemática seguirá existiendo pues el escenario asume la no inmigración hacia el área y no involucra en el análisis a los niños sin localización precisa.

Persiste en este escenario un área problema: *Nuevo Chile*. La capacidad de este colegio no es suficiente para atender los niños ubicados en su área de influencia. Por el contrario, en la nueva situación, el balance oferta - demanda para el Colegio *Porfirio* mejora considerablemente: tendrá 908 niños en su área de influencia cifra cercana a su capacidad, en contraste con los 4020 niños en la situación actual.

Tabla 2.8 Número de niños por colegio (en clases de distancia) en 2000

Colegio distrital	Alumnos 1996	Niños Total	Número de niños en clases de distancia (minutos)														
			<5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	> 50				
CD FernandoMazueraV.	2417	46	23	13	8	2											
CD GranColombiano	1889	852	153	322	273	104											
CED Carlos.A.Holguin	956	296	107	31	138	20											
CED NvoChile	319	1552	919	569	28	1	34	1									
CED PabloDeTarso	701	419	61	143	215												
CED PorfirioB.J.	602	908	149	370	15	258	115	1									
CEDID SanPabloBosa	1753	1013	270	460	240	36	7										
ED Brasilia	0	3623	203	175	490	934	536	500	438	182	105	60					
ED LlanoOriental	534	43	30	13													
EDR SanBernardino	0	1439	163	363	357	389	137	29	1								
Total	9171	10191	2078	2459	1764	1744	829	531	439	182	105	60	0				

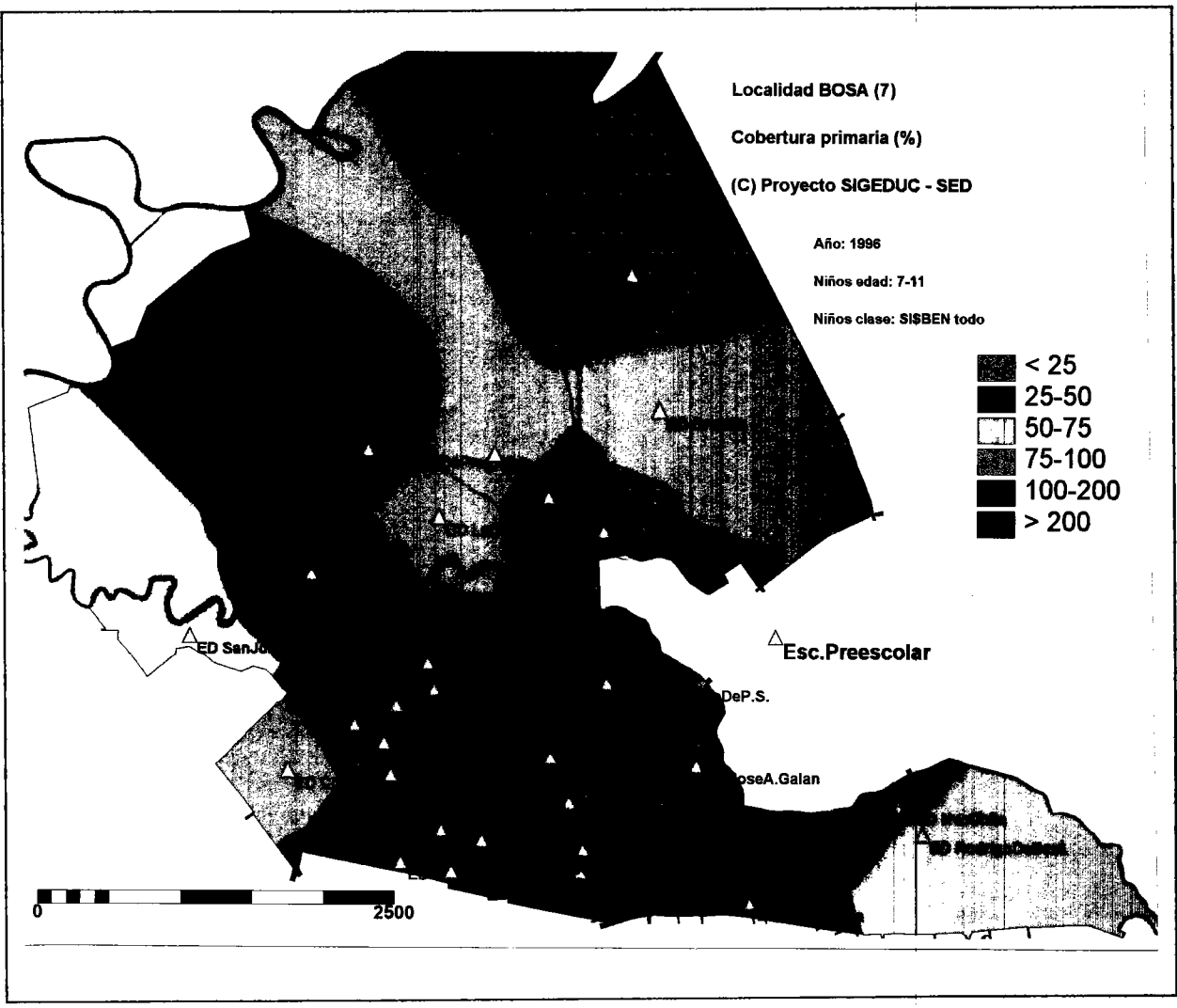
Mapa 2.5 Distancia a los colegios en el año 2000



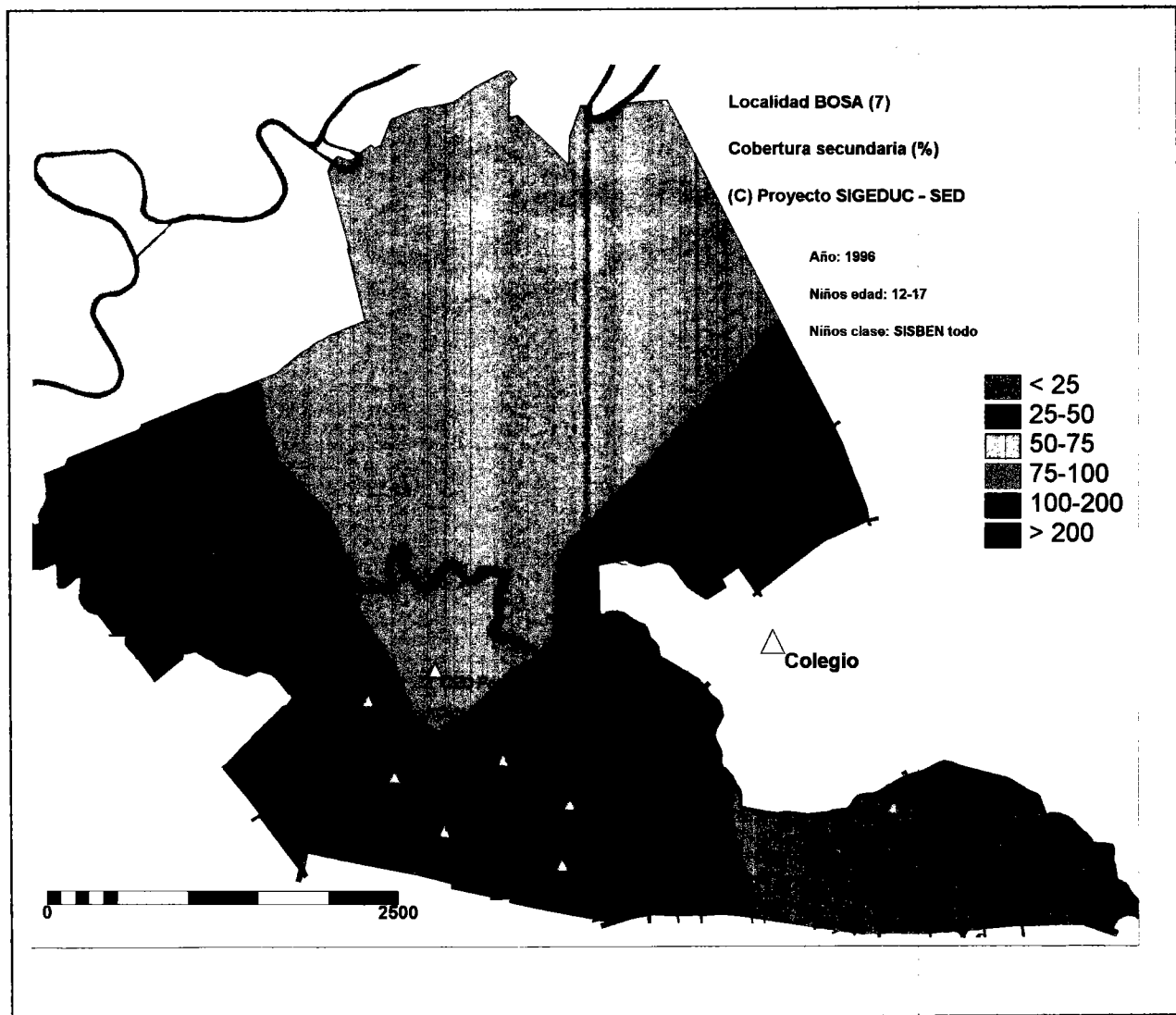
Indicadores de calidad

Para ilustrar un forma de desplegar indicadores de calidad y de incluirlos en el SIGEDUC se trabajo, para primaria y secundaria, la "cobertura" según lo trata el SABE50 (Mapas 2.6 y 2.7)

Mapa 2.6 Cobertura en % de niños - escuelas primarias en Bosa



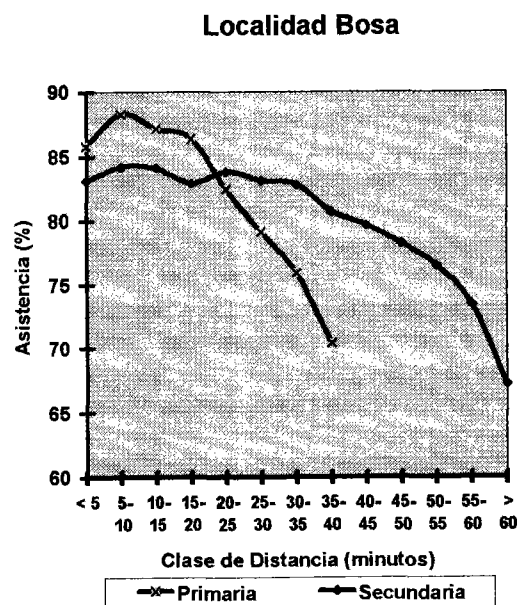
Mapa 2.7 Cobertura de los colegios en Bosa



La hipótesis: relación asistencia - distancia

La gráfica 2.1 muestra la incidencia de la distancia sobre la asistencia a la educación en Bosa. Para cada grado escolar hay una clara caída en la asistencia al aumentar la distancia. Dicho comportamiento, también observado en el caso de Suba en la primera fase del proyecto. Para el presente caso las distancias críticas por rango de edad/grado educativo son: primaria - 20 minutos y secundaria - 35 minutos.

Gráfica 2.1 Relación entre asistencia a la educación y distancia



2.5 Conclusiones y recomendaciones

El análisis realizado para Bosa ilustra claramente la utilidad del SIGEDUC como instrumento de planificación en educación. Es importante completar la información sobre los niños cuya localización precisa no pudo ser establecida. Igualmente, se debe incorporar la información del SABE50 en cuanto esté disponible. Antes de incorporar indicadores de calidad es recomendable realizar una discusión teórica y metodológica. No debe generarse redundancia en el sistema, por tanto en la escogencia y diseño de indicadores se deben excluir los aspectos para los cuales el SIGEDUC ha sido diseñado. El análisis debe concluirse para las otras tres localidades.

CAPÍTULO 3

PROPUESTA OPERATIVA

Esta propuesta consta de dos componentes. El primero, consigna la organización interna de la Secretaría de Educación del Distrito requerida con miras a integrar el SIGEDUC a su funcionamiento. La segunda, presenta recomendaciones para continuar el proceso de aplicación y desarrollo del SIGEDUC.

3. 1. INSTITUCIONALIZACIÓN DEL SIGEDUC

La propuesta que aquí se presenta, orientada a integrar el SIGEDUC a la SED, parte de la actual estructura institucional y de la filosofía de trabajo y cooperación horizontal, aspectos consignados en el Manual de la Secretaría de Educación Distrital (SED 1997). La institucionalización del SIGEDUC, como un instrumento de modernización de la administración de la educación en el Distrito, debe acoger las siguientes recomendaciones :

- una decisión institucional resuelta en el sentido de utilizar el SIGEDUC como instrumento efectivo de planificación, lo que implica que sus resultados deben marcar la pauta para la totalidad de actividades con él relacionadas¹. Por tanto, el lugar funcional del sistema debe ser central dentro de la institución;
- un equipo humano² de alto nivel profesional y técnico, que cuente con autonomía en el desarrollo del sistema, estabilidad dentro de la actividad y dedicación exclusiva. Igualmente, la SED debe asignar un espacio independiente para que se pueda trabajar como equipo y sin interferencias permanentes;
- la articulación de las actividades y los resultados del SIGEDUC con las tareas a cargo de varias Coordinaciones Generales de la SED, específicamente en aquellos casos en que existe una relación directa con los aspectos contenidos en el sistema;
- la integración de la oficina central, ubicada en la sede de la SED, con los

¹ Es posible que este aspecto requiera respaldo normativo que obligue a acoger los resultados del SIGEDUC como eje programático y de ejecución en la SED.

² En la ejecución de la fase 2 del SIGEDUC, a nivel de la SED - oficina central, se asignaron dos técnicos con una dedicación parcial al proyecto. La participación de los CADELES en el entrenamiento programado fue peor aún: no hubo permanencia del personal asignado al proyecto y sólo el CADEL de Bosa asignó a un técnico de tiempo parcial durante los dos últimos meses del proyecto.

CADELES a manera de una red coherente, eficiente y con tareas muy bien definidas.

La propuesta operativa para la institucionalización del SIGEDUC se consigna en el diagrama 3.1. Los detalles internos de su funcionamiento en relación a las competencias/responsabilidades del nivel central (SED) y del descentralizado (CADELES) se presentan en la tabla 3.1.

EL SIGEDUC: relación SED - CADELES

La oficina central del SIGEDUC debe funcionar en la SED y estar a cargo del montaje completo de la base de datos, de la ejecución del componente analítico y de la construcción de escenarios para la toma de decisiones, por varias razones: (i) el instrumento debe servir para orientar la acción en la ciudad, es decir, la programación requiere en el mediano plazo evaluar la situación de la totalidad de localidades para establecer objetivamente prioridades de acción; (ii) se logra una mayor eficiencia si se concentran estas actividades en un centro operativo integrado por un grupo humano de cinco profesionales y técnicos de alto nivel mientras que si se descentraliza la operatividad del sistema se requerirían además sesenta expertos trabajando en los veinte CADELES, lo cual es innecesario e impensable y; (iii) se facilita la relación horizontal entre el sistema y las otras dependencias de la Secretaría.

La participación de los CADELES en la red SIGEDUC está estructurada alrededor de dos tipos de relaciones: con la SED y con la localidad.

En cuanto a la interacción con la Secretaría participan en: (i) la actualización anual del SABE-50 en lo referente a la asistencia real de los niños a los planteles educativos y a la calidad de los mismos, según los indicadores que estén disponibles en cada momento; (ii) la construcción de escenarios, para cada localidad, lo que supone la interacción directa con la oficina central y; (iii) la toma de decisiones acerca de los escenarios programáticos anuales. Por su parte, la oficina central del SIGEDUC debe proveer a los cadeles anualmente con la información, digital y análoga, sobre la situación actual de su localidad y con el escenario final resultante de la toma conjunta de decisiones.

Con base en estos insumos, los CADELES deben informar a la comunidad de su localidad sobre la situación actual y los desarrollos previstos para cada año; guiar a los usuarios individuales acerca de los planteles a los que debe dirigirse según el sitio de vivienda de sus niños y la capacidad instalada de cada centro educativo y; orientar a las escuelas y colegios sobre las zonas que deben cubrir obligatoriamente, así como monitorear que efectivamente los centros educativos estén asignado los cupos a los niños de estratos 1 y 2 , y de las zonas correctas.

Tabla 3.1 Propuesta operativa interna del SIGEDUC

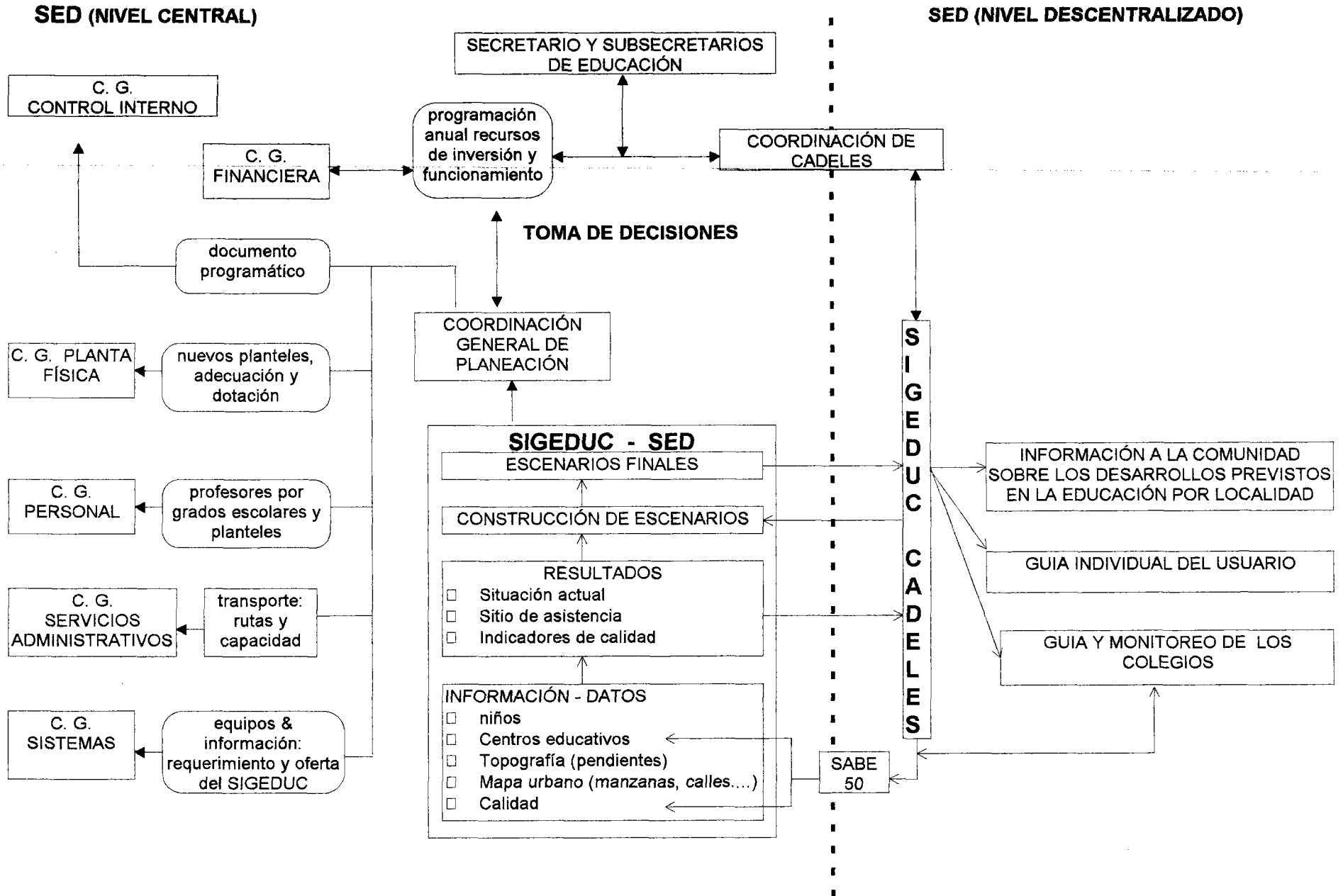
Actividad	SED	Cadeles	Insumo
Organización base de datos			
1. Mapa de pendientes - recolección mapas del IGAC - producción del mapa	● ●		Mapas IGAC
2. Mapa de manzanas - recolección mapas del DANE - producción del mapa - actualización	● ● ●		Mapas DANE
3. Base de datos de c. educativos - extracción del Directorio de Centros Educativos - conversión a ILWIS - actualización	● ● ○	●	Directorio educativo
4. Indicadores de calidad - extracción del SABE50 - conversión a ILWIS - actualización	● ● ○	●	SABE50
5. Número de niños por manzana - recolección datos del SISBEN - conversión a ILWIS - actualización	● ● ●		SISBEN
6. Dirección de niños por escuela - extracción del SABE50 - conversión a ILWIS - actualización	● ● ○	●	SABE50
Análisis			
7. Situación actual - ejecución del análisis	●		Resultados 1,2,3 y 5
8. Sitio de asistencia - selección de las escuelas - ejecución del análisis	○ ●	●	Resultados 1,2,3,6 y 7
9. Indicadores de calidad - selección de indicadores - ejecución del análisis	● ●	○	Resultados 1,2,3,4 y 7
10. Escenarios - construcción de escenarios - ejecución del análisis	● ●	●	Resultados 1,2,3,5,7,8 y 9

- responsable de la actividad
- puede cooperar en la actividad

Resultados:

1. Mapa de pendientes
2. Mapa urbano actualizado
3. Base de datos actualizada
4. Base de datos actualizada
5. Base de datos actualizada
6. Base de datos actualizada
7. Mapa y tablas - análisis eje
8. Tabla de cruce de % asistencia dentro de áreas de influencia y asistencia real a un centro educativo
9. Mapa de calidad por áreas de influencia de centros educativos
10. Tabla y mapa - análisis eje en la situación simulada/modelada

Diagrama 3.1. Esquema operativo del SIGEDUC



El personal requerido en los cadeles está contemplado en la estructura definida por la Secretaría (SED 1997), por tanto no se propone personal adicional: un técnico en sistemas, que actualice oportunamente la base de datos del SABE 50 y un funcionario, que interactúe con la comunidad, los centros educativos y el SIGEDUC - oficina central. La estabilidad y permanencia de este equipo humano es igualmente importante para la buena marcha del SIGEDUC.

El SIGEDUC: relación con la SED

La Unidad operativa del SIGEDUC debe ser el centro de la información para la institución³. En el diagrama 3.1 ésta aparece bajo la Coordinación General de Planeación, en respuesta a la estructura actual de la Secretaría. Podría también funcionar como una unidad independiente. Esto lo debe decidir la institución.

En cualquier caso, una vez los escenarios han sido discutidos con los CADELES de las localidades trabajadas, deben entrar a la fase final de toma de decisiones en la cual es recomendable que participen el secretario y los dos subsecretarios, la Coordinación General Financiera, la Coordinación General de Planeación, la Coordinación General de Control Interno, los CADELES y el equipo humano de la unidad operativa del SIGEDUC. El resultado de la toma de decisiones debe ser un escenario que se traduzca en un *documento programático anual*, o documento de política, con metas, cronogramas de ejecución y recursos asignados. La consolidación de este documento debe ser responsabilidad de la Coordinación General de Planeación.

El documento programático debe fluir hacia las Coordinaciones Generales de: (i) Planta Física, que extrae la información sobre nuevos planteles, adecuación de los ya existentes y dotación; (ii) Personal, que extrae la información sobre profesores requeridos por grados escolares y planteles; (iii) Servicios Administrativos, cuando los escenarios involucren el servicio de transporte de la Secretaría; (iv) Sistemas, que garantiza la dotación de equipos o Software para la red SIGEDUC o la obtención de información especializada y; (v) Control Interno que hace el seguimiento de la ejecución y garantiza la cooperación y ejecución oportuna de las diferentes acciones.

Se recomienda institucionalizar una reunión trimestral de evaluación, presidida por el secretario general, en la cual la Coordinación de Control Interno presente un informe oficial de los logros hechos por cada coordinación. A esta reunión es deseable que asistan como miembros regulares el Secretario y los subsecretarios, el coordinador de CADELES, los jefes de las Coordinaciones Generales

³ En el Manual de la Secretaría de Educación del Distrito, aparece la Coordinación General de Planeación apoyada en cuatro grupos de informática: prospectiva, estadística, estandarización e información georeferenciada. Al observar las tareas asignadas a cada grupo, se percibe duplicidad de funciones. Por tanto es deseable que el SIGEDUC centralice muchas de estas funciones.

mencionadas y el jefe de la oficina operativa del SIGEDUC. La oficina de Control Interno deberá, al finalizar cada año, elaborar la evaluación cuantitativa de las metas originales, información que se incorporará al SIGEDUC en la construcción de escenarios para el siguiente año.

3.2 RECOMENDACIONES

Equipo humano

La continuidad y fortalecimiento del SIGEDUC dependerá, en gran medida, del equipo humano a cargo de la unidad operativa de la SED. Se requiere asignar:

- 1 profesional especializado, a cargo de la organización y coordinación de la red,
- 1 profesional especializado en sistemas (SIG_ILWIS),
- 3 técnicos operadores.

Equipos y programas

Los requerimientos adicionales a lo ya existente son:

- 4 computadores pentium de más de 200 mhz, disco duro con una capacidad superior a 3 Gb y pantalla de 17 pulgadas,
- UPS (Uninterrupted power supply)
- 2 llaves adicionales de ILWIS 2.1

Finalización del proceso - fase 2

- Completar la base de datos para San Cristóbal y Usme, en lo referente a localización de centros educativos. Correr el análisis eje para las dos localidades.
- una vez hecho esto, se puede proceder a organizar una reunión con los CADELES de las cuatro localidades trabajadas (San Cristóbal, Usme, Suba y Bosa), para la construcción conjunta de escenarios.
- Ejecutar el análisis eje para los escenarios.
- Proceder a la toma de decisiones y a la programación según el contenido del diagrama 3. 1.
- Dar inicio a la organización de la unidad SIGEDUC local en los cuatro CADELES.

Fase 3 - 1998

Organizar la oficina central del SIGEDUC, según las recomendaciones presentadas anteriormente. El equipo así constituido debe estar en capacidad de trabajar tres nuevas localidades. Se sugieren: Ciudad Bolívar, Kenedy y Candelaria- Santa Fe.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES

En el proceso de desarrollo del SIGEDUC hay una serie de elementos que ameritan una breve discusión final.

La hipótesis sobre la cual descansa el sistema fue en un comienzo sentida como intuición o interrogante. Su corroboración empírica da al análisis de información geofrenciada su real importancia como instrumento explicativo y propositivo en el marco de las ciencias y políticas sociales. Debe hacerse extensivo al tratamiento de otros tópicos tan importantes como es la educación.

No menos importante fue la reacción institucional que se caracterizó por un compromiso con el fortalecimiento de su acción en el largo plazo. El montaje de un sistema como el SIGEDUC, novedoso y nunca probado antes, constituye en un primer momento un esfuerzo enmarcado en la incertidumbre acerca de sus logros. Es esa actitud la que hizo posible que hoy la SED sea la única institución que cuenta con este tipo de herramienta que, de aplicarse correctamente, revertirá en la elevación del nivel de vida de la población infantil más pobre y vulnerable de la ciudad.

El diseño de las dos fases del proyecto muestra su pertinencia en un país como Colombia. El haber trabajado, en la primera etapa, una pequeña área piloto con el propósito de dar soporte al diseño del sistema, fue una decisión correcta pues el esfuerzo se orientó hacia lo central: su desarrollo conceptual y procedimental. La demostración de su importancia compromete hoy a los actores involucrados a emprender empresas más ambiciosas. Por su parte, la segunda fase, da inicio a un proceso de capacitación de recursos humanos encargados de operar el sistema y de contribuir a la apropiación de este conocimiento por parte de la institución a cargo del tema tratado.

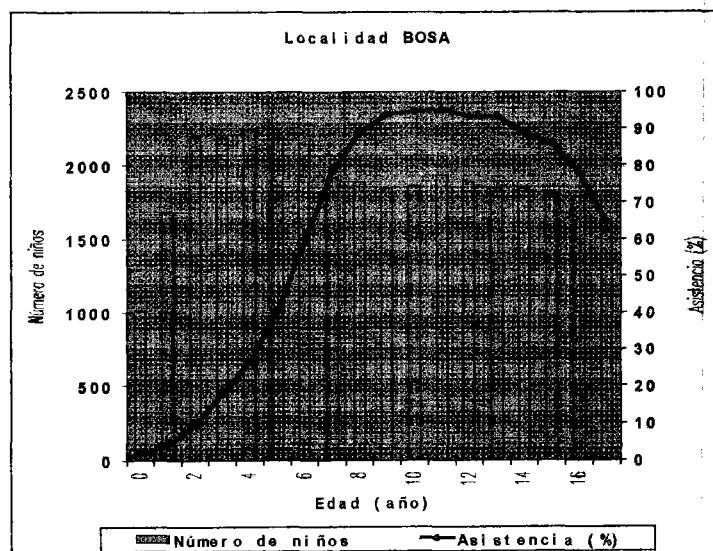
El reto más importante será articular el SIGEDUC al funcionamiento de la Secretaría de Educación. La filosofía actual existente en la institución facilitará dicha articulación del sistema con las instancias pertinentes. La cooperación horizontal al interior de las instituciones es parte de una nueva cultura que muestre un mayor nivel de compromiso y de pertenencia a una organización que puede funcionar correctamente sólo si las acciones de cada uno son guiadas, evaluadas y ejecutadas oportunamente. Se recomienda iniciar la aplicación del esquema operativo propuesto con las áreas cuyo análisis está completo: Bosa y Suba, de tal manera que se afiancen los mecanismos requeridos en pequeño antes de tener que asimilar la totalidad de Bogotá.

Simultáneamente se puede concluir el trabajo en las dos restantes localidades. Si

se acoge la recomendación de continuar con las tres nuevas áreas sugeridas se habrá cubierto, en dos años de ejecución del SIGEDUC, el 80% de la población infantil más pobre de Bogotá. Esto será un logro muy importante.

Es necesario que el SIGEDUC reciba el apoyo requerido pues la problemática de expansión de zonas de pobreza en Bogotá está creciendo. Por ejemplo, en el caso presentado de la localidad de Bosa existen entre 1600 y 2200 niños por clase de edad. Pero para las edades comprendidas entre 2 y 6 años el número de niños es muy superior, lo que significa que la demanda por educación oficial crecerá en los próximos años para preescolar y primaria y, luego, para secundaria (gráfico 4.1)

Gráfica 4.1 Número de niños y porcentaje de asistencia por clases de edad.



Si la situación actual de estas localidades muestra, en general, una oferta educativa insuficiente y la demanda está creciendo, el SIGEDUC adquiere la mayor importancia como herramienta que permita enfrentar la situación actual y también la futura.

BIBLIOGRAFÍA

Aranov, S., 1989.

Geographic Information Systems: a management perspective. WDL Publications, Ottawa, Canada, 294 pp.

DNP, 1994.

SISBEN: Sistema de Selección de Beneficiarios para Programas Sociales. Cartilla 1: Presentación. DNP, Santa Fe de Bogotá, 21 pp.

Fandiño, M., 1996.

A Framework for Ecological Evaluation oriented at the Establishment and management of Protected Areas. A case study of the Sanctuary de Iguaque, Colombia. PhD thesis University of Amsterdam/International Institute for Aerospace Surveys and Earth Sciences. Also ITC Publication No 45, Enschede, The Netherlands, 195 pp.

Fandiño, M. y W.van Wyngaarden, 1997.

SIGEDUC, Sistemas Georreferenciados de Información para la Adecuada Localización y Diseño de Centros Educativos en Zonas de Pobreza. CIDER - Universidad de los Andes, SantaFe de Bogotá, 54 pp.

Hofstee, P. And P. Budde, 1992.

URBAN ILWIS Workshop Manual. ITC, Enschede, The Netherlands, 218 pp.

ILWIS, 1994.

The Integrated Land and Water Information System; ILWIS 1.4 User's Manual. ITC, Enschede, The Netherlands, 444 p.

ILWIS, 1997.

ILWIS 2.1 for WINDOWS; The Integrated Land and Water Information System; Reference Guide. ITC, Enschede, The Netherlands 723 pp.

Karplus, W.J., 1975.

The place of systems ecology models in the spectrum of mathematical models, in: Innes, G.S., New directions in the analysis of ecological systems, part 2, SCS, La Jolla, USA.

Longley P. y G.Clarke, 1995.

GIS for Business and Service Planning. John Wiley & Sons, New York, 316 pp.

Rabbinge, R. And C.T. de Wit, 1989.

Systems, models and simulation, pp 3-15 in:

Rabbinge, R., S.E. Ward and H.H. van Laar (eds), Simulation and systems management in crop protection. Simulation Monographs, PUDOC, Wageningen, The Netherlands.

SABE50, 1995.

Sistema de Información Básica para Instituciones Educativas: Manual del Usuario. Ministerio de Educación Nacional, Santa Fe de Bogotá, 63 pp.

Toxopeus, A.G., 1996.

ISM: an Interactive Spatial and Temporal Modelling System as a Tool in Ecosystem Management. PhD Thesis University of Amsterdam/ITC Enschede. ITC Publication Number 44, ITC, Enschede, The Netherlands, 250 pp.

Toxopeus, A.G. and W. Van Wyngaarden, 1994.

An Interactive Spatial Modelling System (ISM) for the management of the Cibodas Biosphere Reserve (West Java, Indonesia). ITC Journal, 1994-4, pp. 385-391

AUTOEVALUACIÓN

PROYECTO SIGEDUC- FASE 2 (diciembre 1997)

I. Resultados esperados según la propuesta.

1. Montaje físico del SIGEDUC.

- equipos
- programas
- base de datos

2. Procedimientos

- diseño para incorporar SABE50 e indicadores de calidad

3. Capacitación

- equipo humano de la SED - central
- un funcionario de tres CADELES

4. Aplicación del análisis eje

- tres localidades con un máximo de 2000 manzanas por localidad

5. Diseño operativo

- consulta con los CADELES
- propuesta operativa para continuar el montaje de la red

Dificultades

- La mesa digitalizadora, fundamental para la entrada de datos, se obtuvo con cinco meses de retraso con relación al cronograma previsto, por lo que se afectó el entrenamiento. El consultor prestó una mesa de su propiedad.
- La asignación del equipo humano que debía ser entrenado fue la dificultad que afectó en mayor medida el logro de los objetivos del proyecto. La Secretaría asignó dos técnicos con dedicación de medio tiempo (se propusieron originalmente tres de tiempo completo). Los cadeles de las tres localidades trabajadas mostraron una absoluta falta de compromiso:
Usme: no envió el técnico
San Cristóbal: sólo durante junio y julio
Suba: no envió el técnico
Bosa: dos personas en junio y julio. Otro técnico durante noviembre y diciembre.
- El diseño de la incorporación del SABE50 no se pudo ilustrar para las localidades trabajadas puesto que la información no está disponible.

Las recomendaciones acerca de como superar estas dificultades están contenidas en capítulo 3 del informe final.

II. Logros

Actividad/Resultado	R	Logro	Dificultad
Obtención y instalación equipo de hardware y software			
2 computadoras	S	completo	
monitor y tarjetas gráficas para ILWIS1.4	S	completo	
impresora	S	completo	
mesa digitalizadora grande	S	completo	cinco meses de retraso
software WINDOWS, EXCELL, etc.	S	completo	
software ILWIS1.4	S	completo	
software ILWIS2.1	S	completo	
Procedimiento- nuevos desarrollos			
traducción de ILWIS1.4 a ILWIS2.1	A	completo	
análisis situación actual (+pendientes)	A	completo	
análisis escenarios	A	completo	
análisis indicadores de calidad	A	completo	
análisis sitio de asistencia	A	completo	
Entrenamiento - formación de recursos humanos			
manejo de ILWIS 2.1 y relación con 1.4	S	no	Equipo SED, OK.
	C	completo	Las personas entrenadas de 2 cadeles, dejaron el proyecto y la institución
	A		
entrada de datos	C	no	Equipo SED, OK.
		completo	Tres personas entrenadas de dos cadeles, dejaron el proyecto y la institución
análisis de datos y operación del SIGEDUC	S	no	Equipo SED, OK.
	C	completo	De los cadeles sólo Bosa estuvo presente
	A		
Aplicación del análisis eje a tres (nuevas) localidades			
Bosa	C	completo	realizado por el cadel y el consultor
Suba	C	completo	realizado por el consultor
Usme	C	no completo	realizado por SED y consultor, falta ejecutar el análisis, la base de datos no estuvo lista a tiempo
San Cristóbal	C	no completo	realizado por SED y consultor, falta ejecutar el análisis, la base de datos no estuvo lista a tiempo
Diseño de la red operativa SIGEDUC			
consulta con los cadeles	S	no completo	por los retrasos ya explicados no se pudo citar a las reuniones de consulta
formulación de la propuesta operativa	A	completo	

R = Responsabilidad

S = Secretaría de Educación, C = Cadeles, A = Asesor/Consultor

Introducción al
Sistema de Información Geográfica
ILWIS 2 (for WINDOWS)



INTERPRETACION DIGITAL Y SENSORES REMOTOS



*Introducción al
Sistema de Información Geográfica
ILWIS 2 (for WINDOWS)*

Xander Bakker

y

Cristian Muñoz

(HERINDSER LTDA)

Agosto de 1997
Santafé de Bogotá, D.C., Colombia

Contenido:

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Una herramienta para trabajar con datos geográficos	1
1.2 Ejemplo del manejo integral de la cuenca de Tuluá-Morales, Valle del Cauca	2
1.3 Las funciones de SIG de ILWIS	3
1.4 Datos espaciales y no-espaciales en ILWIS	3
1.5 Sistema de referencia	4
1.6 Entidades espaciales	5
1.7 Representación de entidades espaciales	6
1.8 Como se representan datos espaciales en ILWIS 2	8
1.8.1 Objetos de datos	9
1.8.1.1 Mapas de puntos	9
1.8.1.2 Mapas de segmentos	10
1.8.1.3 Mapas de poligonos	11
1.8.1.4 Mapas raster	11
1.8.1.5 Listados de mapas	12
1.8.1.6 Tablas y columnas	13
1.8.2 Objetos de mantenimiento	13
1.8.2.1 Sistema de coordenadas	14
1.8.2.2 Georeferenciación	14
1.8.2.3 Dominio	15
1.8.2.4 Representación	17
1.8.3 Objetos especiales	18
1.8.3.1 Histograma de un mapa raster	18
1.8.3.2 Histograma de un mapa de puntos	18
1.8.3.3 Histograma de un mapa de segmentos	18
1.8.3.4 Histograma de un mapa de poligonos	18
1.8.3.5 Vista de mapas	18
1.8.3.6 Matrices	18
1.8.3.7 Filtros	19
1.8.3.8 Funciones definidas por el usuario	19
1.8.3.9 Macros (scripts)	19
1.8.3.10 Objeto de muestreo	21
1.8.4 Dependencia entre objetos de ILWIS 2.0	21
1.9 Objetos de origen y objetos dependientes	24
1.10 Operaciones y su relación con la estructura de datos	24

1. INTRODUCCIÓN

La característica más importante de un Sistema de Información Geográfica (SIG) es la capacidad de análisis y modelamiento de datos. Esta capacidad constituye la mayor diferencia entre un SIG y un sistema para cartografía automatizada. Las funciones para análisis espacial usan los atributos espaciales y no espaciales de la base de datos para responder preguntas sobre el mundo real. (Burrough 1985, Aronoff 1989, Valenzuela 1989)

Las aplicaciones de un Sistema de Información Geográfica (SIG) están básicamente en todos los campos que tienen un componente espacial. Los más comunes son:

- | | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| ✧ Ecología e Impacto Ambiental | ✧ Riesgos y Amenazas |
| ✧ Recursos Naturales | ✧ Agricultura |
| ✧ Aplicaciones Forestales | ✧ Desarrollo Rural y Urbano |
| ✧ Ordenamiento Territorial | ✧ Recursos Hídricos |
| ✧ Transporte | ✧ Generación de Cartografía temática |
| ✧ Ingeniería | ✧ Servicios Públicos |
| ✧ Geología y Geomorfología | ✧ Mercadeo |
| ✧ Aplicaciones Socio-Económicas | |

Dentro de un SIG es posible trabajar con los dos tipos de formatos, las diferencias entre un SIG basado en formato RASTER y uno en el formato VECTOR serán explicadas más adelante.

El SIG ILWIS esta basado en el formato RASTER pero soporta el formato VECTOR para la entrada y salida de datos.

1.1 Una herramienta para trabajar con datos geográficos

La forma más conocida para presentar datos geográficos es un mapa. Un mapa es una representación del superficie del mundo proyectado en una cierta escala en una superficie pequeña (por ejemplo una hoja). La información contenido por un mapa puede ser de tipo general o específica.

Con la evolución de las técnicas de levantamiento utilizando fotografías aéreas y productos de sensores remotos, se ha incrementado ampliamente la disponibilidad de datos, lo cual requiere herramientas sofisticadas para su análisis.

La demanda para la entrada, almacenamiento, análisis y presentación de datos geográficos, complejos y voluminosos, ha resultado en la creación de los denominados "Sistemas de Información Geográfica (SIG)".

La información requerida esta definida por el problema que se trata de resolver. La mayor parte de decisiones tienen un componente especial (¿Que? ¿Donde? ¿Cuando?).

Algunos ejemplos son; Ambulancias y bomberos necesitan saber la ruta más rápida para llegar al lugar de una emergencia, la expansión de enfermedades virales puede ser contralada con el conocimiento de donde ocurren y como distribuyen, el ordenamiento territorial se hace tomado en cuenta un gran cantidad de factores espaciales y multitemporales.

Para la toma de decisiones se tienen que manejar mucha información en una forma eficiente. El SIG ILWIS es una herramienta que posee las funciones de análisis y modelamiento necesarias para resolver problemas espaciales y presentar la información requerida por el planificador para la toma de decisiones.

1.2 Ejemplo del manejo integral de la cuenca del Río Tuluá-Morales, Valle del Cauca.

La cuenca del río Tuluá-Morales se localiza en el suroccidente de Colombia, en el centro del departamento del Valle del Cauca. La cuenca abarca una extensión de aproximadamente 100.000 hectáreas. Se extiende a partir del valle del río Cauca y llega hasta el páramo natural de Las Hermosas, en la Cordillera Central. Sus límites con el departamento del Tolima registran alturas que van desde los 900 hasta los 4100 m.s.n.m.

La cuenca fue seleccionada para la implementación de la metodología SIG-PAFC por las siguientes razones:

- ✧ Sus aguas son empleadas de múltiples formas; por ejemplo, para la generación eléctrica, el regadío, el uso industrial, el abastecimiento humano y la recreación.
- ✧ Abarca una parte considerable del parque nacional natural de Las Hermosas.
- ✧ Registra un alto índice de conflictos generados por el uso del suelo.
- ✧ Tiene un alto potencial para el repoblamiento forestal, tanto para la protección como para la producción.
- ✧ Es una zona expuesta a un gran impacto ambiental dada la existencia de un proyecto vial en curso (Buga-Chaparral), de orden nacional, que la atraviesa por su parte media.
- ✧ Existen múltiples instituciones oficiales y privadas que trabajan en la cuenca, a diferentes niveles y con diversos recursos.

En el estudio se incluyeron datos de aspectos climáticos, precipitación, temperatura, evapotranspiración, aspectos hidrológicos, aspectos geológicos, geomorfología, aspectos fisiográficos, suelos, cobertura y uso actual, y aspectos socio-económicos. Mediante el SIG ILWIS (asesorado por HeRindser LTDA) se determinaron: la calidad de vida, conflictos de usos, y las zonas más aptas para el repoblamiento forestal. (Duque et al., 1996)

1.3 Las funciones de SIG de ILWIS

Ejemplos de Cochabamba (conjunto de datos incluidos en el SIG ILWIS 2) serán utilizados para explicar las funciones básicas de ILWIS. Estas funciones pueden dividirse en 4 grupos principales:

Entrada de datos

Por medio de ILWIS se puede incorporar datos espaciales y no-espaciales al computador. Como hacerlo depende en gran parte del tipo del dato a entrar. Por ejemplo, se pueden digitalizar mapas y teclear tablas. Una gran cantidad de formatos pueden ser convertidos a ILWIS. Datos escaneados pueden ser utilizados, ILWIS facilita por medio de sus herramientas el procesamiento digital de productos de sensores remotos.

Manejo de datos

En ILWIS, El manejo de datos enfatiza la eficiencia de almacenamiento y utilización de la información. Se pueden convertir datos entre formatos vectoriales y raster, procedimiento que facilita la relación y disponibilidad de los datos.

Análisis de datos

El análisis y modelamiento de datos espaciales y no-espaciales es la parte más importante de ILWIS, calificandolo como un SIG analítico. Las herramientas de ILWIS facilitan el análisis de un conjunto o multiples conjuntos de datos. El SIG ILWIS facilite los 4 tipos de operaciones de análisis y modelamiento, cuales son: operaciones de consulta, reclasificación y medición, operaciones de superposición, operaciones de vecindad y operaciones de conectividad.

Salida de datos

Por medio de ILWIS se pueden generar salida de datos de las siguientes maneras:

- Pantalla del computador; para la verificación del resultado de un análisis y la preparación de salidas gráficas.
- Hardcopy*; impresión o ploteo en papel, papel fotográfico, transparencias o otro material similar.
- Software*; como archivo en un diskette, cinta o otro medio de almacenamiento digital - usado para intercambiar datos entre personas y otros softwares.

1.4 Datos espaciales y no-espaciales en ILWIS

ILWIS permite hacer análisis con datos espaciales y no-espaciales. Los datos espaciales son datos que contienen una ubicación, un mapa de unidades de suelos es un ejemplo de un dato espacial. Los datos no-espaciales solo contienen información sobre características (atributos) de elementos espaciales, el pH, la permeabilidad etc. de las unidades de suelos son ejemplos de datos no-espaciales.

La tabla 1.1 contiene los datos pluviométricos de 9 estaciones en la cuenca de Cochabamba. La ubicación de las estaciones esta definida por sus coordenadas X y Y. En ILWIS se pueden relacionar datos no-espaciales (atributos) a los datos espaciales. Existen dos tipos de datos de atributos. Por ejemplo, la tabla 1.1 muestra que cada estación pluviométrica tiene datos sobre el método de observación (datos cualitativos o del tipo *clase*) y la lluvia promedio por año (datos cuantitativo o del tipo *valor*). Los datos en la tabla 1.1 permiten responder preguntas no-espaciales y espaciales:

Preguntas no-espaciales

Para responder preguntas no-espaciales no se requiere conocimiento sobre la ubicación de los elementos espaciales. Por ejemplo, para determinar la lluvia promedio de las 9 estaciones no se requiere saber la ubicación.

Preguntas espaciales

Para responder preguntas espaciales se requiere información sobre la ubicación de los elementos espaciales. Por ejemplo, se requiere la ubicación para determinar cuales estaciones tienen un distancia intermedio de menos de 1 kilometro, o para determinar la lluvia en el punto A (X=800000 y Y=8080000). Para resolver la última pregunta se tiene que hacer uso de un cálculo de interpolación con base en los datos conocidos, el cual solamente puede hacerse utilizando la ubicaciones de las estaciones.

Identificación	Coordenada X	Coordenada Y	Método de observación	Lluvia anual (mm)
Aro Cagua	806816	8076585	continua	502
Cerro MachaMacha	796346	8087736	1 observación/día	1132
Colca Pithua	797465	8078352	1 observación/día	560
Laguna Santa	803511	8087422	1 observación/día	1147
Rosa	801281	8088967	continua	1163
Laguna Totura	806042	8085414	1 observación/día	1178
Laguna WaraWara	802613	8080483	continua	549
PROMIC	799748	8082415	1 observación/día	572
La Taquina UMSS	803429	8074631	continua	583

tabla 1.1 Datos pluviométricos de la cuenca Cochabamba

1.5 Sistema de referencia

Datos espaciales, también llamados datos geográficos o datos georreferenciados, son datos referenciados a una ubicación específica del superficie del mundo. El sistema más conocido es el sistema de coordenadas geográficas, utilizando latitud y longitud (ver figura 1.1)

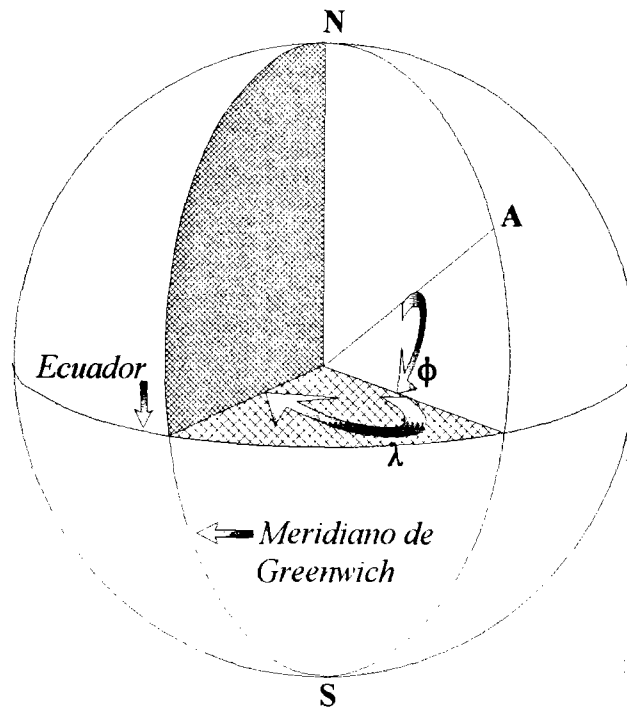


Figura 1.1 Sistema de coordenadas geográficas: la ubicación de A esta definida por la longitud (λ) y la latitud (ϕ).

Proyecciones y sistemas de coordenadas

La superficie del mundo es curva, pero esto normalmente se presenta en un mapa como una superficie plana. Para hacerlo correctamente, se requiere una proyección. Una proyección contiene los parámetros para presentar la información de la superficie del mundo sobre una superficie plana. En la mayoría de los casos los meridianos (longitudes) y paralelos (latitudes) no son líneas rectas ni líneas paralelas cuando son desplegadas en un mapa (superficie plana). Por lo tanto, diferentes sistemas de coordenadas son utilizados para describir posiciones sobre muchos mapas. A esto se refiere con "coordenadas planas", "coordenadas cartesianas" o "coordenadas X y Y". Proyecciones de mapas y sistemas de coordenadas pueden cambiar de país a país y también dentro un país. En Colombia se utilizan 5 proyecciones. La superposición de información espacial (mapas) requiere que los mapas utilizados utilizan el mismo sistema de coordenadas y proyección.

1.6 Entidades espaciales

Elementos pueden ser representados en ILWIS de varias maneras. Por ejemplo, una ciudad se puede definir como un dato puntual (a nivel nacional), pero a nivel municipal se debe trabajar como un área (polígono).

Puntos

Un punto es la forma más sencilla de datos espaciales. La ubicación del punto se define utilizando un solo par de coordenadas (X y Y). Todos los objetos del mundo real que pueden ser definidos por un solo par de coordenadas se representa como puntos en ILWIS. Ejemplos de datos puntuales son; estaciones pluviométricas, casas, muestreos de trabajo en campo, etc.

Lineas

Las líneas están definidas por una serie de puntos interconectados. La longitud de una línea (*segmento*) puede ser representada a escala, pero el ancho no puede ser representado a escala. En el conjunto de datos de Cochabamba, se representan las vías, drenajes y curvas de nivel como líneas.

Áreas

Una área esta definida por su límite (*segmento*). Su extensión, como las unidades geológicas en el conjunto de Cochabamba, puede ser representada como área (*poligono*).

Volúmenes

Los elementos discutidos anteriormente pueden ser representados directamente en SIG bi-dimensional, pero volúmenes no pueden ser representados directamente. Más adelante se explicará como manejar este tipo de datos en ILWIS.

1.7 Representación de entidades espaciales

Las entidades espaciales (puntos, segmentos, polígonos y volúmenes) puede ser presentadas en formatos digital utilizando una de los dos modelos de datos que existen: *vector* o *raster*. Ambas formatos almacenen detalles sobre la ubicación y su valor, descripción o identificador. La mayor diferencia constituye en la forma como se representan las ubicaciones (ver figura 1.2).

Modelo vector

En un modelo vectorial la posición de entidades son definidos por su coordenadas X y Y. En ILWIS 1.x (para DOS) se utilizaba diferentes términos para los identificadores de puntos, segmentos y polígonos. En este libro se utilizará el término "código".

Puntos son almacenados en mapas de puntos, registrados por su coordenadas X y Y y codificandolos (estación pluviométrica, altura).

Una línea es almacenada como una serie de coordenadas X y Y, que reflejan de mejor forma sus características. Puntos son interconectados por líneas rectas. En ILWIS las líneas son llamadas "*segmentos*". Un segmento está formado por las coordenadas de su punto de inicio, las de su punto final y los puntos intermedios. El código de un segmento puede describir diferentes clases de vías o drenajes (tipo *clase*), tramos de vías identificados distintamente (tipo *identificador*) o el valor de altura que representa la curva de nivel (tipo *valor*).

Áreas son representadas por sus límites, los cuales son segmentos. Se asume que el contenido de un área es homogénea. Una área en ILWIS es llamada un polígono.

En ILWIS los mapas de puntos, segmentos y polígonos son representados como mapas vectoriales. La mayoría de estos mapas son adquiridos con la digitalización. Mapas vectoriales requieren un menor espacio en el disco duro y son útiles para la creación de salidas gráficas de alta calidad. Sin embargo, no son aptos para la mayor parte de análisis. En ILWIS, los mapas vectoriales pueden ser convertidos al formato raster para utilizarlos en el análisis.

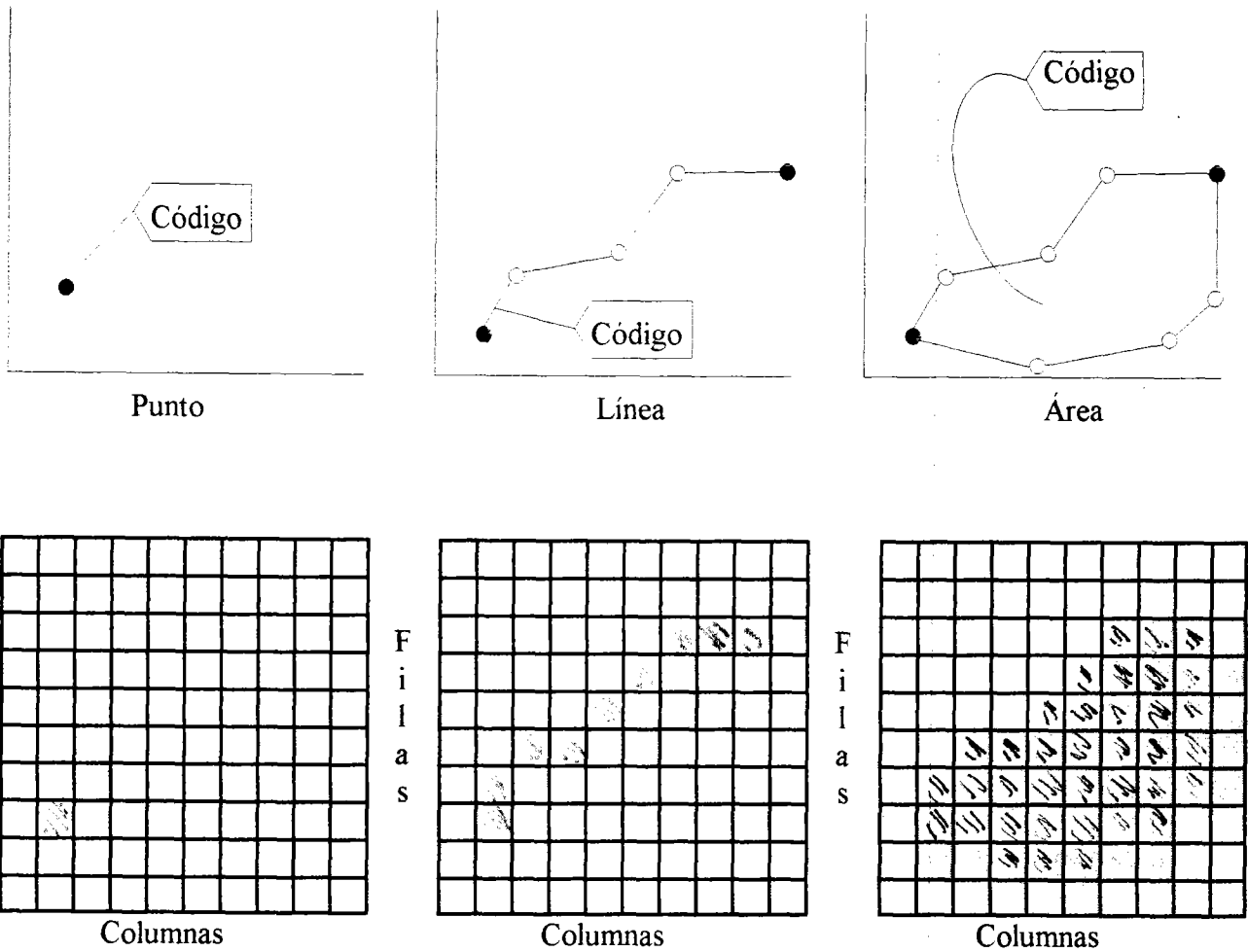


Fig 1.2 Representación en formato vector (superior) y raster (inferior) de puntos, líneas y áreas.

Modelo raster

En un modelo raster los datos espaciales son estructurados en celdas o *pixeles*, (viene de "*pixel element*"). Un pixel es la mínima unidad gráfica que pueda contener información. A cada pixel solo se puede asignar un valor.

Los pixeles dentro de un modelo raster tienen las mismas dimensiones. Por lo tanto no es necesario guardar por cada uno de ellos las coordenadas. Es suficiente determinar sus dimensiones (altura y ancho) y los parámetros para transformar las filas y columnas a coordenadas X y Y. El proceso de establecer esta relación es llamado "*georeferenciación*". Por medio de la georeferenciación se puede calcular los parámetros para transformar entre un sistema de coordenadas y la ubicación de pixeles en una imagen.

En un modelo raster se define un "*punto*" por la ubicación de un solo pixel. Normalmente la posición de un pixel se define por el número de fila y columna de su ubicación. A un pixel se asigna un código (rótulo). Una línea y un área son definidas por un conjunto de pixeles interconectadas teniendo el mismo código (rótulo). En un modelo raster no se distingue entre la forma de guardar la información de puntos, líneas y áreas.

Mediante la *rasterización* se puede transformar la información vectorial (puntos, segmentos y polígonos) al formato modelo. Aparte de esta fuente de mapas raster, existe la posibilidad de trabajar entre otros con fotografías aéreas e imágenes de satélite. La mayor parte de análisis en ILWIS 2 esta basada en el modelo raster. Los resultados de la mayoría de las operaciones son mapas raster.

1.8 Como se representan datos espaciales en ILWIS 2

La representación de datos espaciales en ILWIS 2 es definida por los siguientes aspectos:

- ⊗ la representación de las entidades geográficas (códigos, coordenadas)
- ⊗ coordenadas planas y proyecciones en relación con las coordenadas del mundo real
- ⊗ los atributos de las entidades geográficas (información adicional)
- ⊗ la forma de graficar los datos (colores, achurados, símbolos)

ILWIS 2 guarda esta información en un grupo de OBJETOS interrelacionados. La palabra OBJETO hace referencia, en ILWIS 2, a un grupo especial de datos de información:

- ⊗ OBJETOS DE DATOS son utilizados para mapas (vectorial {puntos, segmentos y polígono} y raster) y tablas.
- ⊗ OBJETOS DE MANTENIMIENTO contienen información sobre la relación con las coordenadas del mundo real o contienen información sobre la forma de desplegar los datos.
- ⊗ OBJETOS ESPECIALES son utilizados para ejecutar operaciones especiales.

1.8.1 Objetos de datos

Los datos geográficos pueden ser guardados en mapas y sus atributos en tablas. En ILWIS 2 se trabajan con los siguientes tipos de mapas:

- Mapa de puntos
- Mapa de segmentos
- Mapa de polígonos
- Mapa raster

Algunos de las operaciones en ILWIS utilizan varios mapas de entrada (como por ejemplo la clasificación multispectral del procesamiento de imágenes). Es posible crear un objeto de datos cual contiene un listado de mapas, así se puede trabajar estas operaciones especificando solamente un objeto de datos:

- Listado de mapas

ILWIS 2 guarda algunos datos en tablas:

- Tablas
- Columnas (que son parte de las tablas)

1.8.1.1 Mapas de puntos

Un mapa de puntos (mapa vectorial) contiene solamente puntos que pueden describir:

- ✓ Puntos individuales: cada punto es codificado con su propio identificador, un ejemplo es un mapa de estaciones pluviométricas en cual cada estación tiene su propia identificación cual no se repite. (tipo *identificador*)
- ✓ Puntos con información de un cierta clase a cual pertenece: puntos con características iguales de un cierto tema pueden ocurrir en diferentes partes de un mapa, un ejemplo es un mapa con muestras (observaciones puntuales) de vegetación. (tipo *clase*)
- ✓ Puntos representando valores medibles: un mapa de puntos se puede hacer indicando en cada muestra un valor de por ejemplo pH del suelo. (tipo *valor*)

Cada punto constituye de un par de coordenadas X y Y y su código (identificación, clase o valor). El sistema asume que las coordenadas están indicadas en metros.

Se puede obtener un mapa de puntos de las siguientes maneras; importando un mapa de puntos desde ILWIS para DOS, desde un archivo dBase (.DBF) o creandolo con el editor de puntos. En ILWIS hay operaciones que tienen como resultado un mapa de puntos, v.g. extrayendo rótulos de un mapa de polígonos, segmentos, puntos o un mapa raster.

Se puede desplegar puntos, editarlos y hacer las siguientes operaciones con ellos:

- ❖ Rasterización
- ❖ Análisis de continuidad (correlación espacial)
- ❖ Análisis de la distribución de los puntos (análisis de paternos)
- ❖ Transformar un mapa de puntos desde un sistema de coordenadas hacia otra

- ❖ Extraer un nuevo mapa de puntos a partir de su tabla de atributos, donde los código de los puntos del mapa nuevo serán igual al atributo seleccionado de la tabla de atributos
- ❖ Interpolar puntos utilizando "*vecino más cercano, promedio mobil, tendencia superficial o superficie mobil*"

1.8.1.2 Mapas de segmentos

Un mapa de segmentos (mapa vectorial) contiene describe datos geográficos que pueden ser representados con líneas (vías, drenajes, curvas de nivel, etc). Ejemplos de tipos de mapas de segmentos son:

- ✓ Líneas individuales: cada segmentos representa una línea con características distintas, un ejemplo es un inventario vial donde cada tramo tiene su código único. (tipo *identificador*)
- ✓ Clases de líneas: un segmento tiene un código indicando a que clase corresponde, puede ser clases de drenajes (quebradas, ríos, etc) o clases de vías (carretera pavimentada, carretable, etc.). (tipo *clase*)
- ✓ Líneas representando valor medibles: cada segmento representa un valor como altura (curvas de nivel) o lluvia (isoyetas). (tipo *valor*)

Cada segmentos consiste de un conjunto de coordenadas X y Y. El sistema asume que las coordenadas estan indicadas en metros. Las coordenadas de inicio y final del segmento son llamados *nodos*, los otros son *punto intermedios* (ver figura 1.2). Un segmento tiene un código (tipo *identificador*, *clase*, o *valor*). Un mapa de segmentos puede contener un o más segmentos.

Un mapa de segmentos se crea por medio de la digitización o importandolo desde ILWIS 1.x, otro paquete SIG o un CAD. Algunos operaciones en ILWIS resultan en un nuevo mapa de segmentos. Ademas del despliegue o la edición de un mapa de segmentos se puede hacer las siguientes operaciones con un mapa de segmentos:

- ❖ Rasterización
- ❖ Conversión de segmentos hacia puntos
- ❖ Extraer un nuevo mapa de segmentos a partir de su tabla de atributos, donde los código de los segmentos del mapa nuevo serán igual al atributo seleccionado de la tabla de atributos
- ❖ Cálculo de un histograma direccional
- ❖ Interpolación de un mapa de isolíneas
- ❖ Selectivamente copiando una maskara de un mapa de segmentos
- ❖ Transformar un mapa de segmentos desde un sistema de coordenadas hacia otra
- ❖ Aplicando un túnel, limpiando segmentos doble, poligonizarlos

1.8.1.3 Mapas de poligonos

Un mapa de poligonos (mapa vectorial) es un mapa en donde los segmentos delimitan áreas cerradas. Las áreas son consideradas tener homogenidad en la caracterización. Ejemplos de tipos de mapas de poligonos son:

- ✓ Áreas individuales: cada polígono representa una línea con características distintas, un ejemplo son las predios en un mapa catastral donde cada predios tiene un código unico. (tipo *identificador*)
- ✓ Clases de áreas: cada polígono representa área que pertenece a un cierto clase, ejemplos son mapas de unidades de suelos, mapas de uso y cobertura.
- ✓ Áreas representando valores medibles: un mapa con las unidades de suelo en cual las unidades son representadas por el valor de pH o permeabilidad.

Para obtener un mapa de poligonos se puede importarlo desde ILWIS 1.x o crear un nuevo mapa de poligonos editandolo en el editor de poligonos. En algunos operaciones el resultado es un mapa de poligonos.

-
- ☆ Aunque en ILWIS 2 se ofrece la posibilidad de poligonizar un mapa de segmentos (como en ILWIS 1.x) en ILWIS 2 es posible de capturar poligonos directamente. Esto es una diferencia importante en la filosofia entre las dos versiones. La opción de poligonizar segmentos es útil para poligonizar mapas de segmentos cuales fueron importados desde otro paquete.
-

La mayor parte de análisis espacial en ILWIS 2 es basado en el formato raster, así los mapas de poligonos son utilizados como un paso intermedio para obtener mapas raster. Se puede crear, desplegar y editar un mapa de poligonos. Se puede hacer las siguientes operaciones con un mapa de poligonos:

- ❖ Rasterización
- ❖ Transformar un mapa de poligonos desde un sistema de coordenadas a otro
- ❖ Extraer un nuevo mapa de poligonos a partir de su tabla de atributos, donde los código de los poligonos del mapa nuevo serán igual al atributo seleccionado de la tabla de atributos
- ❖ Extraer los rótulos de los poligonos

1.8.1.4 Mapas raster

La mayoría de las operaciones (análisis y modelamiento) en ILWIS son basadas en el formato raster. Por lo tanto se considera el formato raster como formato principal de ILWIS. Cuando en el manual se hable de un mapa sin especificar si es un mapa de puntos, segmentos, poligonos o raster se refiere a un mapa raster.

Píxeles en un mapa raster son codificados con un identificador único, nombre de una clase, valores o colores. Ejemplos de tipos de mapas raster son:

- ✓ Mapa resultado de la rasterización de mapas de puntos, segmentos o polígonos codificados por identificadores únicos.
- ✓ Mapa resultado de la rasterización de mapas de puntos, segmentos o polígonos representando clases, o resultado de una clasificación multispectral.
- ✓ Mapa con valores, cuales pueden ser de tipo *integer* (v.g. los valores de reflectancia en las bandas de imágenes satelitales), de tipo *real* (v.g. alturas en un mapa de elevación) o de tipo *lógicos* (verdadero o falso, v.g. un mapa de continentes donde verdadero indique el continente y falso los océanos).
- ✓ Mapa de colores, donde los píxeles no representan un sentido adicional (fotografía escaneados, o una composición a color de imágenes satelitales).

☆ Los rangos de valores que pueden ser representados en un mapa raster en ILWIS para WINDOWS han sido incrementados in comparison con ILWIS para DOS. ILWIS 2 puede guardar los datos como bit, byte, 2 bytes, 4 bytes y 8 bytes.

Se puede obtener un mapa raster de las siguientes maneras:

- ⊗ Importando un mapa raster existente (incluyendo imágenes de satélite) desde otro formato.
- ⊗ Rasterizando un mapa de puntos, segmentos o polígonos existente
- ⊗ Creando un mapa raster nuevo y editándolo con el editor de mapas raster
- ⊗ Con opciones analíticas en ILWIS

Además de crear, desplegar y editar un mapa raster se puede obtenerlos de las siguiente maneras:

- ⊗ Funciones de procesamiento digital de imágenes: mejoramiento de imágenes, composiciones a color, estadísticas de un solo banda o múltiples bandas, clasificación supervisada o no-supervisada, etc...
- ⊗ Reduciendo el tamaño del píxel con *densify*
- ⊗ Operaciones aritméticas y lógicas entre varios mapas (*cálculo de mapas*)
- ⊗ Cruce de dos mapas
- ⊗ Cálculo de distancias
- ⊗ Creación de un mapa de atributos a partir de una tabla de atributos
- ⊗ Identificación de áreas contiguas
- ⊗ Creación de mapas raster a partir de interpolaciones (puntos y segmentos)

1.8.1.5 Listados de mapas

En ILWIS existen operaciones que requieren como entrada más que un mapa raster, v.g. La creación de un composición a color y el cálculo de estadísticas multibanda. Para ejecutar estas operaciones con mayor facilidad se puede definir anteriormente un grupo cual consiste de un listado de los mapas requeridos en la operación. Este grupo será un OBJETO DE DATOS cual se llama LISTADO DE MAPAS.

-
- ☆ Un LISTADO DE MAPAS ha sido incluido en ILWIS para WINDOWS para hacer las operaciones de múltiples mapas raster con mayor facilidad.
-

Por defecto, la secuencia de las mapas en un LISTADO DE MAPAS es su orden alfabético. Si se quiere cambiar el orden de los mapas se tiene que escribirlos manualmente.

Un LISTADO DE MAPAS también ofrece ventajas, puesto que las características de estadísticas de los mapas son guardadas en el listado y pueden ser recuperados directamente.

Solamente en ILWIS 2 se puede crear un LISTADO DE MAPAS (no puede ser importado desde otro paquete ni de ILWIS para DOS). Operaciones utilizando LISTADO DE MAPAS son:

- ❖ Muestreos para la clasificación multispectral
- ❖ Creación de composiciones a color
- ❖ Estadísticas de multibanda (análisis de componentes principales, análisis de factores, cálculo de variancia, matrice de covariancia y matrice de correlación).

1.8.1.6 Tablas y columnas

Datos de atributos son identificados con códigos (dominio) utilizados para establecer el enlace con elementos espaciales. Los datos de atributos son guardados en tablas y columnas, llamados TABLAS DE ATRIBUTOS. La característica más importante de estas tablas es la posibilidad de relacionarlos a mapas. Un mapa puede tener muchas tablas de atributos, pero solamente una tabla al tiempo puede ser relacionada a un mapa. Por lo tanto una tabla es un grupo de datos que debe ser tratado como un objeto de datos.

Datos también son guardados en tablas para usarlos en análisis, transformaciones, etc. Estas operaciones se ejecutan con entre los datos guardados en las columnas de la tabla. Un ejemplo es la tabla "rainfall" del conjunto de datos de Cochabamba, donde se guarda la lluvia anual en una columna de esta tabla. Con base en esta columna se puede generar una columna nueva calculando el promedio de lluvia de todos las estaciones en el área de Cochabamba. Por lo tanto las datos guardados en una columna pueden ser considerados como un objeto de datos.

-
- ☆ Los datos guardados en tablas son archivos binarios y deben ser editados en ILWIS 2. Las tablas de ILWIS 1.x pueden ser editados en cualquier editor ASCII. Esta nueva estructura facilite una mayor eficiencia en el manejo y almacenamiento de las tablas.
-

1.8.2 Objetos de mantenimiento

Los objetos de mantenimiento contiene información sobre las características principales de datos espaciales. Esta información es necesaria para ejecutar operaciones con estos datos y para generar un resultado apropiado para ellos. Se considera las siguientes objetos de mantenimiento:

- SISTEMA DE COORDENADAS: contiene información sobre la proyección y sistema de coordenadas utilizados para definir las ubicaciones en el mapa.
- GEOREFERENCIACIÓN: contiene información para transformar las filas y columnas de un mapa raster a coordenadas.
- DOMINIO: contiene información sobre los códigos utilizados (para datos tipo *identificador* y *clase*) o contiene información sobre el rango de valores (min y max) y la precisión que puede contener un objeto de datos (tipo *valor*).
- REPRESENTACIÓN: contiene información sobre la manera de despliegue de los datos espaciales (colores, símbolos, achurados, etc)

1.8.2.1 Sistema de coordenadas

Un sistema de coordenadas describe la geometría de un mapa; contiene información para definir la relación entre de las coordenadas de mundo real y las coordenadas correspondientes del mapa. Un sistema de coordenadas guarda información sobre las dimensiones (X_{\min} , Y_{\min} , X_{\max} , Y_{\max}) del mapa y opcionalmente puede contener información de la proyección relacionada (tipo de proyección, elipsoide, datum horizontal, etc).

Se recomienda utilizar el misma sistema de coordenadas para un conjunto de datos del misma área. Cuando ILWIS descubre que dos mapas siendo desplegados tienen diferentes sistemas de coordenadas, trata de convertir las coordenadas del segundo mapa al primer mapa. Si ésto es posible, ILWIS calcula las coordenadas mientras despliegue la información. Este transformación puede hacer el despliegue lento. Por lo tanto se recomienda transformar las coordenadas del segundo mapa al primer mapa antes el despliegue en el caso que se requiere sobreponerlos frecuentemente.

-
- ☆ En ILWIS 1.x no se guarda información de la proyección realacionada al sistema de coordenadas de un mapa vector, así que cuando se importa un mapa vectorial desde ILWIS 1.x no se crea un sistema de coordenadas.
-

1.8.2.2 Georeferenciación

Un mapa raster consiste de una serie de pixeles estructurados en filas y columnas. Las filas y columnas no tiene directamente coordenadas X y Y (sera demasiado voluminoso). ILWIS 2 utiliza un objeto de mantenimiento (GEOREFERENCIACIÓN) para determinar la relación entre filas y columnas y las coordenadas del mapa. La GEOREFERENCIACIÓN contiene información necesaria para transformar la grilla (celdas, pixeles) del mapa raster a coordenadas utilizando uno de los siguientes tipos de GEOREFERENCIACIONES:

- ✓ "Georeference corners" (*Georeferenciación de esquinas*): Cuando un mapa tiene el axis norte-sur completamente vertical, es posible crear una georeferenciación indicando las coordenadas X y Y para la esquina inferior izquierda y superior derecha y especificando un tamaño de pixel apropiado. Cuando se crea un mapa raster nuevo se utiliza por defecto la *georeferenciación de esquinas*.
- ✓ "Georeference tie-points" (*Georeferenciación de puntos de control*): Utilizando puntos identificables en el mapa raster y en un fuente con coordenadas (otro mapa raster, planchas cartográficas, etc) se puede establecer la relación entre las filas y columnas y las coordenadas. Los puntos de control son guardados en un archivo aparte, así que cuando son actualizados, se vuelve a calcular los parámetros de la transformación. Con esta georeferenciación se puede utilizar los métodos de *affine*, *polynomials* y de orden más alto para ajustar el mapa a los puntos de control.
- ✓ "Georeference 3-D display" (*Georeferenciación de una vista tridimensional*): Se puede utilizar la información de un modelo digital de elevación (representación digital del terreno) para definir un punto de observación, rotación del objeto, distancia, exageración de la altura, etc. para generar una vista tridimensional.

Cuando se ejecutará una operación entre dos mapas, ILWIS verifique si las georeferenciaciones involucradas son iguales. In caso de que son distintas, se tiene que crear sub mapas de cada mapa con la parte que tienen en comun, y utilizar estos dos mapas para la operación.

1.8.2.3 Dominio

Un dominio describe la entidad. Esta información es definida por el código cual depende de la naturaleza de la entidad. El conjunto de datos de Cochabamba contiene diferentes tipos de datos. Por ejemplo en un mapa de segmentos los líneas pueden representar las fallas geológicas (mapa "fault"), y en otro mapa los segmentos pueden representar las alturas (mapa "contour"). ILWIS 2 utiliza un objeto de mantenimiento especial, lo cual es el DOMINIO, para describir a que se refiere los códigos. Los principales tipos de dominios en ILWIS 2 son:

- ✓ DOMINIO ID (*identificador*): usado para describir entidades espaciales con códigos únicos (v.g. predios, muestreos de campo, enuestas, etc). El dominio identificador es valido para mapas de puntos, segmentos y poligonos y en mapas raster obtenidos de la rasterización de mapas de puntos, segmentos y poligonos. Tambien puede ser usado para tablas de atributos de los mapas previamente mencionados. Mapas raster con este dominio son guardados con el formato de 1, 2 o 4 bytes.

- ✓ DOMINIO CLASE: usado para describir clases que pueden repetirse en diferentes ubicaciones de un mapa (v.g. uso y cobertura, mapa de suelos, tipos de vías, etc). Mapas raster con este dominio son guardados con el formato de 1 o 2 bytes.
- ✓ DOMINIO VALOR: usado para describir datos medibles (v.g. valores de altura en un modelo digital de elevación). Los valores pueden ser de tipo integer (sin decimales) o real (con decimales). Un DOMINIO VALOR siempre contiene el *valor indefinido* representado con una interrogación ("?"). Es posible crear un dominio valor definiendo el rango de valores (mínima y máxima) y la precisión. En ILWIS se encuentran las siguientes dominios de tipo valor predefinidos:
 - ✧ *Bit*: describiendo falso con "0" y verdadero con "1".
 - ✧ *Bool*: describiendo falso con "0", verdadero con "1" y áreas indefinidas con "?".
 - ✧ *Count*: un dominio de tipo valores integers con un rango de 0 a 1.000'000.000 y precisión 1.
 - ✧ *Distance*: un dominio de tipo valores reales con un rango de 0 a 1.000'000.000 y precisión 0,1 usado para mapas de distancias.
 - ✧ *Image*: un dominio de tipo valores integers con un rango de 0 a 255 y precisión 1, usado para las imágenes de satélites y fotografías aéreas escaneadas en escala de grises.
 - ✧ *Int*: un dominio de tipo valores integers con un rango de -32766 a 32767 y precisión 1.
 - ✧ *Long*: un dominio de tipo valores integers con un rango de -2.147'483.646 a 2.147'483.646 y precisión 1.
 - ✧ *MinInt*: un dominio de tipo valores reales con un rango de -1,00 a 1,00 y precisión 0,01, usado para el índice de vegetación sin normalización.
 - ✧ *Perc*: un dominio de tipo valores reales con un rango de 0,00 a 100,00 y precisión 0,01.
 - ✧ *Real*: un dominio de tipo valores reales con un rango de -1'000.000'000.000,000 a 1'000.000'000.000,000 y precisión 0,000.
- ✓ DOMINIO PICTURE: se usa cuando los elementos dentro de un mapa solamente representan un color (v.g. composición a color, fotografías escaneadas a color, etc). Algunos mapas contengan valores de píxeles que no representan un parámetro físico, como la reflectancia. Los diferentes valores de píxeles en un mapa de estos solo pueden representar colores. Este puede ser el caso cuando se importe un gráfico a color (bitmap, GIF, TIFF, etc) o cuando se crea una composición a color. En ILWIS 2, estos mapas raster son guardados con el DOMINIO PICTURE.
- ✓ DOMINIO GRUPO: es un caso especial de un DOMINIO CLASE. Se utiliza para clasificar un mapa con un DOMINIO VALOR (v.g. clasificar un mapa de pendientes según las clasificación de FAO). El dominio contiene los valores de los límites y los nombres que se asignará a cada clase en el mapa resultado.

☆ El DOMINIO GRUPO es muy similar a una tabla de clasificación de ILWIS 1.x

Un dominio en ILWIS puede verse como una tabla en el caso de tipo *clase* o *identificador*. Las diferentes ítemes del dominio son guardados como una tabla, cual puede ser editada. Se puede adicionar nuevo ítemes y editar y borrar ítemes existentes. En caso de mapas de valores (dominio valor) solo se guarde la información del rango y la precisión.

ILWIS utilice en forma extense los dominios para muchas operaciones y se debe previamente decidir cual dominio se asignará para el mapa resultado: tipo *clase*, *identificador* o *valor*. Esto permite tener un control directo sobre los tipos de datos, en otros palabras, teniendo el dominio como objeto separado se puede directamente saber que tipo de datos son guardados en los mapas.

- ☆ En muchos SIG basado en el formato raster (incluyendo ILWIS para DOS) se debería saber que unidad de mapeo corresponde a que valor de pixel. Por ejemplo cuando se tiene un mapa usos ("**usos**") con 4 clases (1=agricultura, 2=bosque, 3=pastos y 4=rastrojo) y el objetivo es extraer las áreas de bosque en la versión anterior la fórmula sería algo así:

resultado:=if(usos=2,1,0)

Con el uso de dominios, no es necesaria conocer el valor de pixel representando la unidad de mapeo de interes. En ILWIS 2 la fórmula será algo así:

resultado:=iff(usos="bosque","bosque","sin bosque")

El mapa resultado es un mapa de tipo clase, y directamente se sabe a que corresponde la unidad.

1.8.2.4 Representación














En una REPRESENTACIÓN se guarda la información de como desplegar un datos espaciales en la pantalla. En ILWIS 2 hay dos tipos de representaciones:

- ✓ No se puede determinar colores para cada valor de un mapa con dominio valor. En este caso se puede definir una graduación de colores para un rango de valores. Un ejemplo es una graduación (*pericolor*) diseñado para mejorar el despliegue de la indice de vegetación verde y su interpretación:

baja vegetación  alta vegetación

- ✓ Para mapas con dominio tipo *clase* o *grupo* se puede definir para cada clase un color apropiado. Adicionalmente se puede definir archurados (para poligonos), ancho de líneas (para segmentos), simbolo y tamaño (para puntos)

Las siguientes representaciones vienen con ILWIS:

	Min.	Max.
Blue		
Clrstp10		
Clrstp12		
Clrstp6		
Clrstp8		
Cyan		
Fine gray		
Gray		
Green		
Inverse		
Magenta		
Pseudo		
Yellow		

☆ La representación de ILWIS 2 para mapas tipo clase o grupo parecen mucho a "Color Lookup Table (LUT)" de ILWIS para DOS.

Cuando se crea un dominio tipo clase, se crea automáticamente una representación con el mismo nombre. Por defecto se asigna un paletta de colores de 16 colores primarios a los clases. Se debe editar la representación manualmente, especialmente en el caso que se tiene más de 16 clase (color se repiten por diferentes clases). El ancho de la línea por defecto es 1 y el símbolo por defecto para puntos es un círculo con color transparente y tamaño 3.

Se puede seleccionar una representación para mapas con dominio tipo identificador durante el despliegue utilizando 1, 7, 15 o 31 colores distintas.

1.8.3 Objetos especiales

Existen en ILWIS para WINDOWS unos objetos especiales que son utilizados por partes específicos del sistema. Son resultados de análisis de objetos de datos (v.g. HISTOGRAMAS, VISTA DE MAPAS, MATRICE) o relacionados a operaciones (v.g. FILTROS, FUNCIONES DEFINIDOS POR EL USUARIO, MACROS).

1.8.3.1 Histograma de un mapa raster

Un histograma de un mapa raster es una tabla que contiene la frecuencia de valores de pixeles en un mapa raster. La tabla puede ser visualizado y el histograma puede ser graficado. Este objeto es utilizado por varios funciones de ILWIS (v.g. para normalizar una imagen de satélite).

1.8.3.2 Histograma de un mapa de puntos

Un histograma de un mapa de puntos calcule el número de puntos por cada valor, clase o identificador (dependiendo del tipo de mapa utilizado).

1.8.3.3 Histograma de un mapa de segmentos

Un histograma de un mapa de segmentos calcule el número de segmentos y su longitud por cada valor, clase o identificador (dependiendo del tipo de mapa utilizado).

1.8.3.4 Histograma de un mapa de polígonos

Un histograma de un mapa de polígonos calcule el número de polígonos, perímetro y área por cada valor, clase o identificador (dependiendo del tipo de mapa utilizado).

1.8.3.5 Vista de mapas

Un vista de mapa es un conjunto de capas sobrepuestas opcionalmente con anotaciones desplegado en una ventana de mapas. Solamente contiene las definiciones para volver a construir la misma vista (v.g. nombres, opciones y orden de mapas desplegados, anotaciones, etc). Las vista de mapas son muy útiles para presentaciones.

-
- ☆ Se puede utilizar un vista de mapas como se puede utilizar salida de mapas (map output) en la versión anterior. La diferencia es que en ILWIS para DOS se guarda todo los capas utilizadas para la salida y en ILWIS para WINDOWS la vista solamente contiene las definiciones necesarias para la construcción de la vista. Esta forma ahorra espacio en el disco duro.
-

1.8.3.6 Matrice

Los matrices son creados con análisis de componentes principales y análisis de factores. Se puede desplegarlos y usarlos como entrada para operaciones de estadísticas. El resultado de estadísticas de multibandas utilizando un listado de mapas, se guarda el resultado en este listado.

1.8.3.7 Filtro

Filtreo es el proceso donde se define el valor en el mapa resultado con base un función aplicado a los vecinos del pixel en el mapa de entrada. El función se guarde en un objeto de filtro.

ILWIS tiene filtros predefinidos, y el usuario puede definir sus propios filtros. Cada filtro es un objeto independiente y puede ser aplicado a cualquier mapa raster con dominio de tipo valor.

-
- ☆ Aunque los filtros predefinidos en ILWIS para Windows son de tamaño 3x3 y 5x5, el usuario puede definir sus propios filtros de cualquier tamaño. Sobre decir que el tamaño tiene que ser un valor impar.
-

1.8.3.8 Funciones defindos por el usuario **fn**

Ademas de muchas funciones propio del sistema, el usuario tiene la posibilidad para definir sus propios funciones. Estas funciones contienen expresiones validas en las calculadores (cálculo con mapas y tablas). ILWIS utilice el misma calculadora para calcular con mapas y que con tablas, por lo tanto, se puede definir funciones que pueden ser utilizados en combinación con mapas y tablas. Es importante considerar el dominio de cada parámetro de entrada usado en una función definido por el usuario. ILWIS verifique la validez de las parámetros y responde con un mensaje de error en el caso que se encuentre un parámetro no válido.

1.8.3.9 Macros (scripts)

En caso que se tiene que ejecutar (múltiples veces) una serie de operaciones complejos, es posible de guardar el listado con el orden y los parámetros en un archivo. Macros son objetos especiales donde se puede guardar varios pasos de un procedimiento. Se puede crear un macro por los siguientes motivos:

- ✓ Para ejecutar el misma análisis con diferentes mapas de entrada.
- ✓ Para documentar el análisis
- ✓ Mediante el ensayo y error se puede evaluar el resultado y hacer cambios al macro y volver a ejecutarlo hasta satisfecho.

-
- ☆ Los macros tienen la misma funcionalidad como los archivos batch en ILWIS 1.x, pero el lenguaje es un poco más complicado.
-

Por la complejidad de los macros de ILWIS 2, no es posible convertir los archivos batch de ILWIS 1.x directamente a ILWIS 2. Aunque parece una desventaja, se vea compensado por un escala de posibilidades que ofrece la nueva versión.

1.8.3.10 Objeto de muestreo

Antes de la clasificación multispectral o multitemporal, se tiene que seleccionar pixeles de muestreo con la asignación de su cobertura que representa. Anteriormente al muestreo se tiene que definir un listado de mapas a utilizar y el dominio que contiene la descripción de los clases a mostrar. Durante el muestreo se asigna nombre de clases (del dominio) a un grupo de pixeles seleccionado por el usuario.

Un objeto de muestreo contiene:

- ✓ Una referencia al fondo que se utiliza durante el muestreo (normalmente un composición a color).
- ✓ Una referencia al listado de mapas que se utiliza durante el muestreo. La respuesta espectral de estas imágenes es la base para la asignación de clases a un grupo de pixeles.
- ✓ Una referencia al dominio de tipo clase, cual es la colección de clases desde donde se selecciona un clase para asignar a los pixeles seleccionados.
- ✓ Una referencia al mapa de salida de esta operación, cual se crea automáticamente con el mismo nombre que el objeto de muestreo y contiene la ubicación de los muestreos y sus correspondientes clases.

1.8.4 Dependencia entre objetos de ILWIS 2

Como se puede ver en los numerales anteriores, se requieren diferentes objetos de datos y de mantenimiento para formar un mapa en ILWIS 2. Por lo tanto, es importante entender las dependencias entre los objetos.

Un ejemplo típico de esta dependencia se muestra en la figura 1.3 donde se utiliza el conjunto de datos de Cochabamba. La geometría del mapa de polígonos **geol** (mapa con las unidades geológicas) se define con el sistema de coordenadas **cochabam**. El contenido (códigos de las unidades) del mapa se define con el dominio **geol**, cual es del tipo clase.

El mapa raster **geol** fue generado con la rasterización del mapa de polígonos **geol**. La relación geométrica y sus coordenadas se definen con la georeferenciación. La relación entre las coordenadas del mapa y las coordenadas geográficas se guarda en el sistema de coordenadas. En el ejemplo se puede ver que dos objetos de datos están relacionados a un sistema de coordenadas (objeto de mantenimiento); uno directo y otro por medio de otro objeto de mantenimiento. Es posible que varios mapas (objetos de datos) están relacionados a un objeto de mantenimiento (v.g. los mapas de geología, geomorfología, topográfico están relacionados al mismo sistema de coordenadas, o diferentes mapas raster utilizan la misma georeferenciación.

-
- ☆ Cuando un nuevo mapa raster fue creado en ILWIS 1.x, frecuentemente se encontró la pregunta "Copy transformation from existing map?" (Copiar sistema de coordenadas de un mapa existente?). Contestando "si" a este pregunta tiene el mismo resultado como utilizar una georeferenciación para varios mapas en ILWIS 2. Este nuevo concepto ofrece una estructura de datos más claro so se requiere editar un objeto de mantenimiento para cambiar la georeferenciación para varios mapas.
-

Simularmente, relaciones de muchas a uno tambien existen para los dominios. El mapa raster y el mapa de poligonos estan relacionados al mismo dominio. Es posible crear un dominio con los posibles clases de usos y utilizar este dominio para mapas de diferentes épocas. Es obvio que se puede relacionar datos simulares al mismo dominio, pero el ejemplo muestra que se puede utilizar un dominio para el mapa de poligonos y el mapa raster. El el siguiente se explica las ventajas de este estructura.

-
- ☆ Suponemos que tenemos dos mapas de uso actual, de diferentes departamentos de Colombia. Decimos que en el primer mapa encontramos "agricultura", "pastos" y "rastrojo" y en el segundo mapa se encuentra "agricultura", "bosque" y "rastrojo". En la versión anterior los valores de pixel utilizados eran para el primer mapa "agricultura"=1, "pastos"=2 y "rastrojo"=3 y en el segundo mapa "agricultura"=1, "bosque"=2 y "rastrojo"=3. En el primer mapa el valor del pixel 2 corresponde a "pastos" y en el segundo mapa corresponde a "bosque", lo cual puede causar confusiones. En el caso de ILWIS 2 se utilice un dominio para los dos mapas con el siguiente contenido: "agricultura", "bosque", "pastos" y "rastrojo". Asi no se tiene que preocuparse por los valores de pixel.
-

No solamente 2 mapas, si no tambien una tabla de atributos esta relacionada al dominio. El enlace entre las datos espaciales (mapas) y sus atributos (tablas) se realice por medio del uso de dominios. Los mapas tienen códigos que estan guardados en el dominio y la tabla utilice los mismos códigos del mapa. Se puede ver en la figura 1.3 que los nombres de las clases son los mismos nombres listados en la columna gris (dominio) de la tabla. Esto permite el enlace entre los objetos.

Se puede relacionar tablas a mapa por medio de dominios de tipo clase y identificador. Mapas con dominio de tipo valor (v.g. una imagen de satélite o un modelo digital de elevación) no pueden ser relacionados a tablas de atributos. Figura 1.3 muestra que más que una representación puede ser relacionada a un dominio, aunque durante la impresión o el despliegue de un mapa solo se puede tener una representación activa. La relación activa o actual es representada por una línea sólida, la línea punteada indique relaciones posibles.

El ejemplo muestra los objetos más importantes: los objetos de datos y mantenimiento y sus relaciones. No contiene objetos especiales, porque estos objetos no siempre se define para los datos (v.g. no se calcule el histograma para todos los mapas raster), o son utilizados en operaciones especiales (v.g. filtros solo se usan para filtrar mapas raster).

1.9 Objetos de origen y objetos dependientes

En la mayoría de los casos el análisis geográfico es un proceso complicado y demorado. Algunos operaciones pueden ser bastante demoradas. Si se cambia los datos de origen es difícil de reconstruir el proceso en caso de calculaciones complicadas. Para evitar estos problemas ILWIS 2 cuenta con una nueva estructura. Durante la creación de nuevos objetos de datos se guarda información sobre el método aplicado. En esta manera los resultados del análisis serán dependientes de los datos originales. Los datos originales serán nombrados *objetos de datos de fuente* y las datos dependientes *objetos de datos dependientes*.

Cuando se crea un mapa nueva o una tabla nueva utilizando alguna operación donde se involucran otros mapas, tablas y/o columnas, la descripción de esta operación y las mapas utilizados serán guardados en el nuevo objeto de datos. Por lo tanto el nuevo objeto tendrá información sobre la manera como fue creado y de que objetos depende. El objeto de datos dependiente guarda esta información, cual se llama "*la definición del objeto dependiente*".

Los datos no necesariamente se guarda dentro del objeto de datos. Es posible crear solamente la definición, y calcular los datos cuando se requiere tenerlos.

El uso de objetos dependientes ofrece los siguientes ventajas:

- ✓ En el caso que los valores de los mapas de entrada se cambian, después de la creación del objeto dependiente, el objeto dependiente será automáticamente actualizado en caso de desplegarlo o usarlo en otras operaciones o cálculos.
- ✓ Se puede editar la definición de un objeto dependiente. Así de puede hacer el mismo cálculo utilizando diferentes parámetros, sin la necesidad de crear un nuevo mapa.
- ✓ Se puede minimizar el espacio en el disco duro: el archivo que contiene los datos puede ser borrado sin que se borra la definición. De esta manera se puede recuperar el mapa siendo todavía virtualmente presente.

Por defecto, en ILWIS 2, los resultados de las operaciones son mapas dependientes. Sin embargo el usuario puede indicar que quiere crear un objeto de datos independiente.

El método de crear un nuevo objeto de datos independiente será explicado más adelante.

No se puede editar un objeto de datos dependiente en un editor. Si quiere editarlo, se tiene que romper el enlace de dependencia antes de editarlo.

1.10 Operaciones y su relación con la estructura de datos

El uso principal de ILWIS 2 es ejecutar operaciones a datos geográficos. Las operaciones son usadas para responder preguntas espaciales y no-espaciales. En ILWIS 2 hay varias formas de ejecutar operaciones, cuales serán explicados en el capítulo 2.

-
- ☆ En la versión para DOS de ILWIS, se podría utilizar los archivos batch para ejecutar cálculos complejos. ILWIS 2 provee posibilidades similares con el uso de marcos.
-

Cuando se ejecute una operación se tiene que considerar las características principales de los mapas que resultan. Se tiene que definir el objeto de mantenimiento para el resultado.

Se puede optimizar, por ejemplo, el espacio en el disco duro requerido, determinando el rango óptimo para el resultado. Se puede usar diferentes bandas de imágenes satelitales para crear un *índice de vegetación verde (IVV)* (NDVI=normalized differential vegetation index), cual indica la cantidad de clorofyl en las matas.

$$IVV = \frac{(XS3 - XS2)}{(XS3 + XS2)} \quad (\text{Para SPOT})$$

Para tal propósito se puede utilizar el dominio predefinido de tipo valor: "min1to1", cual tiene un rango de -1 hasta 1 y una precisión de 0,01. En otro caso se puede generar un modelo digital de elevación a partir de curvas de nivel (por medio de la interpolación), indicando la altura del terreno para cada pixel. Es útil definir su propio dominio de tipo valor con un rango y precisión apropiado.

También es posible obtener mapas con dominio de tipo clase o identificador en algunas operaciones. Por ejemplo, cuando se tiene un mapa de uso y cobertura complejo y se quiere generalizarlo en tres clases (bosque, pastos y agricultura), el mapa resultado tendrá el dominio clase. En algunas operaciones no se puede definir el dominio del mapa de salida, puesto que tiene que tener el mismo dominio que el mapa de entrada (v.g. rasterización).

Las características geométricas, la georeferenciación y/o sistema de coordenadas de un mapa resultado, se determina en la mayoría de los casos por las características de los mapas de entrada. En algunas operaciones se tiene que definir las características geométricas del mapa de salida (v.g. rasterización).

-
- ☆ No es necesaria recordar las relaciones entre objetos de mantenimiento y objetos de datos. Cada vez cuando se determina una relación será advertido en forma interactivo.
-

El rango de preguntas que pueden ser resueltas en ILWIS 2 es casi ilimitado. En la parte siguiente será ilustrado las capacidades de responder diferentes tipos de preguntas.

1. Que es en...?

Esta pregunta trate de determinar que existe en una ubicación determinada. La ubicación esta representada por sus coordenadas X y Y o coordenadas geográficas. ILWIS cuenta con herramientas para desplegar mapas y para indicar las ubicaciones con el mouse. Se puede desplegar información de atributos de las entidades espaciales en una ventana separada en forma interactiva.

-
- ☆ Una de las ventajas de la nueva versión de ILWIS es la obtención de los códigos (valores, clases o identificadores) usados en el mapa, por medio de hacer un click en cualquier ubicación de un mapa desplegado. Si quiere obtener una lista de atributos de un mapa se tiene que abrir la ventana de información de celdas, cual es similar que el "Pixel information" de la versión anterior. Sin embargo, la versión de ILWIS 2 es más amigable y útil que su predecesor.
-

También se puede usar la información de atributos de un mapa por medio de formulas.

2. Donde esta...?

La segunda pregunta es el contrario de la primera pregunta. En vez de identificar que existe en una ubicación, se quiere determinar las ubicaciones donde se cumplen unas condiciones (v.g. áreas deforestadas con una superficie de al menos 2000 m² dentro de una distancia de 100 metros de una vía y donde los suelos son aptos para la construcción de edificios). Para responder estas preguntas se tiene que utilizar operaciones lógicas (sí se cumple una condición, entonces ejecuta una acción, en caso contrario ejecuta otra acción). En ILWIS 2 se puede crear formulas en varias maneras.

3. Que cambió desde...?

La tercera pregunta puede involucrar las dos preguntas anteriores para determinar las diferencias (v.g. uso y cobertura) ocurridas en un cierto época. Esto es un ejemplo de análisis temporal, donde las mapas, representan momentos o periodos en tiempo, y son comparados. Para responder esta pregunta se requiere operaciones lógicas igual a la segunda pregunta.

4. Que pasará en caso de...?

Para modelos predictivos se utilice preguntas de tipo "que pasará en caso de...?". Ejemplos de esta tipo de preguntas son; determinar la influencia o impacta ambiental de la construcción de una vía, determinar que será el efecto cuando un tóxico entra al aguaducto. Se tiene que determinar escenarios cuales pueden requerir operaciones analíticas, lógicas y aritméticas a los datos guardadas en el disco duro. Se puede crear este modelo por medio del uso de macros o crear objetos de datos dependientes. Para analizar diferentes escenarios se tiene que cambiar los parámetros del modelo.

En el caso que se requiere hacer un análisis especial, es posible exportar los datos de ILWIS 2 a muchos diferentes formatos. Después de este análisis se puede importarlos para continuar el análisis en ILWIS.

2 INTERFACE CON EL USUARIO

El ILWIS 2 es un Sistema de Información Geográfica y aplicación para el procesamiento digital de productos de sensores remotos diseñado bajo windows para la entrada y salida de datos, el despliegue, almacenamiento, modelamiento y la manipulación de datos geográficos. Se utilice varios interfaces con el usuario como ventanas y cajas de diálogo cuales permiten trabajar en manera interactiva con el paquete. En este capítulo se explicará el interface de ILWIS 2 con el usuario.

En ILWIS 2 se conoce dos tipos de ventanas: la ventana principal y ventanas de datos. La ventana principal se abra cuando comienza una sesión con ILWIS 2. Esta ventana consiste de una barra de menú, la línea de comando, un catálogo y una lista de operaciones cual puede ser utilizada para el despliegue de objetos o para ejecutar operaciones con los mismos (ver figura 2.1).

Se distingue tres tipo de ventanas de datos: ventanas de mapas, ventanas de tablas y la ventana de información de pixeles. La ventana de mapas es utilizada para el despliegue de un o más mapas y anotaciones. Aparte del análisis visual que se ofrece, esta ventana es útil para la edición de datos y la superposición de mapas. La ventana de tablas se utilice para visualizar y analizar datos tabulares. Entrada, edición y análisis de datos, ordenar los datos y el despliegue de gráficos puede realizarse en esta ventana. La ventana de información de pixeles ofrece la evaluación de manera interactiva de datos de atributos de los elementos espaciales desplegado en una ventana de mapas.

ILWIS 2 también hace uso de cajas de diálogo para el despliegue, la entrada y edición de datos, la creación de objetos, etc. Estas cajas provienen opciones para seleccionar datos de entrada, para teclear un nombre o la descripción de un objeto, seleccionar una representación, determinar el dominio, seleccionar un método de clasificación mutliespectral, etc, en otras palabras para interactuar con el usuario cual es facilitado para especificar las opciones de las diferentes operaciones.

2.1 Técnicas básicas del uso del mouse

En ILWIS 2 los botones izquierda y derecha del mouse pueden ser usados individualmente o en combinación con el teclado. Las funcionalidades de los botones del mouse en ILWIS son varios y dependen de las ventanas o cajas de diálogo donde se aplican los botones. En el siguiente texto el uso general del mouse será explicado.

- ☞ **Haciendo click con el boton a la izquierda** ejecuta una acción cual puede abrir un listado de comandos, seleccionar un comando, seleccionar una opción de un listado, iluminar o seleccionar un objeto de ILWIS, entrar datos puntuales, etc.
- ☞ **Haciendo click con el boton a la derecha** activa un menú sensitivo al contexto cuando el mouse esta ubicado en una ventana de mapas o en el catálogo de objetos. Este menú es un forma de acceso rápido a comandos relacionados al objeto o a la ventana.
- ☞ **Haciendo doble click con el boton a la izquierda** ejecuta una operación, abre una ventana, una caja de diálogo o facilite la edición de un valor (dentro de un editor). Se puede cambiar de directorio o drive por medio de hacer doble click sobre los icones de directorio o drive en el catálogo.

☞ **"Drag and Drop"** se aplica en ILWIS 2 para ejecutar tareas especiales sin el uso del menú. Esto se puede hacer cogiendo un objeto desde el catálogo y soltarlo en una ventana apropiada, sobre un icono del listado de operaciones o en una caja de listado o de diálogo. Se puede realizar el **"Drag and Drop"** de la siguiente manera:

Selecciona un objeto de datos del catálogo oprimiendo el boton a la izquierda, y sin soltar el boton, mueva (**"Drag"**) el objeto a una ventana de mapas, sobre la ventana de información de pixeles, o sobre una operación apropiada del listado de operaciones y suelta el boton (**"Drop"**).

La técnica de **"Drag and Drop"** puede ser aplicada para:

- ✓ Adicionar layers adicionales y/o anotaciones a una ventana de mapas existente abierto.
- ✓ Adicionar mapas y tablas a una ventana de información de pixeles.
(Se puede tener un listado de mapas con los siete bandas de Landsat TM y adicionar este listado a la ventana de información de los pixeles cual tiene como efecto que los valores de los siete bandas serán desplegados.)
- ✓ Ejecutar una operación con un mapa o una tabla específica.
- ✓ Adicionar un cierto mapa o tabla como entrada en una caja de diálogo.
- ✓ Cambiar el orden de las columnas en una ventana de tablas (requerda que las columnas también son tratadas como objetos de datos!).

Adicionalmente a los botones del mouse, el cursor del mouse es utilizado en ILWIS para desplegar una información breve en la línea del estado. Ejemplos son:

- ✓ Moviendo el cursor del mouse sobre los botones en la barra de botones de la ventana principal o una ventana de mapas, muestra una explicación breve sobre la funcionalidad del mismo en la línea del estado.
- ✓ Moviendo el cursor del mouse sobre un objeto en el catálogo despliegue su descripción en la línea del estado.
- ✓ Moviendo el cursor del mouse sobre un icono del listado de operaciones, muestra una explicación breve sobre el funcionamiento.

En el resto del curso cuando se habla de:

- ☼ **"hacer un click"** se refiere a hacer un click con el boton a la izquierda del mouse,
- ☼ **"hacer doble click"** se refiere a hacer doble click con el boton a la izquierda del mouse,
- ☼ **"Seleccionar"** se refiere a ubicando el cursor del mouse a un comando o opción y hacer click con el boton a a izquierda.

2.2 Empezando con ILWIS para Windows



Para empezar con ILWIS 2 haga doble click sobre el icono del programa en la ventana de ILWIS. Una vez cargado el sistema se desplegará la ventana principal de ILWIS. La figura 2.1 muestra los diferentes componentes de la ventana principal.

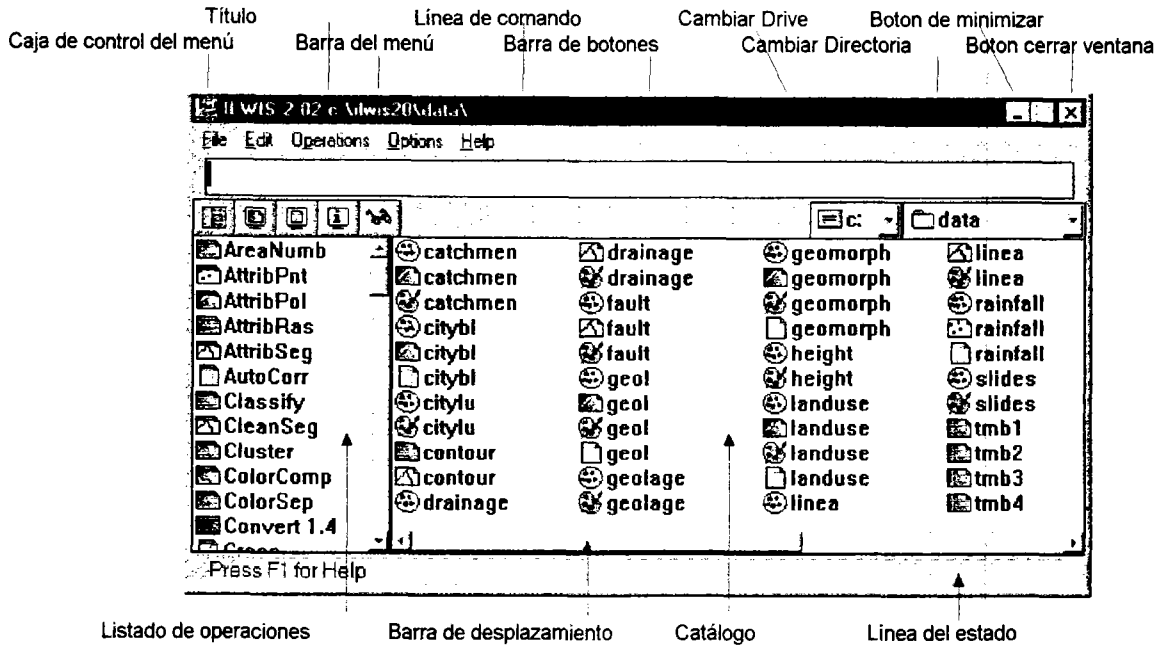


Figura 2.1 Ventana principal de ILWIS 2

Caja de control del menú: se utilice para mover, cambiar tamaño, cambiar a otro aplicación o cerrar la ventana. Haciendo doble click sobre este boton cerra la aplicación.

Título: muestra el nombre de la aplicación, drive y directorio actual. También se utilice para mover la ventana.

Barra del menú: contiene los menús disponibles desde donde el usuario puede escoger los comandos. Lso menús en la ventana principal de ILWIS son: File (archivo), Edit (editar), Operations (operaciones), Options (opciones) y Help (ayuda). Información breve sobre los comandos del menú será desplegada en la línea del estado. Haga click sobre un comando del menú (v.g. sobre "Operations") y arastre el cursor sobre los opciones de este menú y observa la explicación dada en la línea de estado.

Línea de comando: se encuentra debajo de la barra del menú y ofrece espacio para escribir comandos para operaciones o cálculos.

Barra de botones: contiene botones de las comandos del menú más usados. Las siguientes botones hacen parte de esta barra:



Boton para mostrar o esconder el listado de operaciones



Boton para el despliegue de mapas: abre un mapa raster, de segmentos, de poligonos o de puntos en una ventana nueva.



Boton para el despliegue de una tabla: abre una tabla en una ventana de tablas.



Boton de información de pixeles: abre la ventana de información de pixeles



Boton para la definición de objetos a desplegar en el catálogo

Navegador (cambiar drive, cambiar directoria): El navegador se encuentra a la derecha de la barra de botones. Facilita el acceso a datos guardados en otros drives y/o directorios. Los iconos correspondientes son:



para cambiar de drive



para cambiar de directoria

Boton de minimizar: es utilizado para reducir la ventana principal hasta un icono, cuando no es necesaria usarlo por un momento. El icono será visible en la pantalla y la ventana principal puede ser activado por medio de doble click sobre el icono. El tamaño de la ventana principal puede ser cambiado por medio de mover sus límites.

Listado de operaciones: es la columna a la izquierda de la ventana principal y tiene acceso por medio de los iconos a las operaciones de ILWIS. Puede ser utilizado por medio de doble click sobre el icono o utilizando el "drag and drop" cogiendo un objeto de datos y soltarlo sobre una operación apropiada. Algunos de los iconos son:



Show

para abrir una ventana de mapas o una ventana de tablas



Pixel Info

para abrir una ventana de información de pixeles



Edit

para abrir una ventana del editor de mapas










FactAnal

para ejecutar un análisis de factores sobre un listado de mapas




Barra de desplazamiento: puede ser usada para ver más objetos o operaciones en el catálogo o el listado de operaciones.

Catálogo: facilita el acceso a los objetos de datos, objetos de mantenimiento, y objetos especiales disponible en ILWIS 2, y los directorias y drives del sistema. El catálogo puede ser utilizado para desplegar un objeto de datos, adicionar layers a una ventana de mapas, o ejecutar una operación por medio del menú sensitivo a contexto.

Iconos de objetos de datos:

-  vista de mapas
-  mapa raster
-  mapa de segmentos
-  mapa de poligonos
-  mapa de puntos
-  listado de mapas
-  tabla

Iconos de directorios y drives:

-  .. bajar un directorio
-  sub directorios
-  drives

Es posible de ver más iconos en el catálogo, por medio de seleccionar estos objetos de la caja de diálogo para personalizar el catálogo. Este opción puede ser asesada por medio de seleccionar Options del menú principal, luego Catalog.

Línea del estado: ofrece una breve explicación sobre los iconos del catálogo, iconos del listado de operaciones, comandos del menú, funcionalidad de los botones, etc. cuando el cursor del mouse esta ubicado sobre una de ellos.

Menú sensitivo al contexto: es activado cuando se oprima el boton a la derecha del mouse cuando el cursor del mouse esta ubicado sobre un objeto del catálogo. Facilite el acceso a las operaciones que pueden ser realizadas con el objeto.

Conceptos de Analisis y Modelamiento



Conceptos de Análisis y Modelamiento

Xander Bakker
y
Fabiola Pérez

Julio de 1997
Santafé de Bogotá, D.C., Colombia

Contenido:

INTRODUCCIÓN	1
1 RELACION DE LOS CONCEPTOS PREVIOS CON EL ANÁLISIS Y MODELAMIENTO	4
2 FUNCIONES DE ANÁLISIS Y MODELAMIENTO	5
2.1 Operaciones de consulta, reclasificación y medición	5
<i>Consulta</i>	5
<i>Reclasificación</i>	7
<i>Medición</i>	9
2.2 Operaciones de superposición	10
2.3 Operaciones de vecindad	13
<i>Funciones de búsqueda</i>	13
<i>Funciones de línea en polígono y punto en polígono</i>	14
<i>Funciones topográficas</i>	15
<i>Polígonos de Thiessen</i>	16
<i>Interpolación</i>	17
<i>Generación de isolíneas</i>	19
2.4 Operaciones de conectividad	20
<i>Contigüidad</i>	20
<i>Proximidad</i>	21
<i>Redes</i>	22
<i>Esparcimiento</i>	22
<i>Optimización de rutas</i>	24
<i>Intervisibilidad</i>	25
<i>Iluminación</i>	26
<i>Vista en perspectiva</i>	27
3 MODELAMIENTO CARTOGRÁFICO	28
3.1 Tipos de modelamiento	28
3.2 Metodología	28
3.3 Evaluación del modelo	29
3.4 Aplicaciones y ejemplos	29
4 CRITERIOS BÁSICOS PARA LA TOMA DE DECISIONES	32
4.1 El papel del planificador, investigador y analista	32
Bibliografía	33
Anexo: Calidad de datos	35

INTRODUCCIÓN

En este módulo se impartirán los conceptos básicos sobre el análisis y modelamiento (espacial) con ejemplos explicativos para las diferentes funciones. Con el desarrollo de una práctica se aplicarán dichos conocimientos.

La característica más importante de un Sistema de Información Geográfica (SIG) es la capacidad de análisis y modelamiento de datos. Esta capacidad constituye la mayor diferencia entre un SIG y un sistema para cartografía automatizada. Las funciones para análisis espacial usan los atributos espaciales y no espaciales de la base de datos para responder preguntas sobre el mundo real. (Burrough 1985, Aronoff 1989, Valenzuela 1989)

La aplicabilidad de un Sistema de Información Geográfica es básicamente en todos los campos que tienen una componente espacial. Los más comunes son:

- | | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| ✧ Ecología e Impacto Ambiental | ✧ Riesgos y Amenazas |
| ✧ Recursos Naturales | ✧ Agricultura |
| ✧ Aplicaciones Forestales | ✧ Desarrollo Rural y Urbano |
| ✧ Ordenamiento Territorial | ✧ Recursos Hídricos |
| ✧ Transporte | ✧ Generación de Cartografía temática |
| ✧ Ingeniería | ✧ Servicios Públicos |
| ✧ Geología y Geomorfología | ✧ Mercadeo |
| ✧ Aplicaciones Socio-Económicas | |

Dentro de un SIG es posible trabajar con los dos tipos de formatos, las diferencias entre un SIG basado en formato RASTER y VECTOR serán explicadas más adelante.

Qué podemos obtener del análisis? Para qué sirve el modelamiento espacial?

Por medio del análisis y modelamiento espacial se pueden desarrollar modelos que permitan al usuario la evaluación de diferentes alternativas para solucionar problemas espaciales. Si se tuviera que hacer este tipo de análisis en forma manual, se gastaría mucho tiempo y el resultado saldría, muy probablemente, menos preciso que el mismo análisis en un SIG. Un SIG es un herramienta (no la solución a un problema) que se puede aplicar efectivamente para hacer un estudio espacial.

Otra de las ventajas de los SIG comparada con los métodos tradicionales es la actualización en forma rápida de la información. Se puede realizar esta actividad en forma casi automática (con poca influencia humana) ya que el procedimiento es siempre el mismo; lo único que cambia son los datos de entrada.

Algunos ejemplos de diferentes estudios espaciales en que se han aplicado Sistemas de Información Geográfica son los siguientes:

- Modelamiento de la disponibilidad de los recursos hidrológicos y su demanda en áreas semiáridas. (*Bocco et al. 1991*)
- Desarrollo de un sistema interactivo de modelación espacial (ISM) como herramienta de fácil uso para planificadores interesados en el manejo sostenible de los recursos naturales, aplicado a la vulnerabilidad de bosque primario en Indonesia y a la competencia entre animales salvajes y domésticos por agua y pastos en Kenia. (*Toxopeus and Van Wijngaarden 1994, Toxopeus et al. 1994, Bakker et al. 1994, Toxopeus 1996*)
- Determinación de la mejor ruta de distribución de productos de consumo. (*Bakker and Rivera, 1995*)
- La subdivisión de una área en zonas con igual susceptibilidad o probabilidad de ocurrencia de movimientos de masa para evaluar amenazas por inestabilidad de pendientes. (*Van Westen 1993*)

Dentro de las funciones de análisis de un SIG, Aronoff (1989) las clasifica como se muestra en la tabla 1.

En este módulo, el enfoque se centrará en el numeral 3 de la clasificación propuesta por Aronoff.

Tabla 1: Funciones de análisis en un SIG (Aronoff 1989)

1 - Mantenimiento y Análisis de Datos Espaciales	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Transformaciones de formato</i> - <i>Transformaciones geométricas</i> - <i>Transformaciones entre proyecciones de mapas</i> - <i>"Conflation" (ajuste de datos multitemporales)</i> - <i>"Edge matching" (ajuste de mapas adyacentes)</i> - <i>Edición de elementos gráficos</i> - <i>Eliminación de coordenadas intermedias redundantes</i>
2 - Mantenimiento y Análisis de Datos de Atributos	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Funciones de edición de atributos</i> - <i>Funciones de consulta de atributos</i>
3 - Análisis Integrado de Datos Espaciales y de Atributos	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Consulta/Reclasificación/ Medición</i> - <i>Consulta</i> - <i>Reclasificación</i> - <i>Medición</i> - <i>Superposición</i> - <i>Operaciones de Vecindad</i> - <i>Búsqueda</i> - <i>Línea en polígono y puntos en polígono</i> - <i>Funciones topográficos</i> - <i>Polígonos de Thiessen</i> - <i>Interpolación</i> - <i>Generación de isolíneas</i> - <i>Conectividad</i> - <i>Contigüidad</i> - <i>Proximidad</i> - <i>Redes</i> - <i>Esparcimiento</i> - <i>Optimización de rutas</i> - <i>Intervisibilidad</i> - <i>Iluminación</i> - <i>Vista en perspectiva</i>
4 - Salida gráfica	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Anotaciones</i> - <i>Rótulos de textos</i> - <i>Patrón de textura y tipos de líneas</i> - <i>Símbolos gráficos</i>

1 *RELACIÓN DE LOS CONCEPTOS PREVIOS CON EL ANÁLISIS Y MODELAMIENTO ESPACIAL*

En las asignaturas anteriores se expusieron los fundamentos de un SIG: entrada de datos y bases de datos. En ésta se trata de integrar dichos conocimientos con la parte fundamental de un SIG que es el análisis y modelamiento. En el siguiente esquema se señalan los principales componentes de un SIG y sus interrelaciones.

Antes de empezar con el análisis espacial, se debe tener bien claro los objetivos del proyecto, analizar los requerimientos de los datos, el nivel de precisión de los mismos y las interrelaciones existentes. El nivel del estudio (escala) es el primer indicativo de la precisión requerida para el manejo de los datos espaciales. Un estudio regional requiere un tipo de precisión diferente a un estudio a nivel de municipio. Generalmente la mayoría de los estudios se realizan con proyectos pilotos.

La calidad de los datos implica, por un lado precisión en la ubicación de los datos espaciales, y por otro confiabilidad (suficientes registros históricos y validez de los mismos). (ver anexo).

Para los mapas de polígonos, que consistan en varias planchas adyacentes, se recomienda la captura de los segmentos y un archivo de puntos que contenga los nombres de las unidades de mapeo.

También se aconseja utilizar nombres comprensivos para la codificación de puntos, segmentos y polígonos. Utilizar nombres comprensivos para los mapas y tablas que se crean y anotar en una libreta los nombres usados.

2. FUNCIONES DE ANÁLISIS Y MODELAMIENTO

Las diferentes funciones de análisis y modelamiento se pueden dividir en cuatro clases, las cuales pueden ser aplicadas tanto a los datos espaciales como a los datos no espaciales; primero: operaciones de consulta, reclasificación y medición, segundo: operaciones de superposición, tercero: operaciones de vecindad y cuarto: operaciones de conectividad. Mediante la combinación de las diferentes funciones las posibilidades de análisis y modelamiento son casi ilimitadas. En los siguientes numerales se describen las cuatro funciones de análisis y modelamiento, con sus respectivas subdivisiones y un ejemplo de las mismas.

2.1 Operaciones de consulta, reclasificación y medición

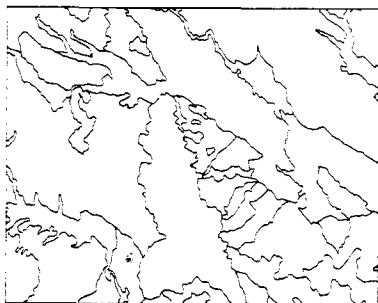
La consulta, reclasificación y medición son funciones de análisis, en las cuales solamente se modifican los atributos. No se hace ningún cambio en la localización de los elementos espaciales y no se crean nuevos elementos espaciales. (Valenzuela 1989)

Consulta

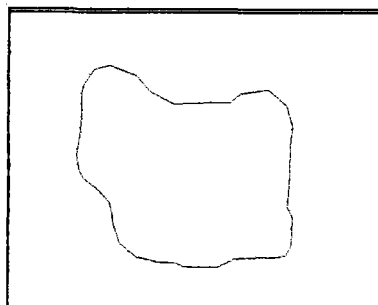
Las operaciones de consulta en datos espaciales y no espaciales, involucra la búsqueda, manipulación y recuperación de información útil sin la necesidad de modificar la localización geográfica de objetos o la creación de nuevas entidades espaciales. Las operaciones de consulta incluyen:

- ⊛ La extracción de datos mediante especificaciones geométricas, introduciendo un dominio espacial: punto, línea o área; extracción de todas las entidades espaciales y atributos contenidas total o parcialmente en el dominio.

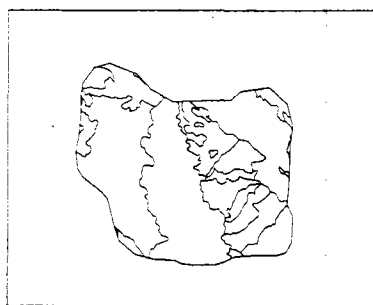
ejemplo:



Entrada: Plancha de suelos



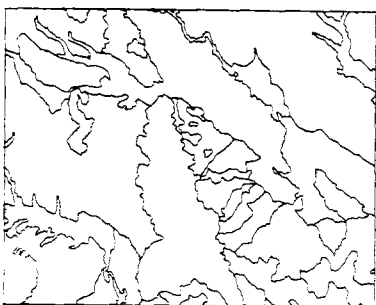
Dominio: área de estudio



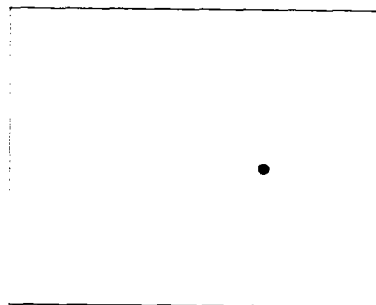
Resultado: suelos dentro de la área de estudio

- ✧ La extracción de datos mediante condiciones geométricas, introduciendo un dominio espacial y una condición geométrica.

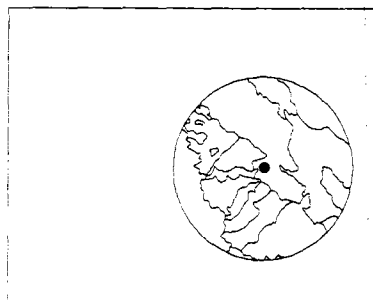
ejemplo: Extraer información de vegetación en un radio de 10 km alrededor de un pozo:



Mapa de vegetación



Ubicación del pozo



Vegetación dentro de un radio de 10 km alrededor del pozo

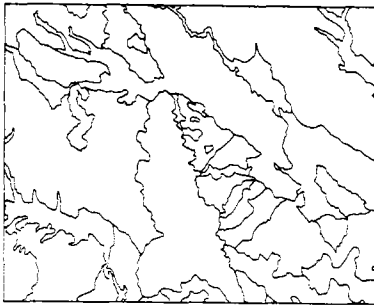
En el formato RASTER esta operación será una combinación de un calculo de distancias (Conectividad-proximidad) y consulta.

- ✧ La extracción de datos mediante especificaciones simbólicas, extraer información introduciendo un nombre propio o la codificación de un atributo.

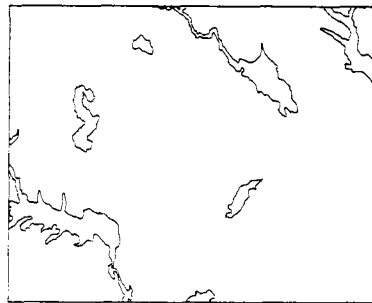
ejemplo: Se puede extraer a partir de un mapa de unidades de paisaje, información de pendientes por cada unidad, ya que esta información esta normalmente incorporada en el identificador de las unidades de paisaje.

- ✧ la extracción de datos mediante condición simbólica o lógica, extraer información de atributos que satisfagan condiciones alfanuméricas con expresiones lógicas (booleana).

ejemplo: Buscar todas las series de suelos que tengan pH entre 6.5 y 7.5 y textura limo-arcillosa:



Suelos

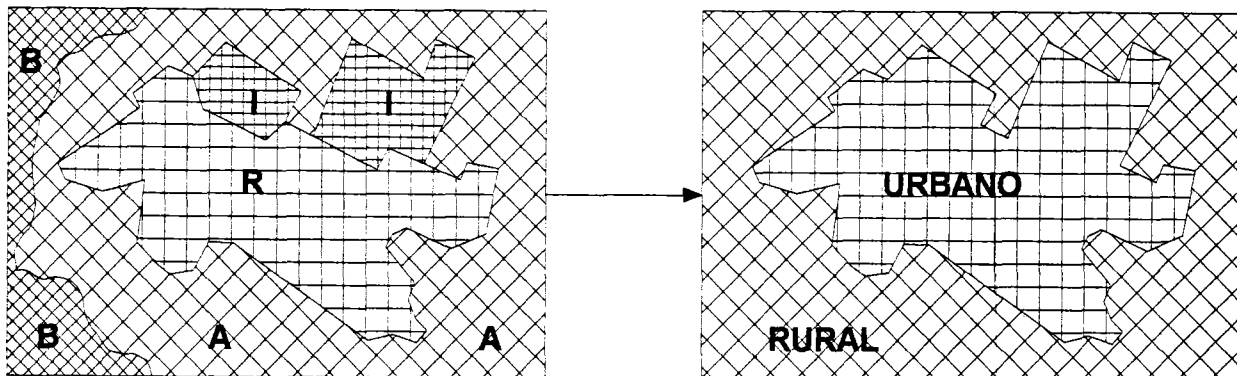


Suelos con pH entre 6.5 y 7.5 y textura limo-arcillosa

Reclasificación

La reclasificación de categorías del mapa involucra la reasignación de valores temáticos a las categorías de un mapa existente como una función del valor inicial, la posición, el tamaño o la forma de la configuración espacial asociada con cada categoría. El análisis de reclasificación se puede hacer en una sola capa o en varias, como parte de un proceso de superposición de capas. La generalización es el proceso de hacer la reclasificación menos detallada combinando clases. Se le utiliza a menudo para reducir el nivel de clasificación enfatizando una característica determinada.

ejemplo 1: Se puede clasificar un mapa que contiene zonas residenciales (**R**), zonas industriales (**I**), bosque (**B**) y zonas agrícolas (**A**) en un mapa de dos clases: **URBANO** (residencias / industria) y **RURAL** (bosque / agricultura).



ejemplo 2: Clasificar pendientes según el método de la FAO:

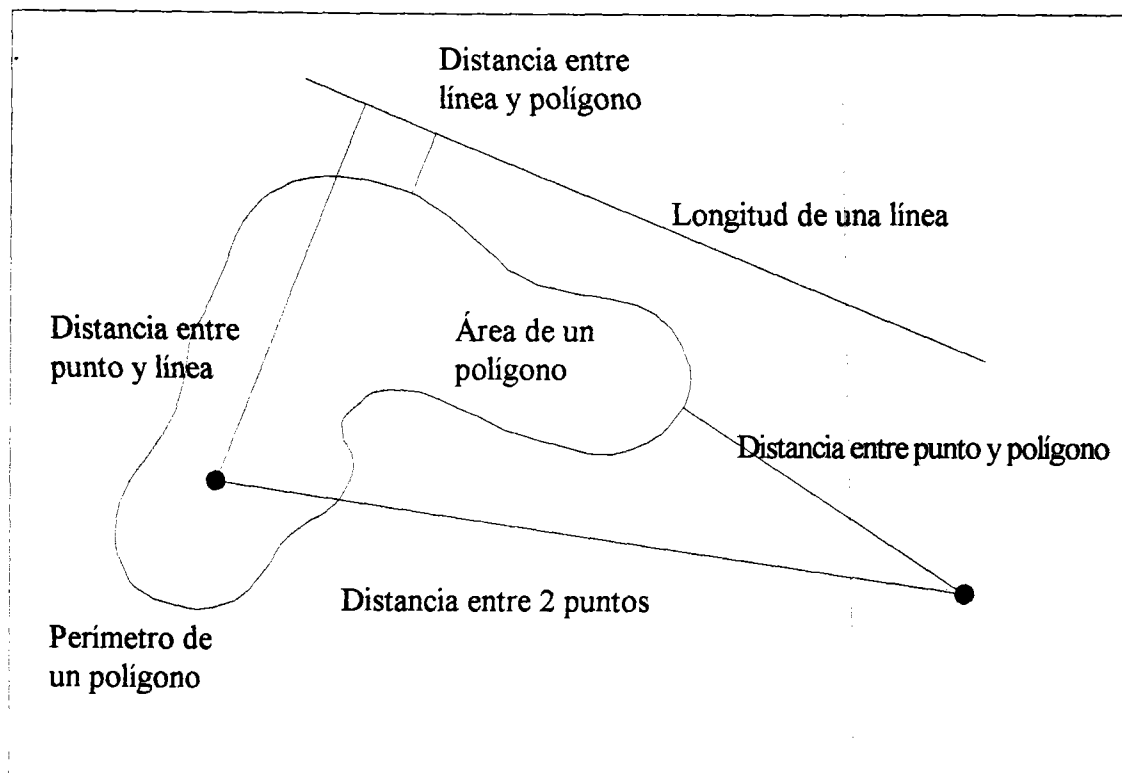


Datos: *CVC - Cuenca Tuluá-Morales,*
Proyecto SIGPAFC
asesorado por X. Bakker, HeRindser LTDA

Medición

Las mediciones de datos espaciales involucran el cálculo de distancias entre puntos, longitud de líneas, superficie y perímetro de polígonos y volúmenes. Mediciones entre puntos incluyen distancias de punto a punto, línea a polígono, enumeración del número total de puntos y también la enumeración de puntos que se encuentran en un polígono. (Valenzuela 1989)

ejemplo 1:



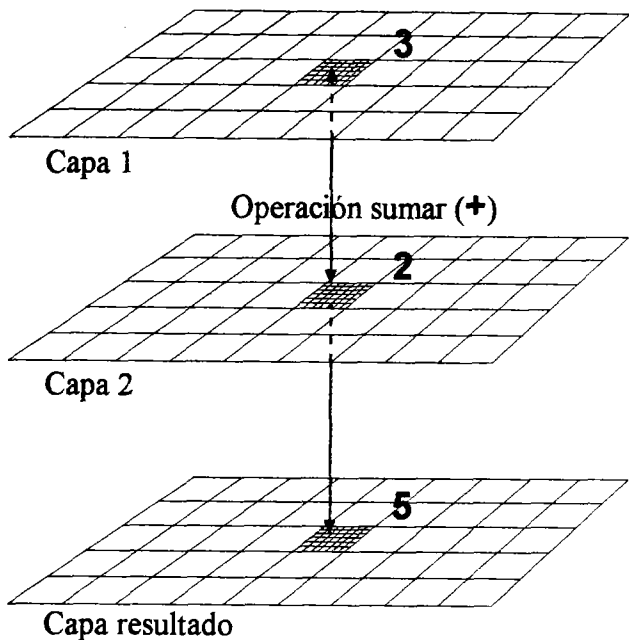
ejemplo 2: Encontrar todas las áreas forestales con un superficie mayor de 200 km² aptas para zonas de conservación.

ejemplo 3: Encontrar los aeropuertos con una distancia intermedia menor de 10 km, para determinar cuales podrían ser redundantes.

Las operaciones de medición en los SIG basados en la estructura RASTER son más complejas e incluyen operaciones de vecindad y conectividad (contigüidad y proximidad).

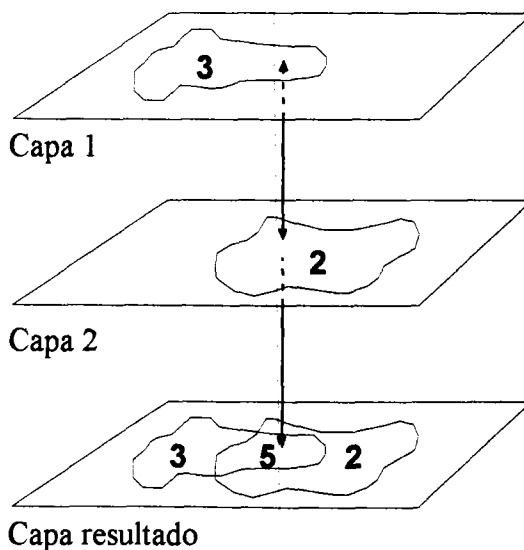
2.2 Operaciones de superposición

La superposición de mapas crea un mapa nuevo donde los valores asignados a cada nueva localización son calculados como una función de valores independientes asociados a los mapas previos. Además de crear nuevos polígonos basados en la superposición de capas múltiples, estos polígonos tienen múltiples atributos, esto es, los atributos que han sido dados a cada una de las capas antes de que ocurriera la superposición. (Valenzuela 1989).



Forma como se hace una superposición en formato RASTER. La ubicación de las celdas y el tamaño de las celdas tienen que ser iguales para poder hacer una superposición, por esta misma razón no se crean nuevos límites. (Aronoff 1989)

Forma como funciona una superposición en formato VECTOR. En este caso se tienen que definir nuevos límites, creando nodos en las intersecciones. Esta operación gasta bastante tiempo ya que es más compleja que en formato RASTER.



Las operaciones de superposiciones lógicas, aritméticas y condicional, son parte de todo SIG.

Las operaciones *aritméticas* incluyen operaciones como adición, resta, multiplicación, división y otras como: MOD, DIV, EXP, SQRT, LOG, SIN, COS, TAN, etc, de cada valor de una capa por el valor en la localización correspondiente de la segunda capa.

Ejemplo: Índice de vegetación verde (normalizado a un rango 0-255):

$$IVV = \frac{(XS3 - XS2)}{(XS3 + XS2)} * 127 + 128$$

Normalmente se escribe:

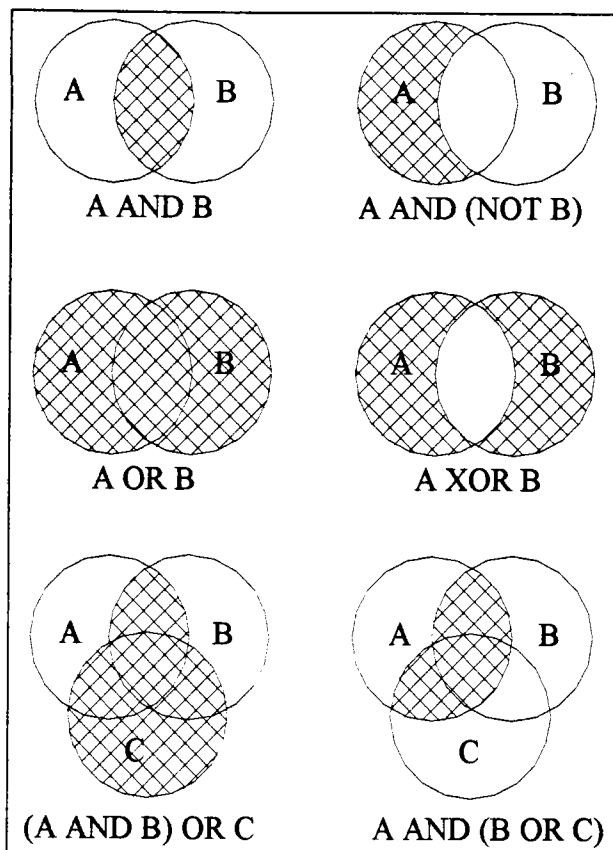
$$IVV = (XS3 - XS2) / (XS3 + XS2) * 127 + 128$$

La superposición *lógica* involucra el encontrar aquellas áreas donde un juego determinado de condiciones ocurren (o no ocurren) en forma conjunta (utilizando AND, OR, XOR, NOT). Por ejemplo: áreas óptimas para propósitos recreativos se pueden definir como aquellas áreas de bosque con topografía ondulada, suelos bien drenados y no agrícolas. Si el uso de la tierra, formas del terreno, y suelos están almacenados en capas separadas en la base de datos, entonces una operación de superposición lógica puede ser usada para identificar las áreas donde estas condiciones ocurren.

La siguiente tabla muestra las diferentes posibilidades de los conectores lógicos.

A	B	NOT A	A AND B	A OR B	A XOR B
1	1	0	1	1	0
1	0	0	0	1	1
0	1	1	0	1	1
0	0	1	0	0	0

Donde "0" significa falso y "1" significa verdadero. (Burrough 1985)



El diagrama de *Venn* muestra el resultado de combinar con operaciones lógicas Booleanas dos o más capas. En cada caso la parte achurada muestra la parte "verdadera". (Burrough 1985)

La superposición *condicional* verifica una condición y hace una cosa cuando es verdadera y otra cosa en caso contrario. Una superposición condicional puede hacer uso de operadores aritméticos y lógicos y otros operadores como: < (menor), ≤ (menor igual), = (igual), ≥ (mayor igual), > (mayor).

IF(condición, acción 1, acción 2)

Si la condición es verdadero se hará la acción 1 y en caso contrario se ejecutará la acción 2.

La mayoría de los SIG permite anidar condiciones:

IF(condición 1, IF(condición 2, acción 1, acción 2), acción 3)

La acción 1 se hará cuando se cumplan ambas condiciones; la acción 2 se hará si solamente se cumpla la condición 1; la acción 3 se hará si no se cumpla la condición 1.

Los modelos vector y raster difieren considerablemente en la manera como estas operaciones son realizadas. Las operaciones de superposición son usualmente ejecutadas más efectivamente en formato raster.

2.3 Operaciones de vecindad

La caracterización de vecindades cartográficas involucra la creación de un nuevo mapa basado en "ventanas móviles" de puntos vecinos alrededor de localizaciones seleccionadas. Cada función de vecindad requiere que se especifique por lo menos tres parámetros; uno o más objetos, la especificación de la vecindad alrededor de los objetos y la función que se ejecutará a los elementos dentro de la vecindad. Existen 6 tipos de operaciones de vecindad en los Sistemas de Información Geográfica, pero los más frecuentes son funciones de búsqueda, topográficas e interpolación. (Aronoff 1989, Valenzuela 1989)

Funciones de búsqueda

Las funciones de búsqueda asignan un valor a cada objeto de acuerdo a alguna característica de su vecindad. El área de búsqueda es usualmente cuadrada, rectangular o circular con un tamaño seleccionado por el usuario. Estas funciones son de dos clases: aquellas que operan con datos numéricos y las que son utilizadas con datos o variables temáticas. Funciones típicas con datos numéricos son funciones de agregación como el total, promedio, media, mínimo, máximo y estadísticas tales como la moda, número de clases diferentes y frecuencias. (Aronoff 1989, Valenzuela 1989)

Por ejemplo: mediante operaciones de vecindad se puede calcular el número de hidrantes dentro de un radio de 5 km de una estación de bomberos. En este caso el objeto es la estación de bomberos, la especificación de la vecindad es el radio de 5 km y la función es el conteo de los hidrantes dentro este radio. (Aronoff 1989)

ejemplo: Filtro promedio 3x3 en formato RASTER

1	6	8	5	2
2	7	6	3	6
4	5	3	8	9
1	2	9	7	5
3	4	5	4	2

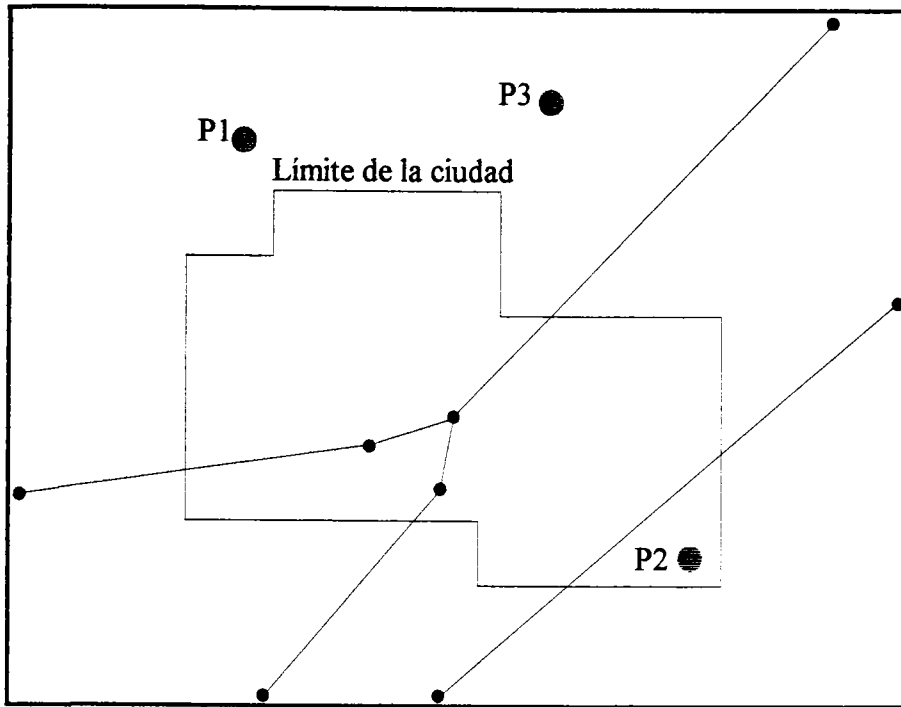
Mapa de entrada

3.0	5.0	6.0	5.0	3.7
3.6	4.7	5.7	5.6	5.6
3.1	4.3	5.6	6.2	6.4
3.0	4.0	5.2	5.8	5.7
2.7	4.0	4.9	4.8	3.7

Mapa de salida

Funciones de línea en polígono y punto en polígono

Dentro de un SIG basado en formato VECTOR esta función es un tipo de búsqueda especializada. En un SIG basado en formato RASTER esta operación es básicamente una operación de superposición.

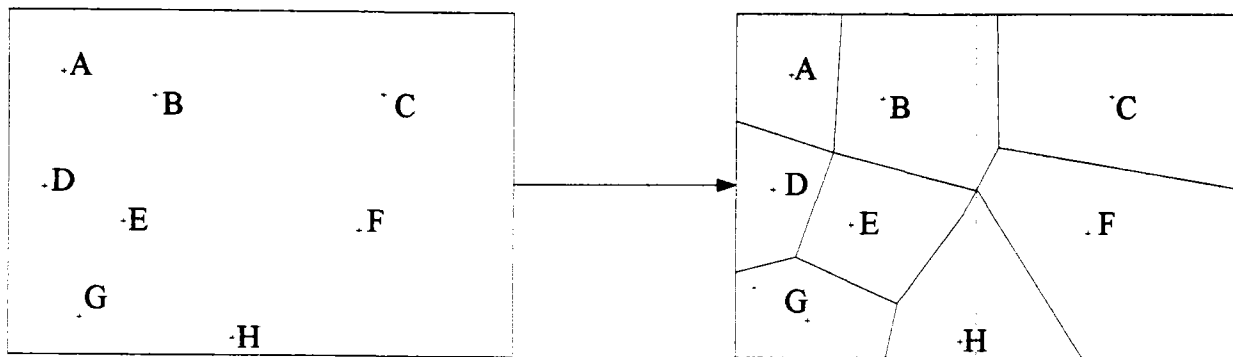


La figura muestra un mapa con tres vías que cruzan la ciudad y tres talleres de vehículos P1, P2 y P3. Los puntos negros son los arcos que definen las vías. Para verificar si las vías cruzan la ciudad no se puede hacer utilizando solamente los arcos. La vía más a la derecha no tiene arcos dentro de la ciudad pero sí cruza la ciudad. (Aronoff 1989)

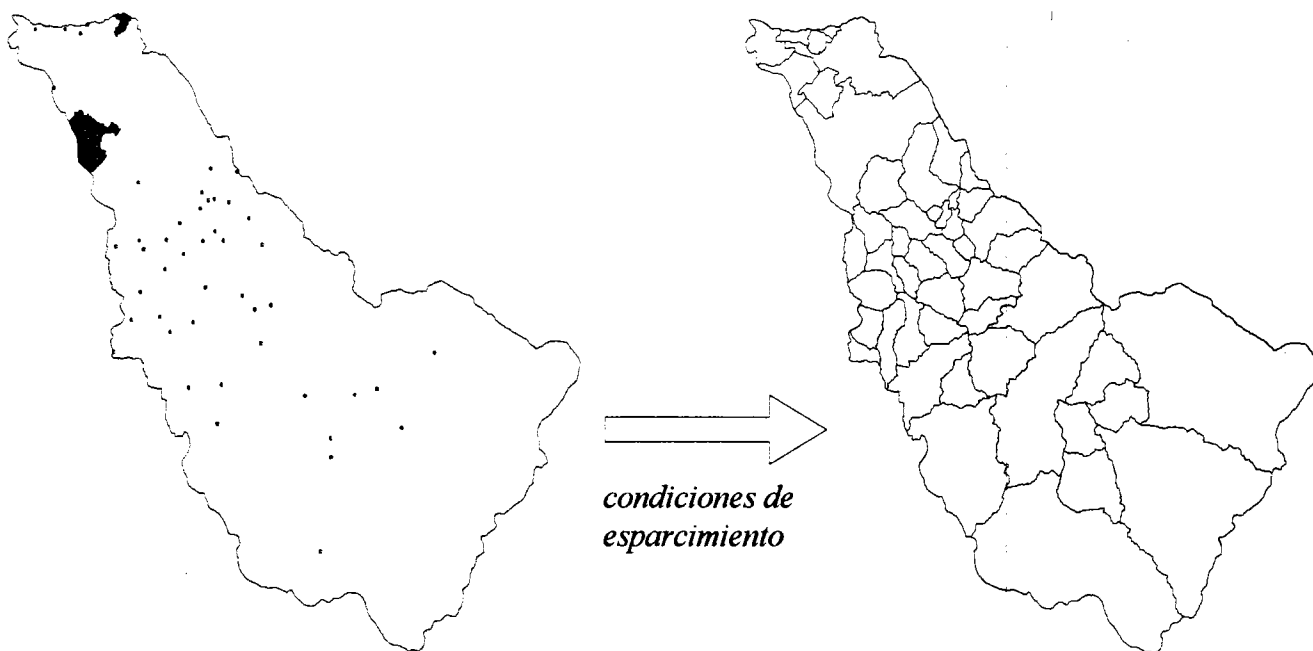
Poligonos de Thiessen

Los poligonos de Thiessen (o "*poligonos Voronoi*") definen áreas individuales de influencia por cada punto de un conjunto de puntos. Es una manera de extender información puntual asumiendo que la mejor información, para ubicaciones sin observaciones, es el valor del punto más cercano. (Aronoff 1989)

Ejemplo 1: Poligonos de Thiessen a partir de un conjunto de puntos (Aronoff 1989).



Ejemplo 2: Poligonos de Thiessen calculados sobre una superficie compleja mediante una operación de esparcimiento. (Datos: CVC, Cuenca Tuluá-Morales, Proyecto SIGPAFC, asesorado por X. Bakker, HeRindser LTDA)



Interpolación

Es el procedimiento de estimar los valores de propiedades en sitios no muestreados dentro de un área cubierta por valores conocidos en localidades vecinas. El estimar los valores de propiedades en lugares fuera del área cubierta por observaciones se llama extrapolación. La calidad de la interpolación depende de la confiabilidad, certeza, número y distribución de los puntos conocidos usados en el cálculo y en la precisión del modelamiento de la función utilizada. Los valores desconocidos son calculados con esta función. El escoger el modelo apropiado, es esencial para obtener buenos resultados. (Valenzuela 1989, Aronoff 1989)

1		3	4		6
	2				
	2		4	5	
1		3			6
			4		

Valores conocidos

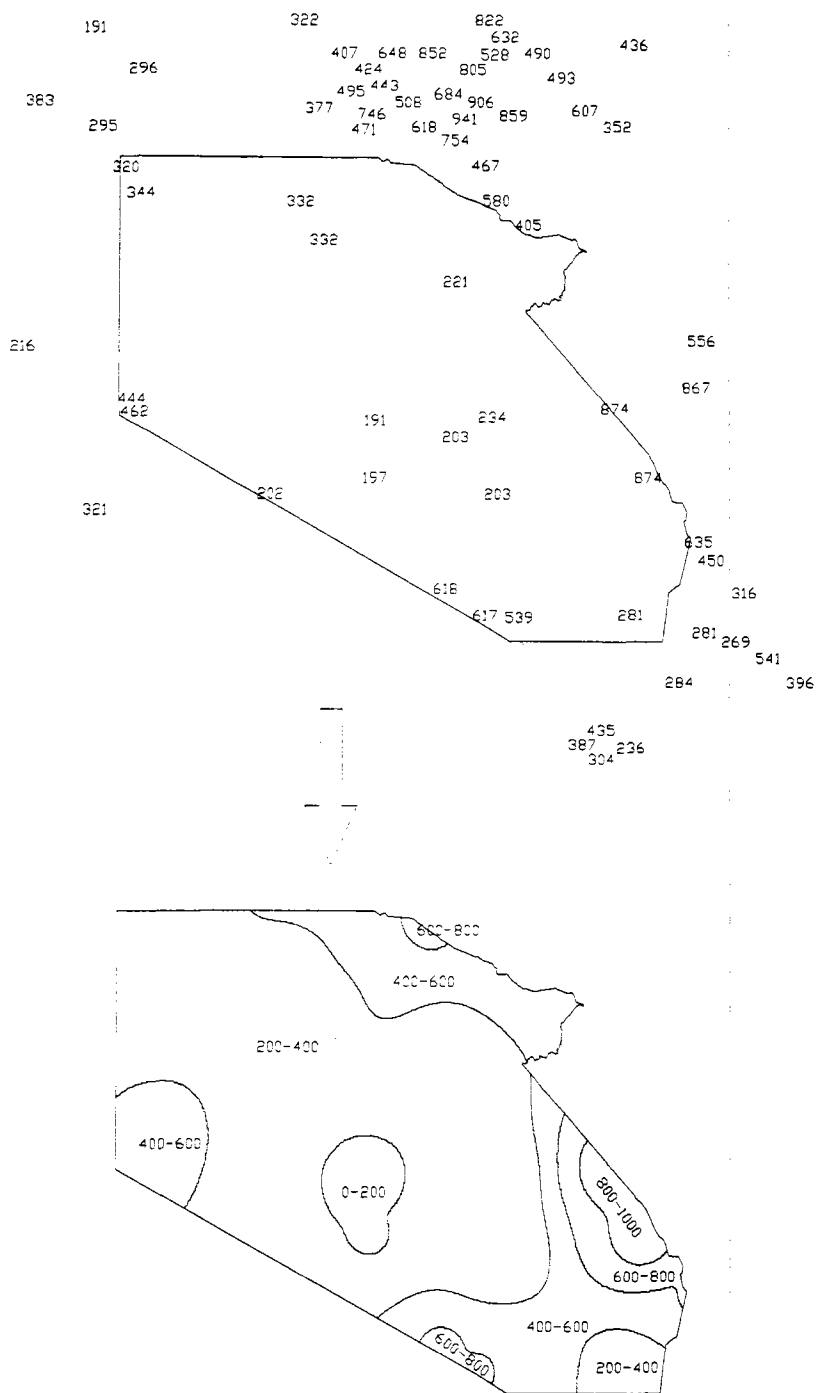
1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6

Valores interpolados

Normalmente se recomienda un mayor número de puntos (incluyendo partes fuera del área de estudio) para evitar errores durante la interpolación. Ver ejemplo de la página siguiente. En este ejemplo, se incluyeron puntos fuera del área de estudio, para asegurar la calidad de la interpolación dentro del área de estudio.

Algunos programas evitan estos errores por medio de cálculos de extrapolación.

Ejemplo: Interpolación de puntos (moving average, distancia máxima 50 km, función de peso $1/d^{2.5}-1$) con información de precipitación en el área de estudio de la Biorreserva Amboseli, Kenia.

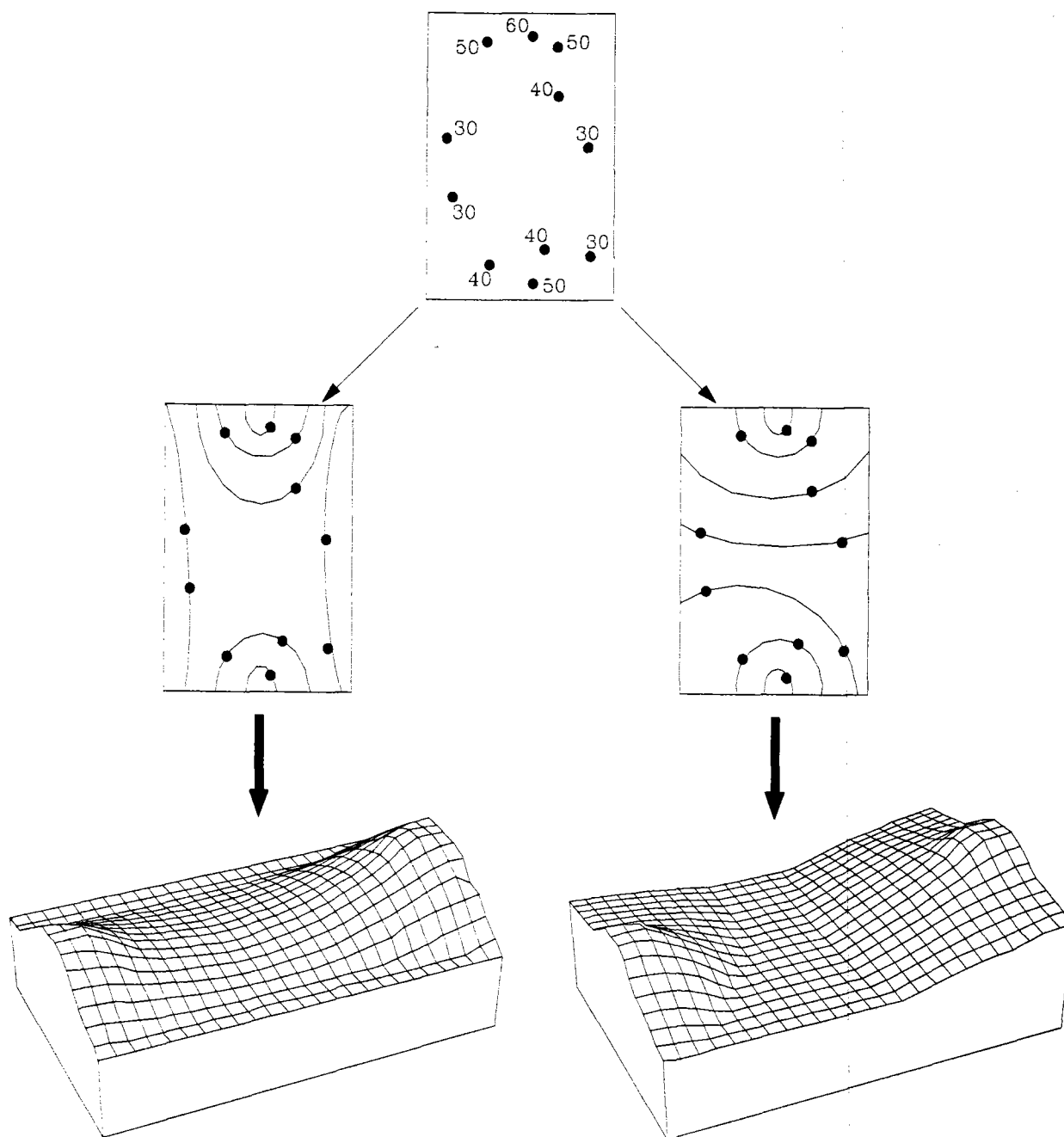


Los puntos incluidos para la interpolación también están ubicados fuera el área de estudio, para evitar que las errores de interpolación ocurran dentro del área de interés. Posteriormente se recortó el área útil.

Generación de isolíneas

Son líneas que conectan puntos del mismo valor que indican una misma característica de superficie. Las curvas de nivel son la aplicación más común, en donde los puntos representan la misma elevación. Las isoyetas son otra aplicación en que las líneas representan puntos con la misma información pluviométrica.

Ejemplo 1: Generación de curvas de nivel y vistas tridimensionales. (Aronoff 1989)



2.4 Funciones de conectividad

Las operaciones de conectividad son funciones que acumulan valores sobre el área que se atraviesa. Se requiere que uno o más atributos sean evaluados y un recorrido acumulado esté incluido en el próximo paso. El recorrido acumulado puede ser cuantitativo, como la distancia acumulada viajando, o el tiempo acumulado viajando. También puede ser cualitativo, como por ejemplo si un punto todavía es visible. Todas las funciones de conectividad tienen incluida lo siguiente: una especificación de como son interconectados los elementos espaciales, las reglas que especifican el movimiento permitido por medio de estos interconectores y la unidad de medida.

Considere, por ejemplo, una función de conectividad para viajar por medio de vías dentro de una ciudad. Una calle puede ser utilizada para definir la manera como están interconectados los elementos espaciales (calles, carreras, etc). Las reglas de movimiento pueden incluir velocidad máxima y la dirección en que uno puede viajar (contravía). La unidad de medida puede ser distancia (metros) o tiempo (segundos). Para encontrar la distancia (por medio de las calles) desde un origen hasta un destino, se tiene que definir la ruta y consecutivamente sumar las distancias individuales de los segmentos incluidos en la ruta. Este problema es mucho más complejo comparándolo con funciones de medición, con la cual se puede determinar la distancia utilizando un cálculo con la ubicación del origen y el destino solamente:

$$Distancia = \sqrt{(X_{origen} - X_{destino})^2 + (Y_{origen} - Y_{destino})^2}$$

Las funciones de conectividad se agrupan en: contigüidad, proximidad, redes, esparcimiento, optimización de rutas, intervisibilidad, iluminación y vistas en perspectiva. (Aronoff 1989)

Contigüidad

Las medidas de contigüidad evalúan las características de las unidades espaciales que se encuentran conectadas. Una área contigua consiste en un grupo de unidades espaciales que comparten una o más características específicas y forman una unidad. (Valenzuela 1989, Aronoff 1989)

Las medidas de contigüidad comunes son: el tamaño de las áreas contiguas y la línea recta o más larga a través de un área. *Ejemplo 1:*

2	1						
4	1	1					
6	3	2	1				
8	5	2	1	1	1		
2	4	3	1	1	1		
5	6	8	4	8	7		
	3	2	7	2	8		

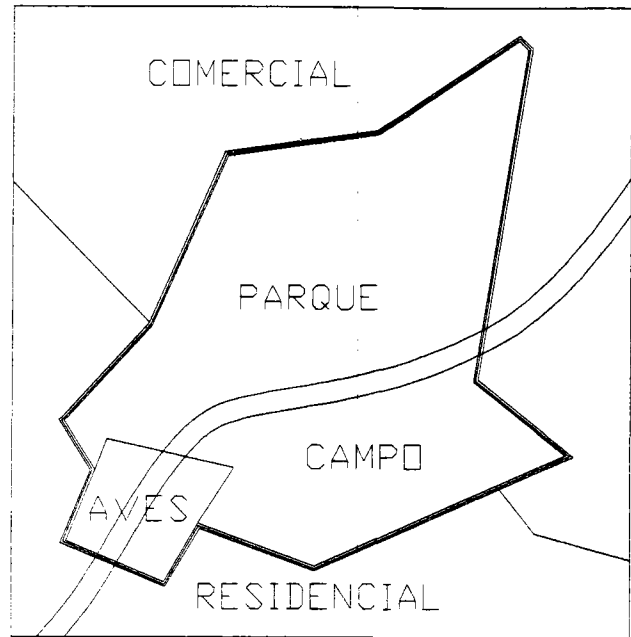
Áreas contiguas. El área de 1's (unos) sería una sola área contigua si el punto esquina - esquina se acepta.

Sí la contigüidad es solamente aceptada en la forma lado-lado, entonces los 1's (unos) conformarían dos áreas contiguas.

Formato RASTER

Ejemplo 2:

El parque, el campo y una zona avícola son consideradas como áreas verdes contiguas. La vía que atraviesa esta área contigua es considerada un vacío permitido.

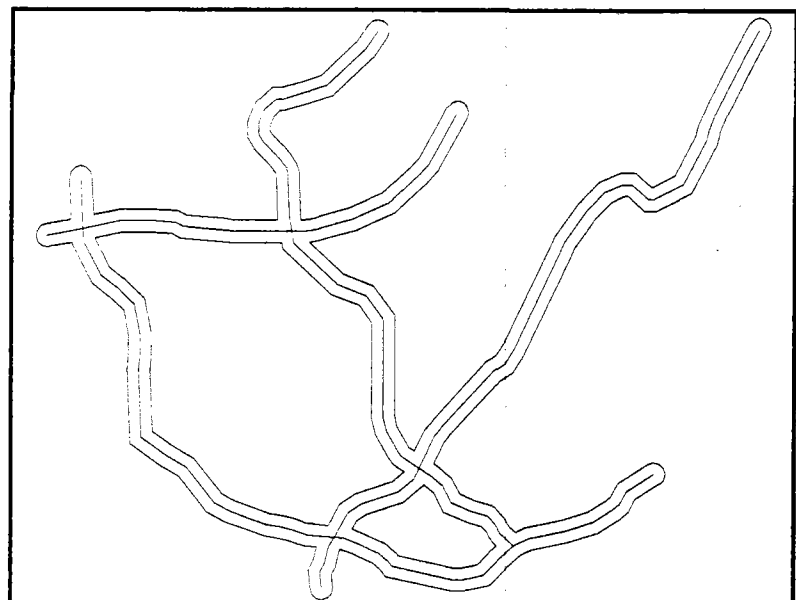


Proximidad

La proximidad es una medida de la distancia entre objetos. Cuatro parámetros se especifican para medir en proximidad: la localización del objeto, una unidad de medición, una función para calcular la proximidad (ejemplo, distancia euclidiana, tiempo de viaje, costos de viaje) y el área a analizarse. Una zona buffer constituye un resultado de un análisis de proximidad. (Aronoff 1989)

Ejemplo:

Mapa buffer de 500 m a partir de la infraestructura vial.

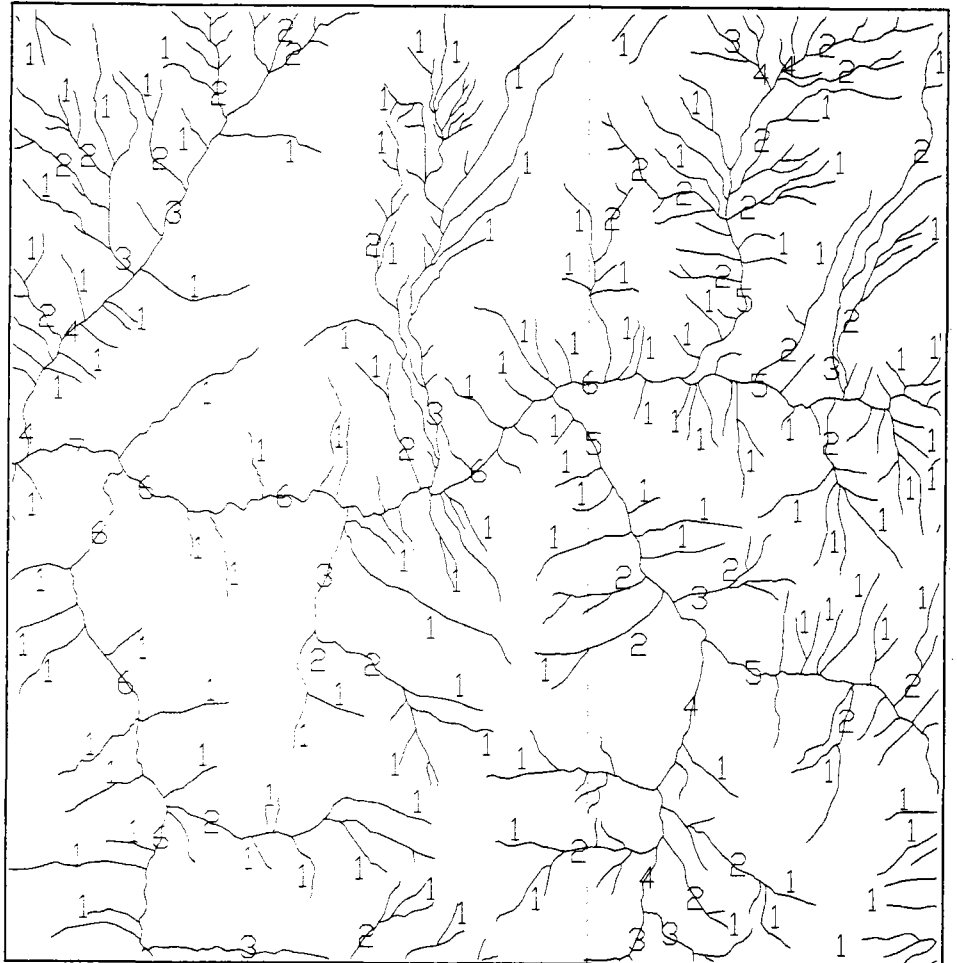


Redes

Las funciones de redes son comúnmente usadas para mover recursos de una localidad a otra. El análisis de redes usualmente involucra cuatro componentes: un conjunto de recursos (bienes a ser entregados por ejemplo), una o más localizaciones donde los recursos están ubicados, un destino y un conjunto de restricciones. (Valenzuela 1989, Aronoff 1989)

En los SIG se utiliza un análisis de redes para predecir transporte de agua y sedimentos en un sistema fluvial, optimización de rutas como horario de aerolíneas o recolección de basuras.

Ejemplo:



Ordenamiento de la red de drenajes en una parte de la cuenca Tuluá-Morales (CVC).

Los drenajes de menor caudal tienen orden 1, cuando dos drenajes de orden 1 se unen, resulta orden 2, orden 2 más orden 2 resulta en orden 3, etc.

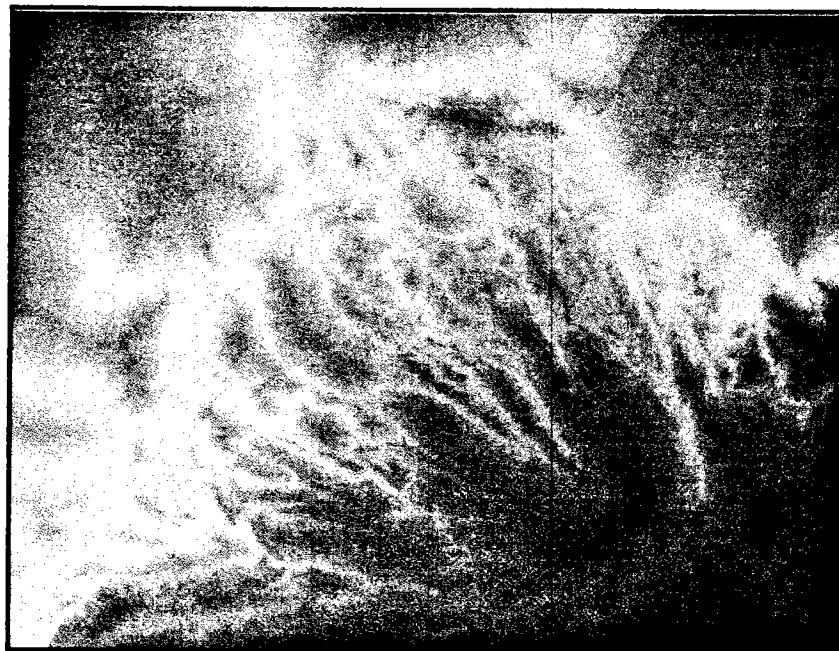
Esparcimiento

Las funciones de esparcimiento tienen características de proximidad y redes. Una función de esparcimiento evalúa fenómenos que se acumulan con la distancia. Se utilizan para evaluar tiempo o costo de transporte sobre una superficie compleja. Los movimientos pueden ser limitados por barreras parciales que reducen la velocidad de movimiento o por barreras absolutas que impiden completamente el movimiento. (Valenzuela 1989, Aronoff 1989)

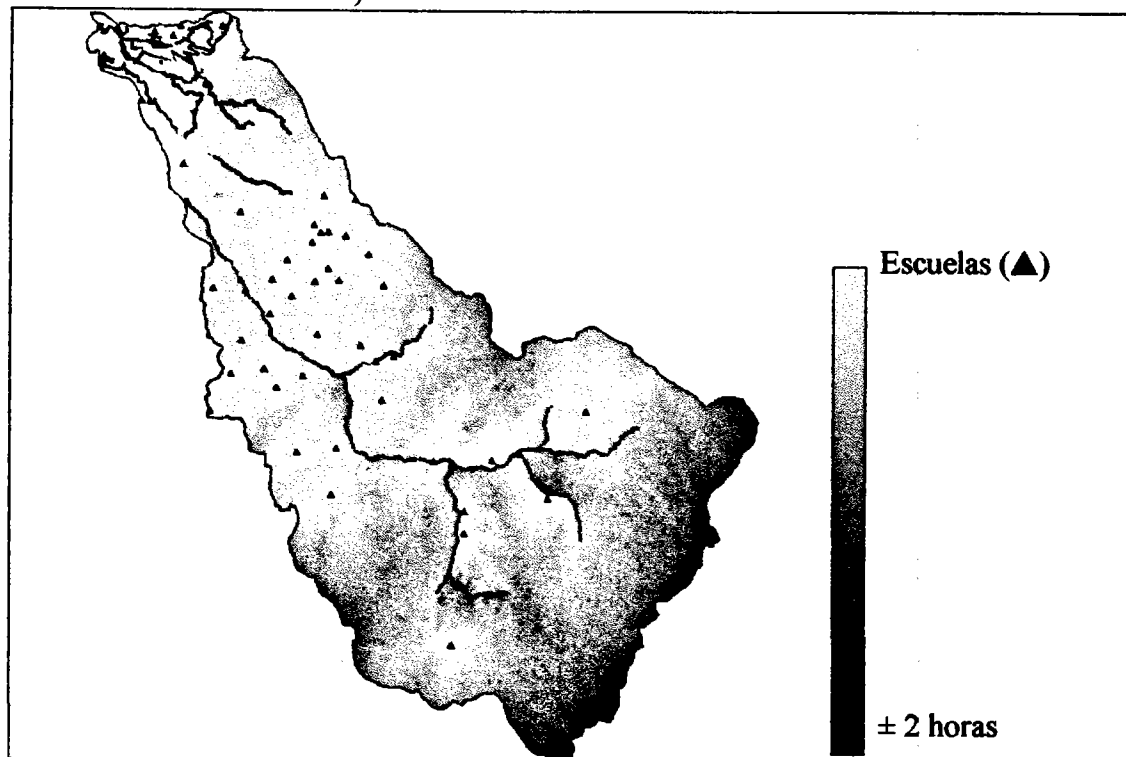
Ejemplo 1: Mapa de tiempos de viaje basado en infraestructura, vegetación, drenajes y pendientes (Cibodas, Indonesia) (Toxopeus and Bakker 1993)

Origen

± 6 horas



Ejemplo 2: Mapa de tiempos de viaje a partir de las escuelas en la Cuenca Tuluá-Morales, (Datos: CVC, Cuenca Tuluá-Morales, Proyecto SIGPAFC, asesorado por X. Bakker, HeRindser LTDA)



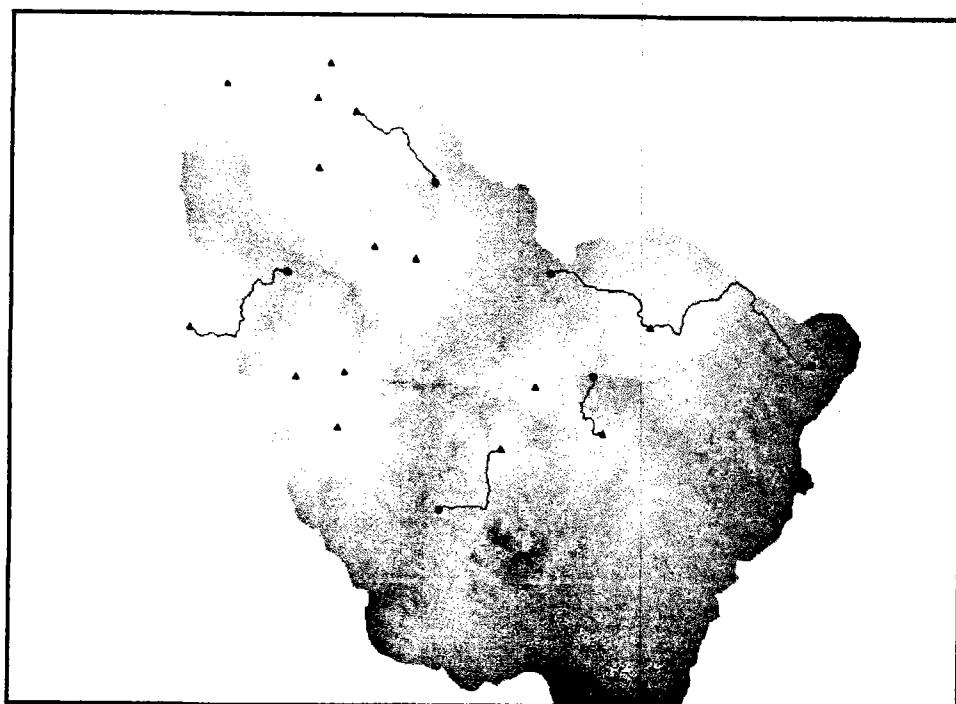
Optimización de rutas

La optimización de rutas es una búsqueda paso por paso desde un punto de origen utilizando una regla de decisión. El movimiento se repite hasta que la regla de decisión sea violada. El resultado de esta operación es la ruta óptima para llegar al destino. Se pueden aplicar estos tipos de búsquedas a un modelo digital de elevación, determinando el flujo del agua. La regla que se aplica en este caso es buscar desde el punto de origen el punto vecino con la elevación más baja. Esta operación se repite hasta llegar al limite de un mapa o cuando se llega a una depresión local (todos los vecinos tienen alturas más elevadas). (Aronoff 1989)

4.8	4	4.8	4.2	4.8	5.8
2.8	2	2.8	3.4	4.4	5.4
2	0 A	2	3	4	5
2.8	2	2.8	3.4	4.4	5.4
4.8	4	4.8	4.2	4.8	5.8 B

Optimización de la ruta entre A y B; primero se hizo un cálculo de distancias a partir de A, después se definió B como punto de origen, y determinando el vecino con la distancia más baja se generó la ruta óptima entre A y B.

Ejemplo:



Ruta óptima, desde unos puntos de interés hasta el puesto de salud más cercano. (Datos: CVC, Cuenca Tulua-Morales, análisis X. Bakker)

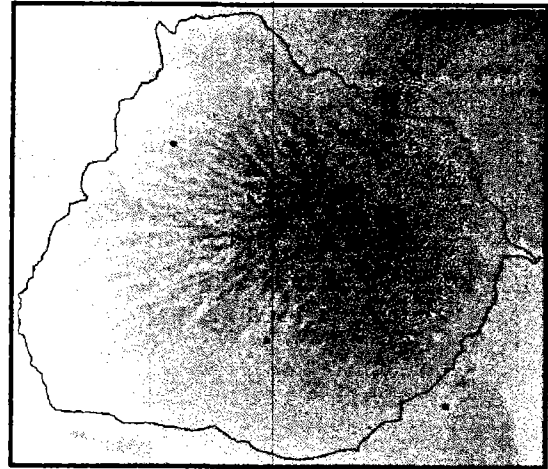
Intervisibilidad

Intervisibilidad ("*viewshed modelling*") es una operación acumulativa. Un "*viewshed*" es el área que se puede ver desde uno o más puntos de origen. Funciones de intervisibilidad son aplicadas para determinar los postes de una antena (aplicaciones en comunicaciones), determinar el impacto visual de la construcción de postes de alto voltaje (aplicaciones ambientales), determinar el área que el enemigo puede ver desde sus puntos de observación (aplicaciones militares). Las funciones de intervisibilidad usan los modelos digitales de elevación para definir la topografía de los alrededores. También se debería incluir elementos individuales (tales como edificios, postes, etc). (Aronoff 1989)

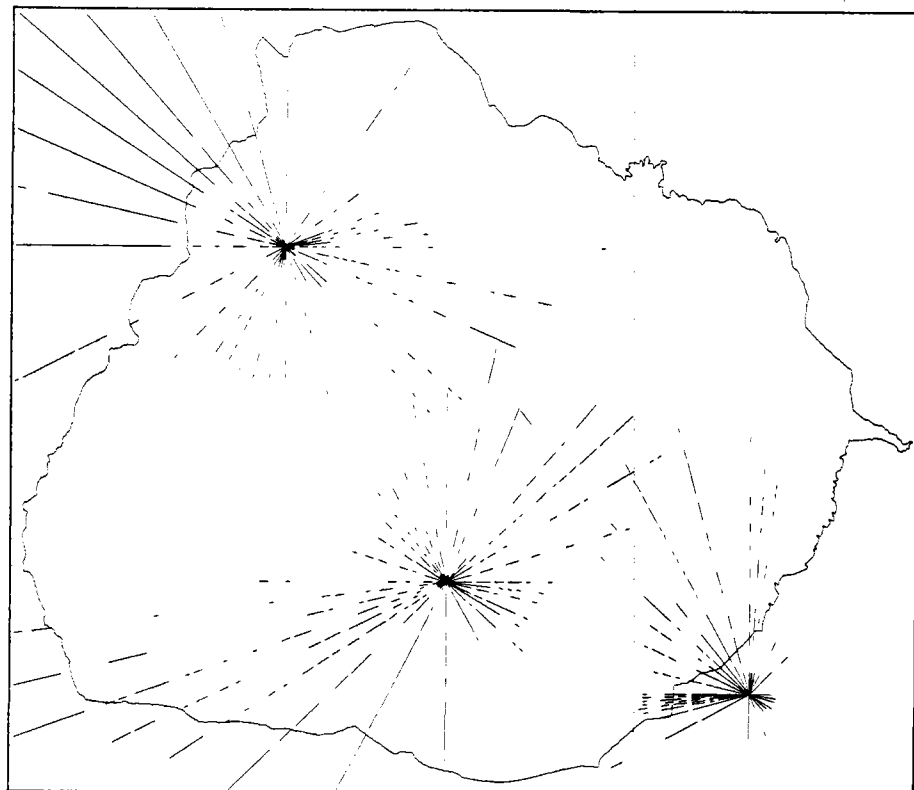
Ejemplo:



Determinación del impacto visual de los postes principales de una línea de alto voltaje, (Cibodas, Indonesia). En la figura se muestra el modelo digital de elevación. Los tres postes principales están indicados con los puntos negros.



El resultado del impacto visual está desplegado a la derecha. Las líneas indican la dirección donde es visible el poste. Donde la línea está interrumpida no se puede ver el poste. También está desplegado el límite del área de estudio.

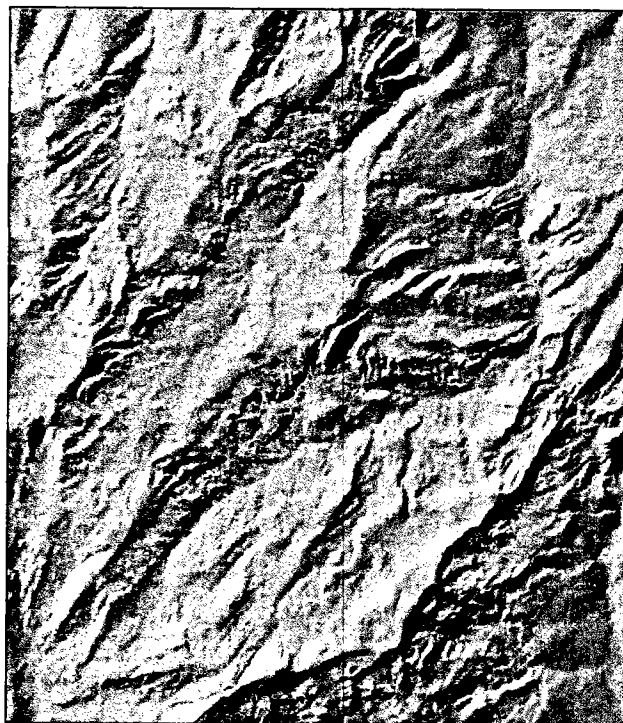


Programa desarrollado por X. Bakker.

Iluminación

Las funciones de iluminación proyectan un tipo de iluminación artificial sobre un terreno tridimensional. Los tres factores que determinan la iluminación son: la posición de la luz, la topografía y la posición o dirección como se está viendo el modelo.

Ejemplo 1:



Modelo de sombras del Municipio de Úmbita, (Boyacá, Colombia). El punto de iluminación esta ubicado en la esquina superior izquierda.

Detalle de la cuenca Tuluá - Morales. Las diferentes intensidades de gris pueden ser convertidas en diferentes tonos de amarillo, café, verde, etc, para visualizar mejor los usos sobre un modelo de sombras.

(X. Bakker)



Vista en perspectiva

Una superficie proyectada desde un punto de vista diferente al vertical se llama vista en perspectiva. La vista en perspectiva es principalmente una herramienta de presentación. En una vista tridimensional se puede exagerar la altura vertical para acentuar la topografía. Muchos programas ofrecen la posibilidad de sobreponer un mapa temático o imágenes de satélite sobre una vista tridimensional.

Ejemplo 1: Vista tridimensional de una composición a color TM 453 (RGB), ciudad de Cochabamba, Bolivia. (X. Bakker, HeRindser LTDA)



3. Modelamiento cartográfico

El modelamiento de datos espaciales involucra el uso de un modelo que es una representación simplificada de la realidad, en el que se establecen relaciones de forma generalizada. Modelamiento cartográfico es el acto de sintetizar la información geográfica como parte de un proceso de toma de decisiones, en otras palabras, es una aproximación selectiva de la realidad. (Valenzuela 1989)

El término modelamiento cartográfico es utilizado para designar el uso de las funciones de manipulación básicas de un SIG bajo una secuencia lógica para resolver problemas espaciales complejos. (Pérez U. 1995)

3.1 Tipos de modelamiento

Existen tres categorías principales de modelos:

- 1 *Modelos Descriptivos*: son aquellos que caracterizan o describen el mundo real. Un mapa es un ejemplo de este modelo.
- 2 *Modelos Predictivos*: Son los que estiman lo que puede suceder bajo ciertas condiciones. Ejemplos de modelos predictivos son aquellos de predicciones de cultivos o de erosión.
- 3 *Modelos de Decisión*: Son aquellos que sugieren el curso de acción que se debe seguir en respuesta a ciertas circunstancias. Los modelos de decisión pueden ser considerados como recomendaciones estructuradas, usadas conjuntamente con modelos descriptivos y de predicción.

3.2 Metodología

Los Sistemas de Información Geográfica son muy útiles en la creación de modelos utilizando una serie de reglas y operaciones cartográficas, generalmente los modelamientos cartográficos utilizan técnicas de reducción del problema. Con esta técnica el modelo conceptual (problema) se descompone en submodelos que pueden ser resueltos separadamente. El modelo está compuesto de tal forma que las soluciones de los submodelos individuales puedan ser combinadas, de manera que proporcione la solución al modelo original. Cada submodelo puede ser descompuesto en modelos más pequeños, los que pueden ser resueltos directamente.

El método básico del análisis de decisión es el de dividir un problema de decisión en componentes más puntuales, de esta manera, permiten al especialista el concentrarse en los puntos más críticos. El patrón de relaciones que permite la descomposición del modelo se conoce como el modelo de decisión.

Los modelos en un SIG ofrecen varias ventajas en el sentido que el analista, posiblemente más que en otras metodología, debe formularse el problema (objetivo) muy claramente, decidir el tipo de datos requeridos y si es necesario el recolectarlos. Luego debe definir los procesos cartográficos y las relaciones espaciales de una manera precisa.

Permiten la posibilidad de crear y definir una serie de escenarios que son examinados de una manera rápida. Sin embargo, también existen desventajas en el uso de estos modelos, en el sentido que algoritmos algebraicos utilizados en los procesos de transformaciones de datos, asumen que todos aquellos son absolutamente correctos. La otra suposición que se hace es que las superficies espaciales carecen de variabilidad.

3.3 Evaluación del modelo

Constituye un proceso muy importante dentro del mismo modelamiento, ya que garantiza la efectividad del modelo. En la evaluación se requieren dos acciones: la verificación y la validación. (Pérez U. 1995).

La verificación es la concordancia "fidelidad" que debe existir entre el modelo y el fenómeno a representar. La validación se refiere a la precisión de dicha concordancia y es una consideración técnica, que resulta del análisis de los resultados obtenidos frente a los esperados.

Una forma muy apropiada para la validación de un modelo consiste en la ejecución del mismo con datos que previamente no fueron usados. Para ello se debe contar con una buena serie de datos tomados en campo o que hagan parte de registros históricos estandarizados. Es importante señalar que el uso de procedimientos y procesos exactos sobre datos inexactos, no hacen que los resultados sean más exactos. En el evento que los resultados no reflejen el comportamiento de la realidad se debe replantear el modelo.

El replanteamiento de un modelo implica los siguientes pasos: definir objetivos específicos; identificar los datos requeridos; definir criterios, decisiones, reglas, procedimientos; implementar procedimientos analíticos; y nuevamente evaluar los resultados.

3.4 Aplicaciones y ejemplos

Cuando está definido el problema en forma teórica, en muchos casos será necesario simplificarlo y cambiarlo a una forma práctica. (vea los diagramas de flujo en las siguientes 2 páginas).

Diagrama de flujo teórico:

(Toxopeus and Van Wijngaarden 1994)

Diagrama de flujo práctico:

(Bakker et all 1994)

4. *Criterios básicos para la toma de decisiones*

Normalmente están involucrados más que una organización o entidad en la toma de decisiones. Dentro de estas entidades pueden distinguirse dos tipos de personas: el investigador y el analista. En muchos casos el investigador conoce bien el área de interés y los problemas, pero normalmente le falta el conocimiento para traducirlas al ambiente de un SIG. El analista conoce bien la herramienta, pero no sabe mucho sobre la problemática dentro del área de interés. La cooperación y comunicación entre estos dos profesionales es fundamental para el buen desarrollo de un proyecto.

4.1 *El papel del planificador, investigador y analista*

Dado que el uso de los SIG involucra aspectos o fenómenos que se suceden sobre la superficie terrestre, y que en muchos de los casos el uso de esta herramienta tiene como objeto la toma de decisiones, es necesario comprender e integrar las funciones de los diferentes especialistas que intervienen en la implementación de un SIG.

Normalmente son los investigadores (diferentes profesionales relacionados con las ciencias de la Tierra y ciencias Sociales) quienes se plantean, ya sea por iniciativa propia o por alguna necesidad de la comunidad, diferentes tipos de proyectos que involucran el uso de los SIG. Un proyecto que a su interior contemple diferentes aspectos espaciales involucra la presencia de diferentes tipos de profesionales (ingenieros, forestales, geólogos, sociólogos, biólogos, estadistas, matemáticos, arquitectos y muchos otros en determinados casos)

En nuestro medio, los investigadores tienen un gran cúmulo de conocimientos en sus respectivas áreas pero adolecen de la suficiente capacitación en el uso de la herramienta. Esta carencia de habilidad se puede subsanar si existe un buen experto en el manejo de la herramienta, "analista" (generalmente ingenieros de sistemas o afines), y una buena comunicación con él.

El éxito de un proyecto dependerá de la buena acción interdisciplinaria que se maneje (submodelos), de la calidad de los datos y del planteamiento lógico y organizado que se le presente al analista, lo cual puede ser mediante la estructuración de los submodelos o del modelo general. Otro aspecto importante es tratar de trabajar conjuntamente con él, para conocer los resultados parciales e ir validando el modelo.

Adicionalmente a las sugerencias dadas por el analista, el investigador debe tener presente los planteamientos sugeridos por el planificador (entiéndase por planificador a la persona que tiene el poder de tomar decisiones -alcaldes, gobernadores, jefes de parques naturales, etc-). Por esta razón, en lo posible, el investigador debe plantear diferentes escenarios (diferentes soluciones o alternativas que visualizan determinado comportamiento de un fenómeno ante determinadas circunstancias) para que el planificador opte por la solución más adecuada.

Bibliografía

- Aronoff, S.* 1989. Geographical Information Systems: A Management Perspective. WDL Publications Ottawa. Canada. 294p.
- Bakker, X., M. Esser and A.G. Toxopeus,* 1994. ISM Handbook, Volume Va, Batch file listing (Cibodas Case). ITC publication, 94p.
- Bakker, X. and H. Rivera,* 1995. Desarrollo de un Sistema Interactivo de Visualización Espacial y Temporal para el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia. Memorias de VII Seminario SELPER. Méjico, 8p.
- Bakker, X. and H. Rivera,* 1995. Desarrollo de un Sistema Interactivo para Evaluar Estrategias de Mercadeo en manera espacial y temporal para Bogotá, Colombia. Memorias de VII Seminario SELPER. Méjico, 7p.
- Bocco, G., H de Brouwer and F. Karanga,* 1991, Modelling water resources and water demand in semi arid areas: data integration and analysis using a geographical information system. A case study in Samburu District, northwestern Kenya, using the Integrated Land and Water Information System (ILWIS). ITC, Enschede, 97p.
- Bosque Sendra, J.,* 1992, Sistemas de Información Geográfica, Ediciones Rialp S.A., Madrid. 435p.
- Burrough, P.A.* 1985. Principles of Geographical Information Systems for Land Resource Assessment. Clarendon Press, Oxford. 193p.
- ITC Journal* 1988-1: ILWIS overview.
- ILWIS,* 1993, ILWIS 1.4 User's manual, 3d edition, Vol. I and Vol. II, ITC, The Netherlands.
- Pérez Gomez, U.,* 1995. Notas de Clase Análisis y modelamiento de datos en un SIG. IGAC, Colombia, 23p.
- Toxopeus, A.G., and X. Bakker,* 1993, Preliminary results of modelling the vulnerability of primary forest in the Cibodas Biosphere Reserve, West Java, Indonesia. ITC publication, 80p. The Netherlands.
- Toxopeus, A.G., X. Bakker and M. Esser,* 1993, ISM Handbook, Volume II, Training Component (Cibodas Case), ITC publication, 173p.

Toxopeus, A.G., W. van Wijngaarden, 1994, An interactive spatial modelling (ISM) system for the management of the Cibodas Biosphere Reserve (west Java, Indonesia). ITC Journal 1994-4, pp. 385-391, The Netherlands.

Toxopeus, A.G., X. Bakker and A. Kariuki, 1994, An interactive spatial modelling (ISM) system for the management of the Amboseli Biosphere Reserve (southeast Kenya). ITC Journal 1994-4, pp. 392-400, The Netherlands.

Toxopeus, A. G., 1996, ISM An Interactive Spatial and temporal Modelling system as tool in ecosystem management. ITC publication Number 44, The Netherlands, 250p.

Valenzuela, C, 1989, Análisis y modelamiento de datos, notas de clase. 10p.

Westen, C. J., 1993, Training Package for Geographical Information Systems in Slope Instability Zonation, ITC Publication Number 15, The Netherlands, 245p.

Anexo:

Calidad de los datos (Valenzuela 1989)

La precisión posicional está bien definida en SIG, es una medida de la probabilidad de la posición de los datos que están dentro de una distancia especificada de su localización real. La precisión de posición se ha hecho desde hace mucho tiempo, incluso antes del uso de la cartografía asistida por computador. Sin embargo, la precisión de atributos que incluye la precisión de clasificación es un tema reciente que depende de la experiencia del analista y la calidad de las herramientas utilizadas.

El conocer la calidad de los datos es un aspecto crítico al juzgar las aplicaciones para las que estos datos son apropiados. Cuando se hacen manualmente los análisis espaciales, especialmente las superposiciones de mapas, los analistas se hicieron expertos en la superposición de mapas moviéndolos hasta que éstos se superpongan correctamente en porciones del mapa así sucesivamente se repite este proceso hasta que todo el mapa se haya analizado. Este procedimiento no es posible en un SIG digital. Presuposiciones implícitas sobre la calidad de los datos deben hacerse explícitas para que puedan ser estudiadas correctamente.

El National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA) en los Estados Unidos incluye en su programa de investigación, la precisión de los datos espaciales como uno de sus 12 temas de prioridad. Los siguientes siete puntos establecen la base y objetivos de las iniciativas de investigación en precisión de datos espaciales.

- ✧ La precisión de procesamiento en SIG es efectivamente infinita. El SIG típico en vectores localiza 8 decimales a cada coordenada y muchos usan 16. La precisión de procesamiento es normalmente establecida por la precisión de entrada, entonces, se puede esperar que intersecciones de líneas por ejemplo, sean computadas con, por lo menos, las coordenadas de entrada. Sin embargo, estos niveles de precisión son mucho más altos que la precisión de datos típicos de SIG. En un mapa topográfico de 100 cm. por 100 cm., 8 dígitos de precisión determinan coordenadas al micrón más cercano, mientras que la línea promedio en un mapa topográfico es de cerca de 0.5 mm. de ancho. En el globo, dígitos con 8 decimales darían posiciones a los 10 cm. más cercanos, lo que es muchísimo más preciso que los datos típicos sobre el globo.
- ✧ Todos los datos espaciales son de precisión limitada. Datos posicionales están basados sobre mediciones de distancias o ángulos y su precisión depende de los instrumentos utilizados. Muchos objetos presentes en las bases de datos espaciales son abstracciones o generalizaciones de variaciones espaciales, por ejemplo, el área denominada tipo de suelo A en un mapa de suelos no es en realidad todo de tipo A y sus límites no son límites muy bien definidos para zonas de transición.

- ⊛ En análisis convencional de mapas, la precisión es usualmente adaptada a la confiabilidad. El límite de la precisión en un mapa en papel es el ancho de la línea o típicamente cerca de 0.5 mm. La distorsión del papel debido a cambios de humedad, a menudo puede reducir la confiabilidad sustancialmente bajo ese nivel. Sin embargo, 0.5 mm. permanece el objetivo de precisión en la recolección de datos y la compilación de mapas.
- ⊛ La habilidad de cambiar y combinar datos provenientes de diferentes fuentes y escalas en un SIG significa que la precisión usualmente no está adaptada a la confiabilidad. En el mundo digital, la precisión no está atada a la confiabilidad. Ningún SIG actual advierte al usuario cuando un mapa digitalizado a 1:25.000 es superpuesto con uno digitalizado a 1:100.000 y el resultado es graficado a 1:24.000 y casi ningún SIG lleva la escala del documento fuente como un atributo de los datos.
- ⊛ No tenemos medios adecuados para describir la confiabilidad de objetos espaciales complejos. Para puntos, la precisión posicional puede ser descrita por un modelo de medición bidimensional y una vasta literatura está disponible sobre este tema. Para objetos complejos, líneas y áreas tenemos métodos para describir algunos de los errores introducidos por el procesamiento de digitalización, pero ninguno para modelar la complejidad de las relaciones entre objetos abstractos y las variaciones espaciales que ellos representan.
- ⊛ El objetivo debería ser una medida de inseguridad en cada producto SIG. Idealmente, el resultado que describe el error en la base de datos y su propagación a través de procesos SIG debería ser un conjunto de límites de confiabilidad de los productos SIG. En algunos casos esto es relativamente simple; un modelo de error de precisión de posición de un polígono, podría ser utilizado para generar límites de confiabilidad en la estimación del área del polígono. En otros casos, el problema se torna más difícil en vista de la complejidad del conjunto de normas que se utilizan durante el análisis cartográfico en muchas aplicaciones de SIG.

Apéndice 3: MANUAL DEL PROGRAMA SIGEDUC (ILWIS 2.1)

Introducción

El análisis propuesto en el capítulo 2.2 involucra un número importante de operaciones con mapas y tablas, así como la entrada de un gran número de comandos. Esto puede tener dos consecuencias negativas:

- a) cuando un comando no es correcto, el resultado no es válido y es necesario repetir todo el análisis
- b) es posible entrar el próximo comando solamente cuando la operación previa ha finalizado. Varias operaciones necesitan mucho tiempo (hasta varias horas), por ejemplo, el cálculo de distancias y la interpolación. Por esto, la entrada de los comandos manualmente demanda del operador mucho tiempo.

En el programa SIG ILWIS es posible entrar comandos consecutivos en un "macro" (scriptfile) eliminando las consecuencias mencionadas, pero su uso requiere que el procedimiento para el análisis esté predeterminado. El procedimiento propuesto para el análisis básico (capítulo 2.2), está consignado en el script SIGEDUC. Para operar el programa es necesario entrar los datos en un formato fijo y proceder con los cálculos y con la producción de los resultados esperados.

Las siguientes secciones explican la organización de los archivos, la preparación de los datos, la ejecución del programa y la transferencia de los resultados a otros formatos/programas. Se asume que el usuario conoce las operaciones básicas de WINDOWS y del programa ILWIS en versión 2.1.

Preparación de los directorios

La siguiente guía sugiere una forma de organización de los diferentes archivos en los directorios respectivos y puede facilitar el trabajo.

- a) C:\Localidad" (directorio principal)

Utilice para este directorio el nombre de la localidad, por ejemplo SUBA, USME, BOSA o SANC (para San Cristóbal). Coloque en este directorio todos los datos y los resultados del programa SIGEDUC en varios subdirectorios.

- b) C:\Localidad"MANZANAS

Coloque en este subdirectorio todos los archivos relacionados al mapa de manzanas.

c) C:\Localidad\ESCUELAS

Coloque en este subdirectorio todos los archivos relacionados con las escuelas.

d) C:\Localidad\NINOS

Coloque en este subdirectorio todos los archivos relacionados con los niños.

e) C:\Localidad\ANALISIS

En este subdirectorio se hace todos los análisis. Coloque en este subdirectorio todos los archivos necesarios para el análisis:

Archivos compartidos para todos los análisis:

- archivo script SIGEDUC (SIGEDUC1)
- mapa raster MANZANAS
- mapa de segmentos MANZANAS
- tabla ESCUELAS
- dominio DISTCL
- tabla DISTCL
- (mapa raster PENDPERC, solamente en el caso que el área de interés tenga una variación importante en altitud y, en consecuencia, las pendientes influyeran mucho el tiempo de desplazamiento desde el hogar hasta la escuela. Utilice en este caso el archivo script SIGEDUC1 en lugar de SIGEDUC).

Archivos específicos para cada análisis

- tabla MANZANAS
- tabla NINOS
- mapa raster ESCUELAS
- mapa de puntos ESCUELAS

f) C:\Localidad\resultado

Para guardar los resultados del análisis cree, para cada análisis, un subdirectorio con un nombre lógico. Por ejemplo:

C:\Localidad\EDAPRI98

para el análisis de la situación en el año 1998, de las escuelas PRimarias y los niños con EDAd de 6-12 años (primaria).

C:\Localidad\ASISEC96

para el análisis de la situación en el año 1996, de las escuelas SECundarias y solamente los niños de edad 12-17 años que ASisten

g) C:\Localidad\DTM

Si es el caso, coloque en este subdirectorio todos los archivos relacionados con la preparación del mapa de pendientes.

Preparación de las entradas - información

Para cada área (localidad) es necesario preparar un mapa base en formato vector y raster. Este mapa básico no cambia en los diferentes análisis. Los datos específicos de cada análisis consisten en tablas con información sobre las manzanas, las escuelas y los niños, y en mapas de puntos y raster que contengan la ubicación de las escuelas o colegios. De ser necesario, se debe crear un mapa de pendientes.

Se propone trabajar con ILWIS. Es posible importar mapas digitales de otros sistemas hacia ILWIS, pero esto requiere un conocimiento profundo de los dos sistemas, sin lo cual se generan varios problemas.

a) Mapa de manzanas en formato vector y puntos

- cree un "Coordinate System" con los límites de las coordenadas (mínimum y máximum) del área de interés,
- cree un mapa de segmentos con el "Coordinate System",
- cree un mapa de puntos con el "Coordinate System" y el dominio clase MANZANAS,
- digitalice, como segmentos, los límites de las manzanas, las calles, los ríos y otros obstáculos naturales o construidos, del área de interés,
- digitalice, como puntos, todos los centros de los polígonos y ponga como nombre el sector+seccion+manzana de las manzanas o Calle, Río, etc.

b) Mapa de manzanas en formato raster

- poligonice el mapa y asigne (label) como nombre de los polígonos el nombre de la manzana, calle, río, etc. del dominio MANZANAS,
- cree un "Georeference" con el "Coordinate System" de (a), use tamaño de pixel igual o menor de 2.5 m.,
- rasterice el mapa de polígonos con el anterior "Georeference". Asigne como nombre MANZANAS.

c) Tabla con información sobre las manzanas

- cree una tabla MANZANAS con base en el dominio MANZANAS, o haga una tabla de atributos con el nombre MANZANAS en "Raster Map Properties",
- cree en dicha tabla las columnas ORIGIN y ACCES con un dominio "value",
- la columna ORIGIN tiene un valor "?", con excepción de las manzanas donde hay una escuela o colegio, que tienen un valor "1". Prepare esta columna para cada análisis,
- la columna ACCES tiene la información sobre la accesibilidad del área, con los siguientes valores:
 - todas las manzanas con construcciones: - 1 (inaccesible)
 - todos los Ríos y otros obstáculos naturales o construidos: -1 (inaccesible)

- todas las calles: 1 (accesibilidad normal)
- para las otras manzanas que son accesibles, aunque menos que las calles, como son los parques y las zonas verdes, asigne un valor en relación con la accesibilidad, por ejemplo 2, que indica una accesibilidad de 50% con relación a la de las calles (ver para detalles Manual de ILWIS)

d) Tabla con información sobre las escuelas/colegios

- cree un dominio ESCUELAS con todos los nombres de las escuelas/colegios,
- cree una tabla ESCUELAS con base en el dominio ESCUELAS,
- cree en esta tabla varias columnas con la información relevante de escuelas/colegios como MANZANA, DIRECCIÓN, NIVEL (preescolar, primaria, secundaria), ALUMNOS, etc.,

Observación: para producir esta tabla directamente es posible importar una tabla con esta información, debe tener un formato aceptable, por ejemplo, DBF. El nombre de la columna con los nombres de las escuelas/colegios debe ser NAME. Con el programa IMPORT en ILWIS, haga la conversión de esta tabla.

e) Mapa de puntos de las escuelas/colegios

- cree un mapa de puntos ESCUELAS con el mismo "Coordinate System" que el mapa MANZANAS y el dominio ESCUELAS, ver (d),
- digitalice como puntos las escuelas/colegios relevantes en el análisis.

f) Mapa raster de las escuelas/colegios

- rasterice el mapa de puntos con el mismo "Georeference" que el mapa MANZANAS.

g) Tabla con información sobre los niños

- cree una tabla NINOS con base en el dominio MANZANAS,
- cree en esta tabla una columna NINOS con el dominio "value",
- entre en esta columna el número de niños en cada manzana, en la clase de edad, nivel SISBEN, asistencia, etc. relevante en el análisis.

Observación: para producir esta tabla directamente es posible hacer una consulta (Query) aplicada a la base de datos SISBEN. El apéndice 9 contiene la información acerca del procedimiento.

h) Dominio con definición de las clases de distancia

- cree un dominio DISTCL de tipo "Group",
- defina las clases con el valor superior y el nombre.

i) Tabla con clases de distancia

- crea una tabla DISTCL con el dominio DISTCL.

j) Mapa de pendientes

- cree un mapa de segmentos CONTOUR con el mismo "Coordinate System" que el mapa MANZANAS,
- digitalice todas las curvas de nivel del área con el código altitud en m.,
- produzca un mapa de altitud con el mismo "Georeference" que el mapa MANZANAS por medio de la operación "Interpolation",
- produzca, con base en este mapa, un mapa de pendientes en porcentajes (PENDPERC) (ver por el procedimiento el manual de ILWIS).

Ejecución del análisis

La ejecución del análisis consiste en cuatro etapas:

- a) organice todos los archivos necesarios en el subdirectorio C:\"Localidad"\ANALISIS,
- b) ejecute el archivo automatizado SIGEDUC (o SIGEDUC1),
- c) edite los resultados,
- d) guarde los resultados en un subdirectorio.

En ningún caso copie, borre o renombre archivos de ILWIS utilizando DOS o un administrador de archivos. Siempre debe utilizar el comando "Copy" en ILWIS.

- a) **organización de todos los archivos necesarios en el subdirectorio c:\"Localidad"\ANALISIS**
 - copie o haga todos los archivos necesarios en este subdirectorio (ver Preparación de los directorios parte (e)).
- b) **ejecución del programa SIGEDUC y edición de los resultados**
 - ejecute ("run") el archivo script SIGEDUC, o en caso de un área con pendientes, el script SIGEDUC1. Dependiendo de la complejidad del área, el análisis completo puede demorar hasta 8 horas.
- c) **edición de los resultados**
 - despliegue el mapa de polígonos RESULT en la pantalla y agregue otra información, como es mapa de segmentos MANZANAS, mapa de segmentos INFLESC (área de influencia de las escuelas), mapa de puntos ESCUELAS y, con la operación "Annotation", adicione la leyenda y los textos como necesarios,
 - guarde esta pantalla como RESULT.

d) Almacenamiento de los resultados en un subdirectorio

- los resultados específicos de cada análisis son el "View" RESULT y las tablas DISTESC, DISTCL y ESCUELAS,
- produzca un subdirectorio para cada análisis con el comando "MD"
- copie los archivos con los resultados en este subdirectorio (ver también Preparación de directorios, parte (f))

Transferencia de los resultados a otros formatos/programas

Los resultados finales del programa incluyen: un mapa y varias tablas. Pueden ser convertidos a otros formatos.

a) conversión del mapa

Primero despliegue el mapa resultante en la pantalla, usando el "View" RESULT. Con "Copy" o "CTRL+C" copie el contenido de la ventana y pegue con "CTRL+V" en otros programas bajo WINDOWS, como son WORD, POWERPOINT, PAINT, etc.

b) conversión de las tablas

Las tablas DISTESC, DISTCL y ESCUELAS pueden ser convertidas en otros formatos (por ejemplo DBF) usando el programa EXPORT en ILWIS 2.1. Este formato puede ser leído para otros programas, por ejemplo, Excel. En este programa puede hacer gráficas y también puede analizar los resultados estadísticamente.

Apéndice 4: PROGRAMA AUTOMATIZADA SIGEDUC (ILWIS 2.1)

Archivo script SIGEDUC para el análisis en áreas planas o sin información sobre pendientes.

```
rem Script para ILWIS 2.1: SIGEDUC
rem Secretaría de Educación, Coordinación General de Planeación,
rem Proyecto SIGEDUC, Willem Van Wyngaarden
rem Santa Fe de Bogotá, 10-11-1997

rem Datos iniciales esenciales:
rem - mapa raster MANZANAS
rem - tabla MANZANAS con columnas ORIGIN, ACCESS
rem - tabla NINOS con columna NINOS
rem - mapa raster ESCUELAS
rem - dominio (clase) DISTCL

rem Parte 1: Calculo de accesibilidad a las escuelas (ACESSIBILIDAD):
rem Creación de mapa raster ORIGIN:
  ORIGIN{vr=0:100:1} := MANZANAS.MANZANAS.ORIGIN
rem Creación de mapa raster ACCES:
  ACCES{vr=-1:10:0.1} := MANZANAS.MANZANAS.ACCES
rem Create distance map over Calles:
  DISTCAL{vr=0:8000:1.0} := MapDistance(ORIGIN,ACCES)
  Delfile ORIGIN.*
  Delfile ACCES.*
rem Interpolación a dentro las manzanas:
  DISTMANZ{vr=0:8000:1.0} := MapInterpolContour(DISTCAL)
  Delfile DISTCAL.*
rem Limitación al área de estudio y conversión a tiempo a caminar:
  DISTAN{vr=0:90:1.0} := iff(Isundef(MANZANAS),?,DIST/66.7)
  Delfile DISTMANZ.*
rem Clasificación en clases de tiempo a caminar:
  DISTCL := CLFY(DISTAN,DISTCL)

rem Parte 2: Calculo del área de influencia de las escuelas (OFERTA):
rem Calculo del mapa de polígonos de Thiessen:
  INFLESC.MPR := MapThiessen(ESCUELAS,DISTAN,TEMP)
  Delfile TEMP.*
rem Calculo de mapa de segmentos del áreas de influencia:
  INFLESC.MPS:=SegmentMapFromRasAreaBnd(INFLESC,8,smooth,single)

rem Parte 3: Calculo del número de niños por pixel (DEMANDA):
rem Calculo del número de pixeles por manzana:
  MANZANAS.HIS := TableHistogram(MANZANAS)
rem Unir con la tabla MANZANAS:
  Tabcalc MANZANAS NPIX = ColumnJoin(MANZANAS.HIS,NPIX)
rem Calculo del número de niños por pixel:
  Tabcalc MANZANAS NINOSPIX = NINOS/NPIX*1000
rem Calculo del mapa con el número de niños por pixel:
  NINOSPIX{vr=0,100:0.01} := MANZANAS.MANZANAS.NINOSPIX
```

```
rem Parte 4: Calculo de los resultados (EVALUACIÓN):
rem Cruce del mapas INFLESC y DISTCL:
  DISTESC := TableCross(INFLESC,DISTCL,DISTESC)
rem Cruce del mapas DISTESC y NINOSPIX
  NINOSDIS := TableCross(DISTESC,NINOSPIX)
rem Calculo del número de niños por escuela y clase de distancia:
  Tabcalc NINOSDIS NINOS = NPIX * NINOSPIX / 1000
  Tabcalc NINOSDIS DISTESC.NINOS=ColumnJoinSum(NINOSDIS,NINOS,DISTESC,1)
  Tabcalc DISTESC ESCUELAS.NINOS=ColumnJoinSum(DISTESC,NINOS,INFLESC,1)
  Tabcalc DISTESC DISTCL.NINOS=ColumnJoinSum(DISTESC,NINOS,DISTCL,1)
rem Calculo del mapa RESULT:
  RESULT := iff(NINOSPIX>0.1,DISTCL,?)
  Delfile NINOSPIX.*
  RESULT := PolygonMapFromRas(RESULT,8,smooth)
```

Archivo script SIGEDUC1 para el análisis en áreas pendientes, con información disponible en forma de un mapa PENDPERC.

```
rem Script para ILWIS 2.1: SIGEDUC1
rem Secretaría de Educación, Coordinación General de Planeación,
rem Proyecto SIGEDUC, Willem Van Wyngaarden
rem Santa Fe de Bogotá, 10-11-1997
```

```
rem Datos iniciales esenciales:
rem - mapa raster MANZANAS
rem - tabla MANZANAS con columnas ORIGIN, ACCESS
rem - tabla NINOS con columna NINOS
rem - mapa raster ESCUELAS
rem - dominio (clase) DISTCL
rem - mapa raster PENDPERC
```

```
rem Parte 1: Calculo de accesibilidad a las escuelas (ACCESSIBILIDAD):
rem Creación de mapa raster ORIGIN:
  ORIGIN{vr=0:100:1} := MANZANAS.MANZANAS.ORIGIN
rem Creación de mapa raster ACCES con corrección por pendientes:
  TEMP{vr=-1:10:0.1} := MANZANAS.MANZANAS.ACCES
  ACCES := TEMP*(1+PENDPERC/20)
  Delfile TEMP.*
rem Create distance map over Calles:
  DISTCAL{vr=0:8000:1.0} := MapDistance(ORIGIN,ACCES)
  Delfile ORIGIN.*
  Delfile ACCES.*
rem Interpolación a dentro las manzanas:
  DISTMANZ{vr=0:8000:1.0} := MapInterpolContour(DISTCAL)
  Delfile DISTCAL.*
rem Limitación al área de estudio y conversión a tiempo a caminar:
  DISTAN{vr=0:90:1.0} := iff(Isundef(MANZANAS),?,DIST2/66.7)
  Delfile DISTMANZ.*
rem Clasificación en clases de tiempo a caminar:
  DISTCL := CLFY(DISTAN,DISTCL)
```

```
rem Parte 2: Calculo del área de influencia de las escuelas (OFERTA):
rem Calculo del mapa de polígonos de Thiessen:
  INFLESC.MPR := MapThiessen(ESCUELAS,DISTAN,TEMP)
  Delfile TEMP.*
rem Calculo de mapa de segmentos del áreas de influencia:
  INFLESC.MPS:=SegmentMapFromRasAreaBnd(INFLESC,8,smooth,single)

rem Parte 3: Calculo del número de niños por pixel (DEMANDA):
rem Calculo del número de pixeles por manzana:
  MANZANAS.HIS := TableHistogram(MANZANAS)
rem Unir con la tabla MANZANAS:
  Tabcalc MANZANAS NPIX = ColumnJoin(MANZANAS.HIS,NPIX)
rem Calculo del número de niños por pixel:
  Tabcalc MANZANAS NINOSPIX = NINOS/NPIX*1000
rem Calculo del mapa con el número de niños por pixel:
  NINOSPIX{vr=0,100:0.01} := MANZANAS.MANZANAS.NINOSPIX

rem Parte 4: Calculo de los resultados (EVALUACIÓN):
rem Cruce del mapas INFLESC y DISTCL:
  DISTESC := TableCross(INFLESC,DISTCL,DISTESC)
rem Cruce del mapas DISTESC y NINOSPIX
  NINOSDIS := TableCross(DISTESC,NINOSPIX)
rem Calculo del número de niños por escuela y clase de distancia:
  Tabcalc NINOSDIS NINOS = NPIX * NINOSPIX / 1000
  Tabcalc NINOSDIS DISTESC.NINOS=ColumnJoinSum(NINOSDIS,NINOS,DISTESC,1)
  Tabcalc DISTESC ESCUELAS.NINOS=ColumnJoinSum(DISTESC,NINOS,INFLESC,1)
  Tabcalc DISTESC DISTCL.NINOS=ColumnJoinSum(DISTESC,NINOS,DISTCL,1)
rem Calculo del mapa RESULT:
  RESULT := iff(NINOSPIX>0.1,DISTCL,?)
  Delfile NINOSPIX.*
  RESULT := PolygonMapFromRas(RESULT,8,smooth)
```

Apéndice 7: Conversión de los archivos de ILWIS 1.4 a ILWIS 2.1

Preparación de archivos en ILWIS 1.4 para conversión:

Prepare todos los archivos en ILWIS 1.4 y/o edite y transfiera a un (sub)directorio unico !

Mapa raster MANZANAS:

- copie MANZANAS.TBL a MANZANAS.INF
- prepare MANZANAS.INF; borra las columnas, menos la columna Manzana\$ y renombre la columna Manzana\$ a Name\$
- copie MANZANAS.MPD y MANZANAS.MPI

Mapa de segmentos MANZANAS:

- copie MANZANAS.CRD y MANZANAS.SEG

Tabla MANZANAS:

- copie tabla MANZANAS.TBL
- renombre la columna Manzana\$ a Name\$

Mapa de puntos ESCUELAS:

- copie tabla ESCUELAS.PNT
- prepare tabla ESCUELAS.PNT; borra la columna Capacidad% y renombre la columna Escuela\$ a Name\$.

Tabla ESCUELAS:

- copie tabla ESCUELAS.PNT a ESCUELAS.TBL
- borra las columnas X! y Y!
- renombre la columna Escuela\$ a Name\$
- inserte una columna Escnr% con el número (secuencial) de la escuela.

Tabla NINOS:

- Copie tabla NINOS.TBL
- Renombre la columna MANZANA\$ a Name\$

Conversión de los archivos de ILWIS 1.4 a ILWIS 2.1:

En ILWIS 2.1 ejecute el programa IMPORT14 con el "default mask **" en el (sub)directorio con los archivos preparados.

Mapa raster MANZANAS:

- Domain: Class
- Domain name: MANZANAS
- Georeference: MANZANAS
- Raster map: MANZANAS

Mapa de segmentos MANZANAS:

- Domain name: MANZANAS
- Segment map: MANZANAS

Mapa de puntos ESCUELAS

- Domain: Identifier
- Domain name: ESCUELAS
- Point map: ESCUELAS

Tabla ESCUELAS:

- Domain name: ESCUELAS
- Table: ESCUELAS

Tabla NINOS:

- Domain: Class
- Domain name: MANZANAS
- Table: NINOS

Tabla MANZANAS:

- Domain name: MANZANAS
- Table: MANZANAS

Preparación del archivo convertido en ILWIS 2.1:**Actualice la tabla MANZANAS:**

- OPEN MANZANAS.TBT
 - ORIGIN = iff (DISTBASE = 0 , 1 , ?)
 - ACCES = iff (DISTBASE >= 0 , DISTBASE , -1)
- CLOSE MANZANAS.TBT