

Departamento de Asuntos Económicos y Sociales
División de Estadística

Estudios de Métodos

Serie F, No. 103

Manual de infraestructura geoespacial en apoyo de actividades censales



Naciones Unidas
Nueva York, 2010

Departamento de Asuntos Económicos y Sociales

El Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas es un punto de contacto fundamental entre las políticas mundiales en las esferas económica, social y ambiental y la acción nacional. El Departamento trabaja en tres esferas relacionadas entre sí: i) compila, produce y analiza una amplia gama de datos e información de tipo económico, social y ambiental que aprovechan los Estados Miembros de las Naciones Unidas para examinar problemas comunes y hacer un balance de las opciones en materia de políticas; ii) facilita las negociaciones de los Estados Miembros en muchos órganos intergubernamentales sobre el curso a seguir en forma conjunta para abordar los desafíos mundiales actuales o en ciernes, y iii) asesora a los gobiernos interesados sobre las formas y los medios de traducir los marcos normativos desarrollados en las conferencias y cumbres de las Naciones Unidas en programas a nivel de países y, mediante la asistencia técnica, ayuda a aumentar la capacidad nacional.

Nota

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen publicados los datos que contiene no implican, de parte de la Secretaría de las Naciones Unidas, juicio alguno sobre la condición jurídica de ninguno de los países, territorios, ciudades o zonas citados, ni de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

En la presente publicación, la palabra “país” también se emplea, cuando corresponde, con respecto a territorios o zonas.

Se recurre a los calificativos de países, territorios o regiones “más desarrollados”, “menos desarrollados” y “menos adelantados” únicamente para facilitar la presentación estadística, pero esta denominación no entraña necesariamente un juicio sobre la fase del proceso de desarrollo a que puede haber llegado un país o territorio dado.

Las firmas de los documentos de las Naciones Unidas se componen de letras mayúsculas y cifras.

ST/ESA/STAT/SER.F/103

ISBN 978-92-1-361242-2

Publicación de las Naciones Unidas
Número de venta: S.09.XVII.8

Copyright © Naciones Unidas, 2009
Reservados todos los derechos

Prefacio

Las Naciones Unidas publicaron el *Manual de sistemas de información geográfica y cartografía digital* para su utilización durante la serie de censos de población y vivienda del año 2000. El *Manual 2000* ha proporcionado orientación útil en materia de cartografía censal. Pero ahora es preciso actualizarlo y revisarlo a fin de tener en cuenta recientes adelantos en las tecnologías geoespaciales y sus aplicaciones a operaciones estadísticas, en particular para censos de población y vivienda.

Para el Programa Mundial de Censos de Población y Habitación, 2010, la Comisión de Estadística, en su 36° período de sesiones, pidió a la División de Estadística de las Naciones Unidas que continuara su labor de revisión y actualización de los Principios y recomendaciones para los censos de población y habitación. La Comisión pidió a la División de Estadística que abordara algunas cuestiones concretas: la aplicación del Sistema de Información Geográfica (SIG) a la recopilación y a la difusión de datos, entre ellas. Esos adelantos se reflejaron en los *Principios y recomendaciones para los censos de población y habitación, Revisión 2*, que fueron aprobados por la Comisión de Estadística en marzo de 2007.

Después de la aprobación de los *Principios y recomendaciones, Revisión 2*, la División de Estadística de las Naciones Unidas inició una serie de actividades de promoción y apoyo del Programa Mundial para los Censos de Población y Habitación, 2010 y revisó el *Manual 2000* teniendo en cuenta recientes adelantos en la tecnología geoespacial. En mayo de 2007, la División de Estadística organizó una reunión de un grupo de expertos sobre prácticas contemporáneas de confección de mapas censales y utilización del Sistema de Información Geográfica, que tuvo lugar en Nueva York. La reunión se celebró con la mira de que aportara contribuciones a la revisión del *Manual 2000*. Además, en el cuarto trimestre de 2007 y a comienzos de 2008, la División de Estadística realizó cinco seminarios prácticos sobre la utilización de tecnologías geoespaciales en la preparación de mapas censales. En África se ofrecieron dos seminarios prácticos, en inglés y francés, respectivamente, y en las regiones de Asia, el Caribe y las islas del Pacífico se realizaron sendos seminarios prácticos. La División de Estadística contrató a un consultor, David Rain, para que ayudara en la preparación del proyecto de *Manual* revisado. En abril de 2008 se organizó una segunda reunión de expertos en Nueva York para examinar el proyecto de *Manual* revisado.

El nuevo *Manual* revisado, cuyo título pasó a ser *Manual de infraestructura geoespacial en apoyo de actividades censales*, refleja las recomendaciones de las reuniones de grupos de expertos y recoge las conclusiones de los seminarios prácticos regionales sobre el SIG y la confección de mapas censales. Tanto en las reuniones del Grupo de Expertos como en los seminarios se destacó la necesidad de que los países consideraran la utilización de programas geográficos censales como un proceso continuo y no meramente como una secuencia de operaciones de confección de mapas y de difusión. Se hizo hincapié en que el *Manual* debería demostrar que la utilización y la aplicación de tecnologías geoespaciales contemporáneas son beneficiosas en todas las etapas de los censos de población y vivienda. El *Manual* debería mostrar, por ejemplo, de qué manera esas tecnologías mejoran la eficiencia en las etapas de preparación, empadronamiento, procesamiento del censo y divulgación de sus resultados.

Al respecto, es importante que el *Manual* sirva a los planificadores censales y al personal de las oficinas nacionales de estadística de guía técnica sobre métodos e instrumentos contemporáneos y prácticas recomendables que posibilite expresar mejor sus necesidades y conducir más eficientemente las operaciones de confección de mapas censales. En síntesis, el *Manual* abarca las necesidades operacionales y de gestión con considerable detalle y trata de cuestiones institucionales y de organización que son de interés para los jefes de organismos estadísticos y otros funcionarios ejecutivos. Además, aborda explícitamente cuestiones técnicas y prácticas de interés para cartógrafos censales y oficiales censistas.

El presente *Manual* está dividido en seis capítulos y siete anexos. Tras una breve introducción, el capítulo II abarca cuestiones de gestión que deberían considerar sobre todo los jefes de organismos de estadística al reorganizar las oficinas nacionales de estadística, de manera de posibilitar el cabal aprovechamiento de la infraestructura geoespacial. El contenido esencialmente técnico del capítulo III es de utilidad para el director del procesamiento de datos o el jefe de cartografía/SIG, sobre todo para su tarea de establecer una base digital de datos a nivel de zona de empadronamiento (ZE). El capítulo IV también trata de cuestiones técnicas e indica el proceso de creación de una base de datos geográficos organizada en función de las zonas de empadronamiento, y utilizando adelantos técnicos, como el Sistema Mundial de Determinación de Posición (GPS) y la teleobservación para efectuar correcciones, integrándolas donde sea necesario con las tareas realizadas a nivel de terreno. El capítulo V trata de la confección de los mapas necesarios para el empadronamiento. Se centra en aspectos operacionales y retoma el proceso a partir del punto en que finalizaron las consideraciones sobre la base de datos geográficos. El capítulo VI abarca la utilización de la infraestructura geoespacial para la difusión de los resultados censales. Los anexos I a VII proporcionan útiles referencias para quienes planifiquen y pongan en práctica soluciones geoespaciales en proyectos censales.

Durante el proceso de revisión y finalización del *Manual*, la Secretaría de las Naciones Unidas consultó a cartógrafos censales y expertos en el SIG que representaban a todas las regiones del mundo. El *Manual* también contiene algunos ejemplos proporcionados por varios de esos expertos, extraídos de la práctica de algunos de los países que han aplicado ya el SIG, el GPS y la cartografía digital. La preparación del *Manual* ha corrido a cargo de David Rain, en colaboración con el equipo de la División de Estadística de las Naciones Unidas.

Índice

	<i>Página</i>
I. Introducción	1
A. Prólogo y fundamentos del <i>Manual</i>	1
B. Alcance, propósito y lineamientos generales del <i>Manual</i>	3
C. Sinopsis de cada capítulo	4
II. Consideraciones de gestión para los jefes de oficinas nacionales de estadística y otros funcionarios ejecutivos	7
A. Introducción	7
B. La función de los mapas en los censos	13
C. De los mapas a las bases de datos geográficos: continúa la revolución cartográfica	14
D. El aumento de la demanda de datos estadísticos desagregados.	16
E. Inversiones en tecnología geoespacial: costos y beneficios	18
F. Factores decisivos de éxito para la aplicación de tecnología geoespacial en la oficina nacional de estadística	20
G. Planificación de procedimientos censales utilizando instrumentos geoespaciales	21
H. Evaluación de las necesidades y determinación de las opciones cartográficas	23
1. Evaluación de las necesidades de los usuarios	23
2. Determinación de los productos.	23
3. Opciones relativas a datos cartográficos	24
4. Recursos humanos y fomento de la capacidad.	25
I. Cooperación institucional: asegurar la compatibilidad de la infraestructura nacional de datos espaciales con otros departamentos gubernamentales.	28
J. Normas	32
K. Colaboración	32
L. Resumen y conclusiones.	35
III. Construcción de una base de datos censales a nivel de zonas de empadronamiento	37
A. Introducción	37
B. Definición de la geografía del censo nacional.	39
1. Jerarquía administrativa	39
2. Relaciones entre unidades administrativas y otras unidades informantes, estadísticas o administrativas	40

	<i>Página</i>
3. Criterios y procedimientos para la demarcación sobre el terreno de las zonas de empadronamiento.	41
4. Delimitación de zonas de supervisión (zonas que abarca el líder del equipo de empadronamiento).	43
5. Codificación geográfica o “geocodificación” de las zonas de empadronamiento	44
6. Componentes de una base de datos censales.	45
7. Concordancia de las zonas de empadronamiento con las de censos anteriores	47
C. Fuentes de datos geográficos para la delimitación de las zonas de empadronamiento	50
1. Tipos de mapas necesarios	50
2. Inventario de las fuentes existentes	51
3. Importación de datos existentes	55
4. Conversión de datos geográficos: de análogos a digitales	56
a) Escaneado	57
i) Algunas consideraciones adicionales.	61
ii) Ventajas y desventajas del escaneo	62
b) Digitalización	63
c) Edición	65
d) Construcción y mantenimiento de la topología	66
e) Integración de mapas digitales	67
f) Georreferenciamiento	67
g) Cambio de proyección y de datum	69
h) Integración de segmentos separados de mapas	69
D. Puesta en marcha de una base de datos para zonas de empadronamiento	70
1. Base de datos relacionales	71
2. Definición del contenido de una base de datos (modelización de datos)	74
E. Cuestiones relativas a la calidad de los datos	74
1. Requisitos de exactitud	74
2. Control de calidad.	77
3. División del territorio nacional en unidades de procesamiento	79
4. El mapa digital administrativo básico	79
5. Unidades zonales inconexas	80
6. Cálculo de superficies.	81
F. Elaboración de metadatos	82
G. Resumen y conclusiones.	84
IV. Integración del trabajo sobre el terreno utilizando datos del GPS y datos obtenidos por teleobservación	85
A. Sistemas mundiales de determinación de posición (GPS).	86
1. Cómo funcionan los sistemas mundiales de determinación de posición	87
2. Exactitud de un GPS	87
3. Sistemas mundiales de determinación de posición diferenciales	88

	<i>Página</i>
4. Otros sistemas mundiales de navegación con ayuda de satélites	90
5. Los GPS en aplicaciones de cartografía censal.	91
6. Algunas tareas concretas de cartografía relacionadas con el GPS	92
7. Necesidades de capacitación para la utilización del GPS	94
8. Resumen: ventajas y desventajas de un sistema mundial de determinación de posición	95
B. Sistemas integrados de confección de mapas en el terreno utilizando computadoras de bolsillo.	96
C. Teleobservación por satélite.	98
1. Utilización de imágenes para verificar sobre el terreno mapas de zonas de empadronamiento producidos en la oficina central del censo	98
2. Principios de teleobservación por satélite	98
3. Nivel de resolución de datos obtenidos mediante teleobservación	101
4. Fuentes en línea de datos de teleobservación por satélite.	103
5. Aplicaciones de datos obtenidos por teleobservación para efectuar análisis de población	105
6. Ventajas y desventajas de los datos obtenidos mediante teleobservación por satélites	106
D. Fotografía aérea.	107
1. Consideraciones generales sobre la fotografía aérea.	107
2. Aplicación de las fotografías aéreas a la cartografía censal.	109
3. Cuestiones institucionales y de ejecución al utilizar la fotografía aérea	110
4. Ventajas y desventajas de las fotografías aéreas	112
E. Resumen y conclusiones.	113
V. Utilización de bases de datos geográficos (mapas) durante el censo	115
A. Introducción: Utilización de instrumentos geoespaciales durante el empadronamiento censal.	115
B. Garantía de calidad, producción de mapas de zonas de empadronamiento y mantenimiento de la base de datos.	116
1. Consideraciones generales	116
2. Producción de mapas boceto y procedimientos de verificación de la calidad	116
3. Concordancia entre distintos archivos de límites y de atributos, e impresión de mapas generales	116
4. Verificación de la calidad.	118
5. Verificación por las autoridades locales y verificación final por la autoridad administrativa	119
6. Producción de mapas de las zonas de empadronamiento (incluida la impresión)	121
C. Utilización de la infraestructura geoespacial durante el empadronamiento censal.	125
1. Utilización de mapas digitales para los aspectos logísticos del censo	125
2. Seguimiento de la marcha de las operaciones censales	126

	<i>Página</i>
3. Directrices para la utilización de los mapas por los empadronadores durante el censo.	126
4. Actualización y corrección de los mapas de las zonas durante el empadronamiento	128
D. Resumen y conclusiones.	128
VI. Bases de datos geográficos para la difusión de resultados, productos y servicios de los censos.	129
A. Introducción	129
B. Tareas posteriores al empadronamiento y durante el período intercensal.	130
1. Incorporación de actualizaciones y cambios sugeridos por los empadronadores	130
2. Consolidación de las unidades de recopilación y las unidades de tabulación o estadísticas	131
3. Archivos de la base de datos	133
4. Mantenimiento de la base de datos: ventajas de un programa cartográfico permanente	133
C. Divulgación de productos geográficos censales	134
1. Planificación de la divulgación de datos	134
2. Consideraciones sobre la divulgación y el carácter privado de algunos datos: el problema de la diferenciación	136
3. Comercialización de los productos y servicios geográficos censales	138
4. Actividades de difusión, extensión y educación	139
5. Lista de posibles productos.	139
a) Archivos de equivalencia y de comparabilidad	139
b) Mapoteca de referencia	139
c) Nomenclátores y archivos centroides	140
6. Mapas temáticos para publicación	140
a) El poder de los mapas.	140
b) Elaboración de mapas temáticos a partir de datos censales	141
c) Atlas digitales para los censos	142
i) Atlas censales estáticos.	144
ii) Atlas dinámicos	145
d) Técnicas de análisis espacial	146
e) Cuestiones relativas a la producción y la publicación de mapas: tipos de productos	150
f) Instrumentos y programas informáticos de cartografía	151
7. Opciones en materia de productos: archivos digitales	152
a) Formatos de los datos.	153
b) Formatos de imágenes en cuadrícula	154
c) Formatos de datos para SIG	156
d) Datos de las coordenadas.	156
e) Datos tabulares	158

	<i>Página</i>
D. Máquinas impresoras	159
1. Consideraciones generales	159
2. Tipos de impresoras.	159
3. Impresión comercial	160
E. Bases digitales de datos geográficos para divulgación	162
1. Estrategia de divulgación de datos digitales para llegar a posibles usuarios.	162
a) Definición del contenido de los datos.	163
i) ¿En qué medida se divulgarán los datos?.	164
ii) ¿Se optará por una gran base de datos de SIG, o por una serie de bases de datos censales?	164
iii) ¿En qué medida deben integrarse los límites y la base de datos?.	165
iv) ¿Cuál es la cantidad de metadatos que han de proporcionarse?	165
b) Convenciones relativas a la denominación de los archivos.	165
c) Compresión	165
d) Documentación, incluidos los diccionarios de datos	166
e) Control y verificación de la calidad de los productos para su entrega.	167
2. Cuestiones jurídicas y de comercialización	168
a) Derechos de propiedad intelectual de los datos	168
b) Ventajas y desventajas en la comercialización de datos geográficos	169
c) Cuestiones relativas a la responsabilidad.	170
3. Cartografía por la Internet.	171
a) Enfoques basados en el servidor.	172
b) Enfoques basados en el cliente.	173
c) Enfoques híbridos.	174
d) Oportunidades de distribución de los datos censales, incluido MapServer	174
F. Resumen y conclusiones.	178
Bibliografía y referencias	179

Anexos

I. Sistemas de información geográfica	183
A. Consideraciones generales	183
B. Modelo de datos del SIG.	187
C. Capacidades de los SIG	192
II. Sistemas de coordenadas y proyecciones cartográficas.	197
A. Introducción	197
B. Coordenadas	197
C. Propiedades de las proyecciones cartográficas	201
D. Cartografía de mayor precisión: datums geográficos	203
E. Escala cartográfica	205

	<i>Página</i>
F. Un ejemplo de georreferenciación	207
G. Consideraciones prácticas.	210
III. Modelización de los datos	213
A. Introducción	213
B. Definición de expresiones clave	213
C. Ejemplo de una plantilla.	213
IV. Ejemplo de un diccionario de datos para su distribución	217
V. Diseño de mapas temáticos	221
A. Introducción	221
B. Principios del diseño de mapas	221
C. Clasificación de datos	242
D. Elección del color.	253
E. Diseño de la leyenda del mapa	255
F. Mapas que relatan historias	257
VI. Glosario	261
VII. Direcciones y URL útiles	281

Recuadros

II.1. Estudios de los casos de cuatro países	10
II.2. Obstáculos relativos a las tecnologías y los costos	19
II.3. Tres ejemplos de colaboración para intercambio de datos.	30
II.4. Participación y coordinación de organismos internacionales	31
III.1. Criterio de selección de programas informáticos geoespaciales: opciones entre COTS, análisis de imágenes y FOSS	52
IV.1. Estudio del caso de una experiencia con el GPS: Fiji	96
IV.2. Preparación de mapas ortofotográficos digitales	108
V.1. Producción de mapas censales en el terreno en la India	127
VI.1. Estudio de un caso de cartografía en la web para la divulgación de datos censales: Canadá	177

Gráficos

II.1. Etapas de planificación de la labor geográfica de un censo	22
III.1. Una jerarquización genérica de la geografía de un censo	39
III.2. Ilustración del encaje de una jerarquía administrativa	40
III.3. Plan genérico de codificación de zonas de empadronamiento	45
III.4. Plan genérico de codificación de zonas de empadronamiento	46
III.5. Etapas en la preparación de una base de datos geográficos censales	49
III.6. Ventajas y desventajas en el proceso de conversión de datos	56
III.7. Foto de un escáner de alimentación	58
III.8. Vectorización semiautomática	61
III.9. Vectorización y ajuste de datos de imágenes escaneadas.	61
III.10. Cuadro de digitalizador	63
III.11. Digitalización manual	64

	<i>Página</i>
III.12. Algunos errores comunes de digitalización	66
III.13. Traslación, escala y rotación	67
III.14. Mapa en unidades de digitalización; mapa en coordenadas del mundo real	68
III.15. Unión de sectores adyacentes de mapas	69
III.16. Ajuste de los bordes después de unir mapas adyacentes	70
III.17. Ejemplo de un cuadro de entidades – zona de empadronamiento	72
III.18. Cuadros de bases de datos relacionales	73
III.19. Exactitud lógica	75
III.20. Problemas que surgen si no se mantiene la exactitud posicional	76
III.21. Unidades administrativas constituidas por varios polígonos	80
III.22. Lago que cubre una superficie muy grande de varias unidades administrativas	81
IV.1. Sistemas mundiales de determinación de posición diferenciales	88
IV.2. Demarcación de límites de zonas de empadronamiento sobre una imagen satelital pancromática	99
IV.3. El procedimiento de teleobservación	99
IV.4. El espectro electromagnético	100
IV.5. Tamaño de los píxeles en fotografías aéreas e imágenes satelitales	101
IV.6. Distorsión debida a las variaciones del terreno	108
IV.7. Películas fotográficas e imágenes escaneadas	109
V.1. Etapas de la garantía o el control de calidad, la producción de mapas y el mantenimiento de la base de datos	117
V.2. Componentes de una muestra de mapa digital de zonas de empadronamiento	122
V.3. Ejemplo de un mapa de zonas de empadronamiento urbanas.	123
VI.1. Ejemplos de unidades informantes y tabulaciones censales	132
VI.2. El problema de la diferenciación en la divulgación de información estadística	137
VI.3. Opciones para la presentación de un atlas digital de un censo	145
VI.4. Una pantalla del Atlas dinámico de Ucrania	147
VI.5. Amortiguación de un objeto poligonal	148
VI.6. Ejemplo de una interpolación lineal con creación de líneas de contorno o curvas de nivel	149
VI.7. Ilustración de los polígonos de Thiessen.	150
VI.8. Ejemplo de un cartograma	151
VI.9. El procedimiento de impresión digital.	161
VI.10. Cartografía por la Internet – El enfoque basado en el servidor	172
VI.11. Cartografía por la Internet – El enfoque basado en el cliente	173
A.1.1. Bases del SIG	184
A.1.2. Tipos de información almacenada en un SIG.	186
A.1.3. Capas de datos – el espacio como sistema de indización.	187
A.1.4. Puntos, líneas y polígonos.	188
A.1.5. Modelos de datos vectoriales: “espagueti” y topológicos	188
A.1.6. Datos espaciales y no espaciales almacenados vectorialmente en un SIG .	189

	<i>Página</i>
A.1.7. Ejemplo de un archivo de datos en cuadrícula	190
A.1.8. Tanto los vectores como las cuadrículas pueden usarse para mostrar datos discretos y datos continuos	191
A.2.1. Sistemas de coordenadas cartesianas y polares	198
A.2.2. Coordenadas en la Tierra: sistema de referencia basado en longitud/latitud	199
A.2.3. Ilustración del proceso de proyección geográfica (proyección acimutal). .	199
A.2.4. Familias de proyecciones cartográficas.	200
A.2.5. Diferentes formas de construir una proyección.	201
A.2.6. Proyecciones cartográficas usuales	202
A.2.7. Proyecciones cartográficas	203
A.2.8. El sistema Mercator Transversal Universal	205
A.2.9. La ubicación de la Sede de las Naciones Unidas (UN) en el sistema de referencia Mercator Transversal Universal	206
A.2.10. Puntos de control en un mapa impreso	207
A.5.1. Establecimiento de la jerarquía visual mediante la elección de matices de colores o de intensidades de gris	222
A.5.2. Ejemplo de mapa de las unidades administrativas y los centros urbanos más importantes	225
A.5.3. Ejemplo de un mapa temático de la densidad de población	226
A.5.4. Efecto de la generalización sobre la presentación de características espaciales	227
A.5.5. A veces hay que simplificar la complejidad del mundo real para representarla en un SIG	227
A.5.6. Medición de variables	228
A.5.7. Variables gráficas para polígonos, líneas y puntos	229
A.5.8. Mapa de puntos de la densidad	231
A.5.9. Combinación de mapas de puntos de densidad y mapas coropléticos . . .	232
A.5.10. Representación cartográfica de objetos puntuales discretos	232
A.5.11. Representación cartográfica de características puntuales en extensión. . .	233
A.5.12. Pictogramas, en comparación con símbolos gráficos sencillos	234
A.5.13. Presentación de la magnitud y dirección de las corrientes con símbolos gráficos sencillos	235
A.5.14. Representación de los valores de los datos por medio de la variación de la cantidad de símbolos correspondientes a cada característica	235
A.5.15. Mapa con gráficos de sectores circulares	236
A.5.16. Combinación de un mapa coroplético y de un mapa con gráficos de sectores circulares.	236
A.5.17. Mapa que muestra variaciones a lo largo del tiempo, usando histogramas	237
A.5.18. Combinación de mapas y pirámides de población	238
A.5.19. Presentación en un mapa de las proporciones entre hombres y mujeres. .	238
A.5.20. Formas alternativas de representar corrientes entre regiones	240
A.5.21. Representación de la inmigración y la emigración	240
A.5.22. Métodos cartográficos alternativos para mostrar datos continuos	241
A.5.23. Intervalos iguales.	244
A.5.24. Mapas en cuartiles (igual frecuencia)	245

	<i>Página</i>
A.5.25. Desviación estándar	248
A.5.26. Asignación de matices de color a las clases, en función de las desviaciones estándar	249
A.5.27. Cortes naturales	250
A.5.28. Diferentes tipos de leyendas para mapas sombreados	256
A.5.29. Leyendas que muestran la distribución de datos estadísticos	256
A.5.30. Combinaciones de símbolos de sombreado liso y rayado para presentar dos variables en el mismo mapa	257
A.5.31. Mapa equivalente a un cuadro de doble entrada	258
A.5.32. Múltiplos pequeños—Representación de cambios a lo largo del tiempo. .	259

Cuadros

IV.1. Productos de teleobservación con alto grado de resolución espacial producidos por satélites civiles	103
VI.1. Comparación entre zonas de empadronamiento anteriores y las nuevas .	131
VI.2. Posibles mapas temáticos para atlas censales	143
A.2.1. Proyección de las coordenadas del edificio de la Secretaría de las Naciones Unidas en Nueva York, utilizando diferentes elipsoides de referencia	204
A.2.2. Parámetros de transformación	209
A.3.1. Información compilada para definir un modelo de datos espaciales	214
A.3.2. Unidades administrativas de un país con tres niveles subnacionales (ejemplo)	215
A:5.1. Evaluación de diferentes técnicas de clasificación	252
A.5.2. Elección de matices de gris y de colores	255

Capítulo I

Introducción

A. Prólogo y fundamentos del *Manual*

1.1. El *Manual de infraestructura geoespacial en apoyo de actividades censales* trata de reconocer y ampliar los aspectos positivos de su predecesor, el *Manual de sistemas de información geográfica y cartografía digital*, publicado en 2000.

1.2. Entre los importantes adelantos tecnológicos recientes figuran la disponibilidad generalizada de computadoras personales y computadoras portátiles y de bolsillo, el Sistema Mundial de Determinación de Posición (GPS), los programas electrónicos (*software*) para sistemas de información geográfica (SIG) y la producción a bajo costo de fotografías aéreas e imágenes satelitales. Esos adelantos han colocado nuevos instrumentos en manos de las organizaciones nacionales de estadística, que pueden recopilar información más fidedigna, oportuna e imparcial acerca de sus poblaciones. El surgimiento de nuevas tecnologías es, en verdad, la fuerza impulsora del nuevo *Manual*. Al mismo tiempo, se reconoce que adoptar esos nuevos métodos creará algunas dificultades para los directivos de oficinas nacionales de estadística, pues llevará acarreado la introducción de cambios en sus organizaciones. La puesta en práctica de las nuevas capacidades geoespaciales ocurre a lo largo de todo el programa censal.

1.3. El *Manual* afirma que algunas de las principales dificultades de las oficinas nacionales de estadística son no solamente de orden técnico, sino que también atañen a la estructura de organización, a la institución y a la gestión. Los países miembros, en su mayoría, han comenzado a utilizar la ciencia y la tecnología de la información geográfica de manera apropiada a la magnitud de sus necesidades programáticas. Un propósito del *Manual* es responder a esas necesidades. En muchos países está en vigor el mandato jurídico constitucional de realizar censos nacionales de población. Al mismo tiempo hubo cambios en cuanto a la mayor utilización de datos censales para la gestión en casos de desastre y muchos otros propósitos (una lista más completa figura en el capítulo II). Otros cambios son la mayor disponibilidad de datos en diversos formatos útiles; y nuevas tecnologías para facilitar más que nunca la recopilación, el análisis y el almacenamiento de los datos.

1.4. En la producción de datos para esos usos, los países están descubriendo que pueden apalancar los aspectos fuertes de otros organismos gubernamentales mediante la denominada Infraestructura Nacional de Datos Geoespaciales (NSDI)¹. Una NSDI es una ordenación institucional que posibilita que todas las dependencias gubernamentales compartan datos y colaboren entre sí a diversos niveles, incluidos los niveles nacional, regional y local. Otras cuestiones institucionales, entre ellas, financiación, dotación de personal y principios básicos de gestión de proyectos, si bien no son en sí mismas cuestiones técnicas, influirán sobre el éxito de los proyectos geoespaciales de censos. El principio de “crear una vez, utilizar muchas veces” se aplica a la construcción de una base de datos geoespaciales para censos nacionales,

¹ Una NSDI está constituida por una combinación de tecnologías, políticas, estándares y recursos humanos, cuyo propósito es adquirir, procesar, almacenar, distribuir y mejorar la utilización de datos geoespaciales. Los componentes conceptuales de la NSDI son: a) un marco institucional que define las políticas y el apoyo jurídico y administrativo para crear, mantener y aplicar los estándares establecidos a conjuntos de datos fundamentales; b) los estándares que definen las características técnicas; c) los conjuntos de datos fundamentales que requieren un marco geodésico, topográfico y bases de datos catastrales; d) un marco tecnológico que posibilita que los usuarios individualicen los conjuntos de datos fundamentales y tengan acceso a ellos (véase *GSDI Cookbook*, 2000).

dado que una vez que la base está creada, puede utilizarse en diferentes contextos nacionales para numerosos propósitos.

1.5. El presente *Manual* proporciona opciones constructivas para reorganizar la preparación de mapas censales y las tareas analíticas en torno a bases de datos digitales referenciados geográficamente. Para estructurar la organización estadística en torno a esas “bases de datos geográficos” es menester realizar una cuidadosa planificación, debido no sólo a las inversiones iniciales necesarias para el SIG, sino también al trabajo necesario para desarrollar la capacidad de analizar los datos censales y entregar productos al público de manera oportuna. El éxito del SIG como rama de actividad se basa en el poder de la información geoespacial para posibilitar la resolución de problemas y apoyar las decisiones.

1.6. El desarrollo de la capacidad para los SIG puede conllevar que se altere el organigrama tradicional de la oficina nacional de estadística, concretamente ampliando la “dependencia cartográfica” existente para transformarla en un núcleo geográfico mucho mayor, más polifacético y apto para desempeñar múltiples funciones, con capacidad de responder a todas las necesidades de confección de mapas censales. Para lograr esta reorganización tal vez sea necesario establecer una operación dotada de financiación permanente y un personal de expertos para que la oficina pueda dar cumplimiento a sus tareas a lo largo de decenios. Un núcleo geográfico dedicado a esa tarea requerirá no sólo un equipo dotado de aptitudes geoespaciales, sino también un objetivo operacional de modernizar el levantamiento de censos. El personal capacitado se ajustará a un cronograma estricto para asegurar que se entreguen a los empadronadores sobre el terreno mapas detallados correctos a tiempo para la operación censal. Una base de datos digital para una zona de empadronamiento (ZE) incluirá estimaciones de la población de las localidades, así como los límites de las zonas de empadronamiento definidos geoespacialmente para representar zonas pequeñas. Esas tareas requerirán una gestión continua, incluida una combinación de trabajo sobre el terreno (que puede ser costoso cuando los equipos deben usar vehículos aptos para todo terreno) y recopilación de datos por teleobservación, lo cual redundará en un censo más fiel y con mayor eficacia en función de los costos.

1.7. Nunca es demasiado temprano para planificar la puesta en marcha operacional de un programa geográfico. Debido al largo período de antelación necesario para poner en marcha una compleja reestructuración de las organizaciones, es preciso que la planificación se inicie con varios años de antelación. Para el empadronamiento, será necesario que los empadronadores y los directores de equipo dispongan de mapas en escala sumamente detallada. Para producir datos geográficos detallados a una escala suficientemente pormenorizada para poder utilizarlos con otras capas de datos en un SIG, con unidades de divulgación integradas según zonas de empadronamiento o enclaves de población, será necesario que la oficina nacional de estadística realice considerables tareas de planificación. El establecimiento de un núcleo geográfico o centro de datos con dedicación exclusiva, utilizando un sistema de base de datos relacionales que abarque toda la institución, tal vez requiera una reestructuración de la organización. Las capas de datos fundamentales, como los relativos a la demografía y a las delimitaciones administrativas producidos por la oficina nacional de estadística, pueden ser compartidos por muchos usuarios, con lo cual se elimina el costo de las duplicaciones. Aquellas dos capas son componentes básicos de toda NSDI; en verdad, para las actividades que abarca la NSDI, la contribución de la oficina nacional de estadística probablemente ha de ser:

- a) Una base de datos geográficos espaciales, con información poligonal y de atributos, sobre las zonas de empadronamiento del país (es decir, las unida-

des en función de las cuales se asigna territorio a los censistas sobre el terreno durante el censo). Una base digital común puede ser de utilidad para censos de agricultura y de población, como lo indican recientes experiencias en algunos países. Los datos censales pueden difundirse a nivel de la zona de empadronamiento o pueden agruparse para constituir nuevas unidades de divulgación en pequeñas zonas, como conglomerados de población;

- b) Una librería digital de delimitaciones administrativas, que abarca desde el nivel provincial hasta el nivel municipal (tal vez, incluso el nivel de parcela de terreno). Si las delimitaciones han sido efectuadas mediante operaciones de agrimensura y corregidas por la oficina nacional de estadística, el resultado será lograr sustanciales ahorros en los costos, al evitar una reiteración de las operaciones de agrimensura para otros propósitos, por ejemplo, una redistribución de distritos electorales;
- c) Un nomenclátor nacional que ofrezca nombres geográficos y coordenadas de los asentamientos de población (denominados “Códigos P” en los organismos de las Naciones Unidas encargados de asistencia humanitaria). Cuando se lo acompaña con estimaciones de población, este nomenclátor puede ser utilizado por organizaciones de asistencia humanitaria con propósitos de desarrollo y de respuesta en casos de emergencia. Los datos adicionales sobre unidades de vivienda en formato vectorial pueden utilizarse de manera similar.

1.8. Para que los datos geográficos y demográficos en formato de SIG puedan ser compartidos con otras organizaciones, la oficina nacional de estadística utilizará estándares de referencia geográfica y metadatos introducidos a nivel nacional. Es necesario tener muy en cuenta el sistema de clasificación administrativa a utilizar para organizar el territorio con fines censales, que en el presente *Manual* queda comprendido en el concepto de “geocodificación”, dado que sirve de enlace entre la información demográfica y su ubicación en la superficie del planeta.

1.9. Por sobre todo, el *Manual* destaca la necesidad de elaborar planes realistas a fin de aprovechar el poder del SIG y de otras tecnologías geoespaciales para modernizar las operaciones censales y obtener mejores resultados y análisis de mejor calidad. También se destaca la necesidad de ampliar el alcance de la cartografía censal para abarcar el marco espacial nacional del país.

B. Alcance, propósito y lineamientos generales del *Manual*

1.10. Los rápidos adelantos recientes en la preparación de mapas digitales y la tecnología del análisis geográfico, así como la creciente demanda de datos georreferenciados sobre poblaciones ubicadas en zonas pequeñas, figuran entre los motivos principales de la preparación del presente *Manual*. Todo país que inicie un proyecto censal necesitará preparar planes integrales a fin de minimizar los costos y maximizar los beneficios de las necesarias actividades geoespaciales. Además de servir como fundamento a los principales promotores de iniciativas geográficas dentro de las oficinas nacionales de estadística, es intención del presente *Manual* proporcionar información técnica y metodológica en apoyo de la selección de un conjunto de instrumentos y procedimientos adecuados para un país dado.

1.11. Dada la multiplicidad de las opciones disponibles y las diferencias entre los distintos países en cuanto a sus condiciones y a los recursos de que disponen, es

evidente que en cada caso las opciones serán diferentes. Por consiguiente, el presente *Manual* se ha diseñado como documento práctico de referencia, a manera de un “libro de recetas” que ilustra el papel de la tecnología geoespacial en cada una de las etapas del proceso de realización de un censo. Es preciso que cada país evalúe de qué manera las opciones disponibles para la confección de mapas encuadran en su propio programa censal y su propia planificación nacional. Cuestiones como los recursos geográficos existentes en el país, los recursos tecnológicos y de personal, los fondos disponibles y los plazos asignados a llevar a término las tareas geográficas para el censo, han de determinar la mejor combinación de tecnologías y enfoques para cada caso individual.

1.12. El presente *Manual* no es un tratado general sobre SIG. No contiene las órdenes ni las rutinas necesarias para la operación de determinados programas informáticos (*software*), ni presenta recomendaciones acerca de determinados programas informáticos. Tampoco es una guía general para la realización de un censo. El *Manual* respeta la gran tradición de la cartografía censal y postula que las tradicionales técnicas analógicas de confección de mapas que se utilizaron exitosamente en muchos países siguen siendo pertinentes. Una de las principales referencias al respecto, la guía *Mapping for Censuses and Surveys* (“Confección de mapas para censos y encuestas”) (1978), de la Oficina de Censos de los Estados Unidos, sigue siendo un recurso de inmenso valor para los cartógrafos, tanto los principiantes como los profesionales experimentados. En particular, los capítulos del *Manual* sobre organización y control de un programa de confección de mapas, delimitación de zonas de empadronamiento y zonas estadísticas siguen siendo pertinentes, y el presente *Manual* aprovecha plenamente los contenidos de su predecesor. No obstante, dado que la tecnología ha progresado, ahora se cuenta con mejores métodos para realizar muchas de las tareas que entraña la confección de mapas censales. En consecuencia, el presente *Manual* trata de complementar las directrices anteriores, aportando información sobre tecnologías recientes.

1.13. El presente *Manual* se destina principalmente a dos públicos: los ejecutivos, a quienes interesan los costos y beneficios de las inversiones en tecnología geoespacial, y los técnicos, cuyo cometido es llevar a la práctica los aspectos geográficos de un plan censal. En los capítulos de este *Manual* se presume que los lectores tienen conocimientos básicos sobre el SIG y conceptos cartográficos elementales. Para lectores menos familiarizados con esos temas, los anexos I y II proporcionan breves panoramas generales de ambos asuntos. En particular, las proyecciones cartográficas y los sistemas de coordenadas son más importantes en un proyecto que utilice el SIG que en enfoques tradicionales basados en mapas boceto.

C. Sinopsis de cada capítulo

1.14. Los capítulos II a VI del presente *Manual* abarcan esferas en que la tecnología geoespacial puede efectuar contribuciones, tanto antes del empadronamiento censal como durante éste y después de éste. La organización modificada del *Manual* refleja las decisiones operacionales adoptadas en muchos países miembros de emprender la transición hacia operaciones censales digitales.

1.15. El capítulo II abarca consideraciones de gestión para jefes de organismos de estadística y presenta algunas cuestiones que han de considerarse al reorganizar la oficina nacional de estadística para posibilitar el cabal aprovechamiento de la infraestructura geoespacial. La planificación para responder a la nueva demanda de datos estadísticos desagregados, incluidos datos para la gestión en caso de desastres, requiere imaginar una trayectoria en sentido inverso a partir del momento de la entrega de nuevos productos, retrocediendo para determinar las necesidades en

cada etapa previa del proceso. Se consideran los argumentos en pro de la eficiencia, inclusive análisis de costo/beneficio, para destacar el papel de la tecnología geoespacial como inversión estratégica. Seguidamente, se consideran los factores de éxito de importancia crítica para la puesta en práctica de los instrumentos geoespaciales, y a continuación se considera detalladamente el proceso de planificación, inclusive la realización de una evaluación preliminar de necesidades; la determinación de productos y opciones; las consideraciones relativas a la dotación de personal y otros recursos humanos; y la cooperación institucional con otras fuentes y otros usuarios de datos por conducto de la NSDI.

1.16. El capítulo III proporciona contenido técnico para el director de la oficina de procesamiento de datos o el jefe de cartografía/SIG, quienes pueden utilizarlo para el establecimiento práctico de una base de datos geográficos digitales. Abarca paso a paso todas las etapas del proceso de construir una base de datos a nivel de zona de empadronamiento, comenzando con la importancia de la codificación geográfica, las jerarquías administrativas y los componentes de las bases de datos censales. Seguidamente, se consideran las cuestiones relativas al deslinde de las zonas de empadronamiento, y luego un análisis de las fuentes de datos geográficos existentes para la delimitación de las zonas de empadronamiento, inclusive fuentes digitales y analógicas. A continuación, se consideran las aportaciones de datos digitales mediante escaneado y digitalización, y después, un análisis de la integración de mapas, la construcción topológica y el georreferenciamiento. La construcción de una base de datos geográficos puede suscitar nuevos interrogantes en cuanto a la calidad de los datos agregados, inclusive su precisión y hasta qué punto son fidedignos, además de procedimientos de control de calidad. El capítulo finaliza con una sección detallada sobre los mecanismos de metadatos, destacando la importancia de la documentación y sugiriendo estrategias para los usuarios de datos, tanto internos como externos.

1.17. En el capítulo IV el enfoque sigue siendo técnico: se indica detalladamente el proceso de construcción de una base de geodatos a nivel de zona de empadronamiento, utilizando los adelantos técnicos, como el GPS y la teleobservación, a fin de introducir correcciones e integrarlas cuando sea necesario con las labores a nivel de terreno. En este caso se emplea un enfoque de selección por *trriage* y se hace hincapié en las esferas que han cambiado después del censo precedente. Se explican los procesos básicos del GPS, además de los nuevos adelantos técnicos del GPS diferencial, las necesidades de capacitación y la utilización de computadoras portátiles o de bolsillo. Seguidamente, figura una sección sobre teleobservación satelital (R/S), en que se enumeran las fuentes disponibles de R/S, además de instrumentos de visualización, entre ellos Google Earth, y después una sección sobre los usos de la fotografía aérea en las labores censales.

1.18. El capítulo V abarca el proceso de crear los mapas necesarios para el empadronamiento, con un enfoque operacional a partir del punto en que finalizó el análisis de la base de datos geográficos. Incluye secciones sobre control de calidad, producción de mapas para su uso sobre el terreno, elementos cartográficos y diseño de mapas, impresión y distribución de mapas, y utilización de mapas para los aspectos básicos de la logística censal. Destaca que todo enfoque de gestión de proyectos debe incluir planes de contingencia, para poder hacer frente a reveses inesperados.

1.19. El capítulo VI abarca el uso de infraestructura geoespacial para la divulgación de resultados censales. Para la etapa posterior al censo se adopta un enfoque similar al de los capítulos anteriores, pero partiendo del concepto de base de datos geográficos (geocodificados en ubicaciones concretas) como interfaz central de datos para la publicación de productos censales. Los temas tratados abarcan la agregación de unidades de recopilación para constituir unidades de divulgación, el mantenimiento

de la base de datos geográficos y su archivo, y la planificación de los productos censales. Una sección sobre análisis espaciales proporciona ejemplos y opciones para interpretar visualmente los datos censales. Entre otras cuestiones también se incluyen las de presentación o divulgación de información, y protección del carácter privado de algunos datos (en caso de difusión de datos sobre zonas pequeñas) y la opción de que un organismo nacional de estadística obtenga ingresos mediante la venta de productos con valor agregado, por ejemplo, CD-ROM o DVD con datos. También se consideran los productos relativos a datos geográficos, como dispositivos para visualizar mapas, archivos espaciales con atributos para su uso en conjuntos comerciales de SIG, o productos para ofrecer en línea.

1.20. Los anexos proporcionan útiles referencias para quienes planifiquen y pongan en práctica soluciones geoespaciales de proyectos censales. En el anexo I figura información básica sobre modelos de datos de SIG y sus niveles de exactitud y precisión. En el anexo II se presentan sistemas de coordenadas y proyecciones cartográficas, prestando particular atención a la incorporación de datos en el SIG. El anexo III trata de la preparación de modelos para datos e incluye un ejemplo de plantilla. El anexo IV proporciona un ejemplo de diccionario de datos. El anexo V sugiere algunos indicadores para el diseño de mapas temáticos con fines de análisis y presentación de datos censales, inclusive mapas coropléticos convencionales. El anexo VI aporta un glosario de términos comunes de SIG. El anexo VII ofrece información sobre contactos y URL útiles para recopilar más información.

Capítulo II

Consideraciones de gestión para los jefes de oficinas nacionales de estadística y otros funcionarios ejecutivos

A. Introducción

2.1. Este capítulo tiene como destinatarios a los directores ejecutivos de organizaciones nacionales de estadística, los directores de censos y los jefes de dependencias geográficas. Trata principalmente de cuestiones institucionales (es decir, un contenido técnico distinto del relativo al SIG) y se centra en diversas consideraciones relacionadas con el uso de tecnologías geoespaciales. Las oficinas nacionales de estadística pueden producir datos georreferenciados que son más fidedignos e insumen menos tiempo para su producción, pero solamente si las actividades están cuidadosamente planificadas. Se incluyen ejemplos de experiencias de países a fin de ilustrar la utilidad de las tecnologías geoespaciales para las tareas censales.

2.2. La planificación para un censo que utilice funciones geoespaciales puede requerir algún grado de reorganización en la oficina nacional de estadística, que se focalice en la geografía, inclusive la cartografía y el SIG, pero también en otros temas, como la codificación geográfica y las delimitaciones administrativas. Dado que no existe una solución tecnológica única y generalmente válida que posibilite que cada oficina nacional de estadística modernice sus operaciones censales de la misma manera, este *Manual* presenta una gama de opciones para que cada oficina adopte nuevas tecnologías en un nivel apropiado de destreza y experiencia. Se presentan las opciones como una gama en la que puede escoger cada oficina, con indicación de tareas concretas que la oficina puede adoptar en su totalidad o en forma parcial, y cuya escala puede cambiar en función de la magnitud del país y de las condiciones de la oficina. A lo largo del proceso, es importante destacar la necesidad de comenzar la planificación cuanto antes y solicitar ayuda cuando se necesite.

2.3. La realización de censos, decretada por los gobiernos nacionales para producir recuentos fidedignos de la población, proporciona también uno de los instrumentos más importantes de que dispone la sociedad para llegar a una comprensión científica de las poblaciones humanas. La tecnología geoespacial ha transformado la manera en que puede presentarse la información para obtener beneficios sociales y promover el desarrollo social, económico o sostenible. La tecnología geoespacial propicia aumentos mensurables en la productividad de casi cualquier rama de actividad, utilizando el principio organizador de la geografía, que otorga importancia central a la ubicación. Al organizar la información geográficamente mediante una presentación ordenada de datos centrados en la ubicación, es posible vincular eficazmente las observaciones sociales con su ubicación. Un censo referenciado geográficamente, en

su carácter de actividad de recopilación de datos, proporciona una oportunidad sin par para que un país obtenga información detallada sobre su población.

2.4. Está cambiando la función de los SIG y las tecnologías geoespaciales en general, inclusive las imágenes satelitales obtenidas por teleobservación y el GPS, en las operaciones gubernamentales. Los países están percibiendo las ventajas de organizar la información gubernamental según un modelo espacial que incorpore implícitamente la geografía. La utilización de bases de datos geográficos posibilita, y en muchos casos ha proporcionado, adelantos en cuestiones tan importantes como eficiencia y servicio al cliente, cuando los organismos gubernamentales se comunican recíprocamente resultados e indagaciones utilizando instrumentos geoespaciales.

2.5. Muchos estudios de “e-gobierno” han ilustrado los beneficios de adoptar esa tecnología. O’Looney (2002) destaca la creciente permeabilidad de los límites entre gobierno y empresas, grupos cívicos y ciudadanos particulares. Al utilizar tecnologías de la información en la prestación de servicios se logra un más alto nivel de información y pueden lograrse resultados con una dotación de personal relativamente pequeña. Garson (2003) destaca el más alto nivel de responsabilidad que esto entraña, especialmente cuando los usuarios pueden verificar la aritmética y cuestionar los resultados. Khosrow-Pour (2005) considera los nuevos retos administrativos sistémicos que requieren un mayor involucramiento de altos funcionarios; el “gobierno 24 horas al día-siete días a la semana” tiene claras implicaciones para la entrega de productos y servicios y propicia un mayor autoservicio por parte del ciudadano/cliente. White (2007) destaca la necesidad de establecer políticas intrainstitucionales transparentes que rijan la utilización de la Internet y también exhorta a los altos funcionarios ejecutivos a utilizar más los servicios de contratistas para lograr objetivos a corto plazo en materia de recursos humanos, con menor repercusión a largo plazo.

2.6. Debido a la gran inversión inicial necesaria tanto para equipos como para programas informáticos y reorganización, es necesario planificar cuidadosamente la utilización de tecnologías geoespaciales en las operaciones censales. David Rhind, del Reino Unido, líder en la industria del SIG, reconoce que el SIG es no solamente una tecnología, sino también, y cada vez más, una parte de las modalidades de funcionamiento del comercio, los gobiernos y los círculos académicos, todos ellos, en cierto sentido, funcionando como empresas. Al igual que en cualquier inversión estratégica, es preciso ponderar cuidadosamente los costos y los beneficios del SIG. Roger Tomlinson, del Canadá, señala que una buena planificación conduce al éxito en la aplicación de la tecnología del SIG o de cualquier otro tipo de tecnología.

2.7. Un censo es una compleja iniciativa nacional que ha de influir sobre las políticas durante muchos años en el futuro. Se exhorta a los jefes de oficinas nacionales de estadística y otros directivos a planificar al respecto pensando en los productos que ha de elaborar la oficina en el curso de los años siguientes. Al considerar el proceso en sentido inverso, partiendo de la publicación de los resultados y recorriendo todas las etapas previas hasta llegar a la planificación inicial y definición de las necesidades de datos, las oficinas deberían decidir cuáles productos convencionales de los censos — entre ellos tabulaciones, totales, y datos desglosados por edad y por sexo— se han de dar a conocer. También necesitan planificar la elaboración de nuevos productos, entre ellos atlas, DVD con datos desagregados, datos para zonas pequeñas o microdatos, al igual que mapas electrónicos que puedan satisfacer las necesidades de múltiples nuevos usuarios de datos, aumentando así el nivel general de satisfacción por parte del consumidor. Aprovechando el poder de la geografía, esas nuevas capacidades son ahora asequibles. Como también señala Tomlinson, el SIG es una tecnología particularmente horizontal, con una amplia gama de aplicaciones en todo el ámbito industrial

e intelectual. Esta tecnología debe adaptarse para responder a necesidades concretas. Es preciso considerar el propósito estratégico de la oficina nacional de estadística; muy probablemente, el objetivo principal es levantar un censo fidedigno, dentro de los plazos y presupuestos previstos. También es preciso clarificar los objetivos o mandatos de cada ministerio, así como la manera en que tales objetivos afectarán los planes censales. Tomlinson indica que las organizaciones deben considerar de qué manera pueden mejorar sus objetivos estratégicos utilizando las nuevas tecnologías, entre ellas el GPS y las bases de datos geográficos. Recomienda realizar análisis exhaustivos de costo/beneficio de la adopción de tecnologías a lo largo del lapso de planificación especificado para el censo. Exhorta a los funcionarios ejecutivos a que planifiquen los productos de su organismo después de consultar a los usuarios y que elaboren descripciones de los productos de información que puedan utilizarse eventualmente para satisfacer las necesidades. Seguidamente, deberían prever el diseño de datos sobre la base de las necesidades determinadas; escoger un modelo lógico para los datos planificados y determinar los requerimientos del sistema; finalmente, deberían planificar la puesta en práctica.

2.8. En lo atinente a los censos, las oficinas nacionales de estadística deberían planificar la reorganización de los sistemas de procesamiento y difusión, a fin de entregar los productos que piden los clientes. En la estructura de la organización se experimentarán efectos posiblemente en gran escala, comenzando con la opción de centrar las operaciones en torno a un núcleo de datos o de información que almacene y proporcione tales datos dentro de la organización.

2.9. Un “censo geocéntrico” significa organizar el proceso censal en torno a la geografía. Para muchas oficinas nacionales de estadística que están a punto de adoptar plenamente las capacidades digitales, la inversión inicial suele efectuarse en una conversión de los mapas analógicos de zonas de empadronamiento sobre papel para transformarlos en mapas digitales, lo cual entraña cuidadosos procedimientos de escaneado y corrección para que las zonas de empadronamiento puedan utilizarse como bases para nuevas bases geográficas digitales. Seguidamente, esas nuevas bases de datos geográficos pueden compararse con imágenes obtenidas por teleobservación, como fotografías aéreas o imágenes satelitales, las cuales pueden corregirse después para reflejar la realidad existente sobre el terreno, utilizando el GPS. Al incorporar tecnologías como escaneado, imágenes satelitales y GPS, se posibilita que la dependencia cartográfica centre sus acciones en las zonas más necesitadas de actualización después del censo anterior.

2.10. Durante el empadronamiento, las tecnologías geoespaciales pueden contribuir a planificar la logística y proporcionar actualizaciones sobre la marcha de los trabajos a los funcionarios ejecutivos. Después de llevar a término el recuento, las nuevas tecnologías pueden posibilitar un mayor acceso a la sociedad mediante la difusión de información, especialmente utilizando la Internet. Un “enfoque geoespacial unificado” puede contribuir a coordinar la entrega de productos censales a miles de nuevos usuarios de datos y facultar a los usuarios existentes para que soliciten nuevos productos y servicios.

2.11. Para toda nueva iniciativa técnica, la cuestión fundamental es crear capacidad. A juicio de muchos funcionarios ejecutivos de oficinas nacionales de estadística, sus organismos carecen del presupuesto o la capacidad para una reorganización institucional. Esta cuestión no atañe solamente al presupuesto, sino también a la escala del horizonte de planificación. Los funcionarios ejecutivos deben pensar con cinco, o incluso diez, años de antelación; en sus productos de información, la oficina nacional de estadística necesitará un nivel de detalle mucho más pormenorizado que el que es posible en la actualidad.

Recuadro II.1

Estudios de los casos de cuatro países**1. Namibia**

Namibia comenzó su programa de cartografía digital y SIG como parte de los preparativos para su censo de 2001, con el objetivo principal de producir eficientemente los mapas básicos necesarios para las tareas sobre el terreno. Se estableció la infraestructura de SIG con la ayuda de una firma consultora, y se capturaron y se digitalizaron los datos espaciales necesarios para el censo utilizando el GPS. La superficie territorial de Namibia es de unos 824.000 kilómetros cuadrados, con una población de 1,8 millón de habitantes, de modo que abarcar todo el territorio creaba problemas logísticos. La Oficina Central de Estadística demarcó zonas de empadronamiento para las 13 regiones y 107 distritos y las codificó geográficamente utilizando identificadores únicos compuestos de nueve dígitos. También se crearon capas adicionales de demarcación, entre ellas las relativas a parques nacionales, establecimientos agrícolas, tierras comunales, municipalidades y localidades. Surgieron algunas dificultades al trabajar con una estructura de organización que a la sazón no incluía el SIG, y también debido a escasez de personal capacitado, falta de cursos de capacitación, carencia inicial de datos espaciales, y problemas de delimitación e inaccesibilidad de algunas zonas. Para subsanar el déficit en recursos humanos, Namibia concertó una alianza con el Instituto Politécnico a fin de crear currículos especiales relativos al SIG y las TIC. Para su censo de 2011, Namibia establecerá un SIG basado en la web con programas informáticos Postgress de fuente abierta, lo cual posibilita que los usuarios creen sus propios mapas. Se centraliza el almacenamiento y el acceso de los datos utilizando el sistema Oracle. La CBS prevé la posibilidad de captar unidades de vivienda y utilizarlas para demarcar las zonas de empadronamiento (para obtener más información, sírvase dirigirse a Ottilie Mwazi: omwazi@npc.gov.na).

2. Bhután

En 2005, Bhután realizó su censo de población y vivienda utilizando el SIG. La Oficina Nacional de Estadística (NSB) aseguró una completa cobertura en su delimitación de 6.800 zonas de empadronamiento para un país de 47.000 km² y una población total de aproximadamente 2,3 millones. Durante la confección de listas de viviendas se utilizó el GPS para localizar todas las unidades, inclusive albergues, viviendas transitorias y cavernas. Se extrajo información espacial de mapas topográficos a escala 1:50.000 y se crearon zonas de empadronamiento incluidas en unidades administrativas subnacionales. Para la difusión de datos, la NSB estableció un servidor de web y ofreció un conjunto de delimitaciones administrativas. Entre los mapas de indicadores difundidos figuran los de empleo, salud, vivienda, acceso al abastecimiento de agua, energía y saneamiento. Se prevé utilizar las capas de la base digital en la planificación del próximo censo de Bhután (para obtener más información, sírvase dirigirse a Thinley Jyamtshow Wangdi: thinly_j@yahoo.com).

3. Santa Lucía

Santa Lucía comenzó a desarrollar sus capacidades relativas al SIG en 1995, para su censo agrícola. La Oficina Central de Estadística (CSO) tomó conciencia de que los mapas dibujados a mano y los mapas de agrimensura utilizados en el pasado no eran adecuados para la tarea de localizar unidades de vivienda en un censo de población. Gracias a la cooperación del Departamento de Tierras y Agrimensura, la Dependencia de Planificación Física en el Ministerio de Planificación, el Departamento de Silvicultura y el Ministerio de Agricultura, y la cooperación de Cable and Wireless y de St. Lucia Electricity Services en el sector privado, la CSO digitalizó mapas de empadronamiento por distritos y utilizó GPS de nivel avanzado para captar datos espaciales desde el terreno. En 2004, la CSO pudo aprovechar las fotografías aéreas de la isla gracias a la ayuda del Departamento de Agrimensura y Cartografía del Ministerio de Planificación Física. La CSO delimitó los asentamientos utilizando coordenadas de latitud y longitud para cada unidad de vivienda, lo cual posibilitó que virtualmente cualquier zona de Santa Lucía esté definida. Se codificó geográficamente a los asentamientos utilizando un número de 9 dígitos. Durante los preparativos de la conversión a operaciones de cartografía digital, Santa Lucía tuvo dificultades con los recursos humanos, incluida la disminución de su dotación de personal. No obstante, pudo impartir capacitación en el SIG al personal existente y llevar a término las tareas previstas (para obtener más información, sírvase dirigirse a: Sherma Lawrence: sherma_l@slucia.com).

4. Brasil

En 2007, el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE) dirigió una operación censal que abarcó tres sectores de trabajo: el Censo de Agricultura, el Recuento de la Población y el Registro Nacional de Direcciones con Fines Estadísticos. Esos sectores de trabajo se abordaron de manera concurrente e integrada. La Base de datos territoriales que apoyó esta operación está compuesta de un conjunto de mapas y archivos catastrales que presentan la división del territorio brasileño en zonas geográficas de pequeña magnitud o “zonas de empadronamiento”.

La propia Base de datos territoriales abarca en total 249.068 zonas de empadronamiento. De ellas, durante la operación censal de 2007 se visitaron 162.770, de las cuales 70.085 correspondían a tierras rurales y 92.685, a zonas urbanas.

El IBGE cuenta con 27 oficinas en los estados, con sedes en las capitales de cada estado. Las oficinas estatales coordinan las actividades de 530 oficinas locales, cada una de las cuales abarca un grupo de municipalidades. De esta manera, durante las operaciones censales, es posible cubrir el total de las 5.564 municipalidades brasileñas. La oficina de la sede en cada estado cuenta con un sector de base de datos territoriales encargado de la confección de mapas censales del respectivo estado. Además, en seis de las oficinas estatales hay dependencias de gestión geodésica y cartográfica que operan a escala regional, abarcan todo el país y brindan apoyo a las bases de datos territoriales existentes en los sectores para la producción de mapas digitales (estadísticos) de las municipalidades.

La descrita fue la infraestructura que en 2007 apoyó la creación de los mapas de zonas de empadronamiento. Las 530 oficinas locales del IBGE actualizaron los mapas existentes sobre papel, los cuales fueron procesados digitalmente en los sectores de bases de datos territoriales con el apoyo de las mencionadas dependencias geodésicas y cartográficas. Toda la tarea fue coordinada centralmente por dos dependencias de gestión encargadas de la cartografía censal urbana y rural, respectivamente, en la Dirección de Geociencias del IBGE. Cumplida esta etapa, los mapas se enviaron para su revisión y aprobación a las comisiones censales de las municipalidades, cuyos miembros representan a los respectivos gobiernos y sociedades locales.

A fin de velar por la uniformidad del proceso de actualización de la base de datos territoriales en todo el país, se utilizaron sistemas automatizados de redes de computadoras, además de detallados manuales operacionales. Se organizaron programas de capacitación regionales y locales. Los coordinadores técnicos establecieron actividades de supervisión. El seguimiento de la formulación del proyecto, de conformidad con el calendario establecido, se efectuó gracias a un sistema correlativo de acompañamiento y control de la producción.

La construcción de la Base de datos territoriales para el censo de 2007 fue una iniciativa de gran envergadura. Esa tarea con alta densidad de mano de obra exigió un inventario exhaustivo de los mapas disponibles en escalas catastrales y topográficas y otros documentos auxiliares; el establecimiento de alianzas con terceros para el intercambio de documentos y la consolidación de la información territorial; la actualización y digitalización de documentos cartográficos; la generación de mapas catastrales de localidades y municipalidades; la creación de archivos digitales de la demarcación de zonas de empadronamiento; y la confección de mapas para incorporarlos en computadoras de bolsillo o asistentes digitales personales (PDA) y apoyar la publicación de los resultados censales.

La preparación de mapas de zonas de empadronamiento para tierras municipales y rurales depende de mapas topográficos sistemáticos producidos por el mismo IBGE y allí disponibles, y también en la Dirección de Servicios Geográficos del Ejército brasileño. A partir de esos mapas topográficos, considerados como datos de insumo, continúa la producción por conducto del sistema de elaboración semiautomática de mapas municipales (SisCart), especialmente desarrollado para el IBGE utilizando el sistema Visual Basic 6.0 superpuesto a la plataforma gráfica Bentley/Intergraph's MicroStation/MGE y al producto Access97 de Microsoft, para el manejo de datos alfanuméricos.

SisCart facilitó en gran medida la construcción de los mapas municipales. SisCart opera de manera descentralizada y proporciona diversas funciones en apoyo de diversas tareas fundamentales, entre ellas la homogeneización de las proyecciones cartográficas y la escala; la codificación geográfica de las hojas de mapas topográficos que integran el mapa municipal; la correlación de los bordes entre hojas adyacentes; el recorte de las hojas de conformidad con el perímetro de las municipalidades; y la corrección de los datos de marcos y las notas a pie de página.

Recuadro II.1

Estudios de los casos de cuatro países (continuación)

La producción de mapas de zonas de empadronamiento para zonas urbanas se basa en mapas catastrales, cuyas escalas oscilan entre 1:2.000 y 1:10.000. Esos mapas son preparados por organismos gubernamentales estatales y locales, compañías de servicios públicos y otras fuentes. El sistema utilizado para la producción de mapas urbanos se basa en la plataforma *MicroStation* (totalmente adaptada a medida para satisfacer los requisitos del IBGE). Este sistema puede introducir todas las transformaciones necesarias para incorporar datos cartográficos procedentes de múltiples fuentes y diversos sistemas de coordenadas. También puede apoyar las tareas de actualización cartográfica que incorporan datos resultantes de la labor sobre el terreno y de las actividades en gabinete.

Una innovación importante introducida en la operación censal brasileña de 2007 fue el Registro Nacional de Direcciones para Propósitos Estadísticos, preparado sobre la base de los registros de las zonas de empadronamiento del censo de 2000 y actualizado mediante trabajos sobre el terreno del censo de 2007. Las innovaciones tecnológicas introducidas en 2007, en particular la utilización de computadoras de bolsillo (*personal digital assistants*) (PDA) integradas con el GPS, posibilitaron que el IBGE creara nuevos productos para la Base de datos territoriales, entre ellos:

- Mapas de 70.085 zonas de empadronamiento rurales y 92.685 zonas de empadronamiento urbanas, en formato PDF.
- Descripción de zonas de empadronamiento rurales y urbanas en formato PDF.
- Mapas de zonas de empadronamiento rurales en formato JPG.
- 70.085 imágenes geocodificadas de Google Earth.
- Delimitaciones digitales de zonas de empadronamiento y de municipios en formato vectorial *shapefile*, cubriendo perímetros urbanos y zonas urbanas aisladas en las 27 unidades del territorio federal, con aproximadamente 77.000 polígonos.

Todo el material relativo a la Base de datos territoriales llegó a manos de los empadronadores en las oficinas locales y estaciones de recopilación, que fueron los puntos de convergencia al comenzar y al finalizar las actividades de recopilación de datos sobre el terreno. Los mapas de las zonas de empadronamiento del censo de 2007 se enviaron digitalmente por conducto de las computadoras de bolsillo y se incorporaron en las computadoras portátiles (*notebook*) de los empadronadores, junto con la descripción de los perímetros de las zonas de empadronamiento.

Históricamente, el manejo de un volumen tan grande de información resultante de la recopilación de datos censales fue motivo de preocupación para los sectores de la Base de datos territoriales. A partir de la adopción de las computadoras de bolsillo, fue posible que los datos sobre el terreno a incorporar en los mapas se transmitieran y almacenaran en los servidores del IBGE para su ulterior procesamiento, análisis e inclusión en nuevas series de mapas, con lo cual se descargaron los sectores de la Base de datos territoriales. Durante la recopilación de datos, los empadronadores indicaron las variaciones que iban percibiendo respecto de los mapas impresos, y también contribuyeron al proceso analizando la pertinencia de las actualizaciones a agregar mediante el sistema SisCart.

En el cuadro que figura a continuación se detallan los costos operacionales de la actualización de la Base de datos territoriales relativa al censo de 2007, inclusive la proporción que le corresponde en el presupuesto total de la operación censal.

La contratación de personal temporal se realizó mediante concurso público, organizado por oficinas de contratación de servicios externos, de conformidad con la legislación sobre contratación de personal para el Gobierno Federal. En 2004 se contrató a 500 asistentes de agrimensura y cartografía, quienes trabajaron en oficinas locales del IBGE, en los sectores de la Base de datos territoriales y en la sede de las dependencias geográficas y catastrales. Esos temporeros se encargaron de la actualización en diversas etapas de la Base de datos territoriales.

En 2007 se contrató a unos 68.000 empadronadores y 18.000 supervisores censales para la recopilación de datos. Todos los empadronadores recibieron capacitación sobre el terreno y clases sobre conceptos básicos de la Base de datos territoriales, sobre las características principales de cada zona de empadronamiento y sobre los procedimientos para la revisión de la Base de datos territoriales (para obtener más información sírvase dirigirse a: Rafael Castaneda: rafael.march@ibge.gov.br).

Costos del proyecto de actualización de la Base de datos territoriales					
Año	Actualización de la base de datos	Censo 2007	Actualización de la base de datos	Censo 2007	Porcentaje para la actualización de la base de datos
	Reales brasileños		Dólares ^a		
2004	10 774 885,19	–	3 468 273,47	–	
2006	4 041 240,44	179 200 904,00	1 867 917,93	82 829 167,55	
2007	834 380,58	428 919 454,00	433 354,41	222 769 011,11	
2008	–	1 457 000,00	–	833 292,09	
Total	15 650 506,21	609 577 358,00	5 769 545,81	306 433 470,76	1,88

^a Valores de referencia: tipo de cambio del real brasileño (R\$) al dólar de los Estados Unidos al 30 de junio de cada año: 2008, 1,7443 dólares; 2007, 1,9254 dólar; 2006, 2,1635 dólares; y 2004, 3,10670 dólares.

B. La función de los mapas en los censos

2.12. La gente ha usado mapas desde hace siglos para representar su entorno. Se los utiliza para mostrar lugares, distancias, direcciones, y el tamaño de las zonas. Los mapas muestran también relaciones, diferencias, agrupamientos y pautas geográficas; se los usa para navegar, explorar, ilustrar y comunicarse, tanto en el sector público como en el privado. Prácticamente en todas las esferas de la ciencia se usan mapas de un tipo u otro. En pocas palabras, los mapas son una herramienta indispensable en muchos aspectos de la labor profesional y académica.

2.13. La cartografía ha sido parte integral de la realización de censos desde hace mucho tiempo. Tradicionalmente, la función de los mapas en los procesos censales ha sido servir de base al empadronamiento y presentar datos en forma agregada y cartográfica. Son muy pocos los empadronamientos que se realizaron durante las últimas series de censos sin contar con la ayuda de mapas detallados.

2.14. En términos generales, los mapas tienen varios propósitos en un proceso censal:

- a) *Los mapas aseguran la uniformidad y facilitan las actividades censales (antes del empadronamiento).* Las oficinas de censos tienen que asegurar que se incluya en el recuento a cada hogar y cada persona del país y, al mismo tiempo, que a ninguno de ellos se lo cuente dos veces. Para esto, los geógrafos dividen el territorio nacional en pequeñas unidades informantes y, de este modo, los mapas pasan a ser un instrumento de control esencial que garantiza la cobertura del censo;
- b) *Los mapas facilitan la reunión de datos y pueden apoyar la supervisión de las actividades censales (durante el empadronamiento).* Durante un censo, los mapas aseguran que los empadronadores puedan identificar con facilidad el conjunto de hogares cuyo empadronamiento se les ha asignado. También se preparan mapas para los supervisores, que apoyan las tareas de planificación y control. Los mapas pueden, entonces, desempeñar un papel también en el seguimiento de las actividades censales, lo que facilita que los supervisores detecten aspectos problemáticos y apliquen con prontitud medidas correctivas;

- c) *Los mapas facilitan la presentación, el análisis y la divulgación de los resultados censales (después del empadronamiento).* La presentación cartográfica de los resultados censales es un poderoso instrumento que posibilita su visualización, lo que ayuda a identificar modalidades locales de importantes indicadores demográficos y sociales. Por lo tanto, los mapas son parte integral del análisis de las políticas en los sectores público y privado.

C. De los mapas a las bases de datos geográficos: continúa la revolución cartográfica

2.15. Actualmente, los mapas son solamente una entre varias formas de presentación de la información incluidas en el término más amplio de información geográfica, y la forma que más frecuentemente adopta esta información geográfica es la base de datos geográficamente referenciados (o base de datos georreferenciados). La revolución de la información llegó a la cartografía un poco después que a otras disciplinas. Las primeras computadoras servían para almacenar números y textos; los mapas, en cambio, son muy complejos y un mapa digital requiere una gran capacidad para almacenar datos y recursos informáticos que operen con gran rapidez. Además, un mapa es fundamentalmente una aplicación gráfica, una tarea para la cual las primeras computadoras no tenían mucha capacidad. Las primeras aplicaciones cartográficas realizadas en computadoras en el decenio de 1960 no se usaron mucho, excepto en unos pocos proyectos oficiales y académicos. Fue recién en el decenio de 1980 cuando los sistemas comerciales de información geográfica alcanzaron la capacidad que posibilitaría su rápida adopción, por ejemplo en el gobierno regional y local, el planeamiento urbano, los organismos que se ocupan del medio ambiente, la exploración minera, el sector de las empresas de servicios públicos, la comercialización y las empresas de bienes raíces. Esto tuvo efectos sobre la utilización inicial de tecnologías cartográficas por las oficinas nacionales de estadística.

2.16. Las nuevas fuentes de información también reducen el tiempo que se necesita para pasar de la etapa de planificación de un proyecto a una base de datos operacional. Los avances recientes más importantes se han producido en la navegación y la teleobservación. El Sistema Mundial de Determinación de Posición (GPS) ha revolucionado la recopilación de datos en esferas que abarcan desde el reconocimiento hasta la vigilancia del medio ambiente y la ordenación del transporte. Una nueva generación de satélites comerciales que produce imágenes de alto nivel de resolución promete proporcionar imágenes de cualquier parte de la superficie de la Tierra con suficiente detalle como para facilitar numerosas aplicaciones cartográficas. El costo de los mapas digitales de precisión se reduce en gran medida merced a la integración de las técnicas del GPS y la captación de datos por teleobservación.

2.17. Los SIG se han beneficiado mucho con los adelantos logrados en varias esferas de la informática. Los programas avanzados de bases de datos facilitan el manejo de grandes cantidades de información que sirven de referencia para los mapas digitales. Las técnicas informáticas relativas a los gráficos proporcionan a los usuarios modelos que sirven para guardar, recuperar y exhibir los objetos geográficos. Las técnicas avanzadas de visualización posibilitan crear representaciones crecientemente complejas de nuestro entorno. Las funciones de visualización de datos de los SIG van mucho más allá de la presentación bidimensional estática y posibilitan crear modelos tridimensionales y animados. Así como el ingreso de la información

contenida en textos se facilita gracias al reconocimiento de caracteres ópticos, el escaneado rápido y de alta resolución y los programas avanzados aceleran la conversión de los datos cartográficos, que antes dependía exclusivamente de la digitalización manual. Esta tecnología de avanzada ha facultado a los productores de datos para avanzar desde una base de datos sobre papel para pasar a una base digital, actualizando la información existente. Pero sigue siendo necesario contar con información especializada para agregar valor a los productos y servicios ulteriores que ahora son posibles gracias a la adopción de nuevas tecnologías.

2.18. Se observan progresos similares en las esferas de divulgación de datos geográficos. Todos los proveedores principales de SIG están proporcionando actualmente los instrumentos que dan acceso a las bases de datos geoespaciales o geográficos vía Internet. Los organismos públicos de todos los niveles utilizan estas tecnologías para que el público pueda obtener sin grandes costos y sin demora enormes cantidades de información espacial. La Internet está reemplazando los mapas impresos y los medios digitales como el medio más importante de distribución de datos. Correlativamente, los propios mapas ya no son objetos estáticos, sino instantáneas dinámicas de una cambiante base de datos geográficos.

2.19. Los programas cartográficos de la Internet indican que los recursos que posibilitan utilizar la información espacial digital son cada vez menos costosos y más fáciles de usar. Si bien todavía se necesita mucha capacitación para usar eficazmente los SIG más avanzados, los programas cartográficos para computadoras personales no son más complicados que los que se usan corrientemente para actividades comerciales. La preparación de mapas digitales se integra cada vez más en aplicaciones informáticas corrientes, entre ellas, las planillas de cálculo, los gráficos y los programas de administración de empresas.

2.20. Algunas oficinas de estadística figuraron entre las primeras que adoptaron los SIG. Las estadísticas demográficas, sociales y económicas constituyen la base de la planificación y la gestión públicas. La distribución espacial de los indicadores socioeconómicos sirve de guía cuando se toman decisiones en materia de política acerca del desarrollo regional, la prestación de servicios y en muchas otras esferas. Las técnicas digitales posibilitan manejar mejor, recuperar más rápidamente y presentar esos datos en forma más adecuada. Siempre hubo un vínculo estrecho entre la geografía y la estadística, como lo indica, por ejemplo, el hecho de que los organismos nacionales de estadística y cartografía de muchos países de América Latina comparten el mismo techo. Esta estrecha integración de los SIG en aplicaciones estadísticas arroja grandes beneficios para las oficinas que se ocupan de ellas a nivel nacional, ya que reduce el costo y el tiempo que se necesitan para reunir, compilar y distribuir información. Los SIG posibilitan que la oficina de estadística ofrezca mayor número de servicios y aumente, por ende, el rendimiento de la inversión necesaria para la recopilación de datos.

2.21. La automatización cartográfica, el SIG y otros instrumentos geoespaciales han posibilitado una producción más eficiente, tanto de los mapas de empadronamiento como de los mapas temáticos de resultados censales. Además, los adelantos de la tecnología y las nuevas tareas que realiza el SIG utilizando nuevas fuentes de datos, como la teleobservación y el registro de determinadas ubicaciones por el GPS, han ampliado el poder de la representación geográfica dentro de las oficinas nacionales de estadística. No obstante, la nueva tecnología debe utilizarse con prudencia, sobre la base de las metas estratégicas determinadas por el liderazgo de la organización encargada del censo. No es una varita mágica que pueda resolver todos los problemas de una organización, sino un instrumento que debe utilizarse cuidadosamente.

D. El aumento de la demanda de datos estadísticos desagregados

2.22. Los beneficios que significa la automatización de los datos geográficos en la estadística son compartidos por los usuarios de datos de censos y encuestas. Las funciones de integración de los datos que ofrecen los SIG —que facilitan la vinculación de información proveniente de muchas esferas diferentes— han redundado en que la información estadística se aproveche mucho más. Esto, a su vez, ha intensificado la presión ejercida sobre las oficinas de estadística para que produzcan información de excelente calidad con referencias espaciales de unidades geográficas pequeñas. Los tipos de aplicaciones de esos datos son casi ilimitados. Si hay una cuidadosa planificación, es decir, si la oficina nacional de estadística puede recopilar información en unidades pequeñas y luego agregarla de manera apropiada, podrá satisfacer las necesidades de una cantidad mucho mayor de usuarios. Se mencionan a continuación algunos ejemplos:

- a) **Planificación para emergencias y respuesta humanitaria.** Los organismos pueden prepararse para eventuales desastres naturales determinando cuáles son las zonas densamente pobladas que pueden presentar dificultades para su evacuación en caso de incendio, terremoto, erupción volcánica o tsunami. Tras un desastre natural de gran magnitud, algunas de las primeras preguntas que se formulan son: ¿Cuáles son las aldeas afectadas? ¿Cuál es el tamaño de su población? ¿Cuántas personas resultaron muertas o heridas y cuántas quedaron sin vivienda? ¿En qué situación está la infraestructura, particularmente los caminos y los puentes, los centros de salud, las escuelas, los sistemas de abastecimiento de agua, los edificios gubernamentales, etcétera? Cuando se dispone de mapas digitales de la distribución de la población y las características de las viviendas, estos pueden superponerse con datos sobre altitud y pendiente, redes de transporte y otra información geográfica sobre la zona afectada por el desastre, y en ese caso es posible generar estimaciones fidedignas de las cantidades de personas afectadas, sus necesidades de asistencia médica, alimentos y albergue y, por sobre todo, dónde están ubicadas. Los “Códigos-P” estándares para zonas pobladas mitigan las dificultades para ubicar las zonas afectadas que necesitan asistencia;
- b) **Preparación de modelos de planicies inundables.** Las grandes inundaciones parecen ser un peligro cada vez más frecuente en muchas de las distintas cuencas del mundo. Los datos digitales hidrológicos y de altitud, sumados a las estadísticas censales de zonas pequeñas, facultan a los planificadores para realizar una evaluación detallada y reducir el riesgo que corren las poblaciones de zonas propensas a la inundación, así como planificar la respuesta a las emergencias. En algunos países, las compañías de seguros usan los mismos instrumentos para evaluar los niveles de riesgo de los propietarios de viviendas, lo que hace que la determinación de las primas sea más equitativa;
- c) **Planificación de los servicios sociales y educacionales.** Una importante tarea de los gobiernos locales y regionales es garantizar que todos los lugares del país tengan el mismo acceso a servicios públicos como la atención de salud y la educación. Los datos censales de zonas pequeñas relativos a la edad y a las características sociales permiten a los planificadores pronosticar la demanda de distintos servicios. Si esta información se combina con

los datos de los SIG sobre la infraestructura de transporte es posible distribuir mejor los recursos entre los centros de servicios existentes y adoptar decisiones más racionales con respecto a la ubicación de centros nuevos;

- d) **Análisis de la pobreza.** En los países donde no se reúnen datos sobre el ingreso o el consumo durante la realización de un censo, las características de los hogares son un indicador importante del nivel de bienestar de diversos grupos de población. Los datos censales de zonas pequeñas, sumados a la información con referencias espaciales sobre la infraestructura y la situación agroecológica, pueden usarse para estimar la incidencia de la pobreza y la ubicación de las comunidades pobres. Esta información mejora la focalización de los planes de mitigación de la pobreza, encauzando los recursos hacia las zonas que más los necesitan y evitando pérdidas por subvención a comunidades que no son pobres;
- e) **Planificación de los servicios públicos.** Las empresas públicas y privadas de suministro de agua, electricidad y telecomunicaciones no sólo usan los SIG para la gestión de su infraestructura física, sino que también aprovechan el análisis espacial de datos demográficos para evaluar la demanda actual y futura de servicios. Los datos digitales de los censos —junto con los modelos digitales del terreno— han sido en todo el mundo un componente clave en el diseño de los servicios que se prestan en función de la ubicación del cliente;
- f) **Análisis de la fuerza laboral.** Se trate de una empresa privada que busca un lugar adecuado para emplazar una fábrica o de un organismo público que procura establecer una correspondencia entre la oferta y la demanda de mano de obra, los datos censales de zonas pequeñas son un elemento importante del análisis relacionado con el empleo. El análisis del desplazamiento cotidiano que supone llegar al trabajo, en el cual se comparan la ubicación del empleo y la residencia de los empleados, es importantísimo para la planificación del transporte;
- g) **Análisis de comercialización.** Las empresas usan este tipo de datos para planificar la ubicación de nuevos locales, tiendas y depósitos, administrar la información sobre servicios a los clientes y orientar la publicidad hacia determinados destinatarios. Ha surgido toda una sección de los SIG, denominada de diversas formas, entre ellas geografía comercial o geodemografía. De hecho, la firme demanda de estos tipos de análisis ha sido una fuerza importante que impulsó el desarrollo de programas informáticos de cartografía de bajo costo y fáciles de usar en computadoras de escritorio;
- h) **Demarcación de distritos electorales.** En las democracias representativas, la representación parlamentaria se basa en el principio de dar igual peso a cada voto. Para garantizar este principio, se usan las cifras de población de zonas pequeñas a fin de demarcar distritos de aproximadamente el mismo tamaño. En los Estados Unidos de América éste es el fundamento de los censos decenales que estipula la Constitución; los SIG y los datos censales se utilizan para delimitar los distritos electorales;
- i) **Análisis epidemiológico.** Los datos censales de zonas pequeñas, combinados con los datos de incidencia de enfermedades y biofísicos, permiten a los funcionarios de salud estimar la población que está amenazada por ciertas enfermedades infecciosas y transmitidas por vectores. Saber cuántos habitantes de un país pueden ser afectados por el paludismo o la esquistosomiasis, por ejemplo, posibilita que los planificadores calculen

los recursos que se necesitarían para emprender medidas de erradicación. Precisar el lugar donde se encuentran estos grupos amenazados permite determinar prioridades y ejecutar las actividades de intervención;

- j) **Agricultura.** La información geográfica sobre la situación agroecológica, sumada a los datos sobre producción y acerca de la demanda de alimentos en zonas pequeñas, facilitan el análisis de las cuestiones relativas a la seguridad alimentaria. Ya hay sistemas de alerta temprana sobre hambrunas en muchos países caracterizados por tener ecosistemas frágiles, con el fin de prevenir las grandes crisis alimentarias.

E. Inversiones en tecnología geoespacial: costos y beneficios

2.23. En esta sección se examinarán los costos que entraña y los posibles beneficios que lleva consigo el empleo de un método de cartografía digital o de SIG para los censos, un examen de índole necesariamente general ya que no existe un método único para confeccionar mapas censales que sea el mejor en cada circunstancia. Hay, en cambio, diversas opciones que van desde adquirir internamente una infraestructura geoespacial plenamente integrada para trazar mapas totalmente digitales, hasta el uso, por ejemplo, de mapas realizados por computadoras de escritorio sólo para la presentación y la divulgación de los resultados. En otras palabras, no hay una solución que sirva para todos los casos en la tarea de incorporar la tecnología geoespacial en el proceso censal. Pero el avance de las innovaciones y el bajo costo inicial tornan asequible la conversión; a medida que las tecnologías de GPS se van haciendo cada vez más costeables y complejas, pueden utilizarse sistemas SIG de alto nivel en simples computadoras de bajo costo. El principio rector de cualquier análisis costo-beneficio es que la opción escogida sea apropiada a la tarea.

2.24. Como ya se ha destacado, la adopción de cualquier nueva tecnología plantea dificultades para las organizaciones existentes, de modo que la nueva tecnología debe adoptarse recién después de haber considerado cuidadosamente los costos y los beneficios. Entre los componentes de costo figuran: el diseño de sistemas, la adquisición de equipo y programas informáticos, la preparación de prototipos, la planificación de los recursos humanos, la capacitación del personal, los servicios de contratistas, el diseño de la base de datos geográficos, los costos de transición, la adquisición de datos, la captación de datos, el control de calidad, el mantenimiento de los sistemas y la elaboración de productos. La transición hacia datos geoespaciales suscita costos relativos a digitalización, es decir, la conversión de mapas analógicos de las zonas de empadronamiento a formatos geoespaciales.

2.25. En los beneficios de migrar a sistemas geoespaciales para la labor censal pueden distinguirse dos categorías: beneficios en eficiencia y beneficios en efectividad. La *eficiencia* se refiere a la cantidad de productos que es posible obtener por unidad de insumo. En lo atinente a un censo, significa lograr más con menos gasto monetario. Entre los beneficios de eficiencia cabe mencionar economías en los costos o aumentos en la productividad, ahorro de tiempo, mayor credibilidad y autoridad de los productos de datos geoespaciales, mejor servicio, mayor exactitud, mejor coherencia y generación de más ingresos. La propia organización censal puede obtener esos beneficios a condición de planificar correctamente.

2.26. Los *beneficios en efectividad* atañen a los efectos de las políticas o programas que se benefician con mejor información, incluidos los beneficios sociales

para los usuarios de datos estadísticos dimanados del censo. Entre los beneficios en efectividad cabe mencionar: mejor análisis a una escala más apropiada para estudios locales y regionales, mayor base de datos objetivos para la formulación de políticas, mayor intercambio de datos con otros organismos gubernamentales u organizaciones no gubernamentales y más divulgación entre el público en general. Algunos beneficios

Recuadro II.2

Obstáculos relativos a las tecnologías y los costos

1. Camboya

Camboya emprendió un proyecto de cartografía de zonas de empadronamiento y delimitación de municipios, como parte de su encuesta de salud 2003. Las actividades censales acordes con el SIG estuvieron a cargo del Departamento de Estadísticas Demográficas del Instituto Nacional de Estadística. La cartografía censal fue coordinada con el Ministerio de Ordenamiento de Tierras y el Ministerio del Interior. Se encomendó a una plantilla de 30 funcionarios que delimitaran las zonas de empadronamiento como unidades con no más de 120 viviendas. También se utilizó un cuestionario en las aldeas para preparar una base de datos de zonas de empadronamiento. Entre las funciones de dicha base de datos figuraban operaciones de etiquetado, registro inicial, codificación, edición, ingreso de datos, verificación y depuración de los datos sobre límites. Se utilizaron códigos de barras para facilitar la localización de los mapas de zonas de empadronamiento. Para su censo de 2008, el Instituto Nacional de Estadística prevé difundir resultados en línea, utilizando el sistema CamInfo, basado en DevInfo. Según estimaciones de Camboya, el costo de la confección de mapas y la delimitación de las zonas de empadronamiento, combinado con el costo del procesamiento de datos, representa aproximadamente un 15% del costo total del censo. Son particularmente costosos desde el punto de vista de los recursos los vehículos enviados sobre el terreno y las computadoras (así como el equipo electrónico periférico), aun cuando en muchos casos esos elementos son proporcionados por donantes.

Fuente: Presentación de Camboya, taller de Bangkok, 2007.

2. Lesotho

Lesotho emprendió su más reciente censo de población y vivienda en 2006. La cartografía censal previa al empadronamiento se realizó utilizando tecnología ultramoderna de teleobservación y de SIG, que incluyó cobertura total con imágenes de SPOT 2.5m en colores naturales obtenidas por satélite, GPS y SIG. Las tareas de gabinete preparatorias fueron realizadas por un grupo de cinco funcionarios, y abarcaron: delimitación preliminar de las zonas de empadronamiento mediante interpretación de las imágenes (y conocimiento de la situación local), así como preparación de mapas con imágenes satelitales para el trabajo de delimitación de zonas de empadronamiento sobre el terreno; esto último fue realizado por ocho equipos, cada uno de los cuales estaba integrado por cuatro trabajadores sobre el terreno. Cada equipo estaba dotado de un vehículo y un dispositivo de GPS. Los límites de las zonas de empadronamiento fueron verificados y enmendados cuando fue necesario. Se recopilaron informaciones adicionales sobre atributos, como nombres de lugares y nombres de líderes locales. La información recopilada durante el trabajo sobre el terreno fue captada en formato digital y, por último, se crearon e imprimieron utilizando el SIG los mapas de zonas de empadronamiento y zonas de supervisión. En total, se demarcaron 4.500 zonas de empadronamiento. La cartografía censal previa al empadronamiento se preparó en un período de nueve meses e insumió aproximadamente un 5% del presupuesto total del censo. Aproximadamente un 40% del presupuesto de cartografía censal previa al empadronamiento se destinó a imágenes obtenidas por satélite. Aun cuando ésta es una proporción ya sustancial, las economías que arrojó en materia de trabajo sobre el terreno fueron superiores al 60% debido a que ya no fue necesario preparar bocetos de mapas individuales para cada zona de empadronamiento. En última instancia, al utilizar este método moderno se obtuvo un producto de mejor calidad, así como un ahorro de un 20% en comparación con el presupuesto originario para el método de mapas boceto.

Fuente: Presentación de Geospace Inc., taller de Lusaka, 2007.

sociales, entre ellos los relativos a la respuesta de socorro humanitario y la planificación de la infraestructura de salud, pueden inferirse a partir de los ejemplos presentados en la sección anterior. En verdad, el aprovechamiento efectivo de la tecnología geoespacial puede redundar en salvar vidas y acrecentar el bienestar general.

2.27. Por varias razones, también son difíciles de evaluar los costos y los beneficios de usar cuantitativamente los SIG. Es posible, por ejemplo, que muchos de los beneficios no los obtenga el organismo que sufragó la inversión en los SIG, sino otras entidades que pueden conseguir productos de mayor precisión o de menor costo, o que antes no estaban disponibles. Esto también subraya la diferencia entre “barato” y “eficaz en función de los costos”. A corto plazo, la opción menos costosa para producir mapas censales quizás sea el enfoque manual tradicional, sobre todo en países que tienen bajos costos de mano de obra. Sin embargo, desde el punto de vista de la sociedad tal vez sea más eficaz y económico invertir inicialmente más capital en un método digital porque sus productos lograrán beneficios a largo plazo mucho mayores en la oficina de censos o de estadística y en otras entidades, creando una iniciativa verdaderamente a escala nacional. Además, no hay garantías de que el costo de la mano de obra se mantenga a bajo nivel.

2.28. Las inversiones presupuestarias en el SIG tienen una muy alta concentración de desembolsos iniciales, lo que significa que al iniciarse un proyecto se incurre en gastos de gran magnitud, mientras que los beneficios tangibles recién han de materializarse mucho más adelante durante el ciclo del proyecto. Cuando se cotejan los costos y los beneficios de un enfoque cartográfico tradicional con la cartografía digital, una diferencia obvia es que en la cartografía tradicional los mapas se vuelven a confeccionar manualmente para cada censo. Esto requiere una gran duplicación de esfuerzos que es innecesaria. En el pasado, con demasiada frecuencia la cartografía censal se limitaba a cada proyecto por separado. Con algunos años de antelación, se reunía un equipo para producir rápidamente mapas boceto a mano que se utilizaban solamente para el empadronamiento. Varios años después, volvía a iniciarse el mismo proceso para el censo siguiente.

2.29. Cuando se cuenta con una estrategia a largo plazo para la adopción de tecnología geoespacial, esto significa que la cartografía censal y la preparación de una base de datos geográficos es un proceso continuo, con actualización regular de las bases de datos por una dotación básica de personal permanente que recibe frecuentes cursos de capacitación. En el caso de la cartografía analógica, los costos tienden a ser superiores a los beneficios, pues los mapas impresos en papel solamente se utilizan con fines censales. En cambio, en la cartografía digital, una inversión inicial de gran magnitud probablemente redundará en costos más bajos de mantenimiento y actualización, así como en beneficios sostenibles en el largo plazo. Los beneficios a largo plazo probablemente serán sustancialmente mayores debido a que se obtiene una base de datos digitales con múltiples usos por parte de las oficinas nacionales de estadística y otros organismos gubernamentales.

F. Factores decisivos de éxito para la aplicación de la tecnología geoespacial en la oficina nacional de estadística

2.30. Además de los costos obvios que pueden cuantificarse para un proyecto dado de SIG, hay varios obstáculos que pueden hacer que un proyecto fracase o no materialice plenamente su potencial. En su mayor parte, esos problemas obedecen a la

falta de planificación, la elección de equipos y programas informáticos inadecuados y varios errores de organización. El examen de proyectos de SIG en el mundo real revela un conjunto de características que comparten los proyectos ejecutados con éxito. La ausencia de estos factores, a su vez, señala posibles razones para el fracaso de tales proyectos. La lista de los factores decisivos para el éxito, que figura a continuación, ha sido adaptada a la labor de las oficinas nacionales de estadística:

1. Una detallada planificación estratégica, operacional y administrativa, basada en una evaluación realista de los costos de las actividades necesarias, con claros objetivos definidos para las operaciones geoespaciales. Procedimientos bien establecidos de control y verificación de la calidad.
2. La decisión de efectuar inversiones en SIG se fundamenta en las necesidades y los problemas por resolver antes que en la disponibilidad de tecnología. La tecnología se considera no como un agregado independiente, sino como parte integrante de la estrategia general de gestión.
3. Un paladín, o una persona o varias personas clave, que promuevan los adelantos geoespaciales dentro de la organización, y el apoyo de altos funcionarios en la administración pública.
4. En lo tocante a recursos humanos, posibilidad de dar capacitación y apoyo a los empleados y a los ejecutivos pertinentes. Posibilidad de satisfacer las necesidades de dotación de personal, incluida la posibilidad de retener al personal calificado y contratar a personal independiente, según sea apropiado. Contratos por escrito, redactados con precisión, con proveedores, consultores, asociados y clientes, dentro y fuera del gobierno.
5. Evaluación de las necesidades de los usuarios y definición de antemano de los productos, con un claro calendario para ponerlos en práctica. Plan definido de financiación a largo plazo, incluidas estrategias de recuperación de costos y asignación de precios a los datos, y estimaciones válidas de los costos de mantenimiento y costos conexos. Establecimiento de hitos frecuentes para la entrega de productos, a fin de alentar el cumplimiento de los plazos preestablecidos.
6. Concertación de acuerdos de cooperación con otras partes interesadas, incluidos arreglos sobre datos e infraestructura espaciales. Facilitación del intercambio de datos mediante documentación detallada y metadatos en las redes de usuarios.
7. Determinación de la utilidad práctica de los sistemas y productos.
8. Adhesión a estándares geográficos.
9. Utilización de metodologías de integración de datos.
10. Utilización de claros protocolos, por ejemplo, con el GPS, para recopilar y procesar los datos.

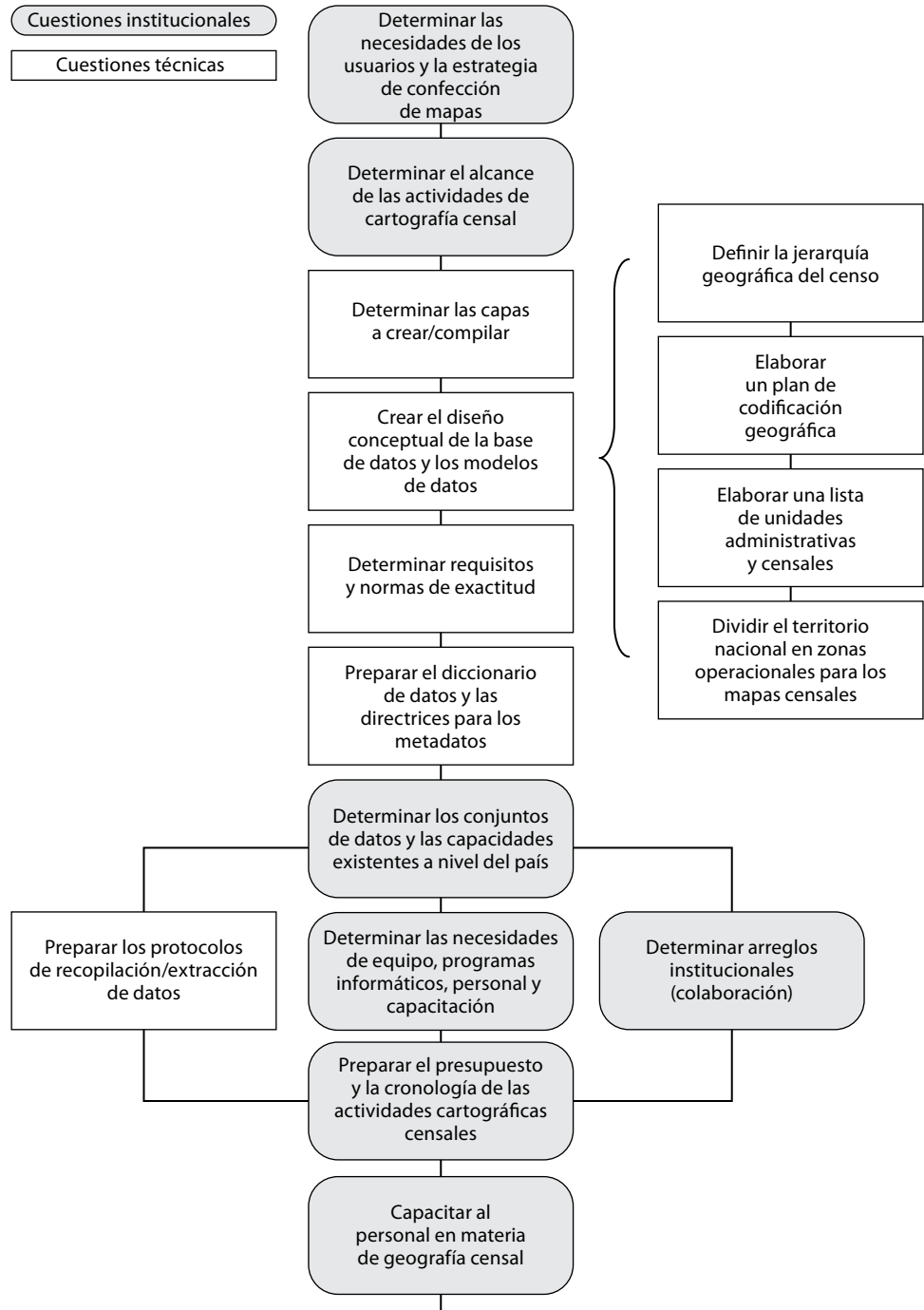
G. Planificación de procedimientos censales utilizando instrumentos geoespaciales

2.31. En esta sección se examinan las tareas preliminares de organización de un proyecto cartográfico censal y aspectos críticos del diseño que determinan la naturaleza de las bases de datos resultantes y, por lo tanto, la gama de aplicaciones que podrán tener. El éxito del proceso de conversión de datos depende de que haya un entorno institucional bien concebido y una estrategia operacional bien planificada. Las etapas de planificación están divididas en: aspectos institucionales (como personal

y cooperación con otros organismos), definición de la geografía del censo y diseño de la base de datos geoespaciales. Como se ve en el gráfico II.1, estas etapas pueden cumplirse en forma más o menos simultánea, utilizando metodologías que haya aprobado la organización, y muchas de las opciones dependen también de la estrategia de incorporación de datos que se escoja.

Gráfico II.1

Etapas de planificación de la labor geográfica de un censo



(Continuidad con el gráfico III.5)

H. Evaluación de las necesidades y determinación de las opciones cartográficas

1. Evaluación de las necesidades de los usuarios

2.32. Una de las primeras etapas que hay que abordar cuando se pretende llevar a cabo un proyecto cartográfico censal, es realizar una detallada evaluación de las necesidades, lo que debe ir seguido por una investigación de las opciones cartográficas viables para el censo. El organismo encargado de los mapas censales debe conciliar luego las expectativas de los usuarios con lo que resulta factible, dados los recursos disponibles, efectuando un estudio en sentido inverso, a partir de los productos y servicios finales, hasta llegar a la determinación de necesidades.

2.33. Un exitoso proceso de planificación de un censo requiere amplias consultas con los usuarios principales de la información censal. Este proceso debe incluir consultas sobre el *contenido cartográfico*, es decir, las estructuras geográficas, inclusive las jerarquías administrativas o los niveles agrupados, y también consultas sobre los *productos de base cartográfica* que apoyan el análisis de los datos censales. Este componente de planificación debería estar incorporado en el programa general de consultas para el censo. A medida que va aumentando la demanda de datos censales con referencias espaciales, las consultas relativas a productos cartográficos asumirán un papel más destacado en este proceso. Por ejemplo, las instituciones que utilizan mapas estadísticos deben participar en los grupos asesores que efectúan aportaciones al proceso de planificación del censo. Durante las etapas de planificación, las oficinas censales deben celebrar consultas con tres grupos principales:

- a) **Personas e instituciones que participan en las operaciones censales.** A fin de obtener información completa sobre los recursos y los posibles obstáculos, la oficina de cartografía censal debe realizar una encuesta exhaustiva de los recursos humanos disponibles en el país, los equipos que pueden usarse, los mapas analógicos y digitales existentes y las actividades en curso o planeadas por otras entidades públicas y privadas. Es fundamental evitar la duplicación de esfuerzos para reducir el costo de los mapas censales y entregarlos oportunamente;
- b) **Los usuarios de los productos de datos cartográficos censales.** Serán principalmente funcionarios de otros departamentos gubernamentales, investigadores académicos y miembros de entidades del sector privado;
- c) **El público en general.** En vista de su acceso a las computadoras y a las opciones cartográficas de la Internet, los usuarios privados también llegarán a constituir un grupo importante. Por ejemplo, quizás los ciudadanos quieran obtener información estadística sobre su propio vecindario o algún otro al que prevén mudarse. Habida cuenta de la rápida evolución de la tecnología, la oficina de censos debe planificar con cuidado, de modo de prever la futura demanda de datos.

2. Determinación de los productos

2.34. Las necesidades de los usuarios determinarán la gama de productos que habrá que obtener al final del ciclo cartográfico del censo. Los productos creados por el organismo que se ocupa de estas labores, y que se examinan con más detalle en el Capítulo VI, deben incluir siempre la documentación adecuada, inclusive codificación y metadatos, para ser más útiles a los usuarios. Algunos ejemplos:

- Un conjunto de mapas digitales de zonas de empadronamiento, o unidades derivadas con fines de difusión, diseñados de forma de posibilitar la elaboración de todos los productos que se distribuirán entre los departamentos oficiales y el público;
- Archivos en formato digital de los límites geográficos correspondientes a todas las unidades informantes estadísticas para las cuales se tabularán los indicadores censales;
- Listas de todas las unidades informantes estadísticas y administrativas, incluidos los poblados y aldeas;
- Archivos de equivalencia geográfica que indican la forma en que las unidades informantes actuales se relacionan con las de censos anteriores, o la forma en que un conjunto de unidades informantes se relaciona con otro;
- Capas vectoriales que contienen datos sobre características geográficas, como hitos notables, caminos, escuelas, hospitales y clínicas, los cuales pueden utilizarse para el análisis espacial de datos de población;
- Listas indizadas de las calles de todas las principales zonas urbanas;
- Archivos centroides que establecen como referencia un punto geográfico representativo para cada unidad informante;
- Nomenclatores que proporcionan las coordenadas geográficas de todos los asentamientos de población y otras características geográficas importantes del país.

2.35. Las necesidades de los usuarios son los más importantes factores determinantes del diseño de los mapas de un censo, pero habrá que ponderarlas en función de los recursos disponibles durante el ciclo presupuestario. Varios otros factores determinan la elección de la estrategia que se seguirá para la elaboración de mapas. Entre ellos, cabe mencionar:

- Los recursos humanos y financieros disponibles;
- Los mapas analógicos y digitales existentes;
- El grado de integración entre los organismos cartográficos y estadísticos del país;
- La capacidad técnica de la oficina de estadística y organismos que colaboran;
- Las ventajas y desventajas de: o bien usar tecnología que puede demandar divisas y crear dependencia del exterior, o bien aumentar el empleo de mano de obra de escaso nivel tecnológico que puede significar un estímulo beneficioso para las economías locales;
- El tamaño de la población y de la superficie del país, y su accesibilidad, en función de su topografía y sus cursos de agua;
- El tiempo disponible para planificar y llevar a cabo el proceso de elaboración de los mapas censales.

3. Opciones relativas a datos cartográficos

2.36. Cada país comenzará sus actividades cartográficas censales partiendo de una base distinta de información existente, presupuestos, capacidad técnica y tiempo disponible. Por lo tanto hay una multiplicidad de rutas que llevan a una base de datos cartográficos totalmente digital para fines de reunión de datos censales y su divulgación. A continuación figura una lista con algunas de las opciones disponibles, en orden de complejidad creciente:

- Producción de mapas digitales rudimentarios creados sobre la base de los mapas boceto existentes;
- Mapas de zonas de empadronamiento con referencias geográficas que pueden integrarse con otras bases de datos geográficos digitales;
- Inclusión de capas de referencias geográficas que muestren, por ejemplo, caminos, ríos y otras características geográficas, las cuales pueden incluirse como imágenes simples de mapas escaneados o diseñarse como una base de datos estructurada para una determinada oficina;
- Un registro digital de direcciones postales que pueda ajustarse en forma automática o semiautomática a las bases de datos viales digitales;
- Una base de datos digitales de unidades habitacionales ubicadas con precisión, creada con la ayuda de sistemas de determinación de la posición geográfica.

2.37. La lista anterior sólo tiene fines de ilustración. Todas estas cuestiones se examinan en detalle en el resto de este *Manual*. La mejor estrategia cartográfica censal para un país será un enfoque específico que tome en cuenta sus necesidades y sus recursos. En el presente *Manual* se analizará la gama de opciones técnicas y logísticas disponibles. La oficina de censos debe elegir, entre éstas, el subconjunto de técnicas y procedimientos que mejor responda a las necesidades del país.

4. Recursos humanos y fomento de la capacidad

2.38. Contar con personal debidamente motivado y capacitado es un factor clave que determinará el éxito o el fracaso de un proyecto de mapas censales digitales. Los objetivos de este tipo de proyecto son similares, cualquiera sea el método de elaboración de los mapas, a mano o por computadora. Pero si se usan computadoras, el personal necesita varias especializaciones nuevas, ya que se crean productos similares usando técnicas distintas. Además, una base de datos digitales de SIG es útil para muchos otros propósitos. Es probable, entonces, que la oficina de censos tenga que satisfacer demandas adicionales de productos y servicios que antes no existían. Todo el personal que se dedica a la cartografía censal tiene que tener, en consecuencia, ciertos conocimientos de informática.

2.39. Mucha de la especialización necesaria cuando se elaboran manualmente los mapas tradicionales puede servir en un proyecto de cartografía digital. En lugar de reemplazar totalmente las aptitudes y conocimientos prácticos que ya se usan, este tipo de cartografía requiere conocimientos adicionales de métodos de informática, inclusive sobre bases de datos, planillas electrónicas, manejo de archivos y operaciones básicas de redes. Son pocos los conocimientos de cartógrafos y geógrafos que están obsoletos, pero las demandas de especialización de sus tareas han aumentado. Por ejemplo, los cartógrafos con una formación tradicional ya no necesitarán algunas técnicas de la elaboración manual de mapas como inscripciones, marcas en negativos o dibujos con lápiz o lapicera. En cambio, después de haberse capacitado en métodos de informática, tendrán que usar sus conocimientos de diseño de mapas y comunicación cartográfica para producir zonas de empadronamiento bien diseñadas o mapas temáticos usando un SIG o un programa de cartografía informática para computadoras de escritorio. A menudo es más fácil capacitar a un especialista en técnicas informáticas que capacitar a un experto en computadoras en otras aplicaciones sustantivas.

2.40. En los párrafos que siguen se detallan las tareas que requieren personal en un proyecto de cartografía digital para un censo. Tal vez el personal de la oficina de censos esté capacitado para realizar varias de las tareas, según sea necesario, en las distintas etapas de un proyecto censal.

2.41. **Planificación.** En las primeras etapas del proyecto, debe formarse un grupo de personas que establecerán la estrategia global para la elaboración de mapas censales digitales. Se necesita gente especializada en geografía, aplicaciones geoespaciales e informáticas, y que tenga experiencia en cartografía censal. Además del personal de la oficina de censos, el grupo puede incorporar también a representantes del organismo nacional de cartografía y otras organizaciones oficiales interesadas, grupos de usuarios de los datos, o consultores externos. Los asesores técnicos de las organizaciones de estadística de países que ya usan la cartografía digital para los censos, o de organismos internacionales, deberían participar en el proceso de planificación porque su aporte puede ser útil para planificar y justipreciar las alternativas.

2.42. **Dirección del proyecto.** El proceso de planificación estará dirigido por el jefe del proyecto, quien también supervisará la aplicación de la estrategia de cartografía digital del censo. El jefe del proyecto debe tener formación académica en geografía, informática o una disciplina similar, y conocimientos de ciencias de la información geográfica y cartografía digital. También es muy conveniente que tenga experiencia en cartografía censal, preferentemente adquirida en un anterior empadronamiento en el país. Se necesita que posea experiencia o capacitación en la conducción administrativa para estar en condiciones de supervisar el presupuesto, el personal y la programación. Si tiene buenas aptitudes de comunicación se facilitará la cooperación con otros copartícipes en el proyecto y con organismos que colaboran. Además, debe mantenerse actualizado en materia de adelantos y tendencias de la tecnología geoespacial y debe estar preparado para adaptar la estrategia cartográfica del censo si cambiaran las condiciones o aparecieran soluciones mejores. Es importante no esperar para formular una estrategia hasta después de comenzado el proceso y tener presente la tendencia a una “paulatina expansión sostenida del ámbito de acción”. Los mecanismos de control del cambio proporcionan un medio esencial de responder a dificultades inesperadas que afecten al plan.

2.43. **Conversión de datos geoespaciales.** Los especialistas en conversión de datos se encargan de convertir en la práctica la información cartográfica al formato de base de datos digitales. Dichos especialistas poseen capacitación en técnicas pertinentes, entre ellas escanear, digitalizar y editar las bases de datos geoespaciales, y preparar bases de datos de atributos utilizando sistemas de gestión de bases de datos relacionales. Los especialistas en conversión de datos deben determinar cuál es la manera más eficiente de preparar la base de datos digitales y deben supervisar al personal técnico. Asimismo, es imprescindible que posean conocimientos sobre las nuevas fuentes de datos y las implicaciones tecnológicas de obtener nuevo material para contribuir a la creación de bases de datos geográficos.

2.44. **Escaneado y digitalización de mapas.** Si bien el escaneado tiene creciente aceptación y ha asumido un lugar prominente entre las estrategias para el ingreso de datos que utilizan muchas oficinas nacionales de estadística, la digitalización sigue siendo una opción fiable. Los conocimientos para su aplicación práctica pueden ser adquiridos con relativa rapidez incluso por quienes carezcan de capacitación profesional en geografía o en una esfera similar. Por otra parte, la digitalización es una tarea sumamente repetitiva, y aunque requiere concentración, atención a los detalles y buena comprensión de la estructura de las bases de datos geográficos digitales, por lo general puede asignarse al personal administrativo. Las personas que mejor se desempeñen al respecto también deberían recibir capacitación en control de calidad y garantía de calidad. Este requisito de capacitación es aplicable también a la digitalización manual.

2.45. **Diseño cartográfico.** Los cartógrafos tendrán a su cargo el diseño de todos los mapas, incluidos los de zonas de empadronamiento, de supervisión y temáticos de los resultados censales. Deben tener antecedentes en diseño de mapas y comu-

nicación cartográfica, así como formación en SIG y mapas digitales. Un cartógrafo con una formación clásica tendrá casi todas las aptitudes necesarias, pero deberá recibir suficiente capacitación en métodos de informática.

2.46. **Trabajo en el terreno.** Los requisitos en cuanto a este tipo de trabajo han variado en razón de las técnicas que se usan para la producción de mapas digitales. Como los sistemas mundiales de determinación de posición (GPS) se han convertido en un instrumento esencial para reunir datos en el terreno, el personal debe estar capacitado para manejar estos sistemas y posiblemente también en la utilización de computadoras portátiles y de bolsillo para descargar y mostrar estos datos en el terreno. Aunque no es necesario tener conocimientos profesionales de geografía o agrimensura, este personal debe estar debidamente capacitado en el empleo correcto de los nuevos instrumentos.

2.47. **Administración de los sistemas.** Ya se indicó que es necesario que las oficinas nacionales de estadística efectúen inversiones en cúpulas o nodulos de concentración dedicados a la tecnología de la información (TI) que puedan satisfacer las necesidades de los SIG y también otras del procesamiento de datos y de la TI. La finalización en la fecha debida de un proyecto cartográfico digital para un censo depende del funcionamiento sin fallas de los equipos informáticos. Un administrador de sistemas ha de encargarse del mantenimiento de los equipos y de los programas informáticos con el fin de minimizar el tiempo en que no funcionan, ayudar al personal de cartografía y garantizar la seguridad de los datos (por ejemplo, manteniendo copias por duplicado). Aunque no participan directamente en las actividades cartográficas censales, los administradores de sistemas son miembros esenciales del equipo, puesto que casi todos los aspectos de dicha labor dependen del buen funcionamiento del sistema informático. En algunos casos, la administración de los sistemas de informática para el sector de geografía de la oficina de censos puede estar apoyada por el personal especializado en computadoras que realiza tareas generales para todo el organismo.

2.48. **Requisitos especiales.** Según la estrategia cartográfica que se adopte, quizás se necesite incorporar otras especializaciones en la organización encargada de la cartografía censal. Por ejemplo, si se usan mucho los productos de la teleobservación cuando se actualizan los mapas censales, debe haber alguien en el personal que esté especializado en análisis de imágenes digitales. Quizás también se necesiten otros especialistas en sistemas de gran magnitud de escaneado de mapas o en programas de gestión de bases de datos y programación informática. Tal vez también se necesiten personas con conocimientos de graficación, manejo de sitios en la web o relaciones con los clientes. Todas estas especializaciones son útiles a la hora de preparar las bases de datos de atributos y optimizar los programas de computación.

2.49. **Niveles de capacitación.** En muchos países puede haber escasez de expertos en cuestiones geoespaciales que puedan ser contratados temporal o permanentemente para el proyecto de mapas censales. Por lo tanto, la oficina de censos debe evaluar las opciones de capacitación para asegurar que los funcionarios nuevos y los veteranos tengan los conocimientos que se requieren para terminar satisfactoriamente el proyecto. Por lo general, el personal que tiene formación en las técnicas geográficas tradicionales y algunos conocimientos de informática, no tendrá mucha dificultad, tras cierta capacitación específica, en adaptarse a las técnicas digitales. Los tipos de capacitación diferirán según las distintas finalidades:

- a) Deben realizarse seminarios cortos para hacer conocer el programa de cartografía digital a todo el personal de la oficina de censos, incluido el de otras secciones y los directivos. Esto intensificará la integración del proyecto de cartografía digital en el proceso general del censo. Otro beneficio

de una amplia divulgación de información será una mejor utilización de los productos cartográficos por otros departamentos censales. Los seminarios pueden estar a cargo del jefe del proyecto o de los especialistas en cartografía censal;

- b) La capacitación en tareas repetitivas, como pueden ser el escaneado, la digitalización o la edición, puede requerir que se imparta al personal seminarios internos cortos, seguidos por formación en el trabajo. Los productos elaborados por el nuevo personal deben examinarse con suma atención para determinar si necesita más capacitación o instrucciones más completas, o si hay que asignarle una tarea distinta;
- c) El grupo básico de geógrafos que trabaja en mapas censales debe recibir capacitación adicional en programas de SIG y técnicas cartográficas digitales. Puesto que se trata de una tarea costosa, sólo el personal permanente debe asistir a los cursos que ofrecen las universidades, los proveedores u otras organizaciones del país o del extranjero; y los que han recibido esta formación deben capacitar al resto del personal. Es posible formar a un número grande de personas usando un método jerárquico de “capacitación de instructores”, el cual resulta especialmente apropiado en caso de que se aplique un enfoque descentralizado a la cartografía censal;
- d) Las aplicaciones de técnicas especializadas —el procesamiento de imágenes digitales o aplicaciones avanzadas de bases de datos informáticas, por ejemplo— requieren por lo general que el personal encargado de aplicarlas cuente con un diploma profesional o experiencia equivalente. Si no se puede contratar al personal apropiado, la oficina de censos debe considerar, con suficiente antelación a la iniciación del proyecto, el envío de un miembro de su personal a una universidad para que adquiera la formación apropiada. En la actualidad hay varias universidades e institutos de capacitación en distintas partes del mundo que se especializan en cursos profesionales de uno o dos años de duración en SIG, teleobservación y técnicas conexas (en el anexo VII figuran listas de instituciones de capacitación en información y técnicas geoespaciales).

I. Cooperación institucional: asegurar la compatibilidad de la infraestructura nacional de datos espaciales con otros departamentos gubernamentales

2.50. En muchos países son varios los organismos oficiales que producen bases de datos geográficos digitales. Los organismos cartográficos nacionales utilizan cada vez más las técnicas digitales para la totalidad del proceso de elaboración de mapas. Pero otros departamentos oficiales, como los de transportes, salud, medio ambiente y recursos hídricos, también usan la tecnología geoespacial para manejar la información que reúnen y que usan para el análisis y la planificación. Además, las empresas privadas, por ejemplo las de servicios públicos, las de telecomunicaciones y de minería, han notado que les resulta ventajoso atender sus necesidades de información en forma geográfica digital.

2.51. Está comenzando a generalizarse el reconocimiento de que el establecimiento de infraestructura para la información cartográfica tiene para los países miembros la misma importancia que construir caminos, crear redes de telecomunicaciones y proporcionar otros servicios básicos. Actualmente, se acepta en general que

al establecer infraestructuras nacionales de datos se facilitará la disponibilidad y el acceso a datos espaciales por parte de organizaciones gubernamentales, entidades del sector privado, universidades y grupos de la sociedad civil en general. En verdad, la infraestructura de datos espaciales posibilita que las oficinas nacionales de estadística tengan acceso a conocimientos especializados dentro del país, así como a fuentes de datos digitales existentes, como las bases de datos en formatos geoespaciales, para su utilización en aplicaciones informáticas del SIG. En este marco, las oficinas nacionales de estadística son consideradas cúpulas o nódulos de información en redes de datos y fuentes de contenido que abarcan todo el país.

2.52. Actualmente hay infraestructuras nacionales de datos espaciales (NSDI) en más de 100 países del mundo. Algunas posibles fuentes de información y de conocimientos especializados que podrían beneficiar a una oficina nacional de estadística cuando crea su infraestructura de datos espaciales son las autoridades cartográficas nacionales, los ministerios de medio ambiente y planificación y el ejército. Una estructura de organización básica para una NSDI abarca un ministerio encargado del tema, un organismo rector, un foro o red de productores y usuarios de datos, un comité directivo y grupos técnicos de trabajo.

2.53. Para establecer contacto con las infraestructuras nacionales de datos espaciales es preciso determinar quién es la persona encargada de los contactos en el organismo rector. El contacto principal suele estar ubicado en el organismo nacional de cartografía. Entre los datos que podrían compartirse figuran, por ejemplo, una base de datos de mapas topográficos escaneados o la cobertura digital de vectores a escala 1:100.000, o más pormenorizada, que podrían utilizarse como insumo para las delimitaciones de las zonas de empadronamiento, así como datos sobre altitud, hidrografía y redes de transporte, todos los cuales pueden servir a fin de trazar recorridos de zonas de empadronamiento censal.

2.54. Numerosos usuarios, dentro y fuera de los organismos oficiales, necesitan tener acceso a bases de datos geográficos fundamentales y muchos de ellos deben tener acceso a varias de estas bases o usar una capa de datos geográficos estándares, como plantilla para poder reunir sus propios datos espaciales. Estas capas estándar que sirven de base para muchas actividades cartográficas y de reunión de datos, suelen denominarse *datos marco*. Las capas básicas que forman el marco espacial nacional (véase Comisión Económica para África, 2007) abarcan:

- a) **Control geodésico.** Un sistema de puntos de control geográfico determinados con precisión que sirven como referencia para todas las actividades cartográficas de un país; suele llamárselo también sistema de puntos de referencia;
- b) **Base geográfica.** Incluye los conjuntos de imágenes (fotos aéreas o imágenes satelitales de alta resolución); datos de hipsografía (terreno); y datos de hidrografía (características de aguas superficiales; pueden ser naturales, como ríos y lagos, o artificiales, como canales);
- c) **Organización administrativa y espacial.** Incluye unidades gubernamentales subnacionales, como provincias y distritos, que han sido delimitadas sobre el terreno, así como nombres geográficos y unidades o zonas para el ordenamiento de tierras;
- d) **Infraestructura.** Incluye caminos, cursos de agua interiores, ferrocarriles y cualquier infraestructura utilizada para el transporte de personas o bienes, así como para servicios públicos y otros servicios;
- e) **El medio ambiente natural.** Incluye tipos de suelos, zonas de vegetación, nombres geográficos y asentamientos de población.

Recuadro II.3

Tres ejemplos de colaboración para intercambio de datos**1. El UNFPA y los equipos compartidos en Fiji**

El desarrollo de nuevas tecnologías para cartografía censal proporciona poderosos instrumentos a fin de aumentar la eficiencia de las operaciones censales. En Fiji, las actividades de empadronamiento sobre el terreno fueron objeto de seguimiento por un equipo de la Oficina nacional de estadística, que efectuó el georreferenciamiento de cada una de las unidades de vivienda ocupadas por una familia, utilizando instrumentos de GPS. Éste fue uno de los ejemplos de valor agregado al censo, puesto que este procedimiento ha de posibilitar una futura aplicación cartográfica mucho más exacta y facilitará futuros censos y futuras operaciones estadísticas. La financiación para el proyecto de GPS fue aportada por el Fondo de Población de las Naciones Unidas (UNFPA), que ha propuesto ampliar el uso de aparatos de GPS y llevarlos a otros países insulares del Pacífico que desearían ejecutar un proyecto igual, o proyectos similares. Este acuerdo de intercambio es un valioso medio para el fomento de la capacidad y el aprovechamiento de valiosa información durante el censo (para obtener más información sírvase dirigirse a: Scott Pontifex, Secretaría de la Comunidad del Pacífico).

2. Secretaría de la Comisión del Pacífico Meridional para las Geociencias Aplicadas (SOPAC) y acuerdo para intercambio y procesamiento de datos entre los países insulares del Pacífico

Los costos actuales de adquirir imágenes satelitales que posibilitarían utilizar aplicaciones del SIG para la cartografía censal, como la demarcación de zonas de empadronamiento, son considerablemente inferiores a los de hace algunos años. Sin embargo, sufragar esos costos no está al alcance de la mayoría de las oficinas nacionales de estadística. Los organismos internacionales y nacionales pueden efectuar grandes contribuciones con sus conjuntos de datos existentes para ayudar a las actividades de levantamiento de censos. Al respecto, la Secretaría de la Comisión de Geociencias Aplicadas de las Islas del Pacífico (SOPAC), dado su acceso a las imágenes satelitales, pudo proporcionarlas gratuitamente a todas las islas del Pacífico. La SOPAC también puede proporcionar el escaneado y el registro geográfico de mapas existentes. Esto constituye un excelente punto de partida para desarrollar la cartografía censal sobre una plataforma contemporánea. Varias oficinas nacionales de estadística están considerando la posibilidad de utilizar las opciones ofrecidas por la SOPAC a fin de evaluar la utilización del SIG en los censos de población y vivienda (para obtener más información, sírvase dirigirse a: Scott Pontifex, Secretaría de la Comunidad del Pacífico).

3. Experiencia de los Estados Unidos en materia de datos

La Oficina de Censos de los Estados Unidos colabora con diversas entidades tribales y funcionarios estatales de condados y locales, así como con organismos de coordinación, entre ellos comisiones regionales de planificación, en la aplicación de varios programas cuyo propósito es compartir la información geográfica. Los conocimientos aportados por los copartícipes locales posibilitan que la Oficina de Censos de los Estados Unidos satisfaga las necesidades en materia de datos estadísticos y espaciales que son parte de su misión: ser la fuente de datos estadísticos para un mejor conocimiento de la nación.

El Censo decenal de los Estados Unidos y la Encuesta anual de la comunidad estadounidense se realizan principalmente enviando por correo postal cuestionarios a hogares de todo el país. Una estrecha colaboración con el Servicio de Correos de los Estados Unidos ofrece actualizaciones regulares de las direcciones al Archivo maestro de direcciones de la División de Geografía, el cual es la fuente para el envío por correo de los cuestionarios. En virtud de un acuerdo para proteger el carácter confidencial, la Oficina de Censos de los Estados Unidos comparte su lista de direcciones con funcionarios de gobiernos tribales, estatales, de los condados y locales para garantizar el envío por correo a las direcciones correctas, y así asegurar un cómputo exacto.

La correcta ubicación de las delimitaciones es importante para recopilar, tabular y divulgar datos estadísticos. Todos los años, la Oficina de Censos de los Estados Unidos realiza una encuesta sobre límites y anexiones, en que los gobiernos locales pasan revista a sus delimitaciones e informan sobre

cualquier cambio. Durante los preparativos del Censo decenal, las organizaciones regionales de planificación y los gobiernos regionales tienen la oportunidad de examinar las zonas estadísticas y recomendar cambios para satisfacer mejor las necesidades de datos locales.

El aumento del uso de sistemas de SIG por los gobiernos locales de los Estados Unidos ofrece una oportunidad para que un organismo federal como la Oficina de Censos de los Estados Unidos adquiera, mediante relaciones de colaboración, datos geoespaciales actualizados y sumamente fidedignos, lo cual ayuda al organismo a mantener su Sistema topológico integrado de referenciamiento y codificación geográfica (MAF/TIGER), el cual es la fuente de todas las actividades geográficas del organismo estadístico, entre ellas apoyo relativo a direcciones, utilización de datos espaciales, geocodificación y cartografía.

La coordinación y colaboración con otros organismos federales en procura de establecer una infraestructura nacional de datos espaciales se materializa por conducto de la activa participación de la Oficina de Censos de los Estados Unidos en grupos como el Comité Federal de Datos Geográficos. Los acuerdos con otros organismos, entre ellos, el Servicio Nacional de Geodesia, le ayudan a adquirir información más exacta sobre las ubicaciones de las unidades de vivienda. Por último, una estrecha colaboración con varias organizaciones nacionales, entre ellas el Consejo Nacional de Información Geográfica de los Estados y la Asociación Nacional de Condados, contribuye a consolidar las necesarias alianzas con los gobiernos locales.

Las tendencias actuales en las alianzas tienen importancia crítica para mantener el marco geoespacial necesario a fin de efectuar censos y encuestas. En los Estados Unidos, ya no es eficaz en función de los costos la construcción y el mantenimiento del volumen y la calidad de los datos de direcciones espaciales que antes provenían de actividades federales centralizadas. La estrecha colaboración con copartícipes a nivel local ofrece nuevas oportunidades de obtener datos de mejor calidad en apoyo de la infraestructura geoespacial del organismo de estadística (para obtener más información sírvase dirigirse a Tim Trainor: timothy.f.trainor@census.gov).

* * *

En lo atinente a adquirir, utilizar y desarrollar aplicaciones del SIG, tiene importancia crucial asegurar la cooperación a escala nacional. El establecimiento de coordinadores del SIG y grupos de usuarios es una manera óptima de asegurar efectos sinérgicos y evitar duplicaciones y desperdicio de escasos recursos humanos. No se podría dejar de destacar la importancia de la asistencia técnica continua y bien estructurada que aportan los organismos nacionales e internacionales. Para muchos países, esto representa un componente de importancia vital con fines de fomento de su capacidad de realizar proyectos complejos, como un censo. Con mucha frecuencia, el éxito del censo depende del éxito de las campañas de concienciación y comunicación pública que lo preceden. Con frecuencia, los recursos para campañas de ese tipo proceden de donantes externos y organismos internacionales, los cuales deben aprovecharse plenamente.

2.55. Para las oficinas de censos son muy pertinentes las unidades administrativas oficiales. Evidentemente, las zonas de empadronamiento deben ser compatibles con los límites establecidos por las jerarquías administrativas del país y con la distribución de su población. Pero para los mapas censales también son importantes las capas de datos, entre ellas, transportes e hidrografía, dado que los caminos y los ríos sirven como líneas de demarcación naturales de las zonas de empadronamiento.

2.56. Después de haber llevado a término un censo, se solicitará a la oficina nacional de estadística que comparta sus resultados y sus productos con otros participantes en la infraestructura nacional de datos espaciales. Los límites de las zonas de empadronamiento con información censal, inclusive la información demográfica básica y también las características de las viviendas y las comunidades, son importantes fuentes de datos para otras entidades gubernamentales y para organizaciones privadas. Además, la oficina nacional de estadística podría proporcionar conjuntos de datos que incluyan los puntos centrales (centroides) de las zonas de empadronamiento. Por ejemplo, los análisis en el sector de salud requieren información detallada

con respecto a las poblaciones en situación de riesgo. La planificación del sector de transportes puede aprovechar los datos que se le proporcionan para esos servicios, y los servicios públicos y privados necesitan saber dónde aumentar la capacidad de las redes de distribución de electricidad, agua o telecomunicaciones.

2.57. El concepto de una infraestructura nacional de datos espaciales integrada por bases de datos de SIG con referencias geográficas tiene tres repercusiones para las actividades relacionadas con los mapas censales:

- a) La oficina de censos es responsable de aportar a la infraestructura nacional de datos espaciales un conjunto coherente de datos por unidades informantes que sea compatible con la jerarquía administrativa y al que pueda vincularse la información socioeconómica y otros datos conexos. A fin de asegurar que estos mapas censales puedan integrarse en otras fuentes de datos, la organización que se encarga de ellos debe incorporar todas las normas nacionales sobre datos geográficos;
- b) A fin de asegurar la compatibilidad con otros conjuntos de datos y facilitar la elaboración de mapas censales, las autoridades encargadas de confeccionar mapas censales deben colaborar estrechamente con otros organismos oficiales que intervienen en actividades cartográficas. Aparte de asegurar normas y definiciones uniformes, la colaboración posibilitará reducir los costos porque ayuda a evitar la duplicación de esfuerzos;
- c) Las oficinas nacionales de estadística deberían prestar particular atención a las cuestiones relativas al referenciamiento geográfico. A fin de superponer diferentes conjuntos de datos que cubren las mismas zonas geográficas, es necesario saber cómo se ha definido la posición de las características geográficas. En otras palabras, es necesario conocer el datum, la proyección y los detalles del sistema de coordenadas para asegurar una correcta relación espacial entre las características geográficas de diferentes conjuntos de datos.

2.58. La contribución del organismo de estadística a las actividades en todo el país de la infraestructura nacional de datos geográficos también puede entrañar otras formas de participación, entre ellas el compromiso de asistir a las reuniones de planificación y mantenerse informados acerca de los avances logrados en el país. Además, la oficina nacional de estadística deberá aportar metadatos.

J. Normas

2.59. A fin de facilitar el intercambio de datos entre los usuarios, es indispensable coordinar la creación de bases de datos geográficos. En varios países se han formado comités nacionales para este fin, integrados por personas que cumplen tareas de importancia en el desarrollo de datos espaciales. Además, hay organismos supranacionales, como la European Umbrella Organization for Geographic Information (EUROGI), el Comité Permanente Regional sobre la Infraestructura de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) de Asia y el Pacífico, la Comisión Europea, la Organización Internacional de Normalización (ISO-TC/211) y OpenGIS Consortium (OGC), que están trabajando en la definición de normas para definir datos geográficos.

K. Colaboración

2.60. En el proceso de creación de una base de datos geográficos digitales, la organización censal puede tener la opción de colaborar con otros organismos oficia-

les o con el sector privado. Ambas opciones se han utilizado con buenos resultados en distintos países. Como ya se indicó, entre los organismos oficiales, el punto más natural para el primer contacto, especialmente en las etapas iniciales, es el organismo nacional que se ocupa de la cartografía, pero hay otros que también pueden aportar recursos o estar interesados en compartir el costo que significa crear una base de datos censales de alta calidad. Entre los organismos del sector privado, los proveedores de equipos y programas informáticos pueden apoyar los aspectos técnicos del proceso de elaboración de mapas censales, ya sea por contrato con la oficina de censos o mediante un acuerdo de participación en los costos que facilite a la empresa recuperar la inver-

Recuadro II.4

Participación y coordinación de organismos internacionales

1. La Iniciativa Cartográfica Mundial

La Iniciativa Cartográfica Mundial fue propuesta en 1992 durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo celebrada en Río de Janeiro (Brasil). En 1996 se creó el Comité Directivo Internacional de Cartografía Mundial a fin de coordinar la red de organizaciones cartográficas oficiales de los países participantes. Para marzo de 2007, 172 países y territorios de todo el mundo estaban aportando datos al Mapa mundial o estaban recopilándolos. El objetivo de la cartografía mundial es proporcionar cobertura a la totalidad de la superficie de tierras del planeta en una escala de 1:1.000.000 con una resolución espacial de un kilómetro. Los datos se actualizarán a intervalos de aproximadamente cinco años para el seguimiento de los cambios a lo largo del tiempo. El mapa mundial es una plataforma de apoyo a cuatro mapas básicos con formato de cuadrícula (uso del suelo, cubierta del suelo, vegetación y altitud) y cuatro mapas de datos en formato vectorial (centros de población, drenaje, transportes y límites). Los datos del Mapa mundial están disponibles para el público en la Internet en forma gráfica a condición de que se los utilice sin fines de lucro (para obtener más información, véase <http://www.globalmap.org>).

2. DevInfo

La red DevInfo, cuyas bases fueron creadas por el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), es un instrumento informático que ayuda a los países en el seguimiento de los objetivos de desarrollo del Milenio y la promoción de su logro mediante medidas de política, estrategias multisectoriales y la formulación de intervenciones apropiadas. DevInfo es un instrumento de propósitos múltiples para la compilación y la presentación de datos. Además de almacenar datos, DevInfo proporciona dispositivos de fácil utilización para efectuar búsquedas en la base de datos y producir gráficos (cuadros, diagramas y mapas) para su inclusión en informes y presentaciones. Se prevé que DevInfo ha de ser un poderoso instrumento de promoción que contribuirá a crear mayor conciencia y mayor conocimiento de los ODM a nivel del país y también a formular políticas sobre la base de datos objetivos (para obtener mayor información véase <http://www.devinfo.org/>).

3. Infraestructura de datos espaciales de las Naciones Unidas

En 2005 se propuso la creación de la Infraestructura de datos espaciales de las Naciones Unidas (UNSDI) a fin de promover y lograr un desarrollo sostenible y mejorar las operaciones de socorro humanitario y mantenimiento de la paz. La aspiración de la UNSDI para el futuro es constituir un marco integral y descentralizado de información geoespacial que facilite la adopción de decisiones a diversos niveles, posibilitando el acceso, la recopilación y la divulgación de datos e información geoespaciales de manera rápida y segura. La UNSDI posibilita el intercambio de información operacional entre organismos de las Naciones Unidas, entre grupos de organismos de las Naciones Unidas que tienen intereses comunes, así como entre Estados Miembros de las Naciones Unidas y entre sus agrupaciones regionales y temáticas, y sus asociados. La UNSDI facilitará el acceso, la recopilación y la divulgación de datos y servicios geoespaciales, evitando duplicaciones dentro del sistema de las Naciones Unidas (para obtener más información, véase <http://www.unguiwg.org/unsdi.htm>).

sión por medio de la venta de bases de datos censales con referencias espaciales. Otras fuentes de colaboración son las oficinas que pueden aportar datos, departamentos académicos y autoridades viales. Cabe mencionar, sin embargo, que la colaboración con otros organismos es conveniente pero no obligatoria. Puesto que la principal prioridad de la organización censal es producir una base para el censo en un momento dado, tiene que evitar depender por completo de un proveedor externo de información para los mapas.

2.61. Toda asociación o colaboración debe basarse en una intención compartida y un convenio bien definido. Es menester especificar los siguientes elementos en el acuerdo de cooperación o la carta de entendimiento:

- a) **Formalización.** ¿Es suficiente una colaboración no estructurada, o los acuerdos han de estar oficializados? Para llegar a un acuerdo oficial se necesitará más tiempo, pero con él se pueden evitar desacuerdos posteriores sobre los derechos y responsabilidades en cuanto a la elaboración y utilización de los datos producidos. Por tanto, en la mayor parte de los casos debería haber una carta de entendimiento oficial y vinculante entre la oficina de censos y el organismo de cooperación que cubra todos los aspectos pertinentes de la asociación. Estos acuerdos contractuales oficiales son obligatorios cuando se trata con proveedores privados de datos o servicios. Entre las cuestiones importantes a considerar figura la necesidad de definir las normas de uso interno y externo, el valor de una clara definición de objetivos y la necesidad de apoyo administrativo y de gestión;
- b) **Alcance de la asociación.** Los acuerdos de colaboración pueden cubrir meramente el uso de los datos de otro organismo o la creación de una base grande e integral de datos espaciales a partir de cero. Es preciso preparar protocolos detallados acerca de la utilización de datos de municipalidades u otras entidades administrativas o geográficas de menor magnitud;
- c) **Responsabilidades.** ¿Quién se ocupará de determinadas tareas y funciones? Las cuestiones que deben decidirse son, entre otras, creación de datos, mantenimiento, acceso a los datos, supervisión del proyecto y uso de los recursos;
- d) **Beneficios.** Es evidente que el acuerdo debe ser beneficioso para todos los participantes, a menos que un organismo meramente compre los servicios a otro. Es útil aclarar cuáles son las ventajas para los distintos asociados a fin de dividir debidamente las tareas y responsabilidades;
- e) **Necesidades en materia de recursos.** Los recursos son, entre otros, el personal, el entorno informático, los materiales y las comunicaciones. También deben considerarse los que se necesitan para la administración y supervisión del proyecto;
- f) **Participación en los gastos.** Todos los gastos directos e indirectos relacionados con las actividades de la asociación deben dividirse equitativamente. Quizás la contabilidad no sea sencilla porque las contribuciones pueden ser en efectivo, datos, trabajo, uso de equipos u otras cosas;
- g) **Recuperación de los gastos.** Si se generan ingresos a partir de la distribución de los productos finales, es necesario compartirlos, tomando en cuenta los costos en que se haya incurrido al administrar y operar la distribución de los datos. Esto significa, asimismo, una clara determinación de los usos convenidos y los derechos de autor sobre los productos;

- h) **Resolución de conflictos.** Si surgen desacuerdos en el transcurso de un proyecto, es útil haber determinado de antemano las opciones para resolver cualquier conflicto.

L. Resumen y conclusiones

2.62. La planificación para un censo geoespacial requerirá que se consideren las cuestiones relativas a la financiación, la dotación de personal y la dirección de los proyectos. Como se demostró precedentemente, las organizaciones nacionales de estadística tienen una gran oportunidad de utilizar la nueva tecnología geoespacial, incluida la disponibilidad generalizada de computadoras personales, dispositivos de bolsillo, y acceso al GPS y a imágenes aéreas y satelitales obtenidas a bajo costo, para obtener información acerca de sus poblaciones. Para muchas oficinas, la tarea consiste en contratar a nuevo personal idóneo y reorganizar la entidad para dar lugar a ese personal. Esto significa reconocer el desafío de atraer y retener a personal calificado y muchos países expresan preocupación acerca de cómo abordar esas cuestiones.

2.63. Las oficinas nacionales de estadística necesitan información acerca de la infraestructura nacional de datos geográficos, para obtener acceso a valiosas bases de datos y utilizarlas en la planificación censal y también para compartir datos e información después de llevado a cabo el censo. La idea subyacente es impulsar a las oficinas nacionales de estadística, completar la etapa de asunción de compromisos para avanzar en la etapa operacional y abordar cuestiones prácticas. De esa manera, esas oficinas pueden obtener las respuestas que necesitan a fin de preparar un plan de digitalización geocéntrica, en la escala apropiada para el país, que les ayude a acrecentar la eficiencia y la eficacia. Es preciso tener presente la gran importancia de la planificación. Los directivos de los organismos deben enunciar claramente los objetivos y apoyar el plan estratégico a fin de asegurar el éxito.

Capítulo III

Construcción de una base de datos censales a nivel de zonas de empadronamiento

A. Introducción

3.1. Como se ha señalado en el capítulo II, la utilización de la tecnología geoespacial a fin de crear datos de mejor calidad es, desde muchos puntos de vista, una cuestión de organización que requiere la fijación de objetivos y el aprovechamiento de las aptitudes de los recursos humanos. La reorganización de una oficina nacional de estadística en torno a un núcleo de información geográfica significa asumir la relación entre la geografía del país y los diversos conjuntos de datos e información que utiliza y produce dicha oficina. La relación entre geografía y bases de datos se establece mediante mecanismos de codificación. La primera etapa consiste en vincular el material de gestión descrito en el capítulo II con el contenido técnico, mostrando cómo la base de datos geográficos censales pasa a constituir el aspecto central de las actividades para almacenar y recuperar la información censal.

3.2. Un objetivo importante del presente *Manual* es la formulación de un plan operacional encaminado a crear una base de datos a nivel de las zonas de empadronamiento para su utilización en un censo, reflejando los cambios en las maneras de conducir un censo. Un censo es más que un proyecto de recopilación de datos; también es una oportunidad para que los países miembros desarrollen sus capacidades en tecnología de la información (TI) y, al mismo tiempo, promuevan sus objetivos de desarrollo. Mientras en el pasado un censo era un proyecto aislado que por lo general se emprendía cada 10 años, actualmente mantener una base geográfica exacta para los censos es un proceso continuo.

3.3. En el futuro, el apoyo a las operaciones censales mediante la conversión en operaciones digitales georreferenciadas arrojará grandes utilidades a medida que el público vaya disponiendo de productos de nueva generación. Tratar de alcanzar la meta de un censo exacto gracias a la adopción de tecnologías geoespaciales es un encomiable servicio público. Debido al nivel del compromiso requerido y a las inversiones que entraña el replanteo de las operaciones cartográficas censales, la oficina nacional de estadística puede apoyarse en la labor de sus predecesores y utilizar mapas preparados en años anteriores.

3.4. En el presente capítulo se introducirá un concepto de codificación geográfica ligeramente diferente de los conceptos convencionalmente utilizados por las empresas de SIG en lo relativo a comparación de direcciones. La definición adoptada por las Naciones Unidas de “geocodificación” es más amplia. Indica la conexión entre observaciones estadísticas y ubicaciones en la realidad, expresadas en términos de latitud y longitud, o mediante otros atributos de ubicación. En términos sencillos, la codificación geográfica es un medio de asegurar que se sepa dónde están los datos. Al mismo tiempo que el presente capítulo promueve una definición más amplia de

geocodificación, también destaca la importancia de la codificación tradicional (es decir, la codificación de atributos) para un censo.

3.5. La geocodificación se diseña para abarcar un conjunto sin solución de continuidad de escalas espaciales, desde las unidades individuales de vivienda, pasando por el nivel de las zonas de empadronamiento y continuando hasta niveles administrativos más altos, hasta llegar a niveles nacionales. El éxito en el uso de la geocodificación depende de que el país establezca un conjunto de zonas administrativas con territorios conocidos y representación digital en forma de codificación informática. El sistema de codificación debe reflejar una cualidad importante de un plan de geocodificación: la posibilidad de variar la escala y ser flexible, que da lugar a una cobertura integral y posibilita el crecimiento.

3.6. Las autoridades administrativas se basan en general en la idea de que dentro del territorio de un país hay límites que sirven para demarcar la extensión real de tierras a nivel de estado o provincia, o de distrito, y asimismo cuando se trata de aspectos o fines electorales, de servicios postales o de vigilancia de la salud. En su conjunto, estos aspectos geográficos pueden almacenarse en una base de datos con el código y el número de unidades correspondientes al nivel administrativo. Por ejemplo, las unidades al segundo nivel administrativo (ADM 2) son provincias, mientras que las unidades al tercer nivel administrativo (ADM 3) son distritos. En condiciones ideales, toda operación geoespacial tendría acceso a esas unidades en formato de SIG para su utilización en diversos proyectos.

3.7. En consecuencia, el presente capítulo se focalizará en las normas y la coordinación, como cuestiones de gestión. Las normas aplicadas a escala nacional requieren coordinación. Si la oficina nacional de estadística es la autoridad (es decir, el custodio de los códigos), entonces es necesario que la oficina nacional de estadística elabore un plan transparente y defendible. Es preciso destacar la necesidad de coordinación regional, especialmente en países de gran magnitud.

3.8. El papel que le corresponda a la oficina nacional de estadística en la demarcación de límites administrativos variará de un país a otro. En algunos casos es posible que la oficina de estadística tendrá atribuciones conferidas por ley para definir las unidades subnacionales sobre el terreno, o tal vez se suponga que tiene atribuciones de hecho. En caso de que la oficina nacional de estadística no tenga competencia para la demarcación de límites subnacionales, deberá colaborar con otros organismos del gobierno para utilizar el plan de geocodificación existente, y posiblemente adaptarlo a las particulares necesidades del censo. También puede ser necesaria la coordinación regional.

3.9. Entre los temas que abarca el presente capítulo figuran la definición de geografía censal nacional, incluidas las jerarquías administrativas y los criterios y procedimientos para la delimitación de zonas de empadronamiento; la codificación de zonas geográficas, incluidas las zonas de empadronamiento, y la verificación de su compatibilidad con censos anteriores; las fuentes de datos geográficos para la delimitación de zonas de empadronamiento y los procedimientos de importación; la conversión de datos geográficos mediante escaneado y digitalización; la construcción y mantenimiento de la topología; la puesta en práctica de una base de datos de zonas de empadronamiento; la verificación de cuestiones de calidad de los datos; y la preparación de metadatos.

3.10. Cabe reiterar que es preciso planificar con sumo cuidado. Además, es importante destacar que, dada la creciente demanda de datos para zonas pequeñas, es necesario evaluar con criterios realistas las necesidades del país.

B. Definición de la geografía del censo nacional

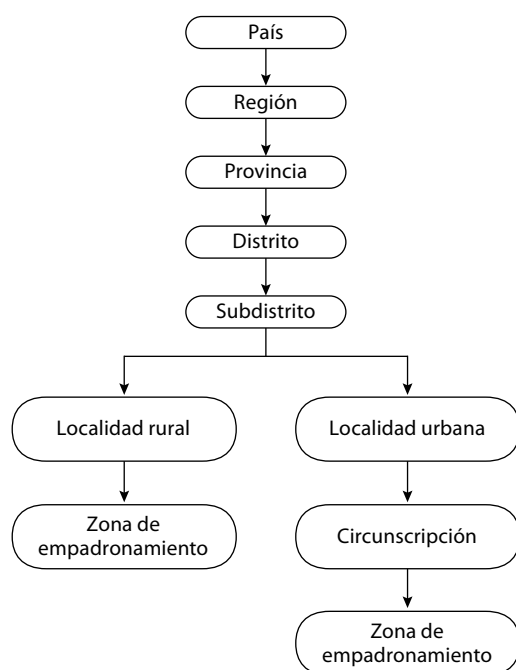
1. Jerarquía administrativa

3.11. Una de las primeras decisiones en la planificación de un censo se refiere a las zonas administrativas sobre las que se obtendrán datos censales. Una zona administrativa puede ser cualquier unidad geográfica especial, pero en general se trata de unidades administrativas, es decir, existe una autoridad gubernamental que tiene jurisdicción sobre dicho territorio. La preparación del censo conlleva la confección de una lista de todas las unidades informantes, administrativas y estadísticas del país y la definición de las relaciones entre todos los tipos de límites de unidades informantes y administrativas. Cada país tiene su propia jerarquía administrativa, es decir, un sistema en que se subdivide el país, y cada conjunto de unidades administrativas (excepto el último) es subdividido para formar el nivel inmediato inferior. Por ejemplo, a los efectos del censo, un país puede haberse dividido en siete niveles jerárquicos en zonas urbanas, y en seis en zonas rurales (véase el gráfico III.1).

3.12. Tal vez sólo algunos de estos niveles jerárquicos tengan verdaderas funciones administrativas, por ejemplo, la provincia, el distrito y la localidad pueden tener sendas capitales con oficinas públicas locales que se encargan de esas regiones. Otras unidades tal vez tengan solamente funciones estadísticas, es decir, se diseñan como un medio de visualización de datos, y no con fines de administración de un territorio. El gráfico III.2. muestra cómo encajan las unidades administrativas y censales usando un ejemplo sencillo con sólo cuatro niveles jerárquicos. No obstante, en algunos casos, tal vez las unidades administrativas no encajen con exactitud y es probable que la oficina de censos tenga que manejarse en un sistema muy complejo de regiones geográficas, sobre todo cuando se consideran a la vez unidades administrativas y otras unidades informantes estadísticas.

Gráfico III.1

Una jerarquización genérica de la geografía de un censo



3.13. No todos los niveles tienen la misma importancia. Por ejemplo, muchos países dividen el territorio en regiones principales que a menudo tienen una definición geográfica, como *norte-sur-oeste-este* o *montaña-llanura-costa*. Con frecuencia estas regiones no tienen una función administrativa, pero pueden usarse para notificar información estadística.

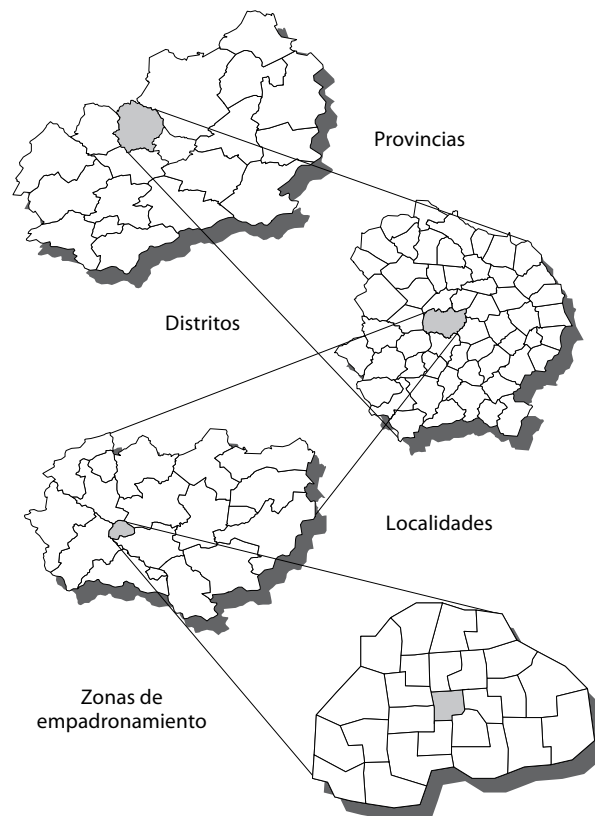
2. Relaciones entre unidades administrativas y otras unidades informantes, estadísticas o administrativas

3.14. Además de las unidades administrativas, los países, en su mayoría, tienen varios otros conjuntos de zonas que se usan para distintos propósitos y para los que habrá que compilar datos censales. Algunos ejemplos son:

- Regiones sanitarias;
- Zonas de mercados laborales;
- Distritos electorales;
- Zonas postales;
- Zonas culturales o tribales;
- Aglomeraciones urbanas o zonas metropolitanas;
- Unidades de censos agrícolas o económicos;
- Unidades catastrales o de propiedad de la tierra;
- Zonas de servicios públicos (distritos de suministro de agua o electricidad).

Gráfico III.2

Ilustración del encaje de una jerarquía administrativa



3.15. Es posible adquirir más conocimientos acerca de esas situaciones geográficas especiales mediante la interacción con los organismos competentes del país o mediante actividades relativas a la infraestructura de datos espaciales. Muchas de estas zonas no encajarán a la perfección dentro de la jerarquía administrativa del país. Cuando se diseñan las zonas de empadronamiento, el organismo de cartografía censal debería considerar en la mayor medida posible estas unidades informantes a fin de facilitar la tabulación de los datos censales correspondientes a esas regiones. El análisis de las necesidades de los usuarios realizado en la etapa de planificación del censo deberá estipular directrices con respecto a las zonas no administrativas a las que se prestará más atención. En general, para orientar el diseño de las zonas de empadronamiento, el organismo debe dividir todos los conjuntos de zonas según sea la compatibilidad: obligatoria, conveniente o poco probable, y considerarlos en la forma correspondiente.

3.16. En el caso de algunas zonas informantes o administrativas del país, es posible que los organismos competentes ya hayan producido datos digitales comprendidos en esos límites. Por ejemplo, varios países que han puesto en marcha programas de reforma agraria usan los SIG para manejar las bases de datos sobre la propiedad de la tierra (información catastral) y muchos organismos nacionales de correos usan las bases de datos de los SIG de códigos postales para facilitar la distribución. Cuando se dispone de bases de datos digitales de tales unidades se facilita la creación de otras de datos geográficos para el censo. Si es posible lograr una gran compatibilidad se obtiene una ventaja adicional, a saber, la posibilidad de combinar con facilidad las estadísticas de otras zonas, por ejemplo demanda de agua o resultados de votaciones, con estadísticas demográficas y sociales.

3.17. En la oficina de estadística, otras actividades censales también requieren que se definan las unidades para las que se reunirán datos y es importante mencionar al respecto que en muchos países se realizan periódicamente censos agrícolas y económicos. Muchas aplicaciones analíticas se benefician del análisis conjunto de la información producida por los censos de población y los datos agrícolas o económicos. Si hay una buena concordancia entre las unidades geográficas usadas para compilar estos tipos de datos, aumentará su utilidad en aplicaciones públicas y privadas.

3.18. Es preciso mantener la coordinación entre la oficina de estadística y otros organismos o niveles del gobierno, deslindando quién tiene jurisdicción sobre delimitaciones administrativas, cuáles son los cambios que se van introduciendo, y cuándo pueden introducirse. Antes de levantar un censo, es necesario que los límites queden congelados (se recomienda que esto se realice al menos seis meses antes de iniciarse el censo), a fin de que no haya cambios en los límites que creen discrepancias cuando se proceda a la codificación de las zonas. Las oficinas nacionales de estadística también pueden optar por que se indique la fecha correspondiente a cada versión de los límites administrativos, de modo que reflejen las divisiones internas del país en el momento de realizarse el empadronamiento.

3. Criterios y procedimientos para la demarcación sobre el terreno de las zonas de empadronamiento

3.19. Las zonas de empadronamiento son las unidades geográficas operacionales para recopilar datos censales, y se han de definir desde un principio en el proceso. La demarcación de las zonas de empadronamiento es similar tanto para las técnicas cartográficas manuales como para las técnicas digitales. El diseño de las zonas de empadronamiento debe tener en cuenta diversos criterios. Cuando la demarcación sea correcta, éstas deberán satisfacer los siguientes criterios:

- Deben ser mutuamente excluyentes (sin superposición) y exhaustivas (cubrir todo el país);
- Deben tener límites fácilmente identificables en el terreno;
- Deben concordar con las jerarquías administrativas;
- Deben ser compactas, sin vacíos ni secciones inconexas;
- Deben tener aproximadamente la misma cantidad de población;
- Deben ser lo bastante pequeñas y accesibles como para que las pueda cubrir un empadronador durante el período del censo;
- Deben ser lo bastante pequeñas y flexibles como para posibilitar múltiples tabulaciones para distintas unidades estadísticas informantes;
- Deben tratar de satisfacer las necesidades de los departamentos públicos y otros usuarios de datos;
- Deben ser útiles también para otros tipos de censos y de recopilación de datos;
- Deben ser lo bastante grandes como para garantizar el carácter privado de los datos.

3.20. Entre estos criterios hay algunos que facilitan la reunión de los datos censales, mientras que otros se relacionan con la utilidad de las zonas de empadronamiento para elaborar resultados, es decir, la relación entre la recopilación de datos y las unidades de tabulación. Ha de recordarse que la finalidad del censo es producir datos útiles para los administradores, las autoridades encargadas de las políticas y otros usuarios. En consecuencia, lo más importante no es hacer más fáciles las tareas de los empadronadores, sino lograr un máximo de flexibilidad y de capacidad de adaptación para producir los mejores resultados posibles. Por otra parte, la delimitación de las zonas de empadronamiento también debe tener una racionalidad logística para las operaciones sobre el terreno.

3.21. El tamaño de las zonas de empadronamiento puede definirse según la superficie o por población que contengan. Para los mapas de un censo, la población es el criterio más importante, pero también deben tenerse en cuenta superficie y accesibilidad para asegurar que un empadronador pueda ocuparse de una zona de empadronamiento en el tiempo asignado. El tamaño de la población que se escoge varía de un país a otro y se determina sobre la base de resultados previamente verificados. El tamaño medio de la población también puede variar entre zonas urbanas y rurales, puesto que el empadronamiento puede ser más rápido en las ciudades que en el campo. En circunstancias especiales, tal vez tengan que definirse zonas de empadronamiento más grandes o más pequeñas que el promedio. Para casi todos los fines prácticos, el tamaño de la población de una zona de empadronamiento oscilará entre 100 y 150.

3.22. Antes de demarcar los límites de la zona de empadronamiento, es necesario estimar el número de personas que viven en la zona y su distribución geográfica. A menos que se tenga información de una encuesta reciente, de un sistema de registro o de alguna otra fuente, estas cifras tienen que determinarse contando las unidades de vivienda, determinando el consiguiente número de hogares y multiplicando por un tamaño medio de hogar. El número de unidades de vivienda puede determinarse cartográficamente o, en algunos casos, por medio de fotografías aéreas, como se analiza en el capítulo siguiente.

3.23. Los límites de las zonas de empadronamiento deben poder observarse con claridad sobre el terreno. Todos los empadronadores, incluso si no tienen mucha capacitación geográfica, deben poder localizar los límites de la zona que tienen a su cargo. En consecuencia, puede variarse el tamaño de la población entre las zonas de empadronamiento para producir una demarcación identificable. Las características

naturales que pueden usarse a este fin son: caminos, vías férreas, arroyos y ríos, lagos, alambradas o cualquier otra que defina un límite nítido. Las características que tienen bordes menos definidos, como macizos de arbustos, bosques, o curvas de nivel, incluidos los cordones montañosos, no son tan útiles. En algunos casos, es inevitable usar límites de zonas de empadronamiento que no pueden verse con claridad en el suelo. En este caso, se necesita una descripción verbal exacta y la correspondiente anotación en los mapas de las zonas de empadronamiento; algunos ejemplos son las líneas paralelas o acodadas y las prolongadas. Por ejemplo, el límite de una zona de empadronamiento puede ser paralelo a un determinado camino en un tramo claramente definido. O bien una parte de un límite de una zona de empadronamiento puede definirse como la prolongación de un camino claramente visible hasta otra característica también bien definida, como un río o una vía férrea.

3.24. En muchos países quizás haya problemas específicos relacionados con la demarcación de las zonas de empadronamiento. Por ejemplo, si bien los poblados pueden ser asignados a unidades administrativas específicas, tal vez no esté definido el límite real de la superficie del poblado. Asimismo, es necesario asignar una referencia geográfica a las poblaciones especiales, como las transitorias, los grupos nómadas o el personal militar. Por ejemplo, con frecuencia el personal naval se asigna al puerto de origen. Cuando se planifica para ubicar a poblaciones difíciles de empadronar, debe recordarse que en esos casos los costos operacionales a veces son 10 a 20 veces superiores a los correspondientes a poblaciones residenciales en zonas urbanizadas.

3.25. Entre los criterios para la demarcación de zonas de empadronamiento figura determinar el tamaño ideal de dichas zonas, sobre la base de la cantidad de personas que puede contar un empadronador en el lapso previsto para la recopilación de datos. El plan de demarcación de zonas de empadronamiento debería reflejar el plan general del censo, dimanado del número de días asignados para el empadronamiento. Un ensayo previo al censo puede determinar el número de unidades de vivienda (UV) que un empadronador puede recorrer en un día. Como ejemplo ilustrativo, cabe señalar que si en zonas urbanas pueden empadronarse 16 UV por día, pero en zonas rurales solamente 10 por día, y si el período de empadronamiento es de 10 días, en consecuencia una zona de empadronamiento urbana ideal contendría 160 UV y la zona de empadronamiento rural tendría 100 UV. Si el promedio del número de personas en una UV es cinco, entonces el tamaño ideal de la población sería 800 personas para una zona urbana y 500 para una zona rural. Otros factores que influyen sobre el tamaño de una zona de empadronamiento son los límites de zonas administrativas; la visibilidad de características de los límites de las zonas de empadronamiento; la presencia de viviendas colectivas, cuarteles, hoteles y escuelas con internado; y las modalidades y disponibilidad de los transportes.

3.26. Las estimaciones de la cantidad de población son imprescindibles para una correcta delimitación de las zonas de empadronamiento. Puede recurrirse a funcionarios locales para que proporcionen estimaciones de la población de zonas pequeñas, o esa zona puede ser visitada por personal de la oficina nacional de estadística sobre el terreno. En zonas donde los cambios no han sido radicales, es posible ajustar las estimaciones a partir del censo anterior y sobre la base del tiempo transcurrido.

4. Delimitación de zonas de supervisión (zonas que abarca el líder del equipo de empadronadores)

3.27. La zona de supervisión sirve para una efectiva conducción de los equipos de empadronadores. Una vez demarcadas las zonas de empadronamiento, el diseño de

las zonas de supervisión suele ser sencillo. Las zonas de supervisión constan de grupos de 8 a 12 zonas de empadronamiento contiguas que comparten algunas de las mismas características. Las zonas de empadronamiento asignadas a la misma zona de supervisión deben ser compactas para reducir al mínimo el tiempo de recorrido, y aproximadamente del mismo tamaño. Deben estar incluidas en la zona que abarca una misma oficina local que, por lo general, se define de acuerdo con las unidades administrativas.

3.28. En función del tamaño del país, pueden diseñarse zonas censales a niveles adicionales. En países grandes, con frecuencia coincidirán con las oficinas de estadística provinciales o regionales.

5. Codificación geográfica o “geocodificación” de las zonas de empadronamiento

3.29. Una base de datos cartográficos en formato vectorial consiste en un conjunto estructurado de puntos, líneas y polígonos. Cada característica geográfica —es decir, cada punto, línea o polígono— tiene un identificador único que el sistema usa internamente. El usuario no suele tener acceso a este identificador interno, el cual no se debe modificar externamente. Se necesita un identificador más significativo que se pueda utilizar para vincular las características geográficas con sus atributos registrados. Para las zonas de empadronamiento y las unidades administrativas, este vínculo es el identificador único o administrativo de la zona de empadronamiento, que figura en un archivo maestro de todas las zonas geográficas de importancia para los censos.

3.30. La forma como se ingresa este identificador es específica de cada programa electrónico. Se puede agregar durante el procedimiento de digitalización antes de digitalizar la característica, o bien en una etapa posterior seleccionando en forma interactiva la característica y agregando el identificador mediante la interfaz de un menú. En cuanto a las características poligonales, en algunos sistemas el usuario debe agregar un punto de etiquetado contenido en cada unidad. Si bien conceptualmente es un procedimiento sencillo, la codificación puede requerir bastante tiempo y recursos.

3.31. En verdad, se debe asignar a cada zona de empadronamiento un código único, que se usará en el procesamiento de los datos para compilar la información obtenida sobre los hogares de cada zona de empadronamiento y para agregarla en zonas administrativas o estadísticas con fines de publicación. El código numérico también establece el vínculo entre los datos censales agregados y la base de datos digitales de los límites de la zona de empadronamiento que se almacena en un SIG. El programa ideal de codificación tiene que determinarse especialmente para cada país, pero las normas que se usan para asignar códigos nunca pueden ser ambiguas y deben formularse en colaboración con el personal de la oficina nacional de estadística que se ocupa de los aspectos geográficos y el procesamiento de datos. Cuando se elabora un programa de codificación, los principios más importantes son la flexibilidad, la posibilidad de ampliación, la intuición y la compatibilidad con otros programas que se usan en el país. La oficina de estadística suele ser la que custodia estos códigos en el país y también ha de cumplir funciones de coordinación en el diseño de los códigos de los mapas censales.

3.32. Si el programa de codificación es jerárquico será más fácil garantizar la coherencia y la claridad de los identificadores numéricos. Según este método, las unidades geográficas se numeran en cada nivel de la jerarquía administrativa, por lo general dejando blancos entre los números para dar lugar a la inserción en el futuro de zonas de creación reciente en ese nivel. Por ejemplo, en el nivel de la provincia, las unidades pueden numerarse 5, 10, 15, y así sucesivamente. Para las unidades adminis-

trativas de menor nivel y las zonas de empadronamiento puede usarse un programa similar. Puesto que con frecuencia hay más distritos en una provincia que provincias en un país, en los niveles más bajos pueden necesitarse más dígitos. El identificador único para cada unidad del nivel menor —es decir, la zona de empadronamiento— consta entonces simplemente de los identificadores concatenados de las unidades administrativas dentro de las que encaja.

3.33. Por ejemplo, un país podría utilizar el siguiente plan de codificación:

Gráfico III.3

Plan genérico de codificación de zonas de empadronamiento



3.34. Un código de zona de empadronamiento 1203501750023 indica que la zona de empadronamiento 23 está ubicada en la provincia 12, distrito 12035 y localidad 120350175. Este código se almacena en la base de datos como un número entero largo o como una variable en una cadena compuesta de 13 caracteres. Evidentemente, es necesario que el tipo de variable sea el mismo en la base de datos censales y en la base de datos geográficos. El almacenamiento como una variable compuesta de números enteros tiene la ventaja de que los subconjuntos de registros pueden seleccionarse sin dificultad utilizando comandos de consulta estándar en cualquier sistema de gestión de bases de datos o en el sistema SIG.

3.35. Por otra parte, el almacenamiento del código como una variable de caracteres puede mejorar la coherencia, por ejemplo usando ceros a la izquierda. En este caso, el código se considera una denominación, constituida por caracteres del American Standard Code for Information Interchange (ASCII) y no un número en secuencia.

3.36. En los casos en que las unidades administrativas e informantes no son jerárquicas, habrá que preparar convenciones especiales de codificación. De cualquier modo, es importante mantener una total coherencia en la definición y el uso de los identificadores de unidades administrativas, ya que son el vínculo entre los límites de SIG y los datos censales tabulares. En consecuencia, la oficina de censos debe mantener una lista maestra de zonas de empadronamiento y unidades administrativas y sus códigos respectivos, y reflejar todos los cambios que se hagan en dicha lista en las bases de SIG y censales. Además, la oficina nacional de estadística podría considerar la posibilidad de publicar una lista de zonas de empadronamiento, incluida la codificación pertinente y las latitudes y longitudes de los centroides (puntos centrales), posiblemente también con indicación de las poblaciones empadronadas.

6. Componentes de una base de datos censales

3.37. Una base integral de datos geográficos para un censo se compone de un mapa digital de zonas de empadronamiento censal y, en la mayoría de los casos, de una serie de capas de mapas básicos que proporcionan el marco y la orientación para la realización de los mapas finales de empadronamiento. Las capas de datos básicos pueden indicar caminos de todos los tipos, ríos, edificios o asentamientos, almacenados como entidades separadas en una base de datos geográficos. Por ejemplo, los caminos y los ríos, si bien se representan en ambos casos como líneas, no se almacenarán en

el mismo archivo digital. Es necesario proporcionar especificaciones por escrito que indiquen los productos, las magnitudes y otras aclaraciones necesarias para velar por la coherencia.

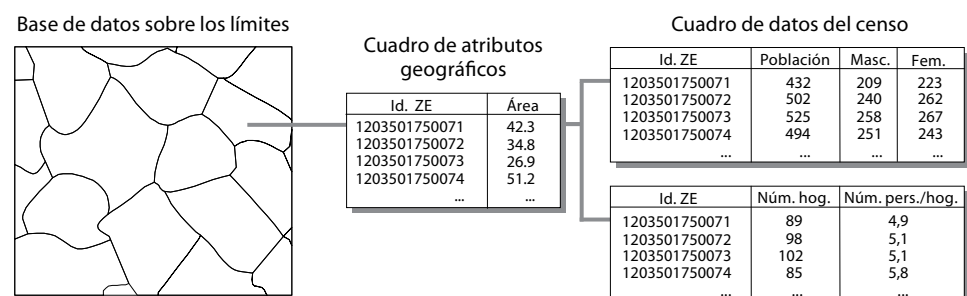
3.38. Antes de comenzar a ingresar y a convertir los datos, los funcionarios de la oficina de cartografía censal deben diseñar la estructura de todos los conjuntos de datos de SIG que se producirán. La definición de la estructura constará en una descripción detallada de todas las convenciones y directrices que es preciso respetar para asegurar la coherencia de los productos finales. Una buena planificación y documentación evitará que se produzcan confusiones e incompatibilidades a lo largo de las etapas posteriores.

3.39. La primera etapa es pensar en el aspecto que tendrán los productos finales. Por ejemplo, es probable que la base de datos digital completa de las zonas de empadronamiento tenga los siguientes componentes (véase el gráfico III.4):

- La *base de datos sobre límites espaciales*, con las características de las superficies (polígonos) que representan las unidades censales;
- El *cuadro de atributos geográficos*, un archivo de la base de datos que está vinculado internamente con la base de datos espaciales y contiene un registro de cada polígono. El cuadro contiene el identificador único de cada unidad censal y, posiblemente, algunas otras variables estáticas, es decir, invariantes, como la superficie de la unidad en kilómetros cuadrados;
- Los *cuadros de datos censales*, que contienen atributos no espaciales, esto es, los indicadores censales de las unidades espaciales. Cada uno de estos archivos debe contener el identificador único de la unidad censal, que proporciona el vínculo con los registros correspondientes en el cuadro de atributos de los polígonos. Habrá un registro para cada unidad censal.
- Además, *otras características vectoriales (punto o área)*, como hitos o elementos prominentes, caminos, cursos de agua, escuelas, hospitales o clínicas, u otros edificios, pueden ser útiles para orientar a los trabajadores sobre el terreno durante el empadronamiento. Esas características, que se registran durante los recorridos preliminares sobre el terreno o la enumeración de las viviendas, pueden ser útiles más adelante para otros organismos gubernamentales o para organizaciones no gubernamentales, con lo cual se ahorrará tiempo y dinero. La colaboración con otros usuarios de los datos arroja muchos beneficios en cuanto a eficiencia y eficacia y debe entablarse siempre que sea posible.

Gráfico III.4

Plan genérico de codificación de zonas de empadronamiento



7. Concordancia de las zonas de empadronamiento con las de censos anteriores

3.40. Un censo proporciona un corte transversal del tamaño y las características de la población de un país y una de sus aplicaciones más importantes es el análisis de las variaciones en la composición de la población a lo largo del tiempo. Con frecuencia, este análisis se realiza únicamente en niveles bastante agregados, por ejemplo el del país o el de las provincias, pero las variaciones en las zonas locales tienen la misma importancia porque la dinámica de las zonas pequeñas afecta las decisiones en materia de planificación local. El análisis de las variaciones a nivel local resulta mucho más fácil si las unidades de empadronamiento siguen siendo compatibles de un censo a otro. El problema de cambiar la base de datos geográficos entre sucesivos censos no es menos arduo que el de introducir cambios de las definiciones de elementos en el cuestionario del censo.

3.41. Por lo tanto, cuando se diseña la estructura geográfica censal, la oficina de censos debe tratar de mantener, tanto como sea posible, los límites de los censos anteriores. Quizás tengan que definirse nuevas zonas debido al aumento de la población. En estos casos, siempre es preferible subdividir una zona de empadronamiento existente y no modificar los límites. Un analista puede simplemente englobar nuevamente las porciones de una zona de empadronamiento subdividida para que los datos del nuevo censo sean compatibles con la información de un empadronamiento anterior. Si los límites se alteran, habrá que recurrir a métodos de ajuste más complicados.

3.42. Un componente de la demarcación de las zonas de empadronamiento que puede facilitar el análisis de las variaciones es la compilación de archivos de compatibilidad o equivalencia, a veces también denominados archivos de relación, que enumeran los códigos de cada zona de empadronamiento del censo en curso y el código correspondiente de un empadronamiento anterior. Si las unidades se han dividido o agregado, esto queda indicado en estos archivos.

3.43. La base de datos sobre límites y el cuadro de atributos geográficos están estrechamente vinculados; de hecho, representan un solo conjunto de datos. Durante la planificación del censo, se compilará, para cada zona de empadronamiento, cierta información básica conexa, como las estimaciones de las unidades habitacionales o de la población, e información sobre documentación. Esta información externa sobre las unidades censales se almacenará en cuadros de datos separados en un sistema genérico de gestión de bases de datos y, desde allí, se puede vincular, según sea necesario, con los datos sobre límites en el cuadro de atributos geográficos mediante el identificador en común: el código de la zona de empadronamiento. Las dependencias o secciones de cartografía censal y de procesamiento de datos deben cooperar estrechamente para asegurar que las bases de datos censales producidas por el programa de entrada y tabulación de datos se correspondan con los archivos de los límites geográficos.

3.44. Habitualmente, se preparan bases de datos distintas de cada nivel administrativo o conjunto de zonas estadísticas sobre el que se publican datos censales. Cuando se actualizan los límites a cualquier nivel, habrá que cambiar todas las otras bases de datos que los contengan. Lo mejor es hacer todos los cambios en la base maestra de datos sobre límites en el nivel más bajo de agregación (es decir, la base de datos al nivel de las zonas de empadronamiento) y producir cada base de un nivel más alto de unidad administrativa o estadística usando operaciones comunes de agregación.

3.45. Algunas de estas capas de datos básicos pueden ser mucho más sencillas que el mapa digital de la zona de empadronamiento. Por ejemplo, en el caso de una base de datos de caminos, pueden haberse reunido sólo unos pocos atributos: el nombre o el identificador de los caminos, si se lo tiene, el tipo de superficie o pavimento y

la cantidad de carriles. En este caso, puede no ser necesario almacenar la información descriptiva de los atributos en un cuadro distinto, sino que, para simplificar, es posible incluir todos en el cuadro de atributos geográficos.

3.46. En ciertas etapas, entre y durante los ciclos censales, se deberían crear conjuntos de datos de referencia. Por ejemplo, debería haber una única versión de la base de datos cartográficos de un censo nacional que se corresponda con cada actividad de reunión de datos o con cada aplicación estadística conexas. Se pueden producir distintos conjuntos de datos agregados de los límites correspondientes a cada unidad informante sobre la que se requieran datos. Estos conjuntos de datos de referencia deberían estamparse con la fecha y archivarse en forma permanente. Por consiguiente, podría haber conjuntos de datos básicos de referencia creados a partir de la misma base maestra de datos para levantar un censo en 2010, para efectuar una encuesta de gran magnitud en 2012 y para celebrar elecciones en 2015.

3.47. Es posible importar a una base de datos geográficos censales otras bases de datos digitales existentes, por ejemplo, productos creados por otro organismo gubernamental y coordenadas recogidas sobre el terreno utilizando el GPS. Puede ocurrir que las coordenadas del GPS de ubicaciones puntuales deban convertirse a líneas y límites que muestren características lineales y poligonales, como los ríos o las ciudades. Después de unir los códigos de los atributos con todas las características de la base de datos, se pueden juntar los mapas digitales que se crearon por separado para formar una base de datos continua de toda la región que mostrará, según el alcance de las actividades cartográficas, las características geográficas principales, los puntos de referencia, la infraestructura, los asentamientos y los edificios. Sobre la base de esta información, los funcionarios de la oficina de censos pueden demarcar las zonas de empadronamiento en forma interactiva usando la información de referencia geográfica.

3.48. El GPS como fuente de datos para la cartografía y la evaluación de las zonas de empadronamiento se considera más detalladamente en el capítulo IV y en el anexo II. Además, se ofrece material adicional sobre la utilización del GPS y de datos obtenidos por teleobservación para corregir la base de datos geográficos.

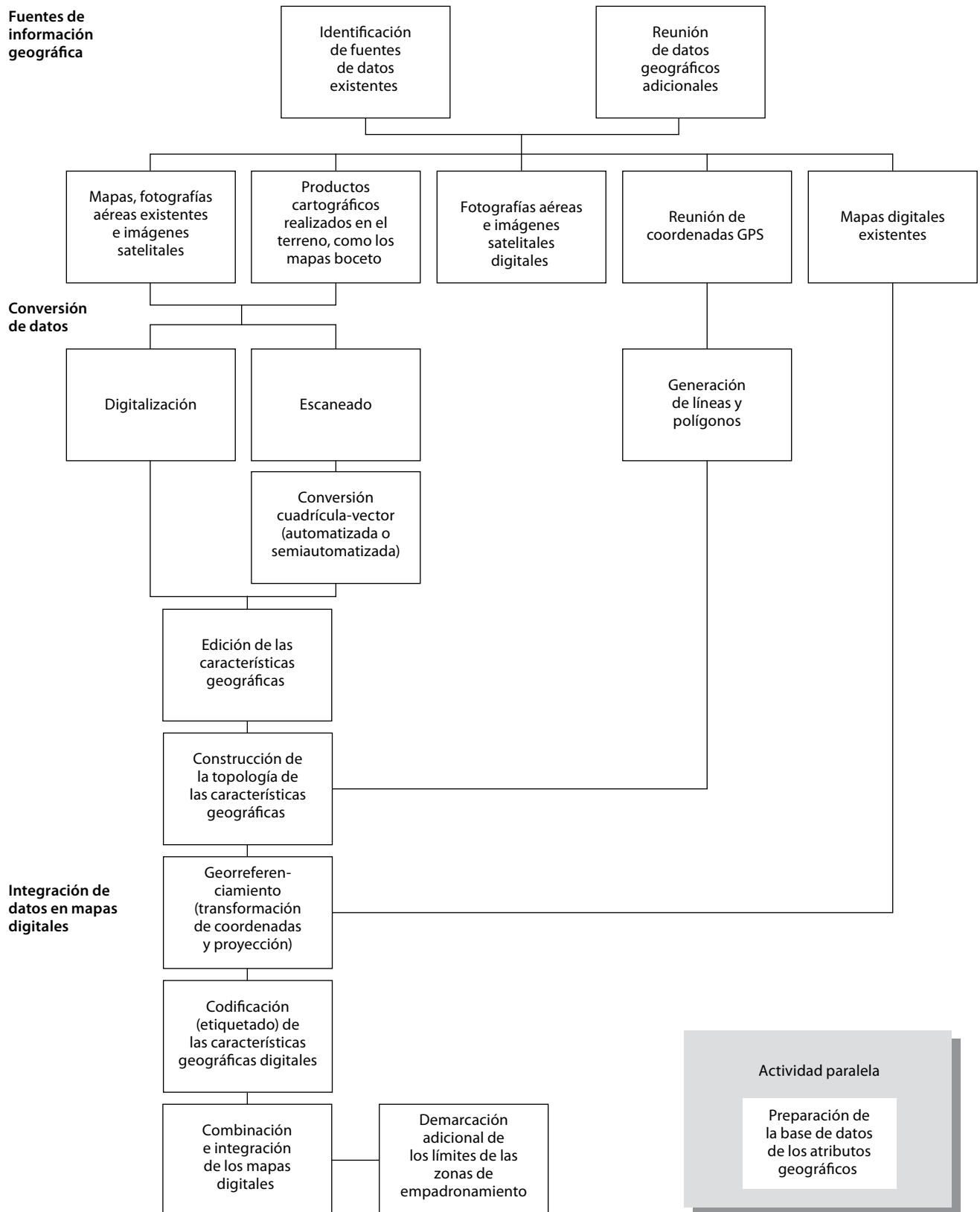
3.49. Paralelamente al desarrollo de datos, los funcionarios de la oficina de censos deben mantener una lista de todas las zonas administrativas y de empadronamiento que están delineadas en la base, incluidos el nombre, el nivel geográfico y la referencia sobre la ubicación. Esta lista computarizada es el cuadro de atributos geográficos y se vinculará con la base de datos de SIG completada.

3.50. El diagrama de secuencia en el gráfico III.5 muestra solamente una de las posibles secuencias que se seguirán en la conversión de datos. Es posible delinear, en especial, los límites de las zonas de empadronamiento en varios momentos del proceso. Por ejemplo, las fotografías aéreas escaneadas y adecuadamente referenciadas muestran suficiente detalle para que un operador pueda demarcar los límites digitales de las zonas de empadronamiento en la pantalla, usando dichas fotos como referencia. Los límites también se pueden dibujar a mano en mapas adecuados en papel y digitalizarlos junto con otra información proveniente de esas fuentes impresas. Hay otras etapas que se pueden cumplir en orden diferente. Por ejemplo, la mayoría de los programas de SIG permiten realizar la georreferenciación al comienzo de la digitalización, eliminando así una etapa posterior adicional.

3.51. Cualquiera que sea el proceso que se elija, la oficina de censos debe evaluar la viabilidad del método por medio de un estudio piloto, que habitualmente consiste en un ensayo de la metodología en una zona de muestra pequeña. El estudio piloto posibilitará localizar o identificar desde un principio los problemas, y así será posible ajustar mejor la tecnología y los procedimientos, o modificarlos o, en el peor

Gráfico III.5

Etapas en la preparación de una base de datos geográficos censales



de los casos, descartarlos. La información que se obtenga de las pruebas piloto también facilitará las actividades de programación y presupuestación, pues posibilitan evaluar cabalmente los requisitos de personal y equipo y el tiempo requerido para realizar todas las actividades.

3.52. La zona piloto debe ser representativa de tantas regiones del país como sea posible. En otras palabras, debe incluir un alto grado de variación, abarcando zonas urbanas y rurales, regiones con modalidades de asentamiento características, tierras agrícolas y zonas de vegetación tupida o con otras características que impiden la reunión de datos sobre el terreno.

3.53. Con frecuencia, los proveedores de programas y equipos de SIG están dispuestos a cooperar en un estudio piloto porque esperan beneficiarse de la venta de sus productos si estos resultan adecuados para el proyecto de cartografía censal. Los proveedores también pueden aportar datos básicos de referencia, lo que es importante para las aplicaciones de alta capacidad, como la producción de un gran volumen de mapas y el acceso generalizado a la base de datos. Es muy fácil ensayar algunas técnicas en una parte del territorio del país. Por ejemplo, los receptores GPS no cuestan mucho y los funcionarios de la oficina de censos pueden evaluar las técnicas de datos sobre el terreno. Pero puede resultar muy costoso obtener fotografías aéreas digitales de un sitio pequeño escogido para la prueba piloto. En este caso se podrían obtener productos más antiguos o muestras de fotos aéreas de un país con condiciones similares.

C. Fuentes de datos geográficos para la delimitación de las zonas de empadronamiento

1. Tipos de mapas necesarios

3.54. En casi todos los casos, un programa de cartografía censal deberá consultar los mapas impresos ya existentes para producir una base digital de datos cartográficos o para actualizar una base de datos de SIG existente. Los geógrafos de la oficina de censos deben obtener todos los mapas actualizados del territorio del país, incluidos los siguientes tipos de mapas:

- a) Mapas nacionales generales, normalmente en escalas entre 1:250.000 y 1:5.000.000, según el tamaño del país. Estos mapas deberían mostrar las principales divisiones civiles, la ubicación de las zonas urbanas, y las características físicas más importantes, como caminos, ríos, lagos, altitud y puntos especiales de referencia. Estos mapas se usan para la planificación;
- b) Mapas topográficos en escalas cartográficas grandes y medianas. La disponibilidad de estos mapas variará según el país. Algunos países tienen una cobertura completa en una escala de 1:25.000 o 1:50.000, pero en otros países la serie completa de mapas más grandes está en una escala de solamente 1:100.000 o 1:250.000;
- c) Mapas de ciudades en escalas cartográficas grandes, que muestren los caminos, las manzanas, parques, y demás. Las escalas pueden variar entre 1:5.000 y 1:20.000, y los mapas pueden tener diversos orígenes, a veces tal vez mapas de la época colonial y de planeamiento urbano;
- d) Mapas de las unidades administrativas en todos los niveles de división civil;
- e) Mapas temáticos que muestren la distribución de la población en las fechas de censos anteriores, o cualquier característica que pueda ser útil para la cartografía censal.

3.55. En teoría, si se quiere incorporar estos mapas a una base de datos de SIG, deberían tener una documentación integral, incluida la información de referenciamiento geográfico, con la escala cartográfica y el datum geográfico, la fecha de compilación, el organismo que lo compiló y la leyenda completa. Pero incluso pueden ser útiles los mapas que no están adecuadamente georreferenciados si muestran información pertinente para la elaboración de mapas censales, especialmente cuando pueden ser escaneados con facilidad e incorporados como capas en pantalla mediante lo que se denomina “digitalización manual”. En estos casos, las ventajas de la información adicional normalmente compensarán con creces tanto los recursos necesarios para integrar estos datos en la base censal de SIG como los problemas asociados con cualquiera de esos productos.

2. Inventario de las fuentes existentes

3.56. Todos los mapas obtenidos deben estar bien documentados y estructurados de conformidad con el programa de la organización que se ocupa de la cartografía censal, es decir, por región o distrito censal. Además de los mapas en versión impresa, las fuentes cartográficas digitales estarán disponibles cada vez más abundantemente en muchas fuentes. Naturalmente, los mapas digitales tienen la ventaja de que pueden manipularse y adaptarse con mayor facilidad a los propósitos de la cartografía censal. Sin embargo, esto no siempre es completamente sencillo y directo. Cuando están ausentes la documentación o los metadatos, con frecuencia no es posible determinar la correcta información sobre las proyecciones y es difícil evaluar la calidad de los datos (para obtener más información sobre la elaboración de metadatos, véase la sección *F infra*).

3.57. Mediante actividades patrocinadas por la infraestructura nacional de información digital o mediante contactos personales, conviene entablar relaciones con los siguientes organismos e instituciones para determinar si pueden aportar mapas impresos o digitales que sean útiles:

- a) Instituto geográfico nacional/oficina de cartografía. Éste suele ser el organismo cartográfico principal del país, y en algunos casos ya ha comenzado un programa de digitalización de mapas topográficos. Pero en algunos países tal vez carezca de recursos o de mandato jurídico para entablar una relación sostenida con la oficina nacional de estadística;
- b) Servicios militares de cartografía. En algunos países, la principal organización de cartografía es parte de las fuerzas armadas. El aspecto fuerte de estas organizaciones es la fotografía aérea y la interpretación de datos obtenidos mediante teleobservación;
- c) Gobiernos provinciales, de distrito o municipales; pueden incluir también oficinas de planeamiento urbano o municipal. Los organismos públicos locales utilizan cada vez con mayor frecuencia la información geoespacial para manejar la información sobre el transporte, los servicios sociales y los servicios públicos, así como para planificar la información pertinente;
- d) Diversos organismos públicos o privados que trabajan con datos espaciales, entre ellos:
 - i) El organismo que se ocupa del reconocimiento geológico o hidrológico;
 - ii) El organismo de protección ambiental;
 - iii) El organismo de transportes;

- iv) La compañía de electrificación rural;
 - v) Las compañías de los sectores de servicios públicos y de comunicaciones;
 - vi) Los organismos encargados de los títulos de propiedad;
- e) Actividades de donantes. Las actividades a nivel de proyecto llevadas a cabo por organismos multinacionales o bilaterales de ayuda a veces tienen componentes cartográficos. Estos proyectos frecuentemente cuentan con los medios para comprar y analizar los datos obtenidos mediante teleobservación o fotografías aéreas, que pueden resultar muy útiles para el organismo cartográfico.

Recuadro III.1

Criterio de selección de programas informáticos geoespaciales: opciones entre COTS, análisis de imágenes y FOSS

1. Opciones de selección para programas informáticos comerciales de SIG

En vista de la gran abundancia de proveedores comerciales, las oficinas nacionales de estadística deberían evaluar sus objetivos operacionales y adoptar tecnologías en consecuencia. La capacidad de los programas informáticos de operar con otros programas puede ser importante para satisfacer las necesidades actuales y las eventuales necesidades futuras. Es preciso consultar a diferentes organismos y distintos funcionarios acerca de la plataforma preferida de programas informáticos. Una opción debidamente fundamentada es la mejor opción.

Los programas informáticos en existencia en los comercios (COTS) pueden dividirse en: los que ofrecen integración entre cuadrículas y vectores, y los que sirven principalmente para el análisis de imágenes.

2. Integración de cuadrículas y vectores

Entre los programas informáticos existentes cabe mencionar los del Environmental Systems Research Institute (ESRI), ArcGIS, Intergraph's Geomedia, IDRISI, Maptitude, GRASS, Pitney Bowes' Map-Info, AutoCAD y Microstation.

El ESRI es el líder en el mercado y ofrece amplio apoyo en materia de formatos, funciones, flexibilidad para diferentes usuarios, un amplio conjunto de instrumentos de análisis, gestión de bases de datos para distintos tipos de datos, amplio apoyo, capacitación y una notable base de conocimientos.

GeoMedia apoya muchos tipos de datos; ofrece un variado conjunto de instrumentos de análisis y acceso directo a importantes formatos de datos geoespaciales y de CAD. GeoMedia incorpora bases de datos relacionales acordes con las normas de la industria y se actualiza regularmente, además de proporcionar apoyo y capacitación completos.

IDRISI es un conjunto de datos que proporciona un código abierto para su ajuste a las necesidades de cada usuario individual. Ofrece un análisis de alto nivel basado en cuadrículas, un conjunto de instrumentos para análisis de cuadrículas y un método integral de ingreso y extracción de datos basados en vectores por conducto de CartaLinx.

Maptitude puede manejar ambos sistemas, CAD y SIG, ofrece opciones de importar/exportar, además de comparación de direcciones, y se adapta a la disponibilidad de otros conjuntos de datos.

El Geographic Resources Analysis Support System (GRASS) tiene capacidades para cuadrículas y vectores y posee un nuevo dispositivo topológico vectorial en dos y tres dimensiones, además de ofrecer apoyo para análisis de redes vectoriales. GRASS fue el primer SIG con UNIX y ofrece la funcionalidad del UNIX, además de código abierto y una base de usuarios a escala mundial.

MapInfo (programas informáticos de la compañía Pitney Bowes) proporciona funcionalidad cartográfica, pero su funcionalidad con el SIG es limitada. Utiliza tradicionalmente Visual Basic y aplicaciones flexibles. Tiene una base a escala mundial y una fuerte herramienta de difusión.

AutoCAD Map ofrece una integración perfeccionada con SIG y CAD, así como apoyo para grillas, proyecciones y operaciones topológicas. El programa ofrece también numerosas opciones para bases de datos, así como presentaciones y análisis en vectores y cuadrículas. Se basa en un menú, pero es costoso.

Microstation tiene usuarios principalmente en los Estados Unidos y en Europa. El programa ofrece cartografía basada en CAD pero con limitaciones en las posibilidades de análisis y en la integración de formatos de datos y de georreferenciación. Ofrece una simple interfaz Google Earth/Google SketchUp.

3. Análisis de imágenes

El análisis basado en cuadrículas se está haciendo cada vez más común en las operaciones cartográficas censales. Actualmente, gran cantidad de programas electrónicos para análisis de imágenes integran datos vectoriales para perfeccionar el análisis de imágenes. A medida que las imágenes resulten cada vez menos costosas y más rápidas de procesar e integrar en conjuntos de datos vectoriales existentes, irá en aumento la cantidad de oficinas nacionales de estadística que comprarán licencias para análisis de imágenes.

Entre las principales plataformas puede mencionarse Leica Geosystems Imagine, Geomatica (PCI Geomatics), ENVI (ITT visuals), Definiens Professional y Google Earth.

Leica Geosystems Imagine es un programa electrónico basado en cuadrículas y diseñado para extraer información de las imágenes. Maneja amplios conjuntos de datos geoespaciales y proporciona interacción desde la perspectiva de los clientes, utilizando bases de datos con aptitud espacial. Imagine aporta funcionalidad a la tarea de edición topológica de bases de datos espaciales y ofrece apoyo para capas vectoriales.

Geomatica (PCI Geomatics) maneja grandes conjuntos de datos en formatos geoespaciales y proporciona interacción con los clientes mediante bases de datos con aptitud espacial; posee capacidad integral de producción de mapas; proporciona instrumentos de gestión de atributos para visualizar, editar, buscar y analizar los atributos; y amplias capacidades de procesamiento de imágenes.

ENVI 4.5 (ITT Solutions) integra las imágenes en cuadrícula con los sistemas de información geográfica. Las capas vectoriales pueden superponerse a datos de imágenes a fin de comparar fácilmente la información en cuadrículas y en forma vectorial. ENVI ofrece un apoyo relativamente amplio y una gran base de conocimientos. Además, maneja varios formatos vectoriales (entre ellos archivos con formatos ArcView, intercambio ARC/INFO, DXF, archivos Microstation/Intergraph DGN, archivos USGS DLG y otros). Su extractor de características lineales digitaliza automáticamente todo lo ubicado en los puntos de simiente, sigue fielmente las curvas, salva las brechas y fragmenta vectores, si así se desea.

Definiens ofrece extracción de características de manera automatizada, muy perfeccionada y definida por el usuario, posibilitando la extracción de información geográfica desde cualquier tipo de imágenes obtenidas por teleobservación. Ofrece conectividad para el manejo de datos con el servidor ArcGIS, cargando y guardando datos vectoriales desde y hacia las bases de datos, y posibilitando la actualización simultánea de diferentes ubicaciones en un conjunto de datos de gran magnitud. Además, posibilita actualizar porciones de grandes conjuntos de datos vectoriales. Una extensión de ArcGIS posibilita que ArcCatalog defina una colección de mapas como un espacio de trabajo de Definiens, de modo que los usuarios puedan pasar revista a lo ingresado y editarlo.

El atractivo más fuerte de Google Earth es el de sus imágenes gratuitas. No obstante hay costos asociados con el perfeccionamiento de algunas características, como el de Google Earth Pro. Google Earth ofrece cobertura mundial, un acceso democrático para muchos usuarios. Es de uso sencillo, posee una gran base de conocimientos y tiene utilidad para la visualización rápida de datos en cuadrícula y vectoriales.

Recuadro III.1

Criterio de selección de programas informáticos geoespaciales: opciones entre COTS, análisis de imágenes y FOSS (continuación)

Entre las cuestiones que hay que tener en cuenta figuran el costo inicial de los programas electrónicos, su mantenimiento y su perfeccionamiento, la configuración de LAN, las necesidades de capacitación, la facilidad de instalación y mantenimiento, la documentación y los manuales, la asistencia al usuario y el apoyo de los vendedores, los medios de efectuar reparaciones parciales y el apoyo al personal.

4. Programas electrónicos gratuitos y de fuente abierta para la cartografía de gabinete

Una alternativa respecto de los programas electrónicos comerciales es la de los programas electrónicos de SIG de fuente abierta (FOSS), los cuales posibilitan un enfoque del SIG a bajo costo o totalmente gratuito. Los programas electrónicos de FOSS son gratuitos, pueden descargarse de la Internet y proporcionan una funcionalidad similar a la de los programas electrónicos comerciales. La utilización de FOSS significa que los usuarios pueden tener acceso al código de fuente de la aplicación, es decir que las oficinas nacionales de estadística que cuenten con expertos en programación pueden adaptar los programas electrónicos a sus necesidades específicas. Los programas electrónicos de FOSS son cada vez más fáciles de usar y proporcionan aplicaciones adaptadas al usuario para usos determinados. La experiencia de ensayar los programas electrónicos de FOSS puede ser valiosa aun cuando la oficina nacional de estadística eventualmente decida adoptar un producto comercial. Tradicionalmente, los programas electrónicos cartográficos de gabinete fueron utilizados por programadores u otras personas con experiencia en tecnologías de la información. Afortunadamente, esta situación ha cambiado debido a la mayor amplitud de la base de usuarios y el ulterior desarrollo de los productos. Los programas electrónicos son cada vez más fáciles de usar y hay más capacitación en línea y apoyo a los productos. Los programas electrónicos de FOSS ofrecen "operabilidad cruzada", definida por la Global Spatial Data Infrastructure Association como "Capacidad de comunicar, ejecutar programas o transferir datos entre diferentes unidades funcionales de manera que requieran escaso o ningún conocimiento por parte del usuario acerca de las características propias de esas unidades".

Los programas electrónicos de FOSS abarcan:

Quantum GIS (<http://qgis.org>). QGIS es el programa electrónico de FOSS más avanzado para cuadrículas y vectores, con usuarios en seis continentes y un conjunto de características en rápida evolución. El QGIS ofrece GRASS para digitalizar y editar características vectoriales. Múltiples actualizaciones anuales de los programas electrónicos mantienen a los usuarios actualizados con respecto a las novedades de los productos. Un fuerte círculo de usuarios ofrece apoyo en línea para muchos problemas técnicos.

Thuban (<http://thuban.intevation.org>) es otro ejemplo de programas electrónicos de FOSS con una gran base de usuarios y apoyo del producto en línea. Thuban se ha puesto en práctica utilizando Python y su plataforma es múltiple. Puede manejar datos tanto vectoriales como de cuadrículas y ofrece una completa capacidad funcional respecto del SIG, incluida la identificación y anotación de objetos, la posibilidad de editar y clasificar leyendas, efectuar búsquedas y adiciones a cuadros, y apoyar proyecciones, además de ofrecer apoyo en múltiples lenguajes.

Open EV (<http://openev.sourceforge.net>) es una biblioteca de programas electrónicos y también una aplicación para visualizar y analizar datos geoespaciales en cuadrículas y en vectores. OpenEV puede apoyar visualizaciones bidimensionales y tridimensionales y puede reproyectar sin dificultades. El programa proporciona poderosos análisis de imágenes. La comunidad de usuarios virtuales de OpenEV aprovecha listas de intercambio de ideas y datos prácticos útiles para usuarios principiantes.

3. Importación de datos existentes

3.58. La importación directa de datos digitales es, en las mayor parte de las ocasiones, la forma más sencilla de conversión de datos espaciales digitales. La industria de SIG ha hecho la transición en formato DBASE (.dbf) hacia bases de datos relacionales, como Oracle o Microsoft Access, o bases de datos geográficos personales o en archivos. La transferencia se basa en el intercambio en formatos de archivo en su mayoría patentados, usando las funciones de importación/exportación de los programas comerciales de SIG.

3.59. Todos los sistemas informáticos proporcionan vinculaciones con otros formatos, pero la cantidad y la funcionalidad de las rutinas de importación varían según el programa. Con frecuencia surgen problemas porque los productores de programas no están dispuestos a dar a conocer públicamente los formatos de archivo exactos de sus sistemas. En consecuencia, surgen dificultades para convertir los datos. Sus competidores utilizan alguna forma de tecnología inversa para determinar los formatos de archivo exactos y facultar así a sus clientes para que puedan importar archivos externos. En consecuencia, las rutinas de importación a veces son inestables y a menudo pierden parte de la información de los archivos originales. En algunos casos, es mejor pasar por un tercer formato en lugar de intentar importar directamente el archivo de intercambio de otro programa. Por ejemplo, la mayoría de los programas de SIG permiten utilizar el formato de intercambio de Autocad (DXF), que está bien documentado. Por lo tanto, las funciones de exportación e importación de DXF de otros programas comerciales suelen ser bastante confiables.

3.60. Habrá menos problemas si la oficina de cartografía censal emplea programas de SIG integrales y de uso generalizado. Es más probable que los sistemas más avanzados contengan funciones de importación para una gran cantidad de formatos de intercambio. También es más probable que otros productores puedan ofrecer datos de SIG en el formato originario de esos programas de SIG. La capacidad de importación es un criterio importante para elegir un programa de SIG. También se puede usar un programa de conversión ofrecido por un tercer productor.

3.61 Además de los problemas de convertir los archivos de datos de un formato a otro, la dificultad más común cuando se usan datos digitales ya existentes es la ausencia o la insuficiencia de los metadatos. Sin esta información, es difícil evaluar la calidad de la información digital. Lo que es peor, si falta la información sobre el marco de referencia geográfico, puede ser imposible convertir los datos desde el sistema de coordenadas del conjunto de datos externo al que se usa en la oficina de censos. De manera similar, si faltan los códigos o el diccionario de datos, será complicado interpretar los atributos geográficos y de los datos incluidos en los cuadros de atributos del conjunto de datos de SIG. En consecuencia, cuando los datos se obtienen de fuentes externas, la oficina de censos debe insistir siempre en que se le entregue toda la documentación.

3.62. Otros problemas que se pueden presentar son las diferencias en las definiciones y los métodos de codificación, el uso de sistemas cartográficos de referencia distintos, escalas espaciales incompatibles y normas de exactitud dispares, que provocan el desplazamiento de características que deberían corresponderse en dos bases de datos distintas. Para resolver estos problemas, será necesario procesar y editar los datos en medida considerable, a fin de poder aprovechar la totalidad de los mapas digitales existentes.

4. Conversión de datos geográficos: de análogos a digitales

3.63. La preparación de la base digital de datos censales se basa en dos fuentes: la conversión e integración de los productos cartográficos existentes, que pueden estar impresos en papel o digitalizados, y la reunión de datos adicionales, mediante el trabajo sobre el terreno, las fotografías aéreas o las imágenes satelitales. La expresión conversión de datos se usa para referirse colectivamente a estas acciones. El criterio orientador para la conversión de datos es planificar cuidadosamente. Si se tiene más cuidado en las primeras etapas del procedimiento, surgirán menos problemas cuando el proceso esté en curso.

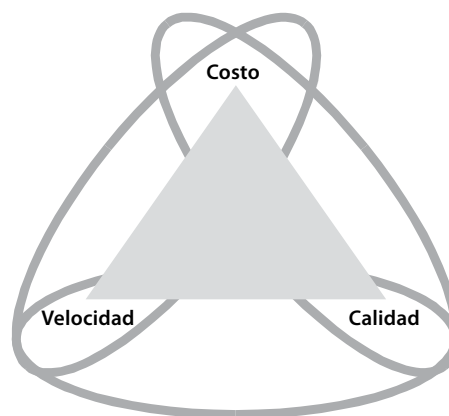
3.64. La mejor estrategia para convertir los datos depende de muchos factores, entre ellos la disponibilidad de datos y las limitaciones que imponen el tiempo y los recursos. Siempre habrá que sopesar el costo del proyecto, el tiempo necesario para completar la conversión y la calidad del producto final (gráfico III.6). Por lo general, sólo es posible optimizar dos de los tres objetivos, a expensas del tercero. Por ejemplo, es posible crear con rapidez una base de datos de alta calidad, pero a un costo muy alto. Se pueden producir datos buenos a un precio bajo, pero esto lleva mucho tiempo. O bien se puede desarrollar una base de datos rápidamente y a un costo bajo, pero el producto resultante será de baja calidad.

3.65. En el gráfico III.5 (véase la página 49) se esbozan las etapas básicas del procedimiento de conversión de datos que producirá una base digital de datos completa para un censo. Un examen de las fuentes impresas o digitales conducirá a detectar los datos faltantes. Tal vez los mapas existentes estén desactualizados, o la escala de los mapas topográficos sea insuficiente para los fines censales. Cuando la calidad de los materiales existentes para ciertas zonas es insuficiente, hay que formular una estrategia para reunir datos en el terreno o por medio de algún otro método.

3.66. Los límites y las ubicaciones puntuales de las características geográficas que se necesitan para el censo —las ubicaciones de edificios y poblados, la infraestructura de caminos, los ríos y cualquier otra información utilizada para demarcar las zonas de empadronamiento— deben delimitarse en forma digital a partir de mapas en papel publicados, mapas boceto, fotografías aéreas impresas o imágenes satelitales. Esto se puede hacer digitalizando —trazando las características con un cursor de tipo ratón— o escaneando para luego convertir la imagen al formato vectorial. A pesar de que las tecnologías de digitalización y de escaneado se perfeccionan constantemente,

Gráfico III.6

Ventajas y desventajas en el proceso de conversión de datos (según Hohl, 1998)



ésta sigue siendo la parte más tediosa de la conversión de datos. A la captación de los datos le sigue la edición, la construcción de la topología de una base de datos de SIG y el referenciamiento de todas las coordenadas en una proyección cartográfica adecuada (a veces, esta etapa se puede integrar en las actividades de digitalización).

3.67. El procedimiento por el cual se convierten las características visibles en un mapa impreso a información digital en forma de puntos, líneas, polígonos o atributos se denomina automatización de datos o conversión de datos. En muchos proyectos de SIG, ésta es la etapa que insume la mayor cantidad de tiempo y de recursos.

3.68. La conversión a una base de datos digital SIG de los mapas impresos o de la información conseguida a partir de fotografías aéreas o de imágenes obtenidas mediante teleobservación se realiza en una serie de etapas. Aunque la secuencia varíe, los procedimientos necesarios son similares en cada caso. Después de convertir las características puntuales o lineales seleccionadas en el mapa a coordenadas digitales en la computadora, normalmente hay que editarlas bastante para corregir cualquier error o cualquier omisión. Luego, las coordenadas del mapa, registradas inicialmente en las unidades que usa el digitalizador, o el escáner, deben ser convertidas a las coordenadas del mundo real correspondientes a la proyección cartográfica del mapa fuente. Algunos sistemas posibilitan que se determine la proyección antes de la digitalización. En este caso, las coordenadas se convierten simultáneamente durante la digitalización. Es evidente que el resultado será el mismo.

3.69. La etapa siguiente consiste en adjuntar códigos coherentes a las características digitalizadas. Por ejemplo, cada línea que represente un camino tendría un código que denotaría el tipo de camino (de tierra, carretera de un solo carril, autopista de dos carriles, y demás) o un código único que se pueda vincular, por ejemplo, con una lista de nombres de calles. En los programas de SIG avanzados, a esta etapa le sigue la estructuración de la base de datos (también denominada construcción de la topología), en la cual el SIG determina las relaciones entre las características de la base de datos. Por ejemplo, para una base de datos de caminos, el sistema determinará las intersecciones entre dos o más caminos y creará nodos en cada una. Para los datos poligonales, el sistema determinará qué líneas definen el perímetro de cada polígono. Después de verificar que la base completa no tiene errores, la última etapa consiste en agregar los atributos adicionales, que se pueden vincular a la base en forma permanente, o bien la información adicional sobre cada característica de la base se puede guardar en archivos separados que se podrán vincular con la base según se necesite.

3.70. Los dos métodos principales para convertir la información de mapas impresos en datos digitales son la digitalización manual y el escaneado. El escaneado es el procedimiento automático de conversión de un mapa a una imagen digital en cuadrícula que después puede convertirse en líneas digitales. La digitalización, en cambio, entraña la identificación de todas las características puntuales y lineales necesarias del mapa con un cursor o ratón. Las técnicas de digitalización también se utilizan para actualizar mapas digitales ya existentes sobre la base de mapas en papel actualizados o marcados. Las técnicas de digitalización en pantalla se usan para dibujar nuevas capas en los mapas, utilizando mapas e imágenes escaneados; también es posible digitalizar contenidos a partir de hojas de mapas marcadas. Los dos métodos se examinan con más detalle a continuación.

a) Escaneado

3.71. Para muchas tareas de ingreso de datos, el escaneado es ya una opción superior a la digitalización como método principal de ingreso de datos espaciales, debido principalmente al potencial de automatización de la tediosa tarea del ingreso,

utilizando escáneres con formato de gran tamaño y programas electrónicos de vectorización interactivos. Hay diferentes tipos de escáneres, pero, básicamente, todos trabajan de la misma manera. Se ubica el mapa de cara hacia abajo sobre la superficie de escaneado y se dirige la luz hacia el mapa en un ángulo determinado. Un dispositivo fotosensible registra la intensidad de la luz reflejada correspondiente a cada casilla o píxel en una cuadrícula muy fina. Cuando el dispositivo está en el modo de escala de grises, la intensidad de la luz se convierte directamente en un valor numérico, por ejemplo un número entre 0 (negro) y 225 (blanco). En el modo binario, la intensidad se convierte en valores para las casillas de blanco o negro (0/1) según una intensidad mínima. En un escáner a color, el dispositivo fotosensible se divide en tres partes, cada una de las cuales es sensible al rojo, al verde y al azul, respectivamente. Al combinar la intensidad relativa de las señales de los tres colores se puede determinar el color del píxel. El resultado del procedimiento de escaneado es una imagen en cuadrícula del mapa original, que se puede almacenar en un formato de imagen estándar, como el archivo de intercambio de datos geográficos (GIF) o TIFF. Después de georreferenciar la imagen —lo cual entraña especificar las coordenadas de un ángulo de la imagen y el tamaño de los píxeles, ambos en unidades del mundo real—, se la puede visualizar en muchos programas de SIG como fondo de los datos vectoriales existentes. Pero, en general, las características geográficas de la imagen se extraen ya sea en forma manual o bien automáticamente y se convierten en datos vectoriales.

3.72. Hay tres tipos básicos de escáneres que se usan frecuentemente:

- **Escáner de alimentación**, el que más se usa en las aplicaciones de SIG de gran escala. El sistema de sensores es estático y el mapa se hace desplazar entre los sensores. Tiene una exactitud menor que los cilíndricos porque en éstos el movimiento del escáner puede controlarse mejor que el de la alimentación manual, pero normalmente es suficiente para las aplicaciones de SIG, su costo es más bajo y en general se obtienen imágenes en menos de cinco minutos. Cabe mencionar que los documentos viejos o frágiles pueden ser dañados por los rodillos de alimentación del escáner (Gráfico III.7).

Gráfico III.7

Foto de un escáner de alimentación



Fuente: Ideal.com.

- **Escáner plano o de mesa**, que se usa en muchas oficinas. Es relativamente pequeño, y los mapas más grandes se deben escanear en varias partes y luego unirlos en la computadora. El documento se ubica de cara hacia abajo en la placa de vidrio, y la cámara y la fuente de luz se mueven a lo largo del documento por debajo del vidrio. Este tipo de escáner tiene la ventaja de ser poco costoso y de fácil instalación y mantenimiento. Es útil para escanear documentos de texto —por ejemplo, cuadros de datos— que luego se interpretan usando programas electrónicos de reconocimiento óptico de caracteres (OCR). También sirve para transferir gráficos y mapas pequeños a una computadora. No es tan conveniente para tareas de conversión de gran envergadura, que entrañan escanear muchos mapas topográficos y temáticos grandes, porque hay que trabajar por sectores que luego se unen en la computadora, lo que lleva mucho tiempo y puede producir muchos errores.
- **Escáner cilíndrico**, que es más costoso y se usa en aplicaciones profesionales que exigen mucha precisión (por ejemplo, la fotogrametría o las aplicaciones médicas). El mapa se fija en un tambor que rota. Un sistema de sensores se mueve a lo largo del mapa y registra la intensidad de la luz o el color de cada píxel. Si bien tiene mucha precisión, también es muy costoso y bastante lento: un solo escaneo puede insumir de 15 a 20 minutos.

3.73. La graduación del escáner que elija el operador influirá mucho en las características de la imagen que se produzca. La elección de los parámetros óptimos requiere tanteos o experimentación, pues depende de las opciones que ofrezca el escáner, de las características de los mapas o fotos de base que se escaneen y de las siguientes etapas de procesamiento. Los parámetros más importantes son los siguientes:

- **Modo de escaneado.** El modo binario o lineal se adecua bien a los dibujos o bocetos monocromáticos y a las separaciones de color, donde todas las características son básicamente del mismo tipo. El modo de escala de grises preserva las variaciones de un mapa y, después, se puede manipular la imagen para extraer solamente las características que tienen un determinado valor de reflectancia, en un sistema de procesamiento de gráficos o de imágenes. La tarea es todavía más sencilla cuando los mapas se escanean en modo de color, en el cual se pueden extraer, por ejemplo, todas las características del mapa que estén en verde usando unas pocas órdenes sencillas.
- **La resolución de la imagen se mide en puntos por pulgada (dpi).** Las resoluciones más comunes varían entre 100 y 400 dpi (aunque las fotografías aéreas generalmente se escanean con una resolución más alta en escáneres especiales). Una resolución más alta conserva más detalles del mapa original y produce líneas con menos irregularidades en el conjunto de datos de SIG vectorizados. Pero las imágenes resultantes serán más grandes y requerirán más memoria y más espacio en el disco; si se duplica la resolución se obtiene una imagen cuatro veces más grande. La opción depende de las propiedades del documento fuente, del equipo disponible y del uso que se le quiera dar a la imagen.
- **Brillo, contraste y umbral.** Estos parámetros determinan el aspecto de la imagen resultante. El brillo determina la claridad y oscuridad generales de la imagen. El contraste se utiliza para establecer la forma en que se conservarán los valores de grises o los matices sutiles. Un mayor contraste hará que la imagen sea más nítida, pero se perderán variación y detalles. El umbral es un parámetro que se usa en el modo binario para determinar la forma en que se convertirán los valores de grises en el documento original en píxeles blancos o negros. La elección del parámetro variará según el objetivo del

escaneado: producir una representación atractiva y exacta del documento fuente, o vectorizarlo ulteriormente. En este último caso, un mayor contraste o brillo quizá sirva para resaltar características del mapa y, de esta forma, facilitar la conversión posterior al formato vectorial.

- **Corrección gamma.** El control del brillo y el contraste da buenos resultados si los valores de los píxeles de la imagen están distribuidos con bastante regularidad en todo el intervalo de valores de grises, pero normalmente no es así; por ejemplo, la imagen puede tener sectores muy brillantes y sectores muy oscuros. La corrección gamma es una técnica que considera la distribución de los valores de gris de la imagen y realiza un ajuste automático para aclarar u oscurecer sectores, o para estirar los valores de las casillas en un intervalo más amplio de valores de gris. Muchas veces, esta técnica puede ayudar a conservar variaciones sutiles de la imagen.

3.74. El escaneado del documento fuente es solamente el primer paso y es bastante sencillo. Como el resultado del procedimiento de conversión es una base de datos geográficos digitales de puntos y líneas, la información escaneada contenida en la imagen en cuadrícula debe convertirse a información de coordenadas. Este procedimiento se denomina “conversión cuadrícula-vector”. Hasta hace poco, esta etapa era la más débil del escaneado, y por ello el método de entrada de datos preferido ha sido la digitalización. Pero avances recientes en materia de programas electrónicos, técnicas de reconocimiento de dibujos y velocidades de procesamiento han producido grandes adelantos en esta esfera, y han conducido a muchos a adoptar el escaneado como método preferido para ingresar datos.

3.75. La conversión cuadrícula-vector se puede realizar en forma automática, semiautomática o manual. En el primer modo, el sistema convierte todas las líneas de la cuadrícula en secuencias de coordenadas automáticamente. Como las líneas gruesas en el mapa se convierten en líneas de la cuadrícula que tienen un ancho de varios píxeles, el procedimiento automatizado comienza con un algoritmo para reducir el ancho de las líneas. El siguiente paso es determinar las coordenadas de cada píxel que define la línea y le sigue, posiblemente, la eliminación de las coordenadas redundantes, es decir, cuando hay líneas rectas que se pueden representar con menos coordenadas. Los programas de conversión también posibilitan, por lo general, especificar los niveles de tolerancia. Por ejemplo, las características que tienen un solo píxel, o muy pocos, pueden representar lugares donde sólo hay manchas en los mapas fuente y se podrían borrar automáticamente. Además, si la imagen se escaneó en color, estos programas de conversión permiten especificar los códigos que se asignarán a los colores, lo que es útil para extraer los diferentes tipos de características en distintas capas de datos de SIG. Por ejemplo, los ríos pueden ser azules en el mapa fuente, mientras que los caminos se dibujan en negro, y los límites de las unidades administrativas en rojo.

3.76. En el modo semiautomático, el operador pulsa en cada línea que hay que convertir (gráfico III.8). Luego, el sistema traza esa línea hasta las intersecciones más cercanas y la convierte en una representación vectorial, lo que tiene la ventaja de que el operador puede seleccionar sólo un subconjunto de características del mapa; por ejemplo, todos los caminos pero no los ríos. Por último, en el modo manual, la imagen en cuadrícula escaneada se utiliza simplemente como fondo de pantalla de la computadora. Las coordenadas se crean ubicando las características en la imagen escaneada utilizando un ratón, al igual que con la digitalización manual mencionada antes.

3.77. Si se convierten características lineales o de superficie al formato vectorial en forma automática a partir de imágenes en cuadrícula con un nivel de resolución relativamente bajo, es posible que las líneas resultantes tengan bordes pronunciados

poco naturales. Es habitual ajustar los datos vectoriales usando las funciones de segmentación o de generalización de los programas de SIG. En el gráfico III.9 se muestran ejemplos de un conjunto de datos lineales y poligonales.

i) *Algunas consideraciones adicionales*

3.78. Cuando se planifica un proyecto de conversión de datos a partir del escaneado de un mapa, hay que tomar en cuenta varios factores. Si se prepara adecuadamente el mapa básico antes del escaneado, la calidad del producto mejorará en gran medida. Los mapas deben ser planos y estar limpios. Cualquier resto de cinta adhesiva que haya en el mapa debe eliminarse, porque deja marcas en la superficie del escáner. Las características que no son nítidas en el mapa se pueden hacer resaltar con una lapicera o un marcador. De manera similar, el operador puede trazar nuevamente los símbolos lineales en la pantalla y llenar los polígonos cuadrículados para producir líneas llenas y rellenos que facilitarán la vectorización automática. También se pueden hacer estos cambios sobre la imagen escaneada antes de vectorizarla, utilizando para ello cualquier programa de gráficos basado en cuadrículas. Pero con frecuencia es más sencillo hacer estos cambios a mano. Hay que usar un marcador con tinta al agua o un lápiz con mina de cera, porque los que contienen derivados del petróleo pueden dañar la superficie de vidrio del escáner y los trazos de los lápices de grafito reflejan la luz de una manera tal que podría hacerlos invisibles. En el caso de las fotografías, una terminación mate da mejores resultados que el papel brillante.

3.79. Por lo general, se agrega una etapa adicional cuando se convierten mapas relativamente complejos, que muestran muchas características diferentes (por ejemplo, los mapas topográficos) o mapas de mala calidad. En el caso de estas fuentes de datos cartográficos, es posible mejorar la exactitud y reducir la necesidad de procesamiento posterior si primeramente se trazan todas las características requeridas en un medio transparente, como el *mylar*. Aunque así aumenta el trabajo de los operadores, esta operación resulta más rápida porque reduce el tiempo requerido para la edición y la corrección de errores. El documento fuente marcado, que luego se escanea, es más claro y sólo contiene las características que realmente se necesitan. Éste es el procedimiento que se emplea en la mayoría de las aplicaciones profesionales de escaneado en gran escala. Es posible evitar las versiones preliminares si se pueden obtener las separaciones originales de los colores de los mapas publicados, lo que muchas veces es factible para la serie de mapas topográficos nacionales. Cada separación contiene sólo

Gráfico III.8

Vectorización semiautomática

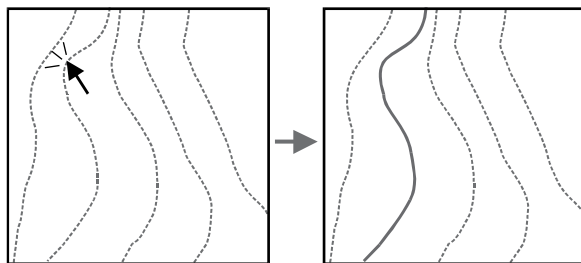
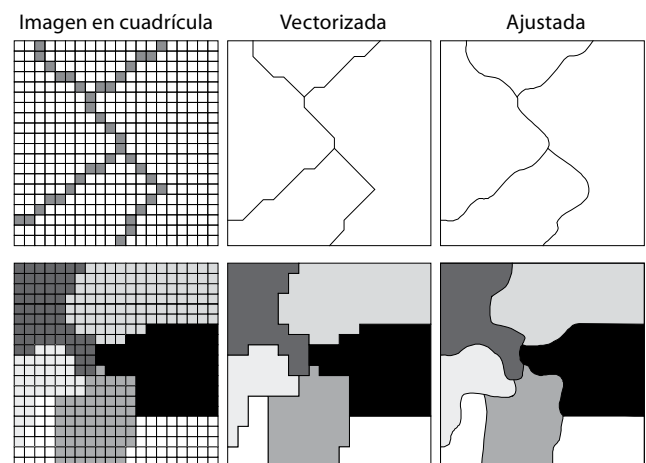


Gráfico III.9

Vectorización y ajuste de datos de imágenes escaneadas



un subconjunto de características del mapa en papel, lo que facilita mucho la separación de las características en capas de datos distintas.

3.80. A pesar de estas etapas preliminares, es probable que las imágenes escaneadas todavía necesiten más procesamiento antes de que se puedan aplicar las rutinas de vectorización. Dicho procesamiento puede incluir el mejoramiento de la imagen, de su nitidez o su contraste, por ejemplo, o la eliminación de pequeñas manchas o los cambios interactivos en el nivel de píxeles. Un programa informático de gráficos en cuadrícula o de vectorización ha de proporcionar las funciones necesarias.

3.81. En los programas de SIG para datos en cuadrícula hay rutinas de conversión cuadrícula-vector, pero están mayormente diseñadas para convertir datos de SIG entre ambos formatos y no para convertir imágenes escaneadas complejas en características vectoriales claras. Para un proyecto de vectorización en gran escala, es más adecuado utilizar un programa específico. Actualmente, se pueden obtener varios programas de conversión de cuadrícula a vector, comerciales y no comerciales (por ejemplo, Vextractor, AbleVector y PTracer), así como extensiones en programas informáticos, como ESRI ArcScan. Entre esos productos hay varias opciones disponibles que difieren entre sí. Algunas posibilitan hacer simétricas las imágenes asimétricas; otras, reconocer los caracteres ópticos de las anotaciones de un mapa, que se pueden guardar como atributos de las características vectoriales resultantes. Hay grandes variaciones en los precios. Por esa razón, el personal encargado de la conversión de datos debe comparar cuidadosamente las exigencias de las tareas de conversión con todas las opciones y funciones disponibles.

ii) *Ventajas y desventajas del escaneado*

3.82. Las ventajas son, entre otras, las siguientes:

- Los mapas escaneados se pueden usar como fondo de imagen para la información vectorial. Por ejemplo, los mapas topográficos escaneados pueden utilizarse en combinación con los límites de zonas de empadronamiento digitalizados para producir mapas de empadronamiento;
- Los mapas básicos claros, o las separaciones de color originales, se pueden vectorizar con bastante facilidad usando programas de conversión cuadrícula-vector;
- Un escáner pequeño es relativamente barato y puede captar los datos con rapidez.

Las desventajas del escaneado son las siguientes:

- La conversión de mapas grandes utilizando un escáner de formato pequeño entraña la tediosa tarea de volver a ensamblar las partes.
- Cuando un escáner de formato grande y gran productividad es costoso, puede justificarse su costo si se utiliza para escanear y vectorizar mapas en gran escala a fin de obtener una base de datos geográficos digital.
- Pese a los recientes adelantos en los programas informáticos de vectorización, aún es necesario editar y etiquetar los atributos en forma manual.
- En muchos sistemas de computadoras de gabinete habrá dificultades para escanear mapas impresos en papel y almacenarlos en archivos. Las oficinas nacionales de estadística que consideran la posibilidad de escanear todos sus mapas de zonas de empadronamiento deberían examinar la posibilidad de efectuar inversiones en discos duros separados, con un sistema de respaldo, para dar lugar a los grandes volúmenes de archivos producidos.

b) Digitalización

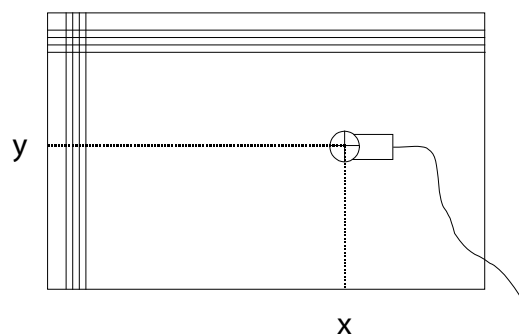
3.83. El método que más se ha utilizado para automatizar los datos espaciales es la digitalización manual, la cual requiere un digitalizador, que puede tener desde un tamaño pequeño, de 30 cm x 30 cm, hasta uno grande, de 120 cm x 180 cm. Los de mayor tamaño facilitan la digitalización de mapas más grandes. En uno pequeño hay que digitalizar los mapas más grandes en varias partes que luego habrá que combinar. El procedimiento consiste en fijar el mapa al digitalizador usando cinta transparente. En teoría, el mapa debería ser plano y no debería estar roto ni doblado. A menudo el papel se encoge, especialmente cuando hay humedad, y esto introduce distorsiones que se transportarán a la base de datos digital.

3.84. La primera etapa es determinar una cantidad definida con precisión de “puntos de control” en el mapa (habitualmente serán por lo menos cuatro), que tendrán dos finalidades: en primer lugar, si se digitaliza un mapa grande en varias etapas y hay que sacarlo a veces del digitalizador, los puntos de control posibilitan volver a ubicar el mapa con exactitud. En segundo lugar, se eligen puntos para los cuales se conocen las coordenadas del mundo real en el sistema de proyección del mapa básico. Una buena elección son las intersecciones de la retícula de latitud y longitud que aparece en muchos mapas topográficos. En la etapa de georreferenciamiento que precede o sigue a la digitalización, se usa esta información para convertir las coordenadas medidas en centímetros o pulgadas en el digitalizador a las coordenadas del mundo real —generalmente en metros o pies— de la proyección cartográfica. Después de seleccionar los puntos de control, el operador traza las características lineales en el mapa con un cursor que se comunica con el digitalizador, el cual a su vez contiene una red de cables (se puede ver parte de ésta en el gráfico III.10) que crea un campo electromagnético. El cursor contiene una bobina metálica, de manera tal que el digitalizador y el cursor actúan como transmisor y receptor. Esto posibilita que el cursor determine cuáles son los cables más cercanos en dirección x e y . Se puede encontrar la posición exacta con gran precisión mediante interpolación. Las características digitalizadas se dibujan inmediatamente en la pantalla de la computadora, gracias a lo cual el operador puede verificar cuáles son los límites que se captaron y si se introdujo algún error grave.

3.85. Las coordenadas se registran en modo puntual, de distancia o continuo. En el modo puntual, el operador presiona un botón en el cursor cada vez que una línea cambia de dirección. En el caso de las curvas, la cantidad de coordenadas que se registren determinará el grado de regularidad de la línea en la base de datos del SIG. En el modo de distancia, la coordenada se registra automáticamente cuando el operador mueve el cursor una distancia especificada. Por último, en el modo continuo, el cursor registra las coordenadas automáticamente en intervalos especificados

Gráfico III.10

Cuadro de digitalizador



con anterioridad. En los modos de distancia y continuo se corre el riesgo de que los segmentos complejos con muchas curvas se registren con un número insuficiente de coordenadas. En cambio, los segmentos largos y rectos pueden producir muchos puntos redundantes. El modo que habitualmente prefieren los operadores expertos es el modo puntual, pues así pueden elegir la densidad de las coordenadas.

3.86. La digitalización suele ser un procedimiento tedioso y cansador. Por ello, además de asegurarse de que los operadores estén bien capacitados, es importante que el ambiente donde operan sea agradable y que cuenten con un equipo digitalizador ergonómico adecuado. Las instrucciones coherentes de los programas de SIG en macros que sirven de guía para el operador y los procedimientos de control de calidad reducirán al mínimo los errores durante la digitalización y reducirán el tiempo requerido para la edición posterior.

3.87. Durante la digitalización, el operador puede optar por asignar códigos de características a cada línea o punto que se capta, por ejemplo, a los diferentes tipos de límites administrativos, desde uno para los límites provinciales hasta tres para los límites de distrito. En algunos sistemas de SIG estructurados topológicamente, el usuario también debe agregar un punto denominado de etiquetado a cada polígono digitalizado, lo que puede realizarse manualmente durante la digitalización o bien automáticamente antes de construir la topología. Este punto de etiquetado es el vínculo entre el polígono y el cuadro de atributos geográficos que contiene datos acerca del polígono (véase el anexo I).

3.88. Una modalidad de ingreso de datos que no usa una tableta digitalizadora se denomina a veces digitalización manual (*heads-up digitizing*). Este concepto tiene ahora dos significados. En el método utilizado anteriormente, el operador trazaba las características del mapa en una lámina transparente y adosaba ese mapa a la pantalla de la computadora. Usando un módulo de entrada de datos de SIG, o simplemente un programa de gráficos que utiliza un formato compatible con el de SIG, pueden digitalizarse líneas o puntos mediante el ratón (véase el gráfico III.11). En el nuevo método

Gráfico III.11

Digitalización manual



de digitalización manual, el operador utiliza como elemento de referencia un mapa escaneado, o una fotografía aérea o imagen satelital, escaneadas. La imagen ha sido georreferenciada, es decir, ha sido convertida en un formato con el mismo tipo de proyección y de sistemas de coordenadas del mundo físico como las demás capas del SIG. El analista convierte la imagen utilizando puntos de control y “ligando la imagen con una trailla” a ubicaciones conocidas, tanto en el resto de las capas como en el mundo real. Entre los buenos puntos de control cabe mencionar las intersecciones de calles y los hitos o puntos importantes. Seguidamente el analista traza las características a partir de la imagen escaneada sirviéndose del ratón y crea así una nueva capa.

Ventajas y desventajas de la digitalización

3.89. Entre las ventajas de la digitalización figuran las siguientes:

- Es fácil de aprender y por ende no requiere una costosa mano de obra calificada;
- Se puede agregar información sobre los atributos durante el procedimiento;
- Se puede lograr un alto grado de exactitud mediante la digitalización manual, es decir, normalmente no se pierde exactitud con respecto al mapa fuente.

3.90. Las desventajas son las siguientes:

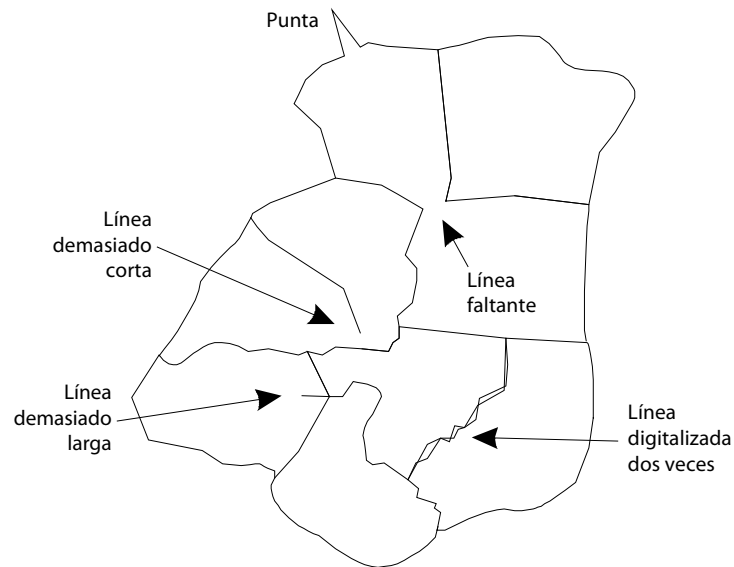
- Es un procedimiento tedioso, que posiblemente fatigue al operador y produzca deficiencias de calidad que pueden requerir un trabajoso procesamiento posterior;
- La digitalización manual es bastante lenta. En consecuencia, los proyectos de conversión de datos en gran escala necesitan una gran cantidad de operadores y digitalizadores;
- A diferencia de la reunión primaria de datos con un GPS o con fotografías aéreas, la exactitud de los mapas digitalizados se ve limitada por la calidad del material que sirve de fuente.

c) Edición

3.91. El objetivo de convertir información geográfica analógica en digital es producir una representación exacta de los datos del mapa original. Esto significa que todas las líneas que se conectan en el mapa también deben conectarse en la base de datos digital. No debe haber ninguna característica faltante ni ninguna línea duplicada. Es frecuente que la digitalización manual tenga errores. En el gráfico III.12 se muestran los tipos de errores más comunes. Cuando hay líneas demasiado cortas o que faltan, el efecto neto es crear un polígono en lugar de dos, en correspondencia con dos zonas. Cuando hay líneas digitalizadas dos veces, el efecto neto es crear uno o más polígonos que no existen en la realidad. Después de la conversión cuadrícula-vector, los segmentos desconectados deben unirse manualmente. Esto sucede, por ejemplo, cuando los caminos o ríos pequeños dibujados con líneas delgadas cruzan caminos importantes que están dibujados con líneas gruesas. Si los caminos o ríos pequeños se extraen en una capa separada, en la red de caminos habrá vacíos en las intersecciones de estos con los caminos importantes.

3.92. Algunos de los errores comunes de la digitalización que se muestran en el gráfico III.12 se pueden evitar usando las denominadas tolerancias puntuales, que define el usuario de los programas de digitalización. Por ejemplo, el usuario puede especificar que todos los puntos finales de una línea que estén a menos de 1 mm de otra línea se conecten automáticamente con esa línea. También se pueden eliminar

Gráfico III.12

Algunos errores comunes de digitalización

automáticamente los polígonos pequeños en forma de cuña que se crean cuando se digitaliza una línea dos veces. Pero sólo algunos de los problemas se pueden resolver de esta forma. La corrección manual de los errores de digitalización después de una comparación detenida de los mapas originales con los digitalizados sigue siendo un componente necesario del proceso de conversión de datos.

d) Construcción y mantenimiento de la topología

3.93. La transformación de datos geográficos de modo que los puntos se transformen en nodos de polígonos requiere la definición de dichos puntos en relación con otros objetos. Esto ilustra el concepto de topología, que se define como el estudio de las propiedades de figuras geométricas que permanecen invariables cuando hay distorsiones. Los datos topológicamente correctos difieren de los que figuran en tablas o de los objetos carentes de referencia topológica (que a menudo se denominan “espaguetti”). Dentro de un sistema topológico se define la ubicación de los objetos en un espacio absoluto y también en relación con sus vecinos inmediatos. La construcción de la topología del mapa digital facilita la edición; por ejemplo, posibilita que el usuario detecte problemas, como polígonos que no están completamente cerrados. La topología de las características describe las relaciones espaciales entre características geográficas conectadas o adyacentes, como los caminos que se unen en intersecciones (véase el anexo I sobre SIG). La estructuración de una base de datos de SIG en forma topológica conlleva la identificación de estas relaciones espaciales y su descripción en la base de datos. La forma en que esto se realiza depende del programa. El almacenamiento de la información topológica facilita el análisis, ya que muchas operaciones de SIG no requieren información sobre las coordenadas, sino que se basan exclusivamente en la topología. Por ejemplo, se pueden determinar los vecinos de un distrito a partir de un cuadro de la base de datos que indique para cada línea, el polígono a su derecha y a su izquierda (véase el anexo I, párrafo A1.5).

3.94. Lo habitual es que el usuario no tenga que preocuparse por la manera como se almacena la información topológica en un SIG. Cuando la base de datos es correcta —es decir, cuando todas las líneas están conectadas y todos los polígonos

están identificados adecuadamente— se usa una función del SIG para construir la topología y crear todos los archivos necesarios de datos internos. Esta función operará con eficacia sólo si la base de datos del mapa no tiene errores. La construcción de la topología también opera, entonces, para poner a prueba la integridad de la base de datos.

e) Integración de mapas digitales

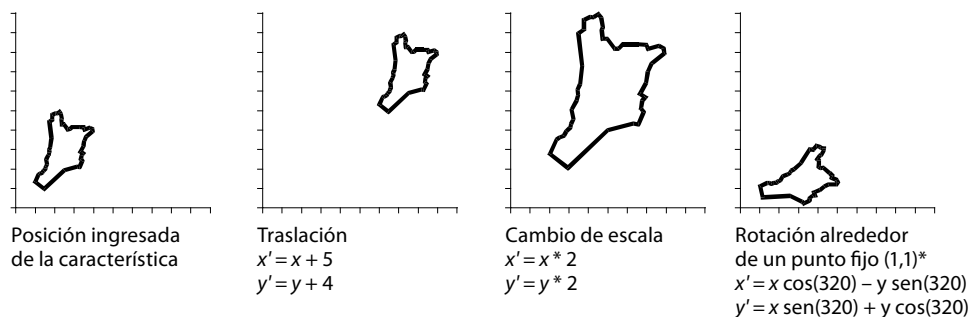
3.95. Un proyecto de cartografía censal debe aprovechar todas las fuentes de datos cartográficos adecuadas, que probablemente estén almacenadas en diferentes formatos, con diferentes escalas y diversas proyecciones cartográficas. Si se desea producir una base de datos de cartografía censal digital, completa y sin interrupciones, la integración de todas estas fuentes de datos heterogéneas requiere bastantes conocimientos acerca de los métodos que usa un SIG. En las secciones que siguen, se examinan los métodos más importantes que facilitan la integración de los datos cartográficos digitales.

f) Georreferenciamiento

3.96. El georreferenciamiento es un procedimiento de asignación de coordenadas procedentes de un sistema de referencias conocido, por ejemplo, latitud y longitud, a las coordenadas de un mapa en cuadrícula (imagen). Casi todos los programas de SIG tienen las funciones que se necesitan para el georreferenciamiento. El usuario debe especificar una serie de puntos de control para los que se conocen las coordenadas del mundo real. Sobre la base de los datos de las coordenadas ingresadas en unidades de digitalización y las coordenadas del mundo real que se obtienen, el sistema calcula una serie de parámetros de transformación que realizan las siguientes conversiones (véase el gráfico III.13):

- **Traslación.** Se mueve la característica geográfica a una posición nueva simplemente sumando (o sustrayendo) valores constantes a las coordenadas x e y . Generalmente el ajuste será diferente para x y para y ;
- **Cambio de escala.** Se agranda o reduce la característica multiplicando las coordenadas x e y por un factor para cada una de ellas. Por lo general, el cambio de escala se determina en relación con el origen del sistema de coordenadas;
- **Rotación.** La característica geográfica se rota en torno al origen del sistema de coordenadas en un cierto ángulo, lo que asegura que el mapa digital resultante tenga la orientación adecuada, aun cuando el mapa en papel no se haya alineado correctamente en el digitalizador.

Gráfico III.13
Traslación, escala y rotación



* Requiere traslación antes y después de la rotación alrededor del origen. La rotación es positiva en sentido contrario a las agujas del reloj.

3.97. Cabe observar que en esta transformación la forma de las características digitalizadas no cambia como lo haría si se modificara la proyección. Solamente se modifican el tamaño y la orientación relativa de los objetos. Una vez calculados los parámetros de traslación, escala y rotación, el sistema los aplica a todas las coordenadas de puntos y líneas de la base de datos. El resultado es un mapa que tiene un aspecto muy similar, pero que ahora está registrado en el sistema de coordenadas adecuado que se usó para producir el mapa básico original (véase el gráfico III.14). Es importante reducir al mínimo el error en esta operación. Por lo general, el sistema da información sobre el error de estimación de los parámetros de transformación para cada punto, lo cual sirve para detectar errores de especificación de las coordenadas del mundo real correspondientes a los puntos de control. En el anexo II figura un ejemplo con más detalles técnicos.

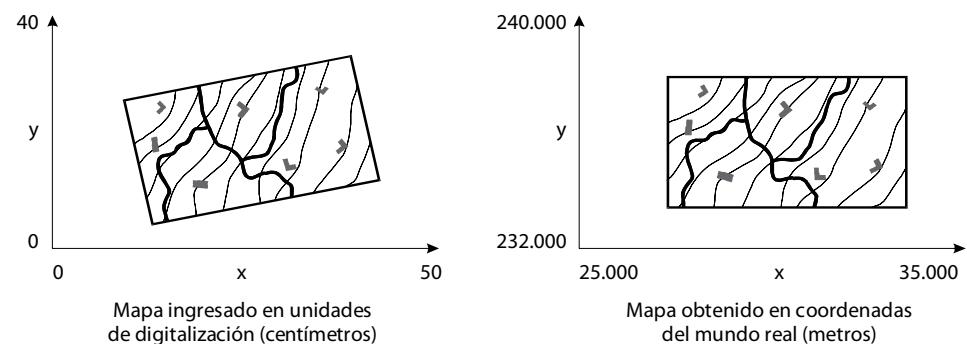
3.98. Cuando no se conoce ni la proyección ni el sistema de coordenadas del mapa fuente, esto crea un problema grave y, lamentablemente, bastante frecuente, porque los mapas en papel, en especial los temáticos, no contienen esta información. En este caso hay dos posibilidades: ensayar gran cantidad de proyecciones posibles (la proyección estándar que se usa en los programas cartográficos del país es una buena opción) o usar la denominada modificación irregular.

3.99. La modificación irregular requiere gran cantidad de puntos de control bien distribuidos en todo el mapa. A veces, se puede usar un mapa digital de los límites nacionales y administrativos, u otros puntos que estén claramente definidos, y que también figuren en el mapa digitalizado, para encontrar vínculos entre los puntos correspondientes. Luego, el sistema utiliza las coordenadas de entrada y salida para computar transformaciones polinómicas de orden superior. Normalmente el error es bastante grande y por ello, si es posible, se debería evitar esta operación. Pero en algunos casos, cuando los mapas de entrada no se ajustan a ninguna proyección bien definida, es una opción viable para aprovechar la información geográfica disponible. Un buen ejemplo en el marco de la cartografía censal es el georreferenciamiento de mapas boceto dibujados a mano. En el párrafo A2.6 del anexo II hay un ejemplo práctico de georreferenciamiento que muestra el proceso de conversión de, por ejemplo, un mapa digitalizado, en una base de datos bien referenciada.

3.100. Las capas georreferenciadas del SIG de la misma zona o las coordenadas reunidas con un sistema mundial de determinación de posición no serán compatibles con los mapas digitalizados porque están referenciadas en un sistema de coordenadas del mundo real. Esa es la razón por la cual las unidades de digitalización de coordenadas digitalizadas de los puntos o líneas deben convertirse en unidades cartográficas

Gráfico III.14

Mapa en unidades de digitalización; mapa en coordenadas del mundo real



del mundo real medidas en metros o pies (véase también el anexo II). Como se mencionó antes, esta operación se puede realizar en la mayoría de los sistemas, o bien al comienzo de la digitalización, o bien después de completada la automatización de los datos espaciales.

g) Cambio de proyección y de datum

3.101. El cambio de proyección guarda relación con el procedimiento de transformación por el cual se convierten las coordenadas de las características de un mapa digital sin modificar su forma. Cuando se efectúa una conversión de una proyección a otra, es cierto que la forma y la distorsión de las características del mapa cambian, aunque eso sólo se percibirá en una escala cartográfica grande.

3.102. A veces, los mapas publicados con distintas escalas usan proyecciones diferentes. En otros casos, la oficina de cartografía puede haber cambiado la proyección estándar para la cartografía del país, de modo que los mapas más viejos tal vez tengan una proyección distinta a la de los mapas revisados más recientemente. En forma análoga, la oficina de cartografía puede haber cambiado el datum geográfico, que establece el marco de referencia del trabajo cartográfico de un país, de manera tal que los mapas topográficos más viejos, por ejemplo, usarán un sistema de coordenadas algo diferente del empleado en los más nuevos.

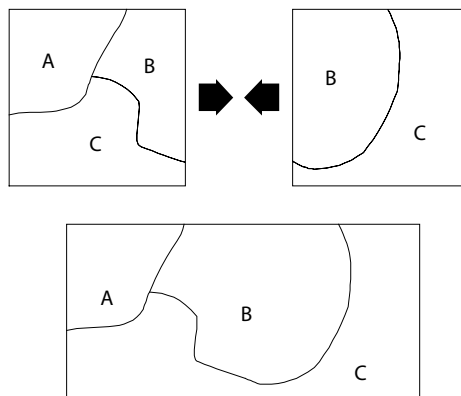
3.103. En el anexo II se examinan las proyecciones y los datums geográficos con más detalle. Será conveniente que la oficina de cartografía censal cuente con cartógrafos, o que pueda consultar a expertos de otros organismos, que le aconsejen sobre la estrategia más adecuada para conciliar las proyecciones y cuestiones conexas, a fin de producir una base coherente de la cartografía censal nacional. Las etapas técnicas de las operaciones para cambiar de proyección no exigirán mucho trabajo, dado que todos los programas de SIG comerciales tienen las funciones de cambio de proyección que se necesitan.

h) Integración de segmentos separados de mapas

3.104. El objetivo principal de un proyecto de cartografía digital es producir una base de datos sin discontinuidades, de una región amplia o bien de todo un país. Con escalas cartográficas medianas y grandes (por ejemplo, de 1:250.000 o mayores), la información de los mapas básicos estará en mapas topográficos diferentes, que se digitalizan por separado, y luego se unen los mapas digitales resultantes en un SIG (véase el gráfico III.15).

Gráfico III.15

Unión de sectores adyacentes de mapas



3.105. Por lo general, este procedimiento es sencillo, aunque los diferentes sectores de los mapas no siempre encajarán perfectamente. Las características comunes a dos sectores —por ejemplo, caminos o límites— pueden estar desplazadas en los bordes de los mapas (véase el gráfico III.16). Pueden haberse introducido errores durante la digitalización, o tal vez los errores provengan de los mapas fuente. Por ejemplo, quizá se produjeron mapas adyacentes en diferentes fechas, de modo que las características más recientes, como los caminos nuevos, no continúan en otros mapas, o están representadas con símbolos diferentes.

3.106. El problema es especialmente grave si la cobertura nacional no es completa en la escala deseada y hay que integrar mapas que tienen diferentes escalas y diferentes densidades de características. Este problema suele plantearse cuando se integran mapas en la interfaz urbana/rural, cuando hay que compatibilizar mapas de ciudades en escalas grandes con mapas rurales en escalas más pequeñas. Debido a las variaciones de la generalización cartográfica, las características pueden o no estar presentes en los mapas de menor escala, o la simbología puede ser distinta en los dos mapas. La integración de estos mapas exige criterio y experiencia considerables. Se recomienda tener mucho cuidado al combinar distintas escalas.

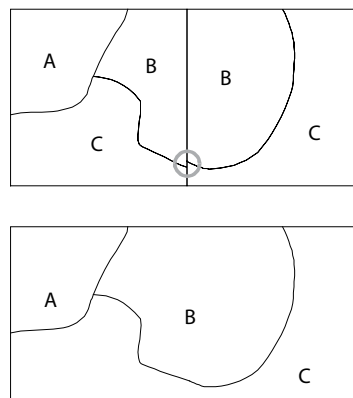
3.107. El procedimiento por el cual se corrigen estos errores se denomina ajuste de bordes. En general, se realiza en forma manual, con bastante edición. Si las características no están demasiado desplazadas y son compatibles en los diferentes mapas, se pueden conectar con las funciones automáticas de ajuste de bordes que ofrecen muchos programas de SIG.

D. Puesta en marcha de una base de datos para zonas de empadronamiento

3.108. Durante el proceso de construcción de una base de datos geográficos, la oficina nacional de estadística comienza a obtener los beneficios de organizarse en torno a un modelo geográfico. Para el diseño de modelos de datos censales, dicha oficina debe considerar las necesidades de sus usuarios de datos, así como las disposiciones jurídicas y constitucionales que rigen la labor censal. Por lo general, puede prepararse un modelo conceptual que vincule la geografía básica para recopilación de datos de las capas de empadronamiento, entre ellas zonas de empadronamiento, características físicas (inclusive altitud, talud o pendiente y aspecto) y otras capas que afectan el levantamiento de censos, incluidas las características puntuales y de superficie, como los hitos o lugares prominentes. Ya se mencionó que la topología de vectores

Gráfico III.16

Ajuste de los bordes después de unir mapas adyacentes



desempeña un papel fundamental, particularmente en la demarcación de límites y de zonas administrativas.

3.109. Si bien la topología vectorial es importante, tal vez sea preciso incorporar en el proyecto de SIG otros formatos de datos, entre ellos mapas escaneados en forma de archivos de cuadrículas, imágenes satelitales, fotografías aéreas, archivos CAD (que pueden acompañar la topología y los atributos o incorporarse como “espaguetis” sin características) y datos de GPS en corrientes de puntos.

3.110. Entre los adelantos de la ciencia de la computación a fines del decenio de 1990 y comienzos del de 2000 figuró el desarrollo en el ámbito informático de datos basados en objetos. En la programación basada en objetos, pueden definirse los objetos como entidades poseedoras de literalmente miles de características, que cuando se importan e incorporan en un SIG posibilitan que los objetos “se comporten” de manera pronosticable en condiciones de simulación y susceptibles de una compleja modelización, por ejemplo, el análisis de rutas de viaje o desplazamiento.

3.111. Las bases de datos geográficos son más que planillas electrónicas (*spread-sheets*). Es posible definir los tipos de entidades en función de sus propiedades específicas, que rigen su comportamiento en el mundo real. La zona de empadronamiento, dado que es una unidad geográfica, es un tipo de objeto cuya función consiste en delinear un territorio para los recorridos de empadronamiento censal. Desde el punto de vista morfológico, la zona de empadronamiento es contigua, encaja dentro de unidades administrativas y está compuesta de unidades basadas en la población.

1. Base de datos relacionales

3.112. Antes de considerar las estructuras de la base de datos censales en el SIG, se pasará revista a los conceptos de bases de datos relacionales. Todos los SIG operacionales de gran magnitud se asientan en bases de datos geográficos; podría decirse que éstas son las partes más importantes del SIG. Las bases de datos proporcionan apoyo a todas las búsquedas, los análisis y la adopción de decisiones. Las bases de datos se almacenan en sistemas genéricos de gestión de bases de datos (DBMS).

3.113. Un objeto geográfico puede definirse como un conjunto integrado de geometría, propiedades y métodos. Los objetos del mismo tipo general se agrupan como clases de objetos y los objetos individuales comprendidos en una clase se denominan “instancias”. En muchos sistemas SIG, cada clase de objetos se almacena físicamente como un cuadro de base de datos en que cada hilera muestra un objeto y cada propiedad figura en una columna. Por ejemplo, la clase de objetos “alumbrado público” puede incluir instancias como “lámpara de gas”, “lámpara de vapor de sodio”, y “lámpara de vapor de mercurio”.

3.114. El modelo de base de datos relacionales se utiliza para almacenar, recuperar y manipular cuadros de datos acerca de las características geográficas en la base de datos de las coordenadas, de manera acorde con el modelo de entidad-relación.

3.115. En un contexto geográfico, una “entidad” puede ser una unidad administrativa o censal, o cualquier otra singularidad espacial sobre cuyas características se compila información. Por ejemplo, una entidad podría representar la característica “zona de empadronamiento” (véase el gráfico III.17 en la página siguiente). Cada zona de empadronamiento de un distrito o un país es una instancia de esta entidad y se representa como una fila en el cuadro correspondiente a la entidad. En cambio, el tipo de entidad se refiere a la estructura del cuadro de la base de datos: los atributos de la entidad que se almacenan en las columnas del cuadro y que, en el caso de una zona de empadronamiento, pueden ser: el identificador único, la superficie, la pobla-

Gráfico III.17

Ejemplo de un cuadro de entidades – Zona de empadronamiento

Entidad: Zona de empadronamiento
Tipos (atributos)

Cód. ZE	Sup.	Pob.	Cód. CL
723101	32,1	763	88
723102	28,4	593	88
723103	19,1	838	88
723201	34,6	832	88
723202	25,7	632	89
723203	28,3	839	89
723204	12,4	388	89
...

Clave primaria

ción, el código de la zona de supervisión (CL) a la que se asignó esa zona de empadronamiento, y así sucesivamente. Cabe mencionar que el tipo de entidad solamente se refiere a la definición genérica del cuadro, no a los valores registrados para cada instancia. Uno o más atributos (columnas) en el tipo de entidad se usan como claves o identificadores; uno de ellos es la clave primaria, que funciona como identificador único del tipo de entidad y que, en el caso de la base de datos de una zona de empadronamiento, es su código.

Variedades de bases de datos relacionales y estructuras de bases de datos geográficos

3.116. Los sistemas de gestión de base de datos (DBMS) pueden dividirse en sistemas de datos relacionales, de objetos, y de objetos-relacionales. Los sistemas de gestión de base de datos relacionales (RDBMS) consisten en conjuntos de cuadros, cada uno de ellos una ordenación bidimensional de registros que contienen atributos de los objetos estudiados. Aunque son flexibles y útiles, no se han diseñado para dar cabida a tipos con riqueza de datos, como la geografía, en que la topología de objetos y las relaciones entre objetos pueden resultar complicadas. Entre los programas comerciales y de fuente abierta para RDBMS, cabe mencionar Microsoft Access y Oracle.

3.117. Los sistemas de gestión de base de datos de objetos (ODBMS) están diseñados para responder a una deficiencia fundamental en los RDBMS, es decir, su incapacidad para almacenar objetos completos directamente en la base de datos. Los ODBMS pueden almacenar sistemáticamente objetos y proporcionar instrumentos de indagación orientados a los objetos. Los sistemas de gestión de base de datos de objetos-relacionales (ORDBMS) son híbridos, a la vez de objetos y relacionales; consisten en un dispositivo para datos relacionales con un marco de extensión para manejar objetos. En condiciones ideales, un ORDBMS consta de los siguientes componentes: un analizador de la gramática del lenguaje para indagaciones SQL (lenguaje estructurado para indagaciones), un optimizador de indagaciones, un lenguaje de indagaciones, un indizador, dispositivos para la gestión del almacenamiento, servicios de transacción y dispositivo de duplicación.

3.118. Las compañías que producen programas electrónicos han respondido a la necesidad de capacidades espaciales en sus bases de datos relacionales mediante la utilización de extensiones geográficas de DBMS. Se trata de DBMS de gran magnitud, con extensiones de base de datos espaciales. Entre los ejemplos pueden mencionarse los siguientes: DB 2 Spatial Extender, de la compañía IBM; Informix Spatial Datablade y Oracle Spatial. Esos programas informáticos pueden manejar puntos, líneas y polígonos como tipos de características que pueden agregarse a otros tipos más ricos, uti-

lizando capacidades de topología y referenciamiento lineal, indizamiento con R-tree y métodos de Quadtree.

3.119. Hay especiales dificultades en utilizar extensiones de DBMS para almacenar datos geográficos. Los modelos de datos de objetos están centrados en la geometría, pues la modelización del mundo se efectúa equiparándolo a colecciones de objetos, entre ellos puntos, líneas, polígonos o cuadrículas. Las operaciones se realizan en geometría como procedimientos separados, utilizando programas o libretos. Pero esta solución es excesivamente simplista para los sistemas geográficos, especialmente para los que contienen muchas entidades con múltiples propiedades, complejas relaciones y comportamientos complejos.

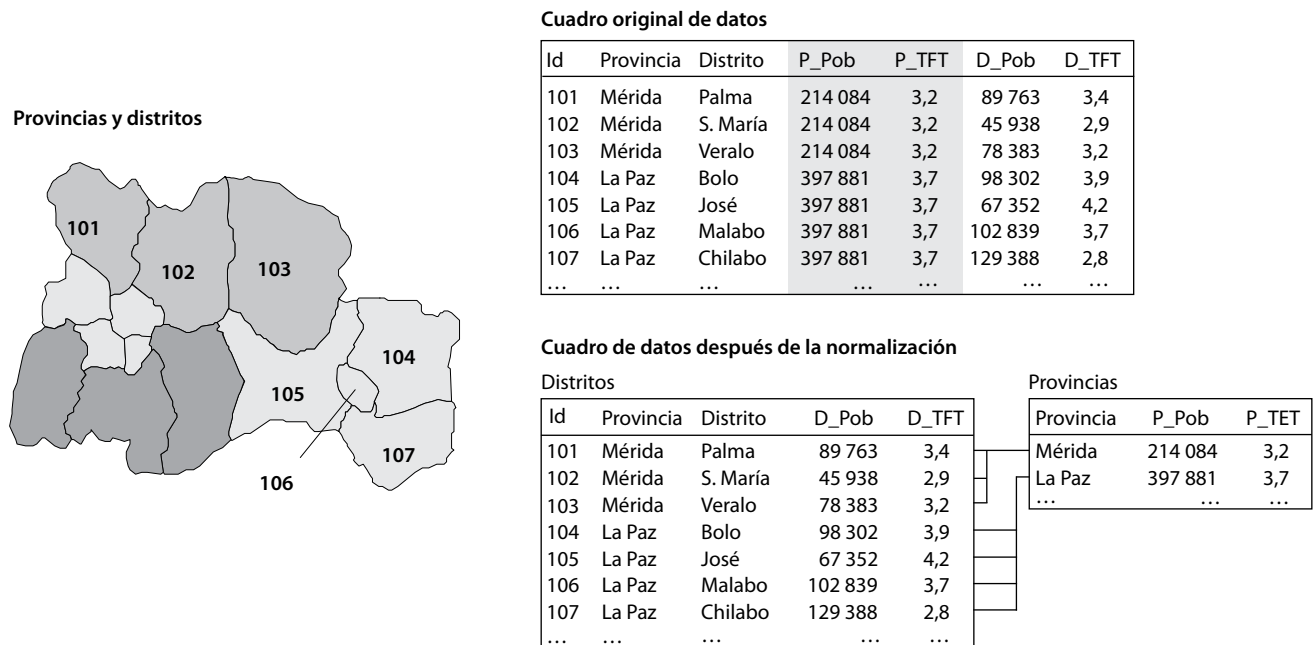
3.120. Las relaciones definen la asociación entre entidades. Por ejemplo, se puede vincular un cuadro que describe las zonas de empadronamiento con otro de la zona de supervisión de aquéllas. Este cuadro tiene atributos, como el nombre del supervisor, la oficina regional responsable e información sobre los contactos. La clave primaria del cuadro es el código del supervisor (código CL), que también aparece en el cuadro de las zonas de empadronamiento. Así pues, un sistema de gestión de bases de datos relacionales puede unir los dos cuadros de manera tal que cada instancia en el cuadro de las zonas de empadronamiento quede emparejada con la correspondiente del cuadro de la zona de supervisión (CL).

3.121. El procedimiento por el cual se diseña una base de datos relacionales en una serie de etapas se denomina “normalización” y arroja como resultado una base con redundancia mínima. En otras palabras, los datos se organizan en una serie de cuadros, con lo que se evita que los valores se repitan muchas veces. Esto reduce el espacio necesario para el almacenamiento y evita errores que podrían cometerse en operaciones normales de las bases de datos, como la inserción, la eliminación o la actualización.

3.122. En el gráfico III.18 puede verse la diferencia que hay entre un simple cuadro de datos y su forma normalizada, tomando como ejemplo una base de datos de un distrito. En el primer caso, la información sobre una provincia se repite para cada distrito que se encuentre en ella, desperdiciando espacio de almacenamiento

Gráfico III.18

Cuadros de bases de datos relacionales



y, además, dificultando la actualización o modificación de dicha información, pues habría que reemplazar los valores correspondientes a cada distrito. En la estructura normalizada, se reemplazó el nombre de la provincia por un código numérico más compacto, que sirve de vínculo con un segundo cuadro, en el que el código de la provincia es la clave primaria de la información para ella e incluye su nombre, población y tasa de fecundidad total. Después de unir transitoriamente las dos bases de datos utilizando el código de la provincia, se puede tener acceso a la información sobre la provincia para cada instancia del cuadro de distritos.

3.123. Definir una estructura nítida para la base de datos no es tarea trivial. Algunos programas de gestión de bases de datos tienen funciones de normalización que crean automáticamente una estructura de base de datos relacionales pero, por lo general, ésta no puede sustituir el diseño integral de toda la base de datos.

2. Definición del contenido de una base de datos (modelización de datos)

3.124. Una vez determinado el alcance de las actividades geográficas, la oficina de censos debe definir y documentar con más detalle la estructura de las bases de datos geográficos. Este procedimiento se conoce como modelización de los datos y lleva acarreada la definición de las características geográficas que han de incluirse en la base de datos, sus atributos y sus relaciones con otras características. Se obtiene así un diccionario detallado de datos que sirve de guía para la elaboración de la base de datos y también como documentación en etapas posteriores.

3.125. Cabe destacar que muchas bases de datos de SIG se crean sin ningún tipo de modelización detallada. Esta etapa exige tiempo y un determinado nivel de conocimiento de los conceptos relativos a las bases de datos. La inversión adicional que entraña se justifica en un proyecto integral de cartografía censal. La modelización de los datos impone un nivel de rigurosidad y coherencia que garantice una alta calidad y un fácil mantenimiento de la base de datos. Cuando una oficina de cartografía censal realiza este procedimiento por primera vez, sería conveniente que consulte a un experto en bases de datos de SIG para que oriente al grupo de trabajo.

3.126. Como se dijo antes, muchos organismos nacionales e internacionales ya han comenzado a elaborar modelos genéricos de datos de información espacial, como parte de la infraestructura nacional de datos espaciales. Muchas veces, la oficina de censos solamente podrá adaptar la norma nacional para los datos espaciales a las necesidades específicas de la recopilación de datos estadísticos. Cuando no se dispone de esta información, hay que elaborar internamente un modelo de datos y para esta tarea serán útiles las plantillas de las oficinas de cartografía o los organismos de estadística de otros países.

3.127. En el anexo III se da un ejemplo del aspecto que tendría la descripción de un modelo de datos en un diccionario. Las normas para los metadatos, que se consideran en la siguiente sección, y los diccionarios de datos más sencillos que acompañan a las bases distribuidas al público se relacionan con estos modelos (véase el anexo IV).

E. Cuestiones relativas a la calidad de los datos

1. Requisitos de exactitud

3.128. La creación de normas aceptables de exactitud para los datos es quizá una de las tareas más importantes cuando se planifica un proyecto de base de datos digitales. En algunas esferas, como en la gestión de servicios públicos y de instalaciones, o en la elaboración de mapas topográficos o hidrológicos, ya hay normas de exac-

titud de los datos que pueden adoptarse para cualquier proyecto nuevo. En cambio, la cartografía censal siempre se ha realizado en forma ad hoc, con técnicas manuales y mapas boceto y muy poca preocupación por la exactitud geográfica. Eso bastaba cuando los mapas se usaron sólo para el censo. Pero con los SIG, los mapas censales se han convertido en una parte integrante de muchas aplicaciones analíticas del sector público, del sector privado y del ámbito académico. Éste es un factor de peso que justifica la inversión en cartografía digital. Cuando se combinan los mapas censales con otras fuentes de datos geográficos digitales, se ponen de manifiesto de inmediato las deficiencias en la exactitud. Por lo tanto, los requisitos de exactitud para la cartografía censal digital son mayores que los que exigen las técnicas cartográficas tradicionales.

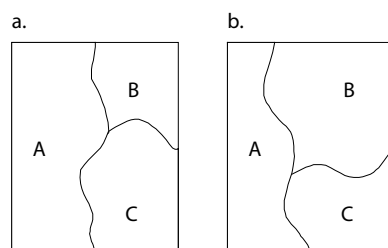
3.129. En un SIG, la exactitud se refiere tanto a los datos de atributos —el cuadro de atributos geográficos y los datos de censos que se le pueden adjuntar— como a los datos geográficos. Las cuestiones relativas a la exactitud de los datos de atributos son similares a las que atañen a las actividades de ingreso y procesamiento de los datos censales y, por lo tanto, serán analizadas brevemente. La exactitud de los datos geográficos se refiere a los puntos, líneas y polígonos que se almacenan en una base de datos de SIG y que describen las características sobre la superficie terrestre.

3.130. La exactitud de los datos geográficos puede ser “lógica” y “posicional”. Esta última también se denomina a veces exactitud absoluta. La primera se refiere a la integridad de las relaciones entre las características geográficas. Por ejemplo, un camino en una capa de datos de SIG debe conectarse con un puente en otra capa. Un río almacenado en una base hidrológica que define el límite entre dos unidades administrativas debe coincidir con el límite entre esas dos unidades. Y un poblado representado como un punto en una base de datos debe estar en su correspondiente unidad administrativa en otra capa de SIG. Las mismas relaciones lógicas se pueden representar correctamente en mapas diferentes de distinto aspecto. Por ejemplo, en el gráfico III.19 los dos mapas representan correctamente las relaciones de vecindad entre tres unidades administrativas.

3.131. En cambio, la exactitud posicional denota que las coordenadas de las características de una base de datos de SIG son correctas en relación con sus verdaderas posiciones en la superficie terrestre. Esto significa que las mediciones cartográficas deben realizarse con suficiente grado de precisión, utilizando dispositivos exactos de medición, como los sistemas mundiales de determinación de posición. Evidentemente, un conjunto de datos que no tiene errores posicionales también representará exactamente las relaciones lógicas entre las características geográficas.

3.132. En algunas aplicaciones, la exactitud lógica es más importante que la posicional. Para una base de datos censal, saber que una cierta calle define el límite de una zona de empadronamiento puede ser más importante que saber que las coordenadas representan la ubicación de la calle en el mundo real con mucha exactitud.

Gráfico III.19
Exactitud lógica



De hecho, los mapas boceto producidos en actividades tradicionales de cartografía censal suelen ser lógicamente exactos, pero tienen poca exactitud posicional. Esto no constituye un obstáculo cuando los mapas sólo se utilizan para facilitar el empadronamiento, a condición de que las distorsiones no impidan orientarse en dichas zonas. Pero si los mapas censales se usan luego para otras finalidades, pueden surgir considerables problemas.

3.133. En el gráfico III.20a, por ejemplo, se muestra un conjunto de puntos de muestreo para una encuesta, que se han determinado usando un sistema mundial de determinación de posición muy exacto. El mapa de base es muy exacto en términos posicionales y, por lo tanto, los puntos están en la unidad administrativa correcta. El mapa de base del gráfico III.20b, en cambio, es exacto lógicamente, pero tiene un nivel bajo de exactitud posicional. Algunos de los puntos medidos con el GPS de modo exacto, por ende, están en unidades administrativas equivocadas. Esto dará resultados incorrectos cuando se agreguen las respuestas a la encuesta por unidad administrativa.

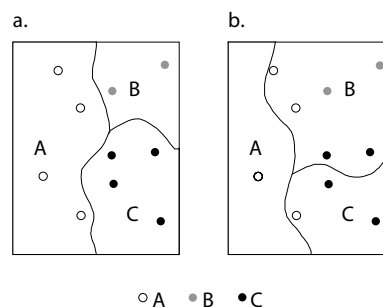
3.134. En consecuencia, lograr un grado suficiente de exactitud posicional debería ser el objetivo de un procedimiento de cartografía censal digital si los límites resultantes van a usarse en otros ámbitos, además del empadronamiento en sí. Indudablemente, hay muy pocos conjuntos de datos geográficos que sean 100% exactos. En cualquier proyecto cartográfico, manual o digital, es necesario sopesar la exactitud que se puede lograr y el tiempo y los fondos que se necesitan para alcanzar un determinado nivel de calidad de los datos. Normalmente, un incremento de la exactitud de más del 90% al 95% requiere proporcionalmente más tiempo y mayores recursos. En verdad, según algunas estimaciones, aumentar la exactitud del 95% al 100% requeriría un 95% del total del presupuesto de un proyecto (Hohl, 1998).

3.135. En la cartografía topográfica es habitual definir las normas de exactitud en función de la ubicación de lugares puntuales. Las alturas, por ejemplo, deben estar dentro de x metros de su verdadera posición en y por ciento de todos los casos. El error aceptable aumenta a medida que disminuye la escala cartográfica. Por ejemplo, en un mapa de escala 1:25.000, el error debería ser menor que en un mapa de escala 1:100.000. Como los mapas censales se basarán en gran medida en los mapas topográficos disponibles, se deben establecer las normas de exactitud de los primeros con ayuda de expertos de los organismos nacionales de cartografía. Esto también asegurará la compatibilidad entre la calidad de los productos del proyecto de cartografía censal y los de otras series de mapas digitales nacionales.

3.136. Aunque sería deseable un alto grado de exactitud posicional, las normas muy estrictas se traducirán en costos más altos, excesivas expectativas por parte de los usuarios y posiblemente frustración entre los cartógrafos, quienes no siempre podrán

Gráfico III.20

Problemas que surgen si no se mantiene la exactitud posicional



alcanzar objetivos demasiado ambiciosos. Las normas muy poco rigurosas pueden redundar en productos de calidad insuficiente. Los usuarios tal vez los rechazarán si conocen sus limitaciones o los utilizarán con demasiada confianza, lo que puede provocar errores graves en los resultados de los análisis. Un concepto popular en la creación de bases de datos de SIG es el de “apto para uso”, que toma en cuenta el hecho de que los datos espaciales digitales nunca son perfectos; aunque pueden ser adecuados para una determinada tarea, su calidad tal vez sea insuficiente para otra.

3.137. Cuando se determinan las normas de calidad, la oficina de censos debe tener en cuenta no solamente sus necesidades internas, sino también las de los usuarios externos. Por ello, las directrices relativas a la exactitud de los datos deben elaborarse en colaboración con todos los interesados, como parte de la evaluación de las necesidades de los usuarios. Las normas también se verán afectadas por: los recursos disponibles, la calidad de los materiales fuente —la información de las diferentes capas de datos puede tener calidad variable— y la tecnología elegida para recopilar los datos en el terreno.

2. Control de calidad

3.138. El control de calidad es el conjunto de procedimientos y convenciones que aseguran que las bases de datos elaboradas durante el proceso de cartografía censal cumplen con las normas de exactitud que se definieron. La versión revisada de *Principios y recomendaciones para los censos de población y habitación* (Naciones Unidas, 2008) hace hincapié en la importancia del control de calidad y proporciona un panorama general de estas cuestiones en el proceso censal. Estos conceptos generales también se aplican a la elaboración de bases de datos geográficos.

3.139. El control de calidad debe estar presente en todo el proceso censal y es igualmente importante para los programas geográficos. Como estrategia general, los mejores diseños de programas incluyen protocolos para asegurar el control de calidad en cada una de las etapas del proceso censal.

3.140. Los ensayos y la verificación de errores constituyen la parte esencial del procedimiento de control de calidad. Pero también es una cuestión de actitud del personal de la oficina de cartografía censal, que debe tratar de limitar los errores en cada etapa del procedimiento de conversión de datos. Se los debe alentar a que informen sobre los problemas que encuentran en los productos, pues los problemas recurrentes pueden indicar que los procedimientos son inadecuados o que hay deficiencias en la capacitación de los funcionarios; por consiguiente, tal vez sea necesario asignar a dichos funcionarios diferentes tareas o modificar el equipo o las técnicas. Por lo tanto, es importante que los funcionarios no titubeen en informar sobre los problemas que surjan en su propio trabajo y que comprendan claramente el objetivo general de los procedimientos de control de calidad.

3.141. Si bien en la mayoría de los casos la especialización en diferentes tareas puede mejorar la calidad general de los datos, las numerosas tareas que integran la creación de una base de datos de SIG son bastante repetitivas. Un trabajo monótono puede provocar más errores, porque afecta la concentración del operador. Esto se puede evitar rotando las tareas, lo que además facultaría al personal para conocer los diferentes aspectos de todo el procedimiento de conversión de datos y comprender mejor sus tareas y, por lo tanto, la calidad general del producto mejoraría. También se debería pedir a los funcionarios que recomienden cambios en los procedimientos para lograr una mejor calidad de los datos. Estas recomendaciones deben evaluarse en un ambiente controlado —no durante las actividades corrientes— antes de poner en

práctica los cambios. Así pues, la tarea de lograr datos de la mayor calidad posible se convierte en un procedimiento continuo.

3.142. Los procedimientos de control de calidad pueden ser métodos manuales o automatizados; estos últimos son preferibles, por ser rápidos y confiables. Pero muchos aspectos de la conversión de datos se pueden evaluar solamente por medio de la inspección visual y la comparación. En el caso de los datos de atributos geográficos, las técnicas automatizadas son similares a las que se utilizan para el ingreso de datos censales. Las verificaciones de los intervalos y los códigos aseguran que los campos de atributos sólo contengan valores permitidos. La cantidad de unidades administrativas o censales en una base digital de datos debe corresponderse con la respectiva cantidad en la lista maestra de zonas geográficas. El identificador de la zona geográfica es el campo principal en la base de datos censales de SIG, pues asegura la correspondencia entre los mapas digitales y los datos censales agregados. Por lo tanto, la mayor parte de los recursos dedicados a la verificación —automatizada y manual— de los datos de atributos se debería destinar a asegurar que no haya errores en este atributo.

3.143. Las opciones en cuanto al control automatizado de la calidad de los datos geográficos son bastante limitadas. Algunos programas de SIG controlan la exactitud de la topología de la base de datos, por ejemplo, si todas las zonas cierran y si todas las líneas conectan. Una base de datos de un poblado se puede combinar con un conjunto de datos sobre los límites de una unidad administrativa de calidad conocida para asegurar que los identificadores administrativos en la base de datos del poblado sean correctos (una operación de punto en polígono). Algunos errores son evidentes, por ejemplo, cuando los límites de dos unidades administrativas que se digitalizaron independientemente no se corresponden. Otros son más difíciles de detectar, por ejemplo, cuando algunos límites internos, o caminos, están ausentes en un conjunto de datos de SIG. Por ello, el control de calidad de los productos cartográficos depende, en su mayor parte, de la comparación visual de los materiales fuente (mapas, fotografías aéreas, etcétera) con los datos digitalizados. Con esta finalidad, se imprimen los mapas digitales preferiblemente en la misma escala que los mapas fuente. Luego se comparan el material fuente y el producto, ya sea poniendo uno al lado del otro, o superponiéndolos al trasluz en una mesa iluminada. Cualquier error sistemático apunta a un problema en los procedimientos de conversión de datos, que debe solucionarse inmediatamente. Nunca se debe encomendar el control manual de los errores al mismo funcionario que produjo los datos.

3.144. Hay que documentar todas las etapas del control de calidad. Por lo general, el medio más adecuado es un formulario de papel, aunque también se pueden usar formularios automatizados y digitales. Este formulario debe especificar el procedimiento de control de calidad que se utilizó, cuándo y quién lo realizó, quién elaboró los datos que se verificaron y cuáles son los resultados de las pruebas. Estos registros no solamente documentan la exactitud de un conjunto de datos y su procedencia y evolución, sino que también pueden señalar cuáles son los funcionarios que necesitan recibir más capacitación.

3.145. El resultado de aplicar un conjunto uniforme de procedimientos de control de calidad debería ser un producto final de exactitud aceptable. Sin embargo, en la mayoría de los proyectos se agrega un último paso conocido como garantía de calidad, que consiste en otra serie de verificaciones y un último procedimiento de resolución de problemas. La garantía de calidad se examina más adelante.

3. División del territorio nacional en unidades de procesamiento

3.146. Una base completa de datos digitales de las zonas de empadronamiento consta de miles de unidades. En el caso de los países más grandes, no resulta muy práctico almacenar todos los polígonos que representan las zonas de empadronamiento en la misma capa de datos físicos. En cambio, se puede dividir el territorio nacional en zonas operativas. En una estructura censal descentralizada, las diferentes oficinas regionales y sus operadores pueden trabajar simultáneamente en distintas partes de la base de datos. Si se logra que haya coherencia entre los límites de las subsecciones de la base de datos nacional, las distintas partes se pueden combinar en etapas posteriores para producir mapas de distrito, provinciales o nacionales. Pero este proceso requerirá un cierto ajuste de bordes, es decir, se deberán vincular manualmente las características conectadas que cruzan dos o más placas.

3.147. En el caso de países más grandes, es probable que la labor cartográfica esté descentralizada. Si es así, las zonas operativas quedan definidas naturalmente por el sector que es responsabilidad de cada oficina regional de censos. Por ejemplo, puede ocurrir que un país encargue un trabajo de cartografía censal a cuatro oficinas regionales, y la oficina central actúe simultáneamente como organismo de coordinación general y como una oficina regional. En cada oficina, las bases de datos se pueden subdividir en zonas más pequeñas. Si se trabaja con bases de datos de menor tamaño, es menos lo que se necesita en materia de informática. La división en partes más pequeñas también posibilita que varios operadores trabajen simultáneamente en partes distintas de la base de datos.

4. El mapa digital administrativo básico

3.148. La selección de un diseño operacional depende tanto del procesamiento como de las condiciones en que opere la organización. Si se elige un enfoque descentralizado, la oficina nacional de censos debe crear ante todo una plantilla de todo el país con los límites de los principales niveles administrativos. Por ejemplo, debería crear, adquirir o encargar la preparación de un conjunto de límites espaciales digitales de las provincias, los distritos e, idealmente, también de los subdistritos. Estos límites deben ser muy exactos y suficientemente detallados, de modo que sirvan para elaborar los mapas de las zonas de empadronamiento en escalas cartográficas más grandes (por ejemplo, por lo menos 1:250.000). Además, deberán usarse durante todo el procedimiento de elaboración de los mapas del censo y también para la distribución de la información referenciada y agregada en estos niveles administrativos.

3.149. Es posible que la oficina nacional de cartografía ya haya producido un mapa con estos límites en formato digital. En este caso, constituirá el mapa digital básico de las unidades administrativas del país reconocido oficialmente (véase *supra* la sección sobre la infraestructura nacional de datos espaciales). Los códigos de la base administrativa deben ser correlativos de los que se usan en la base de datos del censo.

3.150. Los límites de distrito oficiales de cada zona operativa se deben enviar a las oficinas encargadas de demarcar las zonas de empadronamiento. Los límites de éstas se registran entonces en estos polígonos que representan las unidades administrativas oficiales, lo que garantiza que, en cualquier agregación posterior, los límites de los distritos aledaños encajen perfectamente. Si cada oficina local digitaliza los límites de los distritos por separado, es muy probable que los límites no coincidan perfectamente, y será necesario ajustarlos. Además, se duplicaría el trabajo, pues los mismos límites serían digitalizados por la oficina o el operador de cada región aledaña.

5. Unidades zonales inconexas

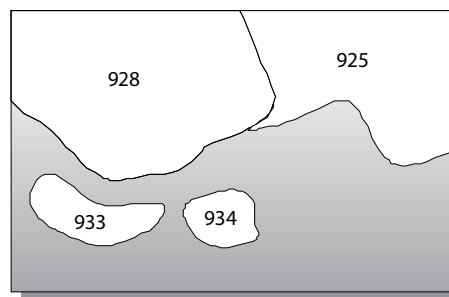
3.151. Con frecuencia, algunas unidades administrativas se dividen en unidades o polígonos espaciales distintos y separados. Por ejemplo, un distrito puede estar formado por un sector en el continente y un conjunto de islas. Para el procesamiento de los datos censales, esto no constituye un problema, pues habrá sólo un registro en cada cuadro de datos que se aplica al distrito, pero en la base de datos de los atributos geográficos este distrito tendrá dos o más registros, uno para cada polígono, lo que ocasionará problemas cuando se vincule la información sobre los atributos con los polígonos mediante un cuadro de atributos geográficos. En un sistema de base de datos relacionales, el registro de los datos censales se vincula con cada polígono de la base de datos de SIG que tiene el mismo identificador de distrito. La representación de densidades o valores medios en un mapa no presenta problemas. El ingreso medio o la densidad media de población son los mismos en todo el distrito, pero los datos del recuento, como la población total o la cantidad de hogares, sí presentan problemas cuando se trata de obtener la suma del total de la población de todos los distritos. Como los registros se repiten para cada polígono del mismo distrito, habrá un cierto grado de duplicación del recuento y el total final será exagerado. Hay dos formas de encarar este problema.

3.152. Algunos programas avanzados de SIG posibilitan definir regiones, que pueden constar de uno o más polígonos, pero en el cuadro de atributos geográficos hay sólo un registro de cada región. El sistema lleva el control de cuáles son los polígonos que pertenecen a cada región. En algunos programas, incluso se pueden superponer las regiones, aunque esto no es útil para las aplicaciones censales, en las cuales las zonas de empadronamiento deben ser mutuamente excluyentes.

3.153. Muchos programas sencillos de SIG no tienen esta opción. En este caso, una solución fácil es agregar un campo de datos adicional (un “valor marcador”) al cuadro de atributos geográficos (véase el gráfico III.21). Este campo tomará el valor de uno para el polígono más grande en el distrito y de cero para los más pequeños.

Gráfico III.21

Unidades administrativas constituidas por varios polígonos



Identif. interna	Identif. admin.	Nombre admin.	Mar-cador
925	02015	Kalana	1
928	02012	Bagor	1
933	02012	Bagor	0
934	02012	Bagor	0

Antes de sumar o promediar el valor de cualquier atributo, el usuario puede seleccionar primeramente sólo los polígonos que tengan un valor de uno en este campo. Se podría agregar otro campo que contenga la cantidad de polígonos que pertenecen a la misma unidad. Esta información se puede generar rápidamente, usando la operación de frecuencia o de tabulación cruzada del programa de SIG.

6. Cálculo de superficies

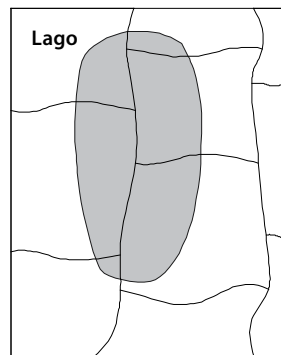
3.154. La utilidad de las bases de datos censales será mayor si se incluyen diversas variables geográficas corrientes. La más importante es la superficie de cada zona de empadronamiento o unidad administrativa. Cualquier programa de SIG puede calcular la superficie de un polígono si la base de datos está bien referenciada en una proyección de área equivalente. Pero, en función del nivel de resolución y del grado de exactitud de los límites digitalizados, puede haber un error considerable en las mediciones, por exceso de generalización; y también es posible que haya islas sin computar porque, debido a su escaso tamaño, no quedan incluidas en un mapa en escala pequeña. Por ello, si las hay, es preferible usar las cifras más exactas que produce la oficina nacional de cartografía.

3.155. Las cantidades de superficie se utilizan para producir estimaciones de densidad, en especial, densidad de población. Las cifras que se publican generalmente se refieren a la superficie de toda la jurisdicción de la unidad administrativa, es decir, su superficie total. A veces, esto puede producir estimaciones algo erróneas. En un caso, por ejemplo, una publicación sobre un censo nacional indicaba la superficie de varios distritos alrededor de un gran lago, e incluía la porción del lago desde la costa hasta la línea central (véase el gráfico III.22), lo que duplicaba la superficie total de algunos distritos. En consecuencia, las densidades de población se subestimaron por un factor de dos. Cuando se utilizan estadísticas oficiales de la densidad de población, por ejemplo, como criterio para la asignación de recursos, o para determinar si una zona reúne los requisitos necesarios para ciertos programas públicos, la definición de la densidad puede tener consecuencias graves.

3.156. En los países que tienen este problema, la oficina de censos puede optar por registrar dos campos: la superficie total de una unidad administrativa, y la superficie terrestre, es decir, la superficie total menos la superficie cubierta por masas de agua y posiblemente otras zonas deshabitadas, como las zonas protegidas para la conservación de especies de fauna y flora, y algunos países también dan a conocer por separado la superficie de las tierras agrícolas. Esto posibilita que los usuarios calculen las

Gráfico III.22

Lago que cubre una superficie muy grande de varias unidades administrativas



densidades de población agrícola o bien la cantidad de hectáreas de tierras agrícolas disponibles por habitante en el distrito. Estas superficies son muy fáciles de calcular en un SIG si se usan las capas de datos adecuadas, teniendo en cuenta los recaudos en cuanto a la generalización mencionados antes. De cualquier forma, es importante que las definiciones de superficies netas se documenten apropiadamente.

3.157. Como la mayoría de los programas de SIG indican cada polígono de la base de datos en un registro separado, las superficies de las unidades administrativas o censales que se componen de más de un polígono no servirán para calcular densidades. En cambio, hay que agregar las superficies de todos los polígonos que pertenecen a la misma unidad administrativa o censal, lo que se puede hacer con las funciones adecuadas de tabulación cruzada de los SIG.

F. Elaboración de metadatos

3.158. En este *Manual* se recomienda considerar que la cartografía censal es un proceso a largo plazo, y no una actividad que se realiza por única vez. A lo largo del tiempo, se tendrá acceso a los elementos de una base de datos muchas veces, aunque quizás no constantemente. La posibilidad de que haya cambios frecuentes de personal significa que la memoria institucional debe basarse en algo más que los recuerdos de los analistas que elaboraron los datos al comienzo. Es imprescindible, por ende, documentar detalladamente todas las etapas de la elaboración de la base de datos digitales espaciales para el censo.

3.159. La información sobre la calidad, el formato y las etapas de procesamiento de los datos, así como toda otra información relativa a un conjunto de datos, se denomina de metadatos o de “datos sobre los datos”. Los metadatos cumplen varias funciones, a saber:

- Facilitan el mantenimiento y las actualizaciones de los conjuntos de datos digitales de un organismo;
- Ayudan a distribuir los datos, proporcionando información sobre su aptitud para ser usados por usuarios externos;
- Sustentan la integración en los datos que ya posee un organismo de conjuntos de datos producidos externamente.

3.160. Es evidente que no todos los productores de datos considerarán que los mismos metadatos son esenciales. Por ello, muchos países han comenzado a elaborar normas generales para los metadatos geográficos, con el fin de unificar las convenciones para documentar la información espacial, convenciones que respaldan el desarrollo de una infraestructura nacional de datos espaciales, pues facilitan el intercambio y la integración de los datos espaciales. En el plano internacional, varios organismos intentan coordinar normas para metadatos espaciales entre grupos de países, entre ellos: Working Group on Geographic Information/Geomatics, de la Organización Internacional de Normalización (ISO) (www.statkart.no/isotc211/); Open Information Interchange Service, de la Comisión Europea (www2.echo.lu/oii/en/oii-home.html); y Permanent Committee on GIS Infrastructure for Asia and the Pacific (www.permcom.apgis.gov.au).

3.161. Como los datos censales referenciados espacialmente son parte integrante de la infraestructura nacional de datos espaciales, se debería integrar la elaboración de mapas digitales de los censos con otras actividades cartográficas del país. En lo que se refiere a los metadatos, esto significa que la oficina de censos debe adoptar la norma nacional o regional, si es que existe. Una estrecha cooperación con las autoridades nacionales responsables —por lo general, la oficina nacional de cartografía

o una junta consultiva interdepartamental— hará más fácil la introducción de estas normas. Si no hay una norma nacional, la oficina de censos ahorrará tiempo y recursos adaptando una norma adecuada de otro país en lugar de elaborarla a partir de cero.

3.162. Un ejemplo de normas de metadatos bien desarrolladas y muy usadas es Content Standards for Digital Geospatial Metadata (Normas de contenido para los metadatos digitales geoespaciales) (CSDGM), elaboradas por el National Geographic Data Committee en los Estados Unidos (www.fgdc.gov), que ilustra los tipos de información incluidos en una base de metadatos. Las normas son muy amplias y varias comisiones especializadas elaboran directrices para tipos específicos de datos. El Subcommittee on Cultural and Demographic Data (Subcomité de datos culturales y demográficos), por ejemplo, forma parte de la Oficina de Censos de los Estados Unidos (www.census.gov/geo/www/standards/scdd; véase también United States Federal Geographic Data Committee, 1997b). En el presente texto sólo se examinan los componentes principales de la definición de metadatos.

3.163. Las normas CSDGM constan de siete secciones principales y pueden servir como plantilla de una base de datos con campos que describen diferentes aspectos de un conjunto de datos espaciales. Algunos campos contienen conjuntos de códigos o atributos predefinidos, pero muchos de los elementos son campos de texto, donde el productor de los datos describe características de la base de datos, como la calidad o el origen y la evolución de los datos. Los elementos más importantes se consideran obligatorios, y deben registrarse para cada conjunto de datos. Este conjunto de campos obligatorios es un buen punto de partida para la definición de la plantilla de metadatos de la oficina de censos. Otros campos se rotulan “obligatorio, si procede” u “opcional”.

3.164. Los componentes principales de la norma son:

- **Información relativa a la identificación**, incluido el título del conjunto de datos, la zona que cubren, las palabras clave, su objetivo, un resumen y las restricciones de acceso y uso;
- **Información sobre la calidad de los datos**, como una evaluación de la exactitud horizontal y vertical, la coherencia lógica, la exactitud semántica, la información temporal, la integridad y el origen y la evolución de la base de datos. La información sobre el origen y la evolución incluye la fuente de datos que se usó para producir el conjunto, las etapas de procesamiento y los productos intermedios;
- **Información sobre la organización de los datos espaciales**, que se refiere a la forma en que se almacenan los datos como puntos, vectores o cuadrícula, e incluye información digital sobre las distintas placas de los mapas;
- **Información sobre la referencia espacial**, incluida la proyección cartográfica y todos los parámetros que definen el sistema de coordenadas;
- **Información sobre las entidades y los atributos**, que contiene definiciones detalladas de los atributos del conjunto de datos: los tipos de datos, los valores permisibles y las definiciones. Es prácticamente la misma información que contendría un diccionario de datos, tal como se lo describió antes en el párrafo 3.127;
- **Información sobre la distribución**, incluido el distribuidor de los datos, el formato de los archivos, los tipos de medios fuera de línea, los vínculos con los datos en línea, el procedimiento para los pedidos y sus costos;
- **Información de referencia sobre los metadatos**, que aporta información sobre los metadatos mismos, en particular, quién los creó y cuándo.

3.165. Además de las siete secciones principales, las normas de contenidos incluyen tres elementos de menor importancia, a los que se hace referencia con frecuencia en las secciones principales. No es necesario repetir estos elementos muchas veces, sólo hay que almacenarlos en un determinado lugar. Estas tres secciones son:

- Información sobre las citas, que asegura que se haga referencia cabal a la fuente de los datos, su título, fecha de publicación y editor;
- Información temporal, que puede incluir una única fecha, varias fechas o uno o varios períodos;
- Información de contacto, como la persona y/o el organismo al que se puede recurrir, su dirección postal, teléfono y dirección de correo electrónico.

3.166. Una ventaja de normalizar los metadatos entre productores oficiales y no oficiales es que se pueden crear sistemas genéricos para su gestión y utilización. Por ejemplo, hay una serie de instrumentos de administración de las normas CSDGM; entre ellos, los formularios de registro en formato de texto, de base de datos o de buscador web (a través de Internet o de una intranet) y los lectores de los metadatos que se pueden usar en bibliotecas o sistemas de distribución de datos por Internet. Los proveedores de programas comerciales también agregaron a sus programas instrumentos de documentación para facilitar la creación de metadatos en formato CSDGM.

3.167. La definición de la plantilla de metadatos que se usará para el proyecto de cartografía censal es sólo un aspecto de la gestión de los metadatos; el otro aspecto es la aplicación de procedimientos de mantenimiento. La oficina de censos debe decidir cuándo se registrarán los metadatos y quién lo hará, en qué formato se almacenarán (formularios de papel o archivos digitales) y quién supervisará la integridad, exactitud y utilidad de la información resultante. La creación de metadatos debe acompañar cada etapa de la creación de la base de datos y no ha de verse como la última etapa de la documentación. En beneficio de usuarios externos o futuros hay que dar a los metadatos tanta importancia como a las propias bases de datos espaciales.

G. Resumen y conclusiones

3.168. En este capítulo se ha proporcionado contenido técnico para el proceso de montar paulatinamente una base de datos digitales a escala de zona de empadronamiento, inclusive los elementos fundamentales de una base de datos geográficos, los mecanismos de ingreso de datos, la codificación geográfica y la demarcación de las zonas de empadronamiento.

3.169. Al finalizar esta etapa operacional, la oficina nacional de estadística habrá creado una cobertura integral y sin solución de continuidad de las zonas de empadronamiento a partir del censo anterior, que estará lista para ser actualizada con datos obtenidos sobre el terreno. Llegado cierto punto, la oficina nacional de estadística habrá hecho todo lo que puede hacer en tarea de gabinete y necesitará salir a trabajar sobre el terreno.

3.170. La tarea final es reforzar la decisión de producir una base de datos a nivel de zona de empadronamiento que ha de orientar los recorridos de los empadronadores encargados del recuento. Así el censo será más exacto y aportará contribuciones mucho mejores a las ulteriores tareas de análisis y difusión. También apoyará la divulgación de los resultados censales, en especial para aplicaciones de socorro humanitario (por ejemplo, para la preparación y gestión en casos de desastre). Este aspecto se considera en el capítulo siguiente.

Capítulo IV

Integración del trabajo sobre el terreno utilizando datos del GPS y datos obtenidos por teleobservación

4.1. En este capítulo se sigue considerando el procedimiento paso a paso de construir la base de datos geográficos a nivel de zona de empadronamiento iniciado en el capítulo III. Aquí se reconoce el valor de los nuevos instrumentos y fuentes de datos que posibilita la tecnología de satélite —es decir, sistemas mundiales de determinación de posición y de teleobservación (incluida la fotografía aérea)— abordando directamente dichos instrumentos y fuentes de datos.

4.2. El tema principal del capítulo IV es la utilización de GPS y RS (teleobservación) para la demarcación de zonas de empadronamiento. El propósito principal de utilizar esos instrumentos es validar sobre el terreno los límites de zonas de empadronamiento creados en el gabinete de SIG de la oficina nacional de estadística, sobre la base de los anteriores mapas censales. O también, cuando no se dispone de mapas exactos, se utilizan GPS y RS como base para la demarcación de zonas de empadronamiento en la oficina principal del censo, antes de llevar a cabo tareas sobre el terreno que completen y validen esa demarcación. Con la ayuda de datos de teleobservación, los analistas de geografía pueden determinar cuál es el territorio más necesitado de actualización y distinguirlo de zonas que requieren solamente una actualización mínima. Se ofrecerán algunas nociones básicas de GPS, junto con algunas directrices para utilizar datos de GPS en el censo (incluidos algunos ejemplos del uso de GPS para la demarcación de límites de zonas de empadronamiento y administrativas y la ubicación de unidades de vivienda y viviendas colectivas) y extraer otras características. Se considerará el uso de computadoras portátiles y computadoras de bolsillo. Se abordará la teleobservación desde el punto de vista de las imágenes satelitales y también de la fotografía aérea y se presentarán algunos conceptos básicos y directrices para su utilización por la oficina nacional de estadística.

4.3. En condiciones ideales, en esta etapa del proceso, el organismo de estadística ya ha escaneado los mapas de zonas de empadronamiento de censos anteriores y los ha transformado en una base de datos digitales, la cual, aunque haya requerido mucho tiempo y sea aparentemente integral, es en realidad solamente una versión preliminar, dado que los mapas de zonas de empadronamiento demarcadas en la oficina principal del censo aún no han sido actualizados sobre el terreno. El grado de colaboración al respecto entre la sede y las oficinas censales sobre el terreno quedará determinado por el nivel de centralización de las operaciones censales, así como por la estructura de comunicaciones y la accesibilidad del país. En el presente *Manual* se supone que las operaciones de la sede y las operaciones sobre el terreno estarán integradas durante las etapas del trabajo sobre el terreno, con intercambio de datos.

4.4. A nivel mundial, el objetivo primordial de la digitalización geográfica es aprovechar las nuevas tecnologías para confeccionar mapas de mejor calidad más

rápida y mejorar en general la calidad de los datos censales. También en este caso es preciso prestar especial atención a las condiciones de cada país y a cómo está dividido el territorio en las regiones administrativas y las zonas de empadronamiento que utiliza el organismo de estadística para el censo. Mediante la integración de imágenes satelitales, los analistas y planificadores del censo pueden determinar cuáles son las zonas que requieren mayor trabajo sobre el terreno, por ejemplo, para reflejar los nuevos asentamientos en las zonas aledañas a las ciudades. Desde el punto de vista de la planificación y la logística, tiene sentido determinar de antemano cuáles son esas zonas prioritarias y ubicar las zonas que cambiaron rápidamente después del censo previo, para focalizarse en ellas. Éste es el significado del enfoque de “detección del cambio”, que puede aplicarse más eficazmente sintetizando los datos obtenidos sobre el terreno con los de gabinete y los obtenidos por teleobservación.

4.5. La teleobservación se define como el uso de tecnologías de sensores de imágenes que recogen información sobre una zona u objeto dados. La teleobservación es un poderoso instrumento para “ver” el paisaje censal de maneras que pueden mejorar en gran medida la exactitud del empadronamiento y también es posiblemente una inversión muy redituable para las oficinas nacionales de estadística. La teleobservación puede lograr más que una ampliación de la cartografía sobre el terreno; en verdad, se aprovecha mejor cuando se utiliza con otras fuentes de datos, como mapas sobre el terreno, descripciones de límites y zonas de empadronamiento de censos anteriores. Dado que la teleobservación entraña una gran inversión, es preciso que las oficinas nacionales de estadística consideren cuidadosamente cuáles han de ser sus planes antes de comprometerse a obtener los dispositivos para las imágenes y la capacitación. Esos planes deben especificar de antemano los análisis de datos y los productos para que la oficina nacional de estadística no cree datos marginales y ajenos al tema que tengan escasa o ninguna utilidad para el público. Esto tiene importancia especialmente crítica cuando se considera la tecnología como un agregado costoso en lugar de considerarla un medio para un determinado fin. Cuando la oficina nacional de estadística haya respondido a la pregunta sobre el uso concreto y específico de los datos, recién entonces será posible evaluar las repercusiones en lo concerniente a los recursos, especialmente recursos humanos.

A. Sistemas mundiales de determinación de posición (GPS)

4.6. Los GPS, que en el pasado se consideraban adminículos exóticos, han revolucionado la navegación al convertirse en instrumentos de utilización generalizada. En los últimos años, los GPS también han transformado la cartografía censal sobre el terreno. Al registrar latitudes y longitudes en un formato de fácil utilización, un GPS facilita agregar sin dificultades la información sobre ubicación a cualquier aplicación. A medida que fueron disminuyendo los precios de los receptores de GPS —es posible adquirir un modelo de buena calidad por menos de 100 dólares— el GPS se ha integrado en muchas esferas y se ha incorporado ampliamente en los usos personales, con grandes avances en el mercado de consumidores de automóviles, embarcaciones, equipo de construcción y agrícola, y se ha incorporado en computadoras de bolsillo y portátiles. El grupo de usuarios más grande se encuentra en las esferas de administración de servicios públicos, reconocimientos y navegación. Pero el GPS también contribuye a mejorar la investigación en esferas como la biología, la explotación forestal y la geología, y se aplica cada vez más a estudios epidemiológicos y demográficos. También se está convirtiendo en una de las principales herramientas en las aplicaciones de cartografía censal.

4.7. Gran parte de este análisis se refiere al sistema estadounidense comúnmente conocido como GPS. Es el sistema que más se usa y para el cual se ha creado ya un gran mercado comercial de productores de receptores y servicios de reconocimiento. Más adelante, se consideran brevemente otros sistemas satelitales de determinación de posición, el sistema ruso conocido como GLONASS, el sistema Galileo de la Unión Europea y el sistema chino denominado Beidou.

1. Cómo funcionan los sistemas mundiales de determinación de posición

4.8. Un GPS es un sistema mundial de radionavegación alimentado por satélites en órbita. Los receptores GPS recogen las señales transmitidas desde un sistema de 24 satélites (21 activos y tres auxiliares) y desde sus estaciones terrestres. El Departamento de Defensa de los Estados Unidos mantiene dicho sistema, llamado NAVSTAR. Los satélites circundan la Tierra en seis planos orbitales a una altitud de aproximadamente 20.000 km. En cualquier momento dado, de cinco a ocho de los satélites de GPS se encuentran dentro del “campo visual” de un usuario en la superficie terrestre.

4.9. El receptor de GPS determina la posición en la superficie terrestre midiendo la distancia desde varios satélites en tres dimensiones (x, y, z). Tanto el satélite como el receptor producen sendas señales sincronizadas con precisión (utilizando un código pseudoaleatorio). La sincronización resulta factible gracias a relojes muy precisos ubicados en el satélite y en el receptor. Este último puede medir la diferencia de fase entre la señal interna y la señal recibida desde el satélite, es decir, el tiempo que necesita la señal para ir desde el satélite hasta el receptor. Como la señal se desplaza a la velocidad de la luz (299.338 km/seg), simplemente hay que multiplicar el retardo por la velocidad de la luz para obtener la distancia.

4.10. Una vez que se conoce la distancia desde varios satélites, se puede determinar la posición mediante una operación de triangulación. Cuando se obtiene una medición de distancia desde un segundo satélite, es posible focalizar la posición hasta los dos puntos donde se intersecan los dos círculos. A fin de confirmar la posición exacta, es necesario determinar la distancia desde un tercer satélite. Los círculos de distancia obtenidos de los tres satélites se intersecan en un único punto, el cual determina la verdadera posición. Sin duda, en realidad nuestro mundo es tridimensional. Con una única medición satelital de la distancia, podríamos estar en cualquier lugar sobre la superficie de una esfera que rodeara al satélite. Con dos mediciones, podríamos estar en cualquier lugar de un círculo formado por la intersección de dos esferas. Por último, la esfera que rodea a un tercer satélite se interseca con este círculo en dos lugares. También en este caso, sólo uno de ellos se ajusta a la realidad. Pero para mejorar la estimación de la posición se hace una cuarta medición, que además contribuye a corregir cualquier imprecisión en el reloj interno del receptor. El reloj atómico del satélite es, por el contrario, muy preciso.

2. Exactitud de un GPS

4.11. Hay receptores de GPS poco costosos que aportan información razonablemente exacta sobre latitud, longitud y altitud de la posición del usuario en cualquier lugar del mundo y en cualquier momento. Según la mayoría de los proveedores de GPS de bajo costo, la posición registrada es exacta con una aproximación de entre 15 y 20 metros para las aplicaciones civiles. La información sobre altitud es algo menos fiable que la relativa a latitud y longitud.

4.12. Hay muchos factores que influyen en la exactitud, por ejemplo, la cantidad y la posición de los satélites que, idealmente, están distribuidos por el cielo para posibilitar un cálculo geométrico óptimo. La pérdida de exactitud en la información sobre posición obedece al grado de dispersión de los satélites en el cielo y puede cuantificarse numéricamente. Otro factor que afecta la precisión de la señal es el de las irregularidades orbitales, que pueden incorporarse en función de las tablas de efemérides. Otros factores son: la influencia de la Luna, las perturbaciones atmosféricas que modifican la señal cuando viaja a través de la atmósfera, y el error denominado “de múltiples trayectorias”, causado por la dispersión de las señales por los edificios u otros objetos sólidos. Estos errores constituyen más o menos el ruido errático: fluctuaciones aleatorias y de corto plazo de la posición. Hasta que en 2000 la práctica se eliminó, la mayor fuente de error era la disponibilidad selectiva, instituida por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos para reducir la exactitud de la señal. Aunque la disponibilidad selectiva se eliminó, puede ser restablecida en tiempos de guerra.

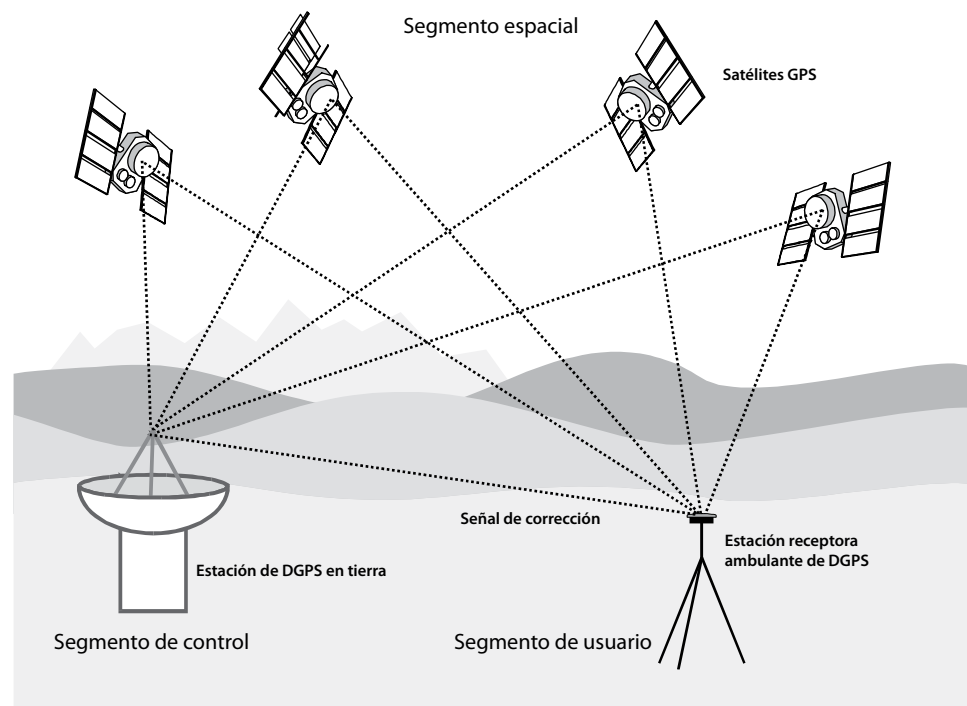
4.13. La estimación de las coordenadas no necesariamente mejorará con lecturas repetidas de GPS. Para obtener posiciones más exactas, habría que promediar las lecturas de las coordenadas que se realizaron durante un largo período, es decir, más de 24 horas. En la práctica, hay mejores opciones para mejorar las coordenadas de GPS.

3. Sistemas mundiales de determinación de posición diferenciales

4.14. En el caso de las aplicaciones que requieren más exactitud, los sistemas mundiales de determinación de posición diferenciales (DGPS) utilizan información transmitida desde una estación de base con coordenadas conocidas en forma precisa para corregir las señales del satélite (véase el gráfico IV.1). Los sistemas DGPS tienen creciente aceptación y costo cada vez más bajo. Un DGPS requiere dos receptores, uno

Gráfico IV.1

Sistemas mundiales de determinación de posición diferenciales



estacionario y uno ambulante. Las señales que recibe la estación de base del DGPS y la unidad ambulante del GPS están expuestas a los mismos errores. El receptor en la estación de base mide los errores: las diferencias entre los tiempos, y envía información sobre las correcciones a la unidad ambulante. La estación ambulatoria de referencia recibe las mismas señales de GPS, calcula los tiempos de viaje de las señales, los compara con los tiempos reales y calcula el factor de corrección. La exactitud que se puede lograr con el DGPS depende del sistema y del procedimiento de recopilación de coordenadas. Se puede alcanzar una exactitud de dos metros con equipos bastante económicos y tiempos de observación más breves. Los resultados son aun mejores con receptores estacionarios. Si se utilizan sistemas más costosos y se reúnen datos durante más tiempo para cada lectura de coordenadas, se puede lograr una exactitud de menos de un metro.

4.15. Hay varias opciones para realizar la corrección de datos del GPS en tiempo real. Los organismos estatales de muchos países están instalando estaciones de base de DGPS que difunden continuamente información sobre los factores de corrección. Por lo general, estas estaciones se hallan cerca de las zonas costeras, para dar también apoyo a la navegación marítima. A veces, grupos de usuarios, como los dedicados a la agricultura de precisión, construyen estaciones de DGPS relativamente económicas. Además, algunas unidades portátiles muy avanzadas de GPS, que valen varios miles de dólares, se pueden convertir en estaciones de base de DGPS que transmiten información sobre los factores de corrección utilizando cada vez más la Internet. El usuario tiene que buscar una ubicación conocida en forma precisa alrededor de la cual sea posible realizar lecturas también precisas. Los satélites geoestacionarios emiten también información sobre las correcciones, por ejemplo, para la aeronavegación.

4.16. Cuando no son necesarios los datos en tiempo real, una opción útil y menos complicada puede ser el procesamiento posterior de las coordenadas de GPS. En este caso, el usuario reúne las coordenadas con un receptor de GPS estándar. Para cada coordenada, se registran en la memoria de los receptores el momento de recibirla y los satélites que se usaron. Una vez en su oficina, el usuario puede descargar la información sobre las correcciones para ese período y aplicar los factores de corrección a todas las coordenadas reunidas. En muchos países, los archivos con los datos de corrección se pueden obtener de varias fuentes comerciales o públicas. Cuando esta información no se puede obtener de fuentes secundarias, es posible establecer una estación de base del DGPS en una ubicación central. Por ejemplo, para facilitar la cartografía censal se podría establecer una estación en la capital, de modo tal que los datos de las coordenadas reunidas en el terreno con receptores estándares de bajo precio se puedan corregir más tarde. En los países más grandes, quizás haya que establecer varias estaciones de base.

4.17. Algunos nuevos sistemas nacionales dignos de mención utilizan una nueva tecnología de satélites y comunicaciones por conducto de la Internet. El Sistema de aumento de área amplia o WAAS es un sistema continental de DGPS instituido por la Administración Federal de Aviación de los Estados Unidos. Consta de un satélite geoestacionario (es decir, que tiene una posición fija, a diferencia de un satélite que gira en órbita), el cual emite información correctiva en una frecuencia de GPS, utilizando las 24 estaciones que operan en los Estados Unidos. Las estaciones de referencia en operación continua (CORS) también fueron diseñadas para la aviación, pero tienen muchas otras aplicaciones. Cada estación proporciona mediciones de GPS, posibilitando la corrección de errores y la exactitud de la determinación de posiciones con márgenes de error de unos pocos centímetros. Durante la preparación del presente *Manual* este servicio solo estaba disponible en América del Norte, si bien la disponibilidad de un servicio similar para África está muy cercana.

4.18. En otras regiones, los gobiernos están elaborando sistemas diferenciales similares con base en satélites. En Asia, los japoneses están preparando un sistema multifuncional de aumento de la información obtenida por satélite (MSAS) (Multi-Functional Satellite Augmentation System), que operará en todo el continente con una exactitud de tres metros. En Europa existe EGNOS, el servicio geoestacionario europeo de refuerzo de la navegación (Euro Geostationary Navigation Overlay Service), que consiste en tres satélites geoestacionarios y una red de 34 estaciones terrestres. EGNOS comenzó a funcionar en 2005 y se previó que para 2008 se certificaría una exactitud superior a dos metros. Los servicios abarcan África y América del Sur.

4. Otros sistemas mundiales de navegación con ayuda de satélites

4.19. Hay varias alternativas al sistema GPS NAVSTAR de los Estados Unidos. Un término más genérico para esos sistemas es sistemas mundiales de navegación o GNS. El sistema en Rusia homólogo del GPS es el sistema GLONASS, bajo la conducción del Ministerio de Defensa de la Federación de Rusia. Iniciado en 1976, el sistema GLONASS completó su constelación para 1995 pero posteriormente los satélites sufrieron averías y en 2007 había solamente siete satélites en órbita. El Organismo Espacial de Rusia prevé restaurar plenamente el funcionamiento del sistema GLONASS para 2011, con 24 satélites. Gracias a un acuerdo de cooperación con el Gobierno de la India, se lanzarán dos satélites desde el territorio de la India como medida de reciprocidad por el acceso de este país a señales rusas de alta precisión.

4.20. La Unión Europea y la Agencia Espacial Europea están estableciendo el sistema Galileo. Se prevé que estará en condiciones plenamente operacionales para 2013. Galileo tendrá una constelación de 30 satélites, lanzados entre 2006 y 2010, y dos estaciones terrestres, en Munich y en Roma. Una mejora con respecto al sistema GPS operado por los Estados Unidos será la inclusión de un “mensaje de integridad” que informará de inmediato al usuario cuando haya errores en la señal; otra mejora es que Galileo podrá operar en latitudes extremas. Al nivel del usuario, éste podrá utilizar el sistema Galileo o el sistema GPS de los Estados Unidos, en forma indistinta.

4.21. El sistema Beidou propuesto por China tendrá en el futuro 35 satélites, de los cuales cinco serán geoestacionarios y 30 estarán en órbita. Se ofrecerá a los habitantes de China un servicio gratuito con una exactitud de 10 m; los suscriptores del exterior tendrán un servicio más exacto pero abonarán una cuota. En 2007, se lanzaron dos satélites adicionales de Beidou II.

4.22. Los receptores comerciales de GPS varían en precio y capacidad. Las especificaciones técnicas determinan la exactitud con que se pueden obtener las posiciones. Cuanto más potente sea un receptor, más costoso será. El usuario debe decidir si lo que gana en exactitud compensa el costo adicional. En muchas aplicaciones de cartografía, la exactitud de los sistemas estándares es suficiente. Los receptores también varían en cuanto a su facilidad de operación, su capacidad de rastreo, que es útil en la navegación —muchos receptores pueden trazar mapas— y en materia de proyecciones cartográficas y sistemas de referencia geográfica que respaldan. Otros factores que es preciso tener en cuenta cuando se elige un receptor son la solidez de los dispositivos, el consumo de electricidad (como las baterías y pilas son costosas, se pueden usar adaptadores para encendedores en los automóviles), la capacidad de almacenamiento de coordenadas y la facilidad para transferir las coordenadas almacenadas a una computadora portátil o de escritorio.

4.23. Casi todos los proveedores ofrecen productos integrados que combinan un receptor de GPS con una computadora portátil o de bolsillo para que se puedan

trazar en la pantalla, en forma inmediata, las coordenadas encontradas, solas o en un mapa digital. Más adelante se considerarán esas tecnologías, así como los sistemas integrados de cartografía sobre el terreno.

5. Los GPS en aplicaciones de cartografía censal

4.24. La tecnología de GPS ofrece muchas aplicaciones cartográficas, entre ellas la preparación y la corrección de mapas de empadronamiento para actividades censales. Como ya se señaló, es preciso destacar la importancia de que el uso de la nueva tecnología se integre en un fuerte y detallado plan general. Con las ubicaciones geográficas exactas de las zonas de empadronamiento proporcionadas por el DGPS, pueden determinarse los límites y obtenerse en forma eficaz y económica la ubicación de características como instalaciones de servicios y centros de poblados. Las coordenadas se pueden descargar o ingresar manualmente en un sistema digital de cartografía o SIG, y se pueden combinar con la información georreferenciada ya existente. A continuación se proporcionan directivas para la demarcación de zonas de empadronamiento sobre el terreno, y se ofrecen ejemplos de operaciones censales concretas en que se puede utilizar el GPS (para más información sobre la demarcación de zonas de empadronamiento, véase el capítulo III).

4.25. Como ya se indicó, una zona de empadronamiento es la unidad geográfica operacional para la recopilación de datos censales. También puede ser una unidad para difundir datos censales, pero su propósito principal es la recopilación de datos. Entre las características de las zonas de empadronamiento figura su cobertura integral del territorio del país. Las zonas de empadronamiento se diseñan de modo de representar “zonas con igual cantidad de población”. Sus límites están constituidos por características, como calles y cursos de agua, que pueden observarse sobre el terreno. Al utilizar datos obtenidos por teleobservación, sumados a los mapas del censo anterior, se economizarán innumerables horas de trabajo. La verificación sobre el terreno puede mantenerse a un nivel mínimo y los recursos pueden orientarse a considerar las zonas en rápido crecimiento.

4.26. Al demarcar las zonas de empadronamiento, los funcionarios censales deben comprender que la determinación del tamaño ideal de una zona de empadronamiento incluye consideraciones acerca de la medida de su superficie y la cantidad de habitantes en ella. Una zona de empadronamiento representa la porción de territorio que puede cubrir un empadronador durante el período de recorrido de la zona para recopilar datos censales. La cantidad mínima de población en cada zona de empadronamiento se basa en el plan que haya preparado la oficina nacional de estadística utilizando los resultados de ensayos previos al censo a fin de determinar el número de días necesarios para el recuento sobre el terreno.

4.27. Las estimaciones de población son el componente de importancia más crítica en la demarcación de una zona de empadronamiento. Dado que se basa tanto en la magnitud de la superficie que abarca como en la cantidad de población que en ella reside, es necesario establecer un sistema para la estimación del número de personas en cada zona de empadronamiento que posibilite un trabajo más eficaz dentro de los recursos disponibles. Si no es posible obtener de antemano buenas estimaciones de las poblaciones en las zonas de empadronamiento, esto obstaculizará el empadronamiento y amenazará la buena calidad de los resultados.

4.28. Las estimaciones de población para zonas de empadronamiento pueden obtenerse mediante la cooperación de funcionarios locales. Aun cuando las propias unidades de zonas de empadronamiento puedan ser poco familiares para funciona-

rios locales en zonas rurales, éstos están en condiciones de estimar la cantidad de población en caseríos y aldeas. En algunos casos, las estimaciones del número de unidades de vivienda son más fáciles que las estimaciones de población, cuando se trata de zonas que cubren superficies pequeñas. Si no se cuenta con la participación de funcionarios locales, el personal de la oficina nacional de estadística puede efectuar estimaciones en visitas sobre el terreno o basándose en la información existente, por ejemplo, fotografías aéreas, imágenes satelitales, planes viales o mapas de planificación, registros catastrales, registros de población, registros de compañías de servicios públicos, o resultados de censos anteriores. En este último caso, será preciso ajustar las cantidades para reflejar las variaciones de la población en la zona.

4.29. Las directrices para la demarcación de zonas de empadronamiento obedecen al objetivo general de lograr cobertura completa, es decir, minimizar tanto superposiciones como vacíos o brechas. Por lo común, cuando hay un símbolo especial, como una línea ondulante, éste se destaca para mayor visibilidad. Los límites de una zona de empadronamiento han de coincidir con características visibles, como calles, caminos, cursos de agua, lagos y vías ferroviarias, todas las cuales son perceptibles, tanto en un mapa como sobre el terreno. Algunas características del paisaje, como líneas de intersección de taludes y bordes de zonas cubiertas por bosques, son elementos de nitidez deficiente que solamente pueden utilizarse si no hay ninguna otra característica. Es posible utilizar “líneas compensatorias” que indiquen la necesidad de incluir unidades de vivienda a ambos lados de un camino.

4.30. En la demarcación general de zonas de empadronamiento se ha de sopesar el tamaño de la población, la superficie que abarca una de esas zonas y la facilidad para desplazarse. Si las condiciones del transporte requieren que un empadronador dedique una cantidad desproporcionada de tiempo a trasladarse entre unidades de vivienda, en ese caso es preciso reducir el tamaño de la zona de empadronamiento. Algunos accidentes topográficos naturales, entre ellos acantilados, ríos, pantanos y bosques, pueden presentar barreras para el desplazamiento y lo propio ocurre con algunas estructuras creadas por el ser humano, como asentamientos dispersos, sistemas viales fragmentados y deficiencias generales en la infraestructura.

6. Algunas tareas concretas de cartografía relacionadas con el GPS

4.31. Entre las tareas concretas de cartografía relacionadas con el GPS figuran las siguientes:

- a) **Demarcación de límites de zonas de empadronamiento.** Los límites de zonas de empadronamiento son poligonales y se basan en las características del paisaje natural. Dado su pequeño tamaño unitario, la delimitación completa sobre el terreno utilizando el GPS probablemente ha de ser poco práctica si se carece de un criterio de selección que focalice la atención en las secciones que han experimentado cambios recientes. En la ciencia de la teleobservación esto se conoce como “enfoque de detección de cambios”. Si un país con una población de 20 millones requiere 40.000 zonas de empadronamiento con aproximadamente 500 habitantes en cada una, el enorme esfuerzo de demarcar los límites con unidades de GPS probablemente insumiría por sí mismo muchos años. En cambio, el enfoque preferido es digitalizar los límites de las zonas de empadronamiento utilizadas en el censo anterior y recurrir al enfoque de GPS basado en el terreno sólo cuando sea necesario, particularmente cuando hubo cambios en las delimitaciones, como la creación de nuevos distritos o la anexión de tierras;

- b) **Demarcación de límites administrativos.** En la mayoría de los países, los límites administrativos (como provincias, distritos y subdistritos) ya han sido demarcados en escala pequeña (es decir, de manera general). Es muy probable que esas unidades carezcan de la precisión necesaria para las labores censales. Las oficinas nacionales de estadística deberían ponderar cuidadosamente el posible beneficio de trazar límites administrativos detallados al realizar el censo, tomando en cuenta su costo en tiempo y mano de obra. En caso de ser posible, esas oficinas deberían obtener acceso a archivos digitales existentes de los límites administrativos, probablemente disponibles en el organismo cartográfico nacional. Es preciso efectuar indagaciones sobre los metadatos correlativos, inclusive procurar información sobre datum y proyecciones, antes de tratar de utilizar los datos recogidos aplicándolos a un proyecto de SIG;
- c) **Ubicación de unidades de vivienda.** Algunos países han avanzado hasta registrar la latitud y la longitud de cada unidad de vivienda en todo su territorio, y a veces hasta han fotografiado cada casa. Llevar a cabo esa tarea para todo el país entraña un gasto de gran magnitud; si lo realiza el censista durante el empadronamiento, tal vez no requiera un gran gasto en ese momento, pero es preciso que el almacenamiento y la indización de los archivos se haga de manera integral para evitar costosas duplicaciones de trabajo;
- d) **Ubicación de viviendas colectivas.** Una vivienda colectiva es cualquier tipo de residencia comunal agrupada o residencia institucional, incluidos hoteles, cuarteles militares, orfanatos, campamentos de trabajadores, monasterios, conventos, hogares de ancianos, hospitales, dormitorios e instituciones penales. Las poblaciones institucionalizadas a veces pueden ser las más vulnerables a los desastres naturales y los planificadores del socorro humanitario están solicitando cada vez más la ubicación geográfica de las residencias colectivas a fin de planificar eficazmente la respuesta en casos de desastre. Además, ubicar las residencias colectivas con unidades de GPS puede ser menos gravoso —dado que su cantidad es pequeña— que localizar todas las unidades de vivienda existentes en el país;
- e) **Otras características pertinentes (incluidos caminos y calles).** Las características como caminos y calles pueden ser útiles para demarcar zonas de enumeración o para proporcionar información útil a los fines de la navegación. Las masas de agua también son útiles para orientar a los censistas y los hitos o elementos prominentes pueden utilizarse como puntos de control para georreferenciar las imágenes satelitales o para confeccionar mapas auxiliares. La oficina nacional de estadística debería indagar en todas las dependencias gubernamentales acerca de la existencia de versiones digitales de datos básicos, como caminos y calles, a fin de economizar tiempo y dinero en las tareas de empadronamiento.

4.32. Es preciso considerar cuidadosamente la utilización de GPS en gran escala para aplicaciones censales. Para muchas tareas, entre ellas el registro de lecturas para cada unidad de vivienda y la demarcación de zonas de empadronamiento, el costo del equipo necesario y de una gran cantidad de trabajadores sobre el terreno probablemente ha de exceder los recursos disponibles en un proyecto de censo.

4.33. La forma exacta en que las coordenadas GPS se usarán en la cartografía censal variará según la estrategia elegida. Se puede usar un GPS en modo puntual para captar la coordenada de, por ejemplo, cada edificio en un poblado o cada intersección

de la red vial de una ciudad. Los mapas disponibles o los mapas boceto dibujados durante la reunión de datos ayudarán a interpretar la información sobre las coordenadas al regresar a la oficina. Una segunda posibilidad es reunir las coordenadas GPS, registrándolas a intervalos regulares. De esta forma, se pueden registrar las características lineales automáticamente caminando por una calle o viajando en un vehículo o bicicleta. Si se planifica cuidadosamente, ésta es una forma eficaz y económica de crear una base de datos sobre la red de calles o caminos, aunque la exactitud de las líneas será suficiente o no según la norma de calidad de los datos que se escoja. Con fines de seguridad, así como para proporcionar un respaldo en zonas donde el suministro de energía es irregular, una alternativa de bajo costo es recuperar las coordenadas que proporciona el receptor de GPS y registrarlas manualmente en hojas de datos. Los receptores de GPS no pueden funcionar si no tienen pilas o baterías; por esa razón es preciso asegurar un suministro adecuado y múltiples medidas de respaldo. Otros aspectos funcionales de los receptores de GPS deben ser bloqueados, de modo que el personal sobre el terreno no pueda reprogramarlos ni cambiar sus elementos de referencia. Por último, es preciso marcar claramente esos receptores, de modo que su reventa se haga difícil en caso de robo.

7. Necesidades de capacitación para la utilización del GPS

4.34. Para que un proyecto de GPS tenga éxito, es preciso que la oficina nacional de estadística conduzca cuidadosamente las adquisiciones de equipo, organice la capacitación y la satisfacción de otras necesidades relativas al personal y prepare protocolos para la recopilación de puntos (Montana y Spencer, 2004). Se recomienda que haya un coordinador de GPS que se encargue de esas actividades; como mínimo, debería tener conocimientos sobre los receptores de GPS y la información pertinente relativa a la recopilación y el almacenamiento de puntos. Además, el coordinador debería supervisar a los trabajadores sobre el terreno para velar por que trabajen de manera coherente. Un programa de capacitación de trabajadores sobre el terreno podría incluir la comprensión del funcionamiento de los receptores de GPS, así como la manera en que un receptor calcula una posición, además de adquirir capacidad para resolver los problemas de funcionamiento de los receptores de GPS.

4.35. En condiciones ideales, la utilización de GPS debería planificarse con años de antelación, como parte de la planificación general del censo. Como mínimo, es necesario que la planificación de proyectos relacionados con el GPS se haga con seis meses de antelación a la puesta en práctica y también que se formulen y den a conocer las estrategias para recopilación de datos. En esta etapa del proceso de planificación, han de determinarse las necesidades de equipo. Los cuadros de datos han de diseñarse adoptando convenciones coherentes de nomenclatura para diferentes unidades y distintas características geográficas, de modo que la base de datos de las zonas de empadronamiento o la identificación de características armonicen con los códigos del GPS para puntos ubicados entre hitos.

4.36. Los coordinadores de GPS deben establecer un sistema de respaldo, para el caso de pérdida catastrófica de equipo de GPS o de elementos de respaldo. El sistema de respaldo puede ser muy simple, como escribir las latitudes y las longitudes en copias en papel de formularios de levantamiento topográfico y consignarlas más tarde en planillas electrónicas.

4.37. A fin de cargar puntos de ruta ubicados entre hitos del GPS en una computadora portátil o de escritorio, es posible utilizar programas informáticos, por ejemplo, GPS Utility, EasyGPS y programas gratuitos como GPSBabel, además de los programas informáticos proporcionados por el fabricante. Los operadores pueden replantear

el formato de archivos cargados en Excel u otro tipo de planillas para su inclusión en un proyecto de SIG, y en ese momento pueden agregarse datos de atributos adicionales. En algunos programas, puede agregarse el GPS a un proyecto de SIG en un formato correcto de cuadro, o como “datos de eventos”.

8. Resumen: ventajas y desventajas de un sistema mundial de determinación de posición

4.38. Entre las ventajas de un GPS cabe mencionar:

- Su costo es bastante bajo, y posibilita recopilar datos en el terreno de forma sencilla. Los receptores más modernos no requieren mucha capacitación para su uso correcto.
- Tiene una exactitud suficiente para las aplicaciones de cartografía censal; y se puede lograr más exactitud con la corrección diferencial.
- Los datos reunidos se pueden leer directamente en las bases de datos de SIG, lo que hace que las etapas de ingreso y conversión de datos sean innecesarias.
- Está disponible en todo el mundo.
- Se prevé que en los próximos cinco años habrá nuevos sistemas de GPS en línea.

4.39. Las desventajas son las siguientes:

- Como componente físico, un GPS tiene bajo costo, pero las operaciones sobre el terreno utilizando el GPS pueden insumir mucho tiempo (y, por consiguiente, pueden ser costosas) cuando no se las planifica correctamente.
- La planificación integral incluye determinar cuáles productos resultarán de un amplio uso del GPS.
- La señal puede quedar obstruida en zonas urbanas densas o en zonas muy arboladas (errores de múltiples trayectorias).
- La exactitud estándar puede ser insuficiente en zonas urbanas y para captar características lineales, por lo cual se requieren técnicas diferenciales.
- El DGPS es más costoso, y tal vez no esté disponible en muchos lugares remotos; requiere más tiempo para reunir datos en el terreno y un procesamiento posterior más complejo para obtener información más exacta.
- Es posible que se necesiten muchos receptores de GPS para reunir datos durante un período muy corto, por lo cual la utilización generalizada del GPS puede llegar a ser excesivamente costosa.
- Cuanto más complejas sean las unidades de GPS que se miden, tanto más capacitación se necesitará.

4.40. Al aplicar el GPS pueden surgir problemas. En un entorno urbano denso, los posibles errores “de múltiples trayectorias” pueden dificultar o hacer casi imposible la definición de zonas de empadronamiento adyacentes. Los edificios de varios pisos o las calles muy arboladas pueden dificultar la recepción de señales procedentes de una suficiente cantidad de satélites, puesto que dichas señales no pueden penetrar a través de objetos sólidos. Una persona capacitada en la recopilación de datos puede, no obstante, obtener información pertinente a las coordenadas caminando hasta un espacio más abierto y aplicando un coeficiente de corrección a las coordenadas allí recibidas. En algunos casos, será necesario utilizar el DGPS o efectuar verificaciones cruzadas con información procedente de otras fuentes, como mapas ya publicados, fotografías aéreas, o incluso mapas boceto resultantes de la labor en el terreno. Algunos países

han establecido sistemas de bases de GPS que sirven para la cartografía de muy alto nivel de exactitud utilizando el DGPS. En varios países en desarrollo todavía no se han establecido redes de ese tipo.

B. Sistemas integrados de confección de mapas en el terreno utilizando computadoras de bolsillo

4.41. En algunos países se ha avanzado mucho en materia de nuevas tecnologías que combinan las funciones de la computadora personal con las del GPS. Una ventaja de utilizar computadoras de bolsillo o dispositivos digitales personales (PDA) es la “captación directa”, es decir, la posibilidad de registrar información directamente sin transcripción, eliminando varias etapas intermedias. Así, es posible actualizar los mapas de inmediato. Las coordenadas se captan y se visualizan inmediatamente en la pantalla de la computadora portátil. Cuando se dispone de un mapa en base digital, se pueden visualizar las coordenadas en la parte superior. El personal sobre el terreno puede agregar cualquier información sobre atributos que sea necesaria y almacenar esos datos en una base de datos geográficos. Seguidamente, esta información puede incorporarse a la base de datos geográficos en la oficina de la sede. Dado que las computadoras portátiles y otros dispositivos portátiles de computación son cada vez menos costosos, los sistemas integrados de cartografía sobre el terreno se están transformando en una opción viable para la recopilación de datos sobre el terreno con fines censales.

Recuadro IV.1

Estudio del caso de una experiencia con el GPS: Fiji

El censo de 2007 en Fiji fue el primero en la región del Pacífico que utilizó tecnología de GPS para vincular los cuestionarios censales con ubicaciones georreferenciadas para todos los hogares del país. En Fiji, al igual que en muchos países en desarrollo, no existía ninguna base de datos con ubicaciones exactas y dado que no había calles con nombres y números, tampoco se disponía de listas de direcciones. El GPS aportó una clara ventaja debido a que incrementa la exactitud y la cobertura de las ubicaciones de hogares y se usa como instrumento de gestión y seguimiento (para verificación y validación de datos), perfeccionando así las actividades censales tanto para los ejecutivos censales como para los empadronadores. Las ubicaciones obtenidas mediante el GPS posibilitaron la agregación de los datos censales en múltiples unidades administrativas, como las correspondientes a aplicaciones de salud, educación y medio ambiente.

Para esas actividades se adquirieron aproximadamente 200 receptores de GPS Garmin eTrex y 20 computadoras portátiles; se impartió capacitación en el GPS y ESRI Arcview a 10 funcionarios; se les encomendó que realizaran verificaciones de validez y descargaran puntos direccionales; y se impartió capacitación a 200 operadores de GPS durante tres semanas. Se entregó a cada uno de los operadores de GPS y los supervisores una hoja de “trampas”, un resumen paso a paso de cómo establecer las unidades de GPS, registrar un punto direccional ubicado entre dos puntos conocidos, descargar dicho punto direccional de un GPS para incorporarlo a una computadora, visualizar tales puntos direccionales sobre la imagen y exportar e imprimir archivos de imágenes JPEG.

Se realizaron operaciones sobre el terreno en que los operadores de GPS siguieron a los empadronadores y recopilaban puntos direccionales. Esos operadores recibieron frecuentes visitas de los supervisores para verificar y descargar esos datos. Allí donde se dispuso de imágenes, los puntos direccionales se superpusieron en Google Earth a fin de validar las ubicaciones. Se elaboró un sistema de “numeración triple de puntos direccionales” a fin de posibilitar el enlace de las ubicaciones de las viviendas y los cuestionarios. El empadronador colocó primeramente una etiqueta con un código único de seis dígitos en cada vivienda donde realizaba una entrevista y también una etiqueta igual en el portón de las casas que tenían una cerca. En el formulario para esa vivienda se colocó

una pequeña etiqueta con el mismo número; y una etiqueta de reserva se ubicó en el portal de las viviendas en que la puerta de entrada y el portal de la cerca distaban mucho entre sí. Así se facilitó la recopilación de puntos direccionales. Seguidamente, el operador de GPS visitó el lugar e incorporó en su computadora el mismo número como identificación del punto direccional, para poder más tarde vincularlo con el cuestionario.

Una vez que se llevó a término el trabajo sobre el terreno, se crearon dos bases de datos para los puntos direccionales, una con las coordenadas de latitud y longitud y otra con los cuestionarios. Ambas bases de datos podían vincularse utilizando el número único que identificó cada punto direccional y cada cuestionario. En esta etapa, se realizaron verificaciones para determinar en cuáles cuestionarios faltaban puntos direccionales o se habían indicado incorrectamente. Seguidamente, un equipo fue al terreno para rectificar o ratificar esos datos.

Se tropezó con pocas dificultades, gracias a las cuales se recogieron lecciones para su posible utilización en futuros censos:

- En las etapas iniciales de la recopilación de puntos del GPS, los operadores estaban registrando puntos direccionales antes de cerciorarse de que tuvieran niveles aceptables de precisión. Para resolver este problema, se prolongó el intervalo de espera.
- La pérdida de etiquetas debida a dos festivales religiosos (a raíz de los cuales se pintaron muchas viviendas) significó que los operadores tuvieron que regresar a la oficina para recoger los nombres y las direcciones de los residentes antes de retornar al terreno para recopilar los puntos direccionales.
- A veces, los códigos de identificación de seis dígitos se ingresaron incorrectamente como puntos direccionales en el GPS y en la base de datos para los cuestionarios. Una manera de remediar esto sobre el terreno será la futura utilización de dispositivos para leer códigos de barra, adjuntos a los receptores de GPS.
- Otra fuente de error fue el hecho de que el relevamiento de puntos direccionales del GPS estuvo muy retrasado con respecto al empadronamiento, a veces varios meses. Esos errores podrán eliminarse si el equipo que se encarga del empadronamiento es el mismo que se encarga de los puntos direccionales.

Uno de los beneficios previstos de este tipo de información de GPS para Fiji es la posibilidad de prepararse para desastres naturales y conducir la respuesta cuando éstos ocurren. Al superponer la información básica relativa a las viviendas y un modelo digital del terreno se percibe muy claramente cuáles son las poblaciones afectadas por cualquier desastre.

Fuente: Presentación de Fiji en el taller ofrecido en Numea, 2008

4.42. Los adelantos en la tecnología, incluidos los GPS, la comunicación inalámbrica y la miniaturización de computadoras, han posibilitado numerosas nuevas aplicaciones para dispositivos de bolsillo que tienen capacidad para el SIG, particularmente programas informáticos especializados para las labores censales sobre el terreno. Hay numerosos dispositivos que se sostienen en la mano o pueden guardarse en el bolsillo, los cuales apoyan muchas aplicaciones de visualización, indagación y análisis simple, con programas y datos almacenados en la memoria, debido a que los dispositivos de bolsillo no tienen disco duro. Entre otras características de esos dispositivos cabe mencionar la comunicación por Bluetooth y/o la conectividad de WiFi inalámbrica, y la sincronización con una computadora personal para cargar rápidamente datos y actualizaciones y también proporcionar respaldo que prevenga la pérdida de datos. Se han desarrollado programas informáticos del SIG para su utilización en “teléfonos inteligentes”. Los dispositivos digitales personales (PDA) pueden utilizarse para la recopilación de datos móviles en ambientes donde las condiciones son extremas. Los programas informáticos para computadoras de bolsillo incluyen versiones “delgadas” o “simplificadas” de aplicaciones de utilización común

en oficinas. Pueden citarse como ejemplos de programas informáticos del SIG para computadoras de bolsillo: Autodesk OnSite, ESRI ArcPad e Intergraph Intelliwhere.

4.43. Las oficinas nacionales de estadística que prevén la utilización de computadoras de bolsillo ya sea para la cartografía previa al censo o bien para el propio empadronamiento, deben considerar el costo. Las computadoras de bolsillo equipadas con GPS pueden llegar a costar 750 dólares o más, cuando se trata de computadoras que soportan trato rudo. Para quienes conducen operaciones geográficas, la pregunta clave es: ¿cuál es el valor que se agrega al utilizar una unidad que cuesta 750 dólares, o más aún, en comparación con un receptor de GPS que cuesta 100 dólares? Algunos factores son la legibilidad de mapas en pantalla, las necesidades de energía, especialmente en aquellas zonas donde el suministro de electricidad es irregular, y otras condiciones medioambientales negativas para las computadoras, incluso las que resisten un trato rudo.

C. Teleobservación por satélite

1. Utilización de imágenes para verificar sobre el terreno mapas de zonas de empadronamiento producidos en la oficina central del censo

4.44. Después de la publicación del *Manual* para el año 2000, los datos obtenidos por teleobservación han aumentado en volumen, popularidad y facilidad de utilización. Particularmente después del advenimiento de imágenes satelitales con alta resolución espacial (1 metro o incluso menos), la teleobservación ha revolucionado la cartografía. Ha llegado el momento de aprovechar este valioso recurso para las labores censales. Una dificultad con que pueden tropezar las oficinas nacionales de estadística es la gran magnitud de los territorios a incluir en mapas. Las imágenes satelitales, si se usan pragmáticamente, pueden economizar innumerables horas/hombre posibilitando que la oficina nacional de estadística centre su atención en zonas de importancia crítica. Los datos de teleobservación pueden utilizarse como medio de control independiente en el proceso de verificación sobre el terreno. El presente *Manual* propicia un enfoque que seleccione sectores más pequeños de una zona del país, en función del grado de atención que necesitan. Este es el “enfoque de detección de cambios”, especialmente útil para establecer los perímetros de zonas pobladas.

4.45. Según el plan presentado en el capítulo III, en esta etapa la oficina nacional de estadística ya ha digitalizado los mapas de zonas de empadronamiento correspondientes a censos anteriores y ha superpuesto otros datos geográficos, además de ingresar todos ellos en una base de datos geográficos, pero aún no ha corregido los resultados sobre el terreno. Con la superposición de zonas de empadronamiento provisionales e imágenes obtenidas por teleobservación (véase el gráfico IV.2), es posible ubicar rápidamente los asentamientos de población y determinar cuáles son las zonas prioritarias. Por otra parte, la planificación para esas actividades debe ser detallada y realista.

2. Principios de teleobservación por satélite

4.46. En la ciencia de la información geográfica, las imágenes satelitales constituyen una entre numerosas variantes de datos geográficos que pueden utilizarse para analizar y presentar resultados. El formato de las imágenes se dispone como un campo continuo, o cuadrícula, con hileras de datos correspondientes a píxeles que

Gráfico IV.2

Demarcación de límites de zonas de empadronamiento sobre una imagen satelital pancromática



representan valores. Se considera que la teleobservación es primordialmente una captación de datos; en verdad, es la forma más popular de captación de datos primarios en cuadrícula. Desde el advenimiento de los satélites en órbita, se ha plasmado un gran potencial para efectuar lecturas de la superficie terrestre, con numerosas aplicaciones actuales y previstas de utilidad para la labor censal. Uno de los aspectos más sólidos de la teleobservación en lo que respecta a la labor censal es que, cuando se realiza correctamente, puede abarcar zonas peligrosas o inaccesibles y, por consiguiente, ahorrar innumerables horas de trabajo sobre el terreno.

4.47. Las imágenes satelitales se recogen mediante sistemas con base espacial, la mayoría de los cuales utilizan sensores ópticos pasivos para medir la radiación reflejada de los objetos sobre la superficie de la Tierra en el espectro electromagnético visible e invisible (véanse los gráficos IV.3 y IV.4). La recopilación de datos obtenidos por satélite, en su mayor parte, se considera pasiva, puesto que recibe energía emitida desde la Tierra, en contraste con sensores activos, como el radar, el cual puede tam-

Gráfico IV.3

El procedimiento de teleobservación

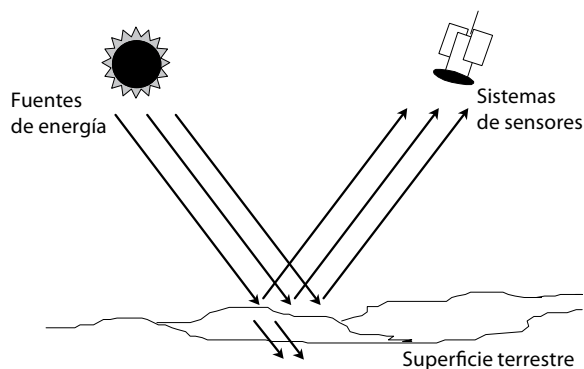
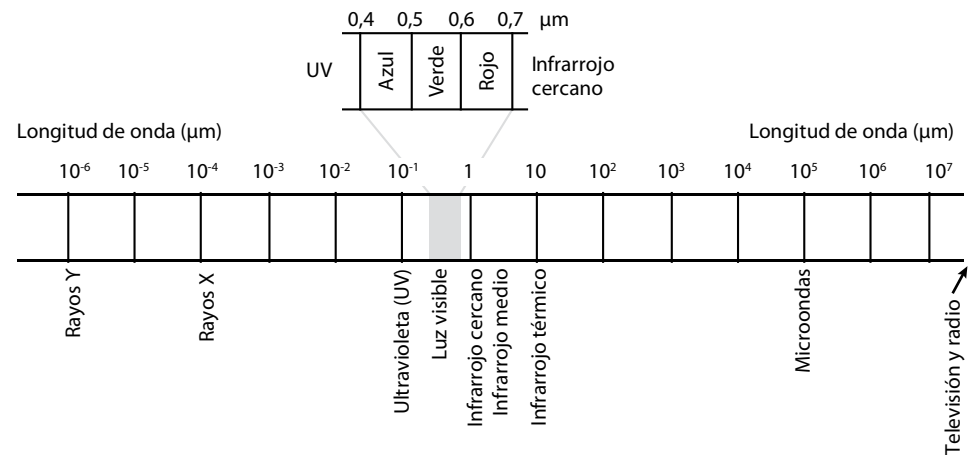


Gráfico IV.4

El espectro electromagnético

bién penetrar la capa de nubes. Los sistemas por satélite no utilizan película fotográfica para registrar la energía reflejada; en cambio, una serie de detectores electroópticos —similares a un dispositivo de cámara adosada a la carga— mide la intensidad de la radiación electromagnética y la registra digitalmente, como una cuadrícula regular o una imagen de hileras y columnas.

4.48. Los sensores satelitales operan en modo multispectral y pancromático. Multispectral significa que el satélite reúne varias imágenes (o bandas), cada una de las cuales mide la energía reflejada en una parte o banda diferente del espectro electromagnético, generalmente en el intervalo visible del espectro y en el infrarrojo cercano. La capacidad de separar una imagen en diferentes bandas y de combinar las bandas específicas para el análisis de la imagen facilita la clasificación de las características según sus propiedades de reflectancia. Por ejemplo, los campos sembrados con arroz pueden mostrar una señal fuerte en una banda determinada, mientras que las zonas con construcciones aparecerán con más claridad en otra. Los sensores satelitales pancromáticos captan la energía reflejada en un sector amplio del espectro. Las imágenes resultantes son similares a las fotografías en blanco y negro. Por lo general, también tienen más alto grado de resolución que las imágenes multispectrales y, en consecuencia, se las prefiere como base de aplicaciones cartográficas.

4.49. Los datos digitales que producen los sistemas de sensores consisten en una serie de números que indica el nivel de energía reflejada en el lugar correspondiente de la superficie terrestre. El satélite envía estos datos a un receptor que pertenece a un sistema de estaciones terrestres, donde se los corrige en términos radiométricos y geométricos y se los georreferencia. Las imágenes resultantes, digitales o impresas, se pueden interpretar visualmente, igual que las fotografías aéreas, o pueden ser analizadas empleando técnicas geoespaciales, o combinadas con otras capas en un proyecto de SIG. Las imágenes satelitales digitales se pueden mostrar en un SIG, donde un operador capacitado puede delinear las características sobre la imagen. Para muchas aplicaciones, como los reconocimientos del uso de la tierra o la ordenación de los recursos naturales, las imágenes multispectrales se clasifican usando técnicas estadísticas, que pronostican las clases de cobertura terrestre basándose en una relación calibrada entre los sitios de control de una categoría conocida y su correspondiente signatura espectral.

3. Nivel de resolución de datos obtenidos mediante teleobservación

4.50. El grado de resolución espacial de las imágenes satelitales se mide por el tamaño de un píxel en el suelo. Hay también otras mediciones de la resolución, entre ellas temporal, radiométrica y espectral. En el caso de los satélites comerciales, el tamaño de un píxel difiere de las medidas menores de 1 metro propias de los sistemas de alta resolución más populares, entre ellos Quickbird e Ikonos. Los sistemas Indian Remote Sensing, sensor pancromático SPOT e imágenes multispectrales de Landsat también son considerados sistemas de alta resolución que posibilitan la confección de mapas a escalas cartográficas de entre 1:25.000 y 1:50.000 o más pequeñas. En marzo de 2008, la compañía de teleobservación GeoEye preveía el lanzamiento de un sensor con píxeles de 0,41 metro.

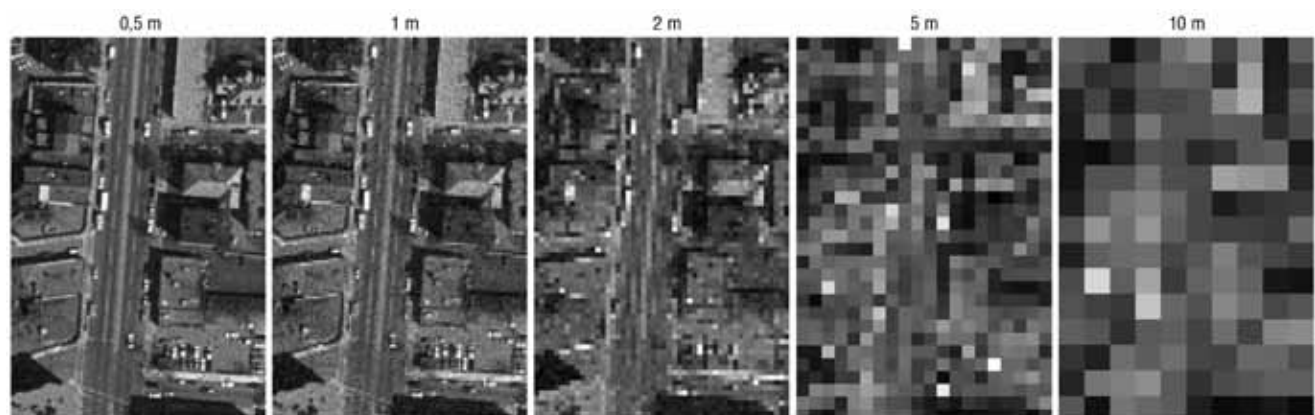
4.51. En el gráfico IV.5 se compara el tamaño de los píxeles simulados por agregación a partir de una foto aérea digital con resolución de 0,5 metro. La imagen cubre una superficie terrestre de 100 metros por 150 metros. Con una resolución de 2 metros pueden distinguirse las viviendas individuales y hasta los automóviles, pero esto no es posible con tamaños de píxel mayores. Puede extraerse más información de los datos de teleobservación utilizando métodos avanzados de procesamiento de imágenes, inclusive la detección de bordes y los algoritmos especiales de filtrado. Esas técnicas se han utilizado con éxito para confeccionar mapas y detectar cambios, como zonas recientemente construidas de algunas ciudades en acelerado crecimiento del mundo en desarrollo.

4.52. Entre los diversos tipos de imágenes disponibles, desde las que poseen baja resolución espacial y alta resolución temporal como METEOSAT y las imágenes obtenidas mediante un radar, hasta un moderado grado de resolución, imágenes AVHRR, las imágenes satelitales sirven para muchos propósitos. Sólo en una gama relativamente estrecha son los productos de teleobservación realmente útiles para censos, es decir, los que tienen datos con alta resolución espacial, como Quickbird (0,82 m), Ikonos (1m), IRS (5,8 m panorámico), Orbimage 3 y Orbimage 4 (1 m), y SPOT 5 (2,5 m). Ikonos fue lanzado en 1999 y Quickbird fue lanzado en 2001.

4.53. Para la mayoría de las aplicaciones censales, se necesita una resolución espacial de 5 metros o mejor para poder distinguir unidades de vivienda y la dispersión de asentamientos de población, de manera que las imágenes multispectrales son menos absolutamente necesarias. El aspecto negativo de estas fuentes de datos es la

Gráfico IV.5

Tamaño de los píxeles en fotografías aéreas e imágenes satelitales



relativamente pequeña “huella” o porción que abarcan las imágenes de alta resolución, es decir, es necesario obtener numerosas escenas para cubrir una pequeña fracción del territorio de un país, y en consecuencia, lograr una cobertura completa es oneroso.

4.54. Con una resolución espacial de 30 metros o de 15 metros proporcionada por el Enhanced Thematic Mapper (ETM) (Cartógrafo temático mejorado), Landsat puede individualizar características lineales, como caminos y ríos, y otras capas auxiliares, como lagos y masas de agua. Landsat tiene una importante ventaja adicional: es gratuito. En algunos casos, Landsat y ASTER pueden ser útiles para documentar cambios en la cubierta terrestre y efectos de las acciones humanas; esas fuentes de datos son menos útiles para las labores censales. Al decidir qué productos de teleobservación utilizar para el empadronamiento, una oficina nacional de estadística debería sopesar cuidadosamente los objetivos y los costos. Una opción a considerar, especialmente en caso de países con grandes superficies, es utilizar un mosaico que contenga imágenes de 1 metro o de 5 metros para zonas densamente pobladas, como las ciudades, y utilizar cobertura mediante Landsat para las zonas rurales circundantes. En estos casos las zonas rurales seguirán necesitando un trabajo de cartografía sobre el terreno a fin de planificar mejor la logística del empadronamiento.

4.55. Casi todos los operadores comerciales prevén ofrecer varias opciones para adquirir imágenes satelitales. En general, el precio dependerá de que sean imágenes “archivadas”, o recogidas por primera vez. La opción más costosa serán los pedidos especiales y urgentes de imágenes de una zona en particular. Como tienen resolución más alta, estos satélites cubren una zona más pequeña, de modo tal que solamente abarcan ciertas regiones seleccionadas en su trayectoria de vuelo. Una opción menos costosa será la obtención de imágenes con menos urgencia. Por último, los operadores construirán, con el tiempo, archivos de imágenes, y se podrá comprar parte de estos archivos a un costo mucho menor. El precio también dependerá del grado de procesamiento de los datos en bruto, que puede incluir corrección radiométrica o geométrica y georreferenciamiento con o sin puntos de control en la superficie terrestre. Por ejemplo, las imágenes de archivo disponibles en Digital Globe cuestan 16 dólares por kilómetro cuadrado, con una orden mínima de 25 kilómetros cuadrados (en marzo de 2008). Las imágenes provistas por Ikonos tienden a ser menos costosas, aproximadamente ocho dólares por kilómetro cuadrado. Los precios dependerán de la extensión de la zona que se cubre en la compra de imágenes; las zonas más extensas tienen un menor precio unitario por kilómetro cuadrado. Los datos de imágenes en bruto serán considerablemente menos costosos que un mapa en ortofoto digital producido mediante imágenes satelitales. Por otra parte, normalmente las imágenes se adquieren una vez que han sido totalmente procesadas. En el cuadro IV.1 se ofrece una lista de productos de muy alta resolución espacial obtenidos por teleobservación de satélites civiles. La Oficina de Asuntos Espaciales, en la Secretaría de las Naciones Unidas, mantiene una lista más completa (véase www.oosa.unvienna.org). Entre otros sensores pueden mencionarse ALOS, sistema japonés utilizado en las Américas, Alaska Satellite Facility (ASF) y CBS26, y también IMPE, el sistema de China y el Brasil que se puede utilizar gratuitamente en África.

4.56. Es posible efectuar pedidos de imágenes en línea o por medio de un revendedor local o regional. Otra opción, tal vez menos cara, es utilizar la infraestructura de datos espaciales del país para obtener acceso a un archivo común de imágenes. Los representantes de la oficina nacional de estadística pueden ponerse en contacto con otros organismos gubernamentales, particularmente el organismo de cartografía, para indagar acerca de archivos de teleobservación existentes que podrían utilizarse en las tareas censales, y suscribir un acuerdo de utilización en función de las necesidades, en el cual se especifique exactamente de qué manera se han de utilizar las imágenes.

Cuadro IV.1

Productos de teleobservación con alto grado de resolución espacial producidos por satélites civiles

Producto	Compañía	Lanzamiento	Modalidad	Tamaño del píxel en el nadir	Altura (km)
Quickbird	Digital Globe	2001	Pan/4ms	0.61/2.44	450
Ikonos 2	GeoEye	1999	Pan/4ms	0.82/3.28	680
OrbView 3	OrbImage	2003	Pan/4ms	1.0/4.0	470
SPOT 5	SPOTImage	2002	Pan/4ms	5(2.5)/10	830
Cartosat-1	NASDA, Japón	2004	Pan	2.5	617
Cartosat-2	NASDA, Japón	2004/5	Pan	1	630

4. Fuentes en línea de datos de teleobservación por satélite

4.57. Los nuevos recursos de imágenes satelitales con base en la Internet pueden considerarse importantes para la oficina nacional de estadística, pues sirven como auxiliares visuales para la labor censal y eliminan el costo y la molestia de adquirir imágenes. Actualmente, puede tenerse acceso en línea a datos de teleobservación utilizando aplicaciones como Google Earth, ArcGIS Explorer, Microsoft Virtual Earth y otras fuentes de datos en línea. La ventaja de utilizar la recuperación de datos en línea, en comparación con la adquisición de imágenes, es que la oficina nacional de estadística puede poner a prueba la aplicabilidad de las imágenes sin necesidad de una inversión inicial. El aspecto negativo es que el grado de resolución y la calidad general de las imágenes tal vez no se adapten a las necesidades de cartografía detallada de zonas de empadronamiento.

4.58. Google Earth es un programa mundial virtual que elabora una cartografía de la Tierra mediante la catalogación y la presentación de imágenes satelitales. Google Earth ha tenido grandes repercusiones entre los profesionales de círculos geoespaciales y está impulsando el interés público en la tecnología satelital y la cartografía mediante satélites. La aplicación fue desarrollada por la empresa Keyhole, que después fue adquirida por Google en 2004. Las imágenes incluidas en Google Earth, en su mayoría, han sido producidas con el sistema Quickbird de Digital Globe, aun cuando ahora también se incluyen algunas imágenes aéreas y de edificios tridimensionales. Google Earth ofrece resolución espacial de 15 metros o mejor para la mayoría de las regiones del mundo, utilizando una proyección geográfica y el datum WGS84. Las imágenes de Google Earth están protegidas por derechos de autor (*copyright*). Los usuarios no pueden tener acceso a la fuente real de los datos, sólo pueden visualizarlos; pero pueden agregar sus propios datos.

4.59. Actualmente, Google Earth ofrece licencias en tres niveles: el visualizador (Google Earth viewer) gratuito, una versión Plus con una suscripción de 20 dólares por año y una versión Pro para aplicaciones comerciales, con una suscripción de 400 dólares anuales (los precios corresponden a marzo de 2008; es preciso verificar los precios más recientes). La versión Plus incluye la integración del GPS, lo cual posibilita que el usuario lea trayectorias y puntos direccionales desde un dispositivo de GPS. Además, Google Earth Plus proporciona apoyo directo a las líneas de productos de GPS Magellan y Garmin, posibilidad de un impreso con mayor grado de resolución, apoyo por correo electrónico y un dispositivo de importación de datos que puede leer puntos de direcciones desde una planilla electrónica (*spreadsheet*), utilizando valores separados por comas, pero tiene un límite de 100 puntos o direcciones.

4.60. Entre las funciones de la versión Pro se incluyen la posibilidad de agregar otros programas informáticos, por ejemplo, cinematográfico, y la posibilidad de que el

usuario represente datos de ubicación utilizando instrumentos de dibujo tridimensional. Además, los usuarios pueden transferir hasta 2.500 ubicaciones de puntos desde una planilla electrónica. Un módulo de importación de datos del SIG posibilita que el usuario agregue datos geográficos, incluidos datos demográficos, en formatos *shapefile* y *.tab*. Los instrumentos de medición disponibles en la versión Pro facultan al usuario para calcular superficies y distancias lineales y para exportar imágenes de hasta 11 pulgadas por 17 pulgadas o de 4.800 píxeles. Google Earth Pro no está en venta en línea, sino que debe adquirirse por conducto de un representante de ventas.

4.61. En cualquier versión de Google Earth, los datos geográficos en formato *.kml* (*Keyhole markup language*) pueden exportarse a Google Earth. Un *script* descargable gratuitamente puede convertir puntos y polígonos a un formato correcto, aun cuando tal vez sea más difícil importar polígonos. Su topología rudimentaria, es decir, carente de cuadros de atributos de polígonos o de ubicaciones de nodos, significa que no es posible importar datos complejos. La versión Pro puede importar *shapefiles* pero no exportarlas. Los mapas escaneados para usos censales, como mapas de zonas de empadronamiento, pueden suscitar problemas si se los importa a Google Earth, dado que hay una limitación bastante rigurosa en el tamaño del archivo (18.000 por 18.000 píxeles). Esta limitación puede superarse utilizando un *script Python* “*regionator*”, pero esto puede crear dificultades para el manejo del archivo.

4.62. Google Earth, particularmente en la versión Pro con sus capacidades de exportación de imágenes, puede desempeñar algunas tareas útiles para las oficinas nacionales de estadística, aun cuando sus funciones están severamente limitadas en comparación con las imágenes autónomas. Entre los aspectos fuertes de Google Earth cabe mencionar su bajo costo y su fácil uso para algunas tareas de bajo nivel. La resolución espacial de 15 metros de la mayoría de sus imágenes posibilita que los demarcadores de zonas de empadronamiento visualicen el paisaje con algún grado de detalle, pero no suficiente para el recuento de las unidades de vivienda. Entre los aspectos débiles de Google Earth figuran la falta del grado de resolución necesario para la demarcación de zonas de empadronamiento, la dificultad para transferir las imágenes a un programa de SIG, la necesidad de una conexión de alta velocidad con la Internet para descargar imágenes, y la cuestión de los metadatos y la autenticidad. Otras fuentes de datos satelitales en línea, como las que utilizan la aplicación ArcGIS Explorer del Environmental Systems Research Institute (ESRI), pueden soslayar algunos de los problemas de Google Earth pues posibilitan la importación directa de imágenes a proyectos de SIG, aunque también en este caso el grado de resolución espacial de las imágenes disponibles tal vez no sea suficiente para algunas aplicaciones censales.

4.63. Las imágenes satelitales con alto grado de resolución muestran un nivel de detalle geográfico similar al de los mapas de ortofotografía digital creados a partir de fotografías aéreas. Una gran complicación es que obtener imágenes satelitales libres de nubes es más difícil que obtener imágenes producidas por aeronaves que vuelan a baja altura y con calendario de vuelo flexible. Las imágenes fotográficas de alta resolución y libres de nubes posibilitan contar las unidades de vivienda, hacer estimaciones de la población y demarcar las zonas de empadronamiento. Con frecuencia, la fotografía aérea se realiza con una finalidad específica y puede ser más apta para levantamientos topográficos detallados y proyectos cartográficos. La nueva fotografía aérea digital está cada vez más difundida y puede ofrecer imágenes de calidad superior en comparación con imágenes satelitales de alto nivel de resolución (véanse más adelante los párrafos 4.73 a 4.89).

5. Aplicaciones de datos obtenidos por teleobservación para efectuar análisis de población

4.64. Las técnicas de teleobservación posibilitan que se detecten las zonas donde el crecimiento o el cambio son rápidos, y que las oficinas nacionales de estadística concentren sus recursos allí donde más se necesitan. El análisis de la población utilizando teleobservación es todavía incipiente, pero está generalizándose rápidamente. En un informe del Consejo Nacional de Investigaciones de los Estados Unidos (NRC, 2007) se afirma que los métodos indirectos para estimaciones de población son todavía insuficientemente sólidos para basar en ellos la respuesta de socorro humanitario. Los sensores con alto grado de resolución espacial, como Ikonos y Quickbird, carecen de la profundidad de los datos de archivo que posee Landsat, de modo que la cobertura de grandes superficies puede ser muy onerosa. Pero, como ya se indicó, Landsat suscita problemas para la estimación del tamaño de la población y también tiene problemas a largo plazo con su sensor, además de variabilidad en la financiación. Lo probable es que, en un futuro no muy lejano, los investigadores dispongan de aplicaciones para reemplazar los datos de Landsat con otros datos de alto nivel de resolución, como SPOT.

4.65. Entre las características de la población que es posible determinar usando imágenes satelitales figuran los recuentos de unidades de vivienda, las mediciones de superficies terrestres urbanizadas (tamaño de los asentamientos) y las estimaciones de la cubierta y el uso de los suelos, como sustitutos de la dispersión residencial y la densidad de población (Jensen y Cowen, 1999). En algunas zonas propensas a los desastres, las fotografías aéreas tienen con respecto a las imágenes satelitales la ventaja de que pueden captar escenas por debajo de la capa de nubes. El radar todavía no tiene un papel sustancial en los análisis de población, aun cuando tiene la ventaja de que puede penetrar en las nubes.

4.66. Es posible utilizar un enfoque de “detección de los cambios” para medir el cambio espacial de la población, en particular para determinar cuáles son las zonas de rápido crecimiento, utilizando dos o más imágenes del mismo lugar distantes entre sí cinco o más años. A fin de cuantificar la dispersión de la urbanización, los analistas categorizan cada imagen utilizando una técnica de clasificación rigurosa, de modo que cada píxel se considera urbano o no urbano dependiendo de su firma espectral. Así, los cambios en la cubierta de los suelos pueden calcularse superponiendo las imágenes y midiendo el crecimiento de las zonas pobladas.

4.67. El estudio de un caso (Yankson, 2004) citado por Antos utilizó datos provenientes de Landsat TM de 1985, 1991 y 2002 para calcular las tasas anuales de dispersión real de Accra durante esos lapsos. Yankson constató que entre 1984 y 1991 Accra creció a razón de unos 10 km² por año. Entre 1991 y 2001, el crecimiento anual fue de 25 km². Este estudio midió exclusivamente el crecimiento de la superficie. Para obtener los cambios internos apreciables que puedan relacionarse con el desarrollo es preciso adoptar un criterio de clasificación flexible que mida el crecimiento urbano como variable continua. En lugar de clasificar un píxel como urbano o no urbano, el analista puede utilizar datos adicionales a nivel de subpíxel para asignar a cada píxel un grado de urbanización representado por un porcentaje. Esto fundamenta un enfoque de continuidad en la utilización del SIG para operaciones de cartografía censal.

4.68. Los estudios sobre cuestiones de salud han utilizado imágenes obtenidas por teleobservación para focalizarse en disparidades dentro de las ciudades en cuanto a fenómenos como la prevalencia de enfermedades. Castro (2004) utilizó fotografía aérea y polígonos de vecindarios para detectar posibles lugares en que se criaban

vectores de paludismo. La detección de asentamientos y barrios de precaristas puede demarcarse sobre la base del reconocimiento de las pautas de particulares características de esos asentamientos, que pueden incluir alta densidad de tejados, bajo crecimiento de vegetación y calles y senderos sin pavimentar. En general, los vecindarios de precaristas tienden a presentar mínima textura, es decir, baja variabilidad en el nivel de brillo y altas concentraciones de superficies impenetrables (Weeks, 2007).

4.69. Por último, las aplicaciones más avanzadas de datos de teleobservación para cuestiones de población utilizan análisis basados en objetos y no basados en píxeles. Pellika (2006) ilustró la utilización de una aplicación automatizada para segmentar una imagen de alto nivel de resolución en zonas de tamaño, conformación y color similares y seguidamente etiquetó cada zona según el tipo particular de superficie, por ejemplo, “techado”. Esa técnica posibilita que todos los techados de un determinado tipo sean agrupados y etiquetados como parte de un asentamiento de precaristas. Al aplicar la técnica a varias zonas estudiadas, Pellika pudo lograr una exactitud del 97%. Algunos inconvenientes del análisis de imágenes basadas en objetos (OBIA) son que lleva mucho tiempo, pese a que el procedimiento está automatizado, y que es específico para un determinado lugar y depende de disponer de datos con alto nivel de resolución. Actualmente, el análisis requiere un costoso *software* y conocimientos especializados que con demasiada frecuencia están fuera del alcance de la mayor parte del personal de las oficinas nacionales de estadística.

4.70. Como en el caso de la fotografía aérea, las imágenes satelitales resultan bastante costosas, a pesar de que son más baratas que los reconocimientos por medio de fotografía aérea. Por ello, los datos satelitales de alta resolución se deberían obtener concertando acuerdos de participación en los costos con otros organismos o emplearlas selectivamente en las zonas que tienen cobertura cartográfica insuficiente.

6. Ventajas y desventajas de los datos obtenidos mediante teleobservación por satélites

4.71. Las ventajas son las siguientes:

- Es posible actualizar la cobertura de zonas muy grandes a un costo relativamente bajo, con imágenes de menor nivel de resolución;
- Las imágenes con alto nivel de resolución espacial pueden cubrir superficies con un grado de detalle suficiente para la demarcación de zonas de empadronamiento, siempre que haya estimaciones de la población en las zonas demarcadas;
- Las imágenes posibilitan la cartografía de zonas inaccesibles;
- Las imágenes sirven como medio de control independiente de las verificaciones sobre el terreno;
- Las imágenes tienen múltiples usos y una vez adquiridas pueden utilizarse para otras aplicaciones;
- Las fuentes de imágenes en línea ofrecen múltiples funciones a un costo bajo (o nulo);
- Es posible actualizar los mapas topográficos de zonas rurales; por ejemplo, pueden salir a la luz asentamientos o poblados nuevos que no aparecen en los mapas.

4.72. Las desventajas son:

- La resolución espacial de muchos sistemas, en especial los de bajo costo, no es suficiente para las aplicaciones censales;

- En lo concerniente a los sensores ópticos, la cubierta de nubes o de vegetación restringe la interpretación de las imágenes;
- No hay mucho contraste entre características —por ejemplo, los caminos de tierra y los materiales de construcción tradicionales en las zonas rurales—, lo que hace que sea muy difícil demarcarlas, en particular en algunos lugares del mundo en desarrollo;
- El procesamiento de imágenes requiere un alto nivel de especialización, que tal vez no posea el personal de la oficina nacional de estadística. Entre otras dificultades relativas a los recursos humanos de esa oficina, es posible que los organismos decidan utilizar a especialistas de otras entidades para realizar sus tareas cartográficas. Empleando tal enfoque de colaboración institucional es posible compartir los gastos y los expertos.

D. Fotografía aérea

1. Consideraciones generales sobre la fotografía aérea

4.73. Incluso frente al aumento del uso de imágenes satelitales de alto nivel de resolución, la fotografía aérea sigue siendo útil para aplicaciones cartográficas que requieren gran exactitud y rapidez en la ejecución de las tareas. Las fotografías aéreas son similares a los mapas porque ambos proporcionan vistas desde arriba de las características de la superficie terrestre, pero se diferencian en que sólo muestran las características que son verdaderamente visibles. Faltan los límites artificiales, la información temática y las anotaciones. Tampoco tienen la exactitud geométrica de un mapa si no se las procesa posteriormente. El ángulo de la cámara y las variaciones del terreno distorsionan la vista de una foto aérea. Por ello es preciso procesarlas para producir los denominados mapas ortofotográficos, que combinan la exactitud geométrica de un mapa topográfico con la amplitud de detalle de una fotografía (véase el recuadro IV.2 en la página siguiente).

4.74. Se usa la fotogrametría —la ciencia de obtener mediciones a partir de las imágenes fotográficas— para crear y actualizar los mapas topográficos básicos y para realizar reconocimientos agrícolas y del suelo, así como en muchos aspectos de la planificación urbana y regional. Los proyectos censales también han aprovechado con frecuencia los reconocimientos fotográficos aéreos para crear rápidamente mapas de zonas para las que no hay mapas actualizados o que son difíciles de reconocer usando los tradicionales métodos en el terreno. Un reconocimiento aéreo realizado poco antes del censo proporcionará la base más completa para la demarcación de las zonas de empadronamiento en un período razonablemente breve.

4.75. Las fotografías aéreas se comenzaron a usar en cartografía poco después de la invención de los aviones. Las primeras aplicaciones utilizaban cámaras comunes, pero muy pronto se montaron sistemas de cámaras especialmente diseñadas para minimizar las distorsiones, en aviones adaptados para que el sistema pudiera orientarse directamente hacia el suelo a través de una abertura en el piso de la aeronave. Los equipos para interpretar las fotos y convertir la información que contienen en mapas avanzaron mucho en poco tiempo. Por ejemplo, la interpretación de pares de imágenes en estéreo se transformó en el método predominante de producción de mapas de curvas de nivel.

4.76. Las fotografías aéreas se obtienen usando cámaras especializadas a bordo de aeronaves que vuelan a baja altura. La cámara capta la imagen en una película fotográfica que sigue teniendo una resolución muy superior (es decir, la capacidad de dis-

Recuadro IV.2

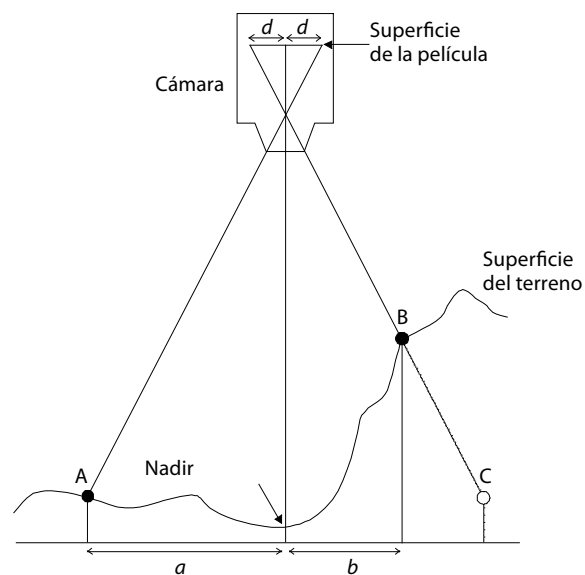
Preparación de mapas ortofotográficos digitales

Para producir ortofotos digitales similares a los mapas, hay que eliminar las distorsiones de la imagen producidas por el ángulo de la cámara y las variaciones del terreno. La distorsión producida por estas últimas se ilustra en el gráfico IV.6 (según Jones, 1997). La fotografía es esencialmente una proyección de la superficie terrestre en perspectiva. El punto B está a una altura mayor que el punto A. En la realidad, B se encuentra a una distancia b del nadir, que es el punto por debajo, en sentido vertical, del centro de perspectiva del lente de la cámara. Pero la proyección en perspectiva de la cámara da una impresión errónea. B parece estar ubicado en el punto C y, por lo tanto, se proyecta a la misma distancia d , medida desde el centro de la superficie de la película, que el punto A.

Para corregir las distorsiones de una fotografía aérea, hay que conocer la altura de cada punto del terreno, que se puede determinar a partir de pares de fotos aéreas estereoscópicas, es decir, fotos que cubren aproximadamente la misma zona pero que están separadas por una distancia corta. Los estereotrazadores analíticos posibilitan que el operador registre correcta y simultáneamente el par de imágenes y obtenga las ubicaciones de las características en tres dimensiones. Los sistemas más modernos de cartografía registran las imágenes y eliminan las distorsiones en forma casi totalmente automática. Se pueden tomar en cuenta todos los parámetros pertinentes, como la inclinación de la cámara durante el vuelo y las distorsiones del lente. Así, el operador puede obtener datos digitales georreferenciados correctamente a partir de las fotos aéreas. Los productos incluyen datos de SIG en vectores generados directamente a partir de las fotos, mapas que muestran el terreno, o modelos digitales de la altura (DEM): una imagen en cuadrícula que corresponde a la foto aérea, donde el valor de cada píxel indica la altura de ese punto en el terreno. Si bien estos modelos no son muy útiles para la cartografía censal, los datos resultan bastante convenientes en aplicaciones relativas al medio ambiente y los recursos naturales, especialmente en hidrología.

Después de este procedimiento de registro en un sistema adecuado de referencia geográfica y de eliminación de las distorsiones, las fotos aéreas se habrán transformado en mapas ortofotográficos digitales. Normalmente se producen en escalas de 1:2.000 a 1:20.000, según la altitud de la aeronave y el procesamiento. Se pueden combinar digitalmente ortofotografías de zonas contiguas para crear bases de datos en imágenes continuas de toda una ciudad, región o país. Los cartógrafos pueden obtener o delinear las características en estos mapas ortofotográficos mediante la digitalización en pantalla, o usarlas como referencia para dar contexto a las capas de datos de SIG ya existentes.

Gráfico IV.6

Distorsión debida a las variaciones del terreno

tinguir detalles pequeños) en comparación con los sistemas de sensores digitales. Sin duda, esto puede cambiar en el futuro cercano, teniendo en cuenta el rápido desarrollo de las imágenes digitales. Según la bibliografía producida por la compañía de reconocimientos topográficos aéreos MJ Harden, los nuevos sensores de tecnología avanzada pueden captar imágenes de 12 bit con un nivel de resolución a nivel del terreno de 1½ pulgada por píxel de imagen, con 4.096 gradaciones de gris, en comparación con las 256 que se obtienen con películas fotográficas. La compañía sudafricana Tob Wooding and Associates efectuó comparaciones entre las imágenes aéreas digitales, y las imágenes satelitales con resolución de 1 metro, y llegó a la conclusión de que las imágenes aéreas son a la vez menos costosas y de mayor precisión. Esto dependerá de la ubicación de la zona sobrevolada, de modo que esa comparación debe evaluarse en cada caso por separado.

4.77. Tradicionalmente, los productos finales de un proyecto de fotografía aérea son las fotos impresas de una zona del terreno. El reconocimiento fotográfico aéreo está diseñado de manera tal que las fotografías resultantes se superponen entre sí en un 30% y un 60%. Se pueden combinar estas fotos para producir un mosaico ininterrumpido de toda la región que, cuando se imprime, se puede usar en la misma forma que un mapa: es posible anotarlo y darle una referencia para el trabajo en el terreno y digitalizar características para crear o complementar las bases de datos geográficos.

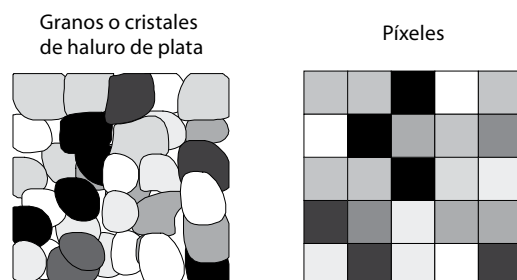
4.78. A consecuencia de recientes adelantos en el procesamiento de imágenes digitales se ha cambiado el formato en que las imágenes aéreas se transforman en productos útiles. En sistemas analógicos, por lo general la fotografía es un producto intermedio. El criterio más común es convertir el negativo fotográfico en una lámina transparente de película que se escanea utilizando un escáner con muy alto grado de resolución. El resultado es una imagen digital que puede visualizarse y procesarse más en una computadora. En el gráfico IV.7 se muestra la diferencia microscópica entre la fotografía y la imagen digital. Por ejemplo, una película fotográfica en blanco y negro consiste en una capa de gelatina en que están incorporados cristales muy pequeños de haluro de plata sensibles a la luz. Dichos cristales o granos tienen forma y tamaño irregulares. La imagen escaneada, en cambio, es un ordenamiento regular de píxeles (elementos de la imagen).

2. Aplicación de las fotografías aéreas a la cartografía censal

4.79. Los mapas ortofotográficos sirven para los recuentos de unidades de vivienda y la estimación de la población, que a veces se denominan reconocimientos por tejados. En un ámbito rural, donde los asentamientos pueden distinguirse

Gráfico IV.7

Películas fotográficas e imágenes escaneadas



claramente en la fotografía aérea y las viviendas están más o menos dispersas, es posible determinar la cantidad de unidades de vivienda con bastante facilidad. Una estimación confiable de la cantidad media de habitantes por hogar lleva a obtener una estimación de la población suficientemente exacta para fines censales. En ámbitos urbanos, las viviendas suelen estar muy cerca unas de otras, y también puede ser difícil determinar la cantidad de familias que viven en edificios de muchos pisos. Aun así, con algo de capacitación y conocimiento de la zona, será posible lograr un grado de exactitud suficiente en las estimaciones de la población. El personal de la oficina de censos puede marcar los límites de cada zona de empadronamiento, de modo que incluya una determinada cantidad de unidades de vivienda. Como las ortofotos están referenciadas correctamente, las zonas de empadronamiento resultantes también se registrarán en una proyección cartográfica adecuada con parámetros conocidos. Esto significa que no será necesario realizar un georreferenciamiento para compatibilizar los límites digitales con otros datos de SIG, posiblemente una tarea tediosa.

4.80. La interpretación de las fotografías aéreas es, la mayoría de las veces, de naturaleza visual, y el personal no necesita capacitación especial en técnicas avanzadas de procesamiento de imágenes. Los límites de las zonas de empadronamiento se pueden marcar sobre la foto aérea. También es factible obtener a partir de ella otras características geográficas que proporcionen la referencia geográfica para los empadronadores. Estas características se pueden marcar interactivamente en la computadora con un ratón o cualquier dispositivo similar. También es posible imprimir las fotos y trazar las características en películas plásticas (de acetato o *mylar*) transparentes, que luego se pueden escanear y vectorizar. Este procedimiento requiere una etapa adicional y más materiales, pero muchas veces mejora la exactitud del producto resultante (véanse también las secciones sobre digitalización y escaneado).

4.81. Cabe destacar que un archivo de demarcación de zonas de empadronamiento basado en datos obtenidos por teleobservación de satélites o en fotos aéreas carece de sentido si no va acompañado de adecuados datos sobre elementos de referencia —por ejemplo, hitos, puntos notables o nombres de calles—, debido a que los empadronadores tal vez no puedan ubicar por sí mismos esos elementos.

3. Cuestiones institucionales y de ejecución al utilizar la fotografía aérea

4.82. La elaboración de ortofotografías digitales requiere considerable conocimiento de los métodos fotogramétricos, algo no habitual en las oficinas de censos; éstas tendrán que celebrar acuerdos de cooperación con otro organismo nacional, probablemente el departamento de cartografía o una unidad de reconocimiento de la fuerza aérea. También se puede encargar el trabajo a alguna empresa comercial de cartografía aérea. Hay varias de éstas que operan en el ámbito internacional y que proporcionan la aeronave, la cámara y el equipo de procesamiento.

4.83. Pero el costo de estos servicios no es bajo. Afortunadamente, las fotos aéreas son útiles para muchas aplicaciones diferentes, incluida la planificación de la prestación de los servicios, la actualización de los mapas de las ciudades y los proyectos catastrales. La oficina de censos puede reducir los gastos considerablemente si comparte los costos con otros departamentos gubernamentales que tengan interés en estos servicios, y posiblemente también con el sector privado. En el caso de que no sea posible lograr una cobertura nacional completa con las fotos aéreas porque los recursos son limitados, es posible producirlas para determinadas zonas. Un ejemplo

de esto es la utilización de fotos aéreas por parte de la Oficina de Estadística de Hong Kong, (China), para estimar la cantidad de personas que viven en embarcaciones (véase Instituto Interdisciplinario Neerlandés de Demografía (NIDI)), que pone de manifiesto la forma en que se pueden usar estas técnicas para el recuento de una población difícil de empadronar. Otros ejemplos son las poblaciones nómadas o de refugiados, las zonas urbanas que crecen rápidamente o las regiones que son inaccesibles en ciertas estaciones del año.

4.84. Como ya se ha mencionado, la preparación de mapas ortofotográficos requiere bastantes conocimientos y equipo especializado. En cambio, para el uso de estos mapas no se necesita capacitación especial. Una base de datos de una ciudad, por ejemplo, puede constar simplemente de un mosaico de varias imágenes en un medio de almacenamiento portátil, como un DVD, que se puede visualizar completamente con un programa de cartografía o de SIG estándares. Los mapas ortofotográficos digitales se pueden obtener en formatos gráficos estándares (como el formato de archivos de imágenes marcadas, Tagged Image File Format (TIFF)). Por ende, el usuario no necesita tener programas informáticos especializados de procesamiento de imágenes. De hecho, se puede usar cualquier programa de gráficos para obtener las características de las imágenes, aunque se perderá la información sobre el georreferenciamiento. Esta información consta de las dimensiones y las coordenadas en el mundo real de la imagen digital y generalmente se encuentra en un pequeño archivo de encabezamiento. Con esta información, la mayoría de los programas de cartografía pueden registrar las imágenes con cualquier otro conjunto de datos de SIG que esté almacenado en el mismo sistema de referencia geográfica.

4.85. Los mapas ortofotográficos también sirven como contexto para visualizar las ubicaciones puntuales reunidas usando un GPS o características digitalizadas, como centros de salud y redes de transportes. En el pasado, además de los mapas de las zonas de empadronamiento se podía entregar a los empadronadores ortofotos digitales impresas que mostraran los límites de dichas zonas para ayudarlos a orientarse en la zona asignada. Por otra parte, en la actualidad lo más probable es que las imágenes obtenidas por teleobservación se incorporen en un proyecto de SIG, en lugar de incluirse en un mapa separado.

4.86. Un problema que dificulta la aplicación de esta tecnología en las oficinas de censos es el gran volumen de datos que conlleva trabajar con mapas ortofotográficos digitales de alta resolución para zonas grandes. Por ello, puede ser mejor para una oficina de censos obtener fotografías aéreas digitales de menor grado de resolución, que muestren suficiente detalle para las aplicaciones censales y sean más fáciles de procesar y almacenar. Las ortofotografías digitales suelen tener muy alto grado de resolución, con tamaños de píxeles en el terreno en la gama de los centímetros (generalmente de 5 cm a 30 cm). Las imágenes digitales ortofotográficas con tamaños de píxeles de entre 0,5 metro y 2 metros son suficientes para demarcar los límites de las zonas de empadronamiento en zonas urbanas.

4.87. En el futuro, la fotografía aérea será un procedimiento completamente digital, y así se eliminará la necesidad de producir fotografías impresas como etapa intermedia. Ya están funcionando sistemas que usan controles de GPS y cámaras digitales en aeronaves. Estas últimas utilizan dispositivos de acoplamiento por carga (CCD) que pueden crear imágenes de 9.216 píxeles por 9.216 píxeles, con una exactitud en la posición de 1 centímetro a 4 centímetros. Como se eliminarán las etapas intermedias de la producción de las fotos impresas y el ulterior escaneado, esta tecnología es considerablemente más barata y más rápida que la tecnología fotográfica tradicional. La resolución de las cámaras digitales y la velocidad de procesamiento de las compu-

tadoras seguirán aumentando gradualmente. Es probable, por lo tanto, que la cartografía aérea exacta, en tiempo real y completamente digital, reemplace en el futuro a la fotografía aérea convencional.

4. Ventajas y desventajas de las fotografías aéreas

4.88. Las ventajas de las fotos aéreas son, entre otras, las siguientes:

- Proporcionan muchos detalles y se pueden interpretar visualmente; muestran información sobre muchos tipos de características a la vez: caminos, ríos, edificios;
- La reunión de datos es más rápida y, por consiguiente, los datos de los mapas se pueden producir en menos tiempo que con los reconocimientos cartográficos del terreno. En comparación con mapas que no se actualizan con frecuencia, las fotos aéreas recientes son una base más confiable para la cartografía censal;
- Las fotos aéreas se pueden usar para producir mapas de zonas de difícil acceso o de zonas en las que el trabajo en el terreno es complicado o peligroso;
- La cartografía topográfica basada en fotografías aéreas puede ser menos costosa que la que emplea técnicas de reconocimiento tradicionales. Pero como los requisitos de exactitud de los mapas censales son menores que los de los mapas topográficos, los altos costos no necesariamente se justifican si los productos sólo se usarán para la cartografía censal;
- Las fotografías aéreas impresas son útiles durante el trabajo en el terreno porque dan una “visión general”. El personal puede enmarcar el terreno visible desde su punto de visión en el contexto más amplio de la zona circundante. Las fotos aéreas digitales son útiles como marco de referencia para mostrar los conjuntos de datos de SIG.

4.89. Las desventajas son las siguientes:

- El procesamiento de las fotos aéreas requiere un equipo costoso y conocimientos especializados. Las oficinas de censos deben, por tanto, colaborar con otros organismos para obtener acceso a ortofotos, o contar con apoyo externo;
- Las fotos aéreas pueden tener registrado su derecho de autor (*copyright*), razón por la cual pueden estar limitados los derechos de distribución;
- Las fotos aéreas deben ser complementadas con información sobre los nombres de las características, que pueden obtenerse de mapas que posiblemente estén desactualizados. Utilizar fotografía aérea no necesariamente significa que pueda prescindirse del trabajo en el terreno; probablemente no será adecuada para zonas remotas, aun cuando podría respaldar tareas en zonas difíciles de empadronar;
- La interpretación de las fotos aéreas puede ser complicada cuando las características están ocultas bajo vegetación densa o nubes, o cuando hay poco contraste y no se puede distinguir claramente entre características adyacentes (por ejemplo, entre casas construidas con materiales naturales y el suelo alrededor de ellas);
- Las fotos aéreas digitales constan de gran cantidad de datos digitales y, por esa razón, sólo se pueden mostrar y procesar en computadoras bastante potentes.

E. Resumen y conclusiones

4.90. En el capítulo IV se ha pasado revista al proceso de utilizar instrumentos, como los sistemas mundiales de determinación de posición y la teleobservación, en las tareas censales de campo, integrándolos con la labor efectuada en el terreno. El aprovechamiento de esos instrumentos geoespaciales puede facultar a la oficina nacional de estadística para que focalice sus acciones en zonas del país que experimentan rápidos cambios. En este punto del proceso censal, la oficina nacional de estadística habrá creado una base de datos geográficos relativa a las zonas de empadronamiento. La etapa siguiente es diseñar, imprimir y distribuir mapas a partir de la base de datos geográficos, con fines de utilización práctica en el empadronamiento.

Capítulo V

Utilización de bases de datos geográficos (mapas) durante el censo

A. Introducción: Utilización de instrumentos geospaciales durante el empadronamiento censal

5.1. Inmediatamente antes e inmediatamente después de un censo se utilizan mapas para múltiples propósitos de planificación. Entre las actividades que utilizan mapas figuran la asignación de territorio a los empadronadores; el reconocimiento de zonas escarpadas o inaccesibles; la conducción logística de los medios de transporte del personal sobre el terreno, incluidos los suministros; la localización de las poblaciones difíciles de empadronar y de las residencias colectivas; la demarcación de límites administrativos de niveles múltiples; el seguimiento del adelanto del censo; y la creación de mapas para ubicar determinados elementos.

5.2. El presente capítulo abarcará el proceso de crear dichos mapas censales, prestando especial atención a la manera de aprovechar las múltiples posibilidades de la base de datos geográficos para que la información correcta llegue a manos de los empadronadores de manera oportuna y bien organizada. En términos más generales, indica de qué manera la tecnología geoespacial puede apoyar las operaciones censales durante la etapa de empadronamiento. Entre los temas tratados figuran la compilación de mapas, la determinación de las capas pertinentes para los empadronadores y los supervisores, y los aspectos básicos de impresión y distribución.

5.3. En general, en el capítulo se adoptará para el empadronamiento un enfoque de gestión de proyectos, centrado en la planificación. Cuando los aspectos logísticos se han planificado detalladamente, se minimizan los errores y se evita lo que pueda frenar las actividades. El censo es un proyecto territorial, pues el país se divide en unidades operacionales que pueden ser recorridas. Un mapa digital de empadronamiento tiene la virtud de ser modificable para los propósitos concretos de realizar el censo en el país. Al crear zonas de empadronamiento digitalmente, la oficina nacional de estadística puede disponer de un documento vivo, basado en la labor de censos anteriores pero con un valor adicional agregado por los datos de teleobservación y del GPS.

5.4. En esta etapa del proceso, la compilación de mapas procedentes de censos anteriores y de las labores sobre el terreno ya se ha reflejado en forma georreferenciada. Los planificadores del censo han determinado cuáles son las zonas más necesitadas de atención, aplicando el enfoque de detección del cambio que se presentó en el capítulo IV. Si ha realizado sus tareas correctamente, en este momento la oficina nacional de estadística ya tendrá todo lo necesario, salvo el recuento. El criterio en este caso es que una base de datos editada y actualizada a fondo constituirá la base para los mapas que los empadronadores llevan consigo en el terreno. Por consiguiente, a los fines del empadronamiento, la tarea es obtener los mapas a partir de la base de datos de zonas de empadronamiento y colocarlos en las manos de los empadronadores.

B. Garantía de calidad, producción de mapas de zonas de empadronamiento y mantenimiento de la base de datos

1. Consideraciones generales

5.5. La exactitud y la integridad de los datos censales dependen en gran medida de la calidad de los mapas básicos que usan los empadronadores. Además del proceso continuo de control y mejoramiento de la calidad durante la conversión de los datos, la última etapa antes de entregar los mapas de las zonas de empadronamiento a los empadronadores es una revisión completa de todos los productos cartográficos. Esto también incluye la verificación de la corrección de los límites administrativos, tarea a cargo de los administradores locales. Cualquier problema pendiente o falta de coherencia debe resolverse antes de generar los productos finales.

5.6. A esta altura del proceso ya se habrán establecido oficinas censales sobre el terreno. El nivel de centralización de la estructura de organización del censo influirá directamente sobre los procedimientos para entregar mapas de zonas de empadronamiento a los equipos de empadronadores en el terreno y a sus líderes. En la oficina en el terreno, puede exhibirse un mapa en menor escala, compilado a partir de los mapas de las zonas de empadronamiento, utilizado para el seguimiento del progreso de las tareas censales. Entre otras tareas de planificación de la oficina en el terreno figuran la estimación de los volúmenes de trabajo y los costos de desplazamiento; los arreglos para la distribución y la recepción de materiales; la detección de lugares donde hay problemas; y la organización de visitas del personal de la oficina central a las ubicaciones sobre el terreno.

5.7. La producción de mapas de las zonas de empadronamiento es conceptualmente sencilla, siempre que la calidad de la base de datos digital sea satisfactoria. En esta etapa se plantean más bien problemas de logística, porque hay que distribuir miles de mapas junto con las instrucciones para su lectura y otras directrices.

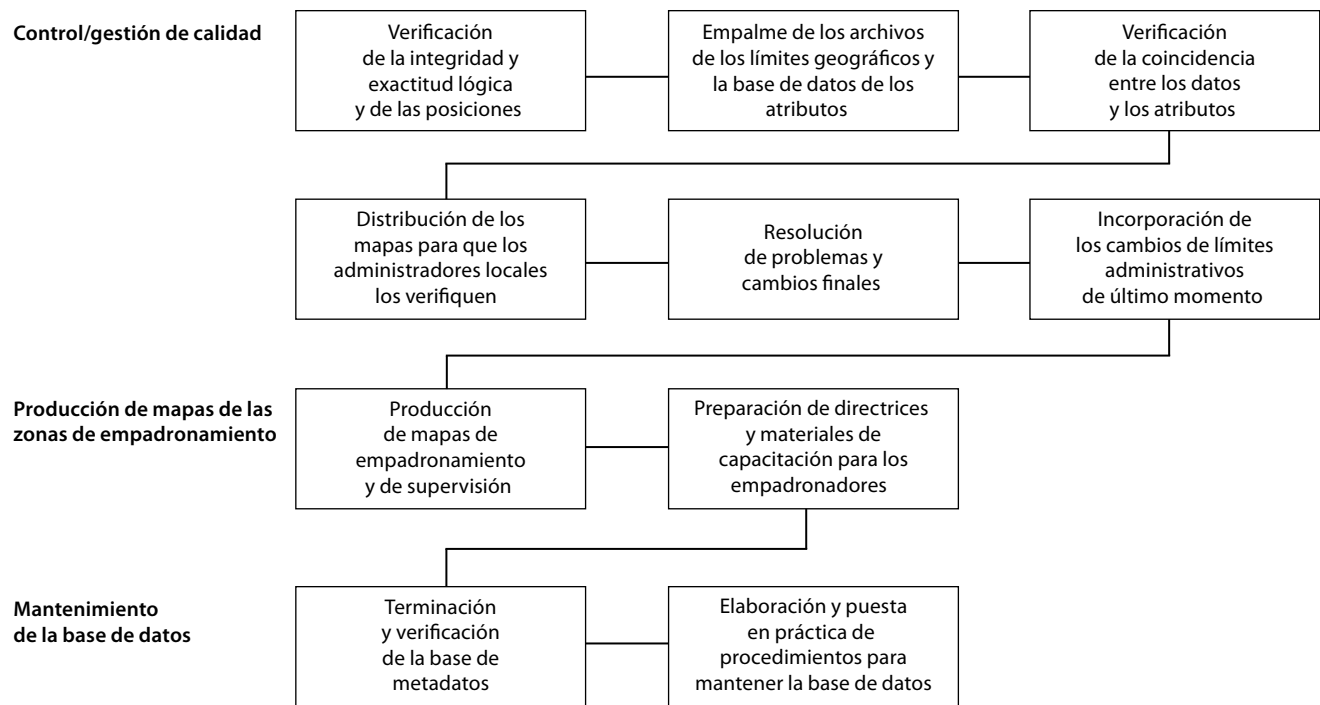
2. Producción de mapas boceto y procedimientos de verificación de la calidad

5.8. En las secciones a continuación se recorre el proceso de creación de mapas censales para el empadronamiento en las siguientes etapas: integración de la base de datos geográficos, compilación de características cartográficas, verificación por las autoridades locales e impresión y distribución de los mapas.

3. Concordancia entre distintos archivos de límites y de atributos e impresión de mapas generales

5.9. Cuando se preparan el diseño y la impresión de los mapas definitivos, hay que hacer concordar los distintos conjuntos de datos sobre los límites y archivos de atributos geográficos, si es que todavía no se han integrado en una base de datos coherente. Esta etapa también entraña verificar que los datos de límites y los datos de atributos geográficos concuerden correctamente entre sí. Si hay concordancia, debería haber por lo menos una característica del mapa (punto, línea o polígono) para cada registro en el archivo de atributos geográficos. Si no es así, hay un error en la base de datos del mapa —es decir, falta una zona de empadronamiento— o el cuadro de atributos geográficos contiene un registro duplicado o erróneo. Si hay dos o más polí-

Gráfico V.1

Etapas de la garantía o el control de calidad, la producción de mapas y el mantenimiento de la base de datos

gonos para un atributo registrado, el personal encargado de garantizar la calidad debe confirmar que se haya dado cumplimiento a las convenciones establecidas para estos casos.

5.10. Quienes confeccionen los mapas de zonas de empadronamiento deben tener presente la necesidad de que esos mapas cubran completamente el territorio del país. Considerar el límite de la zona de empadronamiento como “una cerca” en torno a la zona asignada a un empadronador ayuda a velar por una cobertura completa. Cuando los límites de las zonas de empadronamiento coinciden con la línea central de calles y caminos, se minimizan los errores, puesto que los empadronadores recorren un costado de la calle o del camino para su labor en las unidades de vivienda, y dejan el otro costado al empadronador de la zona de empadronamiento adyacente. En los capítulos III y IV figuran otras normas para la demarcación de las zonas de empadronamiento.

5.11. Una vez que se han hecho concordar correctamente los datos geográficos con la información de atributos, hay que agregar etiquetas en el mapa y elegir símbolos cartográficos que identifiquen las características de los mapas básicos (véase también el capítulo VI, sobre difusión de información mediante mapas). El etiquetado se puede realizar en forma interactiva (manual), semiautomática o automática, con un programa de SIG o un programa cartográfico más especializado. En un proyecto de cartografía censal muy grande, el etiquetado de las características lleva mucho tiempo y es una tarea tediosa. Sobre todo cuando el diseño de los mapas de zonas de empadronamiento es bastante complejo —por ejemplo, cuando se combinan muchas capas digitales para producir cada mapa de zona de empadronamiento—, se necesitarán muchos recursos, informáticos y de tiempo, para etiquetar correctamente.

5.12. Los sistemas de SIG y programas informáticos de cartografía, en su mayoría, contienen funciones de etiquetado automático. El usuario simplemente especifica en el cuadro de la base de datos de SIG el campo de atributos que se debe usar para el etiquetado, por ejemplo, el nombre de una calle o el identificador de un edificio. El sistema utilizará luego algunas reglas sencillas para ubicar las etiquetas sobre cada característica o junto a ella. Habitualmente, el usuario puede determinar el tamaño de las etiquetas y cuál es la característica sobre la que deben ubicarse, si están muy cercanas entre sí. Pero en todos los casos, excepto los más sencillos, habrá que modificar las etiquetas manualmente.

5.13. En el caso de los programas de elaboración de mapas de zonas de empadronamiento de gran envergadura, la oficina de censos podría comprar un programa informático especializado de etiquetado. Estos programas tienen algoritmos más complejos para determinar si se cumplen las reglas más importantes de ubicación de las etiquetas, entre ellas:

- Ninguna superposición entre las etiquetas, o superposición mínima;
- Ninguna superposición entre las características y las etiquetas, o superposición mínima;
- Asignación clara de etiquetas a las características (es decir, sin ambigüedad);
- Aspecto general agradable, por ejemplo con respecto al tamaño y tipo de letras de imprenta.

5.14. Los programas informáticos basan la ubicación de etiquetas en una serie de reglas heurísticas que se pueden modificar según el objetivo del usuario, quien puede guardar las etiquetas diseñadas para una determinada capa de datos de SIG en una capa separada de anotaciones y superponerla con las capas de las características geográficas, según sea necesario.

4. Verificación de la calidad

5.15. Si bien se puede verificar la coherencia en forma interactiva en la pantalla de la computadora, es mejor realizar el control de calidad final sobre los mapas impresos. Por lo tanto, es preciso preparar mapas de formato grande de manera tal que contengan toda la información que también figurará en los mapas definitivos de las zonas de empadronamiento. Estos mapas se preparan para garantizar y verificar definitivamente la calidad y tienen que estar organizados por unidad administrativa. Si se imprimen en la misma escala que los mapas definitivos de las zonas de empadronamiento, se necesitarán varias hojas para cada distrito.

5.16. La garantía de calidad se refiere a la verificación final de la base de datos cartográficos antes de publicar los productos para el censo. Es similar al control de calidad, que se considera en el capítulo III. Consta de verificaciones manuales y por medio de programas informáticos, algunas de las cuales se realizarán para todos los productos, mientras que las más complejas y prolongadas se realizarán para un subconjunto de productos con una estrategia adecuada de muestreo.

5.17. El control de calidad durante la conversión de los datos se centra en verificar la corrección topológica y de posición de los límites y las coordenadas. Es importante asegurar que los límites que se digitalizaron y almacenaron por separado coincidan sin cortes ni discrepancias. Por ejemplo, los límites entre los distritos adyacentes deben ser idénticos si los mapas se almacenan en archivos distintos. La garantía de calidad hace hincapié en la adecuación de los productos cartográficos definitivos a la tarea de empadronamiento, lo que requiere la verificación de varios aspectos de la

integridad de la base de datos, como se describe en los párrafos que siguen. No es una tarea menor, requiere bastante tiempo y recursos, y la oficina de censos debe programarla y presupuestarla según corresponda, pero si se realiza correctamente redundará en última instancia en un censo de mayor exactitud.

5.18. La verificación que llevarán a cabo los funcionarios de la oficina de cartografía censal incluye la inspección de los siguientes criterios de aceptación:

- **Legibilidad.** Todas las anotaciones del mapa deben ser claramente legibles. A veces, hay demasiadas características en el mapa y resulta difícil leer los nombres de las calles y otros textos informativos. Se pueden omitir algunas etiquetas no tan importantes para mejorar la claridad del mapa. Además, debe quedar claro a qué característica se refiere cada etiqueta. En algunos casos, tal vez sea necesario agregar flechas a modo de aclaración.
- **Secuencia de capas de datos.** La secuencia de las capas de datos en el mapa es importante, porque las capas de arriba podrían tapar características importantes de una capa de datos geográficos ubicada por debajo.
- **Escala cartográfica.** Por ejemplo, una zona de empadronamiento que es muy grande pero contiene una zona congestionada relativamente pequeña puede requerir que se recorte una parte y se presente en un mapa separado más pormenorizado para que se puedan identificar todos los detalles.
- **Información sobre las fuentes y los derechos de propiedad intelectual.** Cada mapa debe contener una lista de las fuentes de datos sujetos a derechos de autor y utilizados para crear la base de datos digital que sirvió para producir el mapa de las zonas de empadronamiento. Además, se debe indicar la fecha en que se preparó el mapa, para que los empadronadores puedan determinar si los datos están o no actualizados y si es o no necesario introducir nuevas correcciones mediante tareas de campo.

5. Verificación por las autoridades locales y verificación final por la autoridad administrativa

5.19. A modo de verificación decisiva del grado de coherencia, los mapas impresos de las zonas de empadronamiento deben enviarse a las autoridades locales. Los administradores locales —dentro y fuera de la administración censal— deben confirmar que todos los asentamientos y partes de los poblados y ciudades más grandes están incluidos en la base de datos geográficos. La intervención de las autoridades locales en este procedimiento tiene la ventaja de que las personas que examinan los mapas están familiarizadas con la zona. Las convenciones sobre nombres y ortografía pueden variar en los países donde se hablan varios idiomas o dialectos. Entonces, si el personal local aprueba los mapas, se reducirá el riesgo de que los empadronadores contratados localmente cometan errores de interpretación.

5.20. La confirmación de los límites de las unidades administrativas que figuran en los mapas de las zonas de empadronamiento también es parte del procedimiento de verificación. Estos límites cambian frecuentemente y se agregan nuevas demarcaciones de estados, provincias y distritos, independientemente de las necesidades censales. Esto plantea problemas para la oficina de censos, que debe producir síntesis estadísticas referidas a dichas unidades. Los procedimientos relativos a los límites administrativos se consideran en el capítulo III. Lo ideal sería que, varios meses antes del censo, el gobierno congelara por decreto los límites administrativos; así se daría estabilidad al marco de referencia mientras dure el censo. Las tabulaciones censales se

prepararán en correspondencia con la estructura de límites vigente en dicho período. Las opciones para abordar este problema cuando se aproxima el momento de realizar el empadronamiento son:

- a) Si continúan los cambios en los límites administrativos, una opción es efectuar un seguimiento permanente de dichos cambios. A medida que se producen tales cambios, se ingresan en la base digital de datos. De esta forma, los límites estarán vigentes en el momento del empadronamiento. Pero la supervisión constante de los cambios y la modificación de la base de datos requieren recursos adicionales. La oficina nacional de estadística debería considerar la posibilidad de utilizar un dispositivo electrónico para la base de datos espaciales a fin de registrar las fechas en que se establecen los diversos límites administrativos;
- b) En algunos países, los cambios de límites se anuncian con anterioridad. La oficina de cartografía censal puede, entonces, programar el trabajo en esas zonas para una etapa posterior del programa de cartografía censal.
- c) La última opción es que la oficina de cartografía censal determine una fecha a partir de la cual ya no se modificarán los límites y revise todos los límites en una etapa posterior, posiblemente después del censo. Si los límites de las unidades administrativas modificados dividen zonas de empadronamiento existentes, los cuestionarios de hogares correspondientes a estas unidades deben reasignarse a las unidades correctas. Esto requiere una etapa adicional después del empadronamiento y demorará la divulgación de los resultados del censo.

6. Producción de mapas de las zonas de empadronamiento (incluida la impresión)

5.21. Una vez completados los procedimientos de verificación y garantía de calidad de todos los mapas básicos y todas las demarcaciones de las zonas de empadronamiento, el personal de la oficina de cartografía censal imprimirá los mapas definitivos de dichas zona y de zonas de supervisión. La impresión puede realizarse en la sede de la oficina nacional de estadística o en sus oficinas regionales, en función de la estructura administrativa de la oficina. Los mapas de zonas de supervisión abarcarán varias zonas de empadronamiento y se imprimirán en escala menor (menos pormenorizada). La definición de la disposición de los mapas para cada zona de empadronamiento es similar a los procedimientos de corte en los métodos de cartografía censal manual. Los mapas de las zonas de empadronamiento deben ser sencillos, porque los usarán los empadronadores, quienes tal vez no tengan experiencia en materia de mapas; por otra parte, deben contener suficiente información para posibilitar una fácil orientación, por ejemplo, la siguiente:

- a) Toda la zona a empadronar, definida por un límite claramente indicado;
- b) Algunas partes de las zonas vecinas (es decir, las zonas circundantes) para facilitar la orientación;
- c) Toda información geográfica y de textos que figure en la base de datos cartográficos censales y facilite la orientación dentro de la zona de empadronamiento, utilizando símbolos que obedezcan a las convenciones cartográficas estándar (por ejemplo, utilizar líneas en segmentos para indicar senderos, color azul para el agua, etcétera). Las características para mapas de zonas de empadronamiento deberían incluir:

- i) Calles y caminos;
- ii) Edificios;
- iii) Hitos o lugares prominentes;
- iv) Características hidrológicas;
- v) Otras características notables o pertinentes, posiblemente también la topografía, las masas o cursos de agua, etcétera;
- vi) Leyendas coherentes, incluidos los nombres y códigos exactos de las zonas administrativas y de empadronamiento, una flecha hacia el norte, una barra de escala, y una leyenda que explique los símbolos utilizados para las características geográficas.

5.22. En el gráfico V.2 se indican los componentes de un mapa hipotético de zona de empadronamiento urbana. Todas las características se almacenan en capas separadas en el mismo sistema de referencia espacial o como plantillas de gráficos. Los componentes principales son las capas de la red de calles, de los edificios y de los límites de la zona de empadronamiento. Además, se almacenan en capas separadas las anotaciones, los símbolos, las etiquetas y los números de los edificios, aunque se podrían agregar en forma dinámica. El último componente es una plantilla que contiene líneas nítidas (un recuadro que refleja hasta dónde se extiende la periferia de la zona que abarca el mapa) y una referencia que se usa de la misma forma para todas las zonas de empadronamiento. En el gráfico V.3 se muestra el mapa completo de las zonas de empadronamiento con todos los componentes superpuestos. De conformidad con el alcance de las actividades cartográficas y con el grado de complejidad de la zona de empadronamiento, los mapas pueden contener mayor o menor cantidad de información que esta muestra.

5.23. Es posible que en muchos países el diseño de los mapas de las zonas de empadronamiento sea mucho más sencillo que el de este ejemplo: en lugar de un mapa básico digital completamente integrado en formato vectorial, es posible usar como fondo para los límites de las zonas de empadronamiento las imágenes en cuadrícula de mapas topográficos. En algunos casos, las características están más generalizadas, como cuando se usan solamente las líneas centrales para las calles y los polígonos para manzanas enteras y no para viviendas.

5.24. Para los mapas impresos de zonas de empadronamiento es preciso escoger el formato y los colores (para los criterios de selección de máquinas impresoras, véase el capítulo VI). Dado el alto nivel de resolución que poseen las impresoras láser, normalmente los mapas de zonas de empadronamiento se han de producir en papel de tamaño A3 (420 mm x 297 mm, el tamaño de dos hojas A4) o en papel de 11 pulgadas x 14 pulgadas, de ser posible. En comparación con las impresoras de formato grande o con los trazadores (*plotters*), las impresoras de tamaño estándar tienen ventajas por su menor costo y su mayor velocidad de producción. Cuando se calcula el costo por página, inclusive el costo de la tinta o el pigmento (*toner*), las impresoras láser son muchos menos costosas que las impresoras de tinta a presión (*ink-jet*). Dado que hay que producir miles de mapas de zonas de empadronamiento, esas consideraciones tienen importancia. Pueden aparecer problemas cuando una zona de empadronamiento de gran tamaño contiene algunas zonas pequeñas muy hacinadas. Para esas pequeñas zonas es preciso imprimir mapas en formato más grande, o bien el diseño del mapa debe incluir recuadros pequeños en que se presenten los detalles de las partes densas de la zona de empadronamiento.

Gráfico V.2

Componentes de una muestra de mapa digital de zonas de empadronamiento

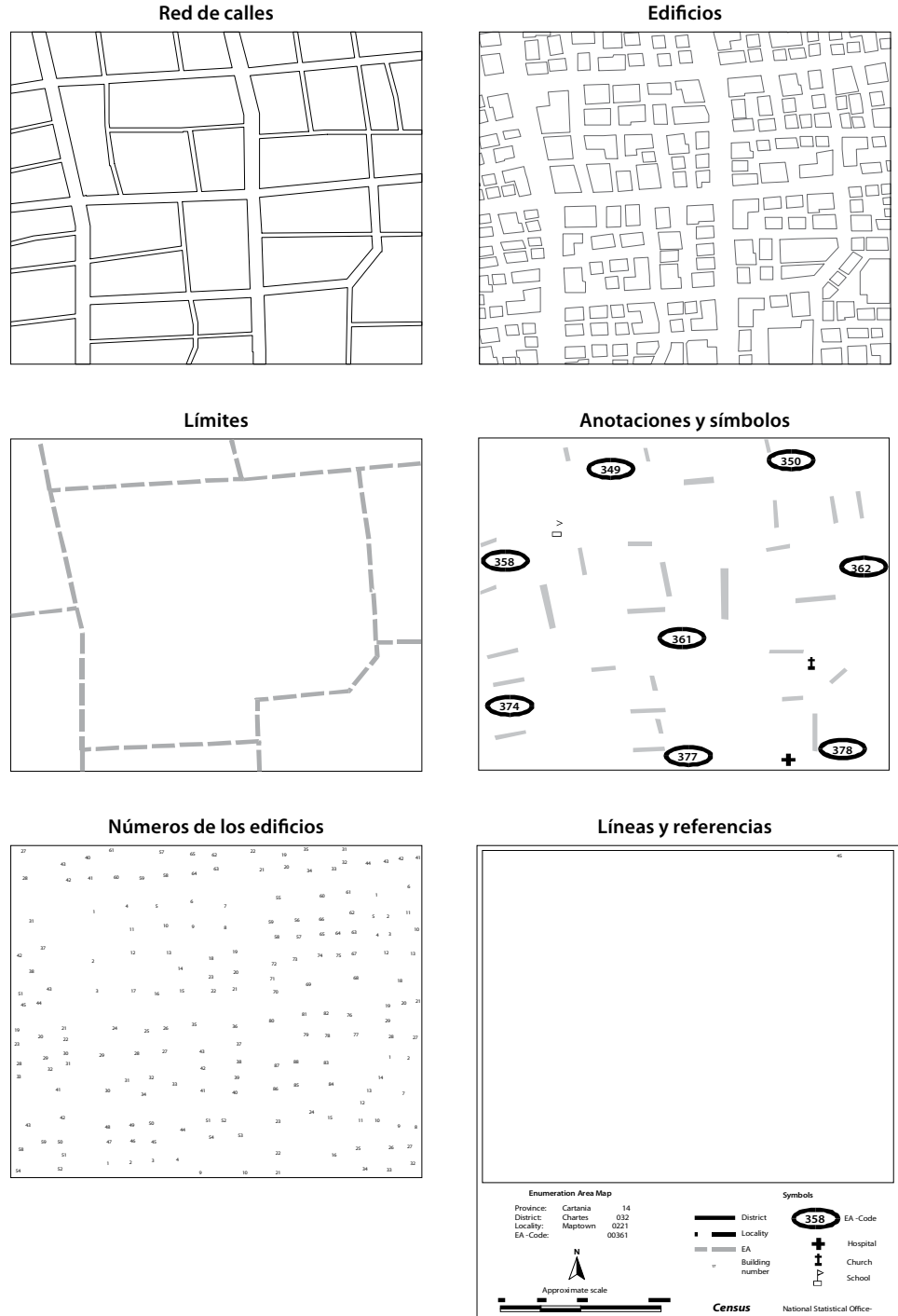


Gráfico V.3

Ejemplo de un mapa de zonas de empadronamiento urbanas

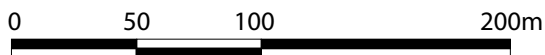


Mapa de zona de empadronamiento

Provincia: Cartania 14
 Distrito: Chartes 032
 Localidad: Map town 0221
 Código ZE: 00361



Escala aproximada



Símbolos

- Distrito
- Localidad
- ZE
- Número de edificio
- Código ZE
- Hospital
- Iglesia
- Escuela

5.25. Para el seguimiento del inventario de mapas en papel antes del comienzo del empadronamiento, las oficinas nacionales de estadística deben considerar la posibilidad de marcar sus mapas con códigos de barra, que utilizan una tecnología de fácil aplicación mediante un lector láser y un simple programa electrónico de base de datos. Los códigos de barra no contienen datos efectivos, sino que presentan sendos números de referencia aleatorios que utiliza la computadora para encontrar los registros correlativos. El lector de código de barra es sensible a las luces y sombras reflejadas, las cuales convierte en señales electrónicas (altas para negro y bajas para blanco). Actualmente, muchos lectores de códigos de barra se venden con una interfaz de USB y un decodificador, o bien integrado en la unidad o bien separado. La oficina nacional de estadística puede utilizar etiquetas ya impresas con códigos de barra o utilizar programas informáticos para crear un código en correspondencia con cada mapa producido (para más información, véase www.barcodehq.com/primer).

5.26. Un mapa de las zonas de empadronamiento bien diseñado resulta adecuado en blanco y negro. A pesar de que las impresoras en color son relativamente baratas, tienen una producción limitada y los insumos suelen ser bastante costosos. Los mapas buenos en blanco y negro también se pueden fotocopiar sin perder información, y esto facilita que el personal local produzca copias adicionales según se necesite. Pero cuando se cuenta con recursos, la impresión en color realza la claridad del diseño del mapa. Por ejemplo, se puede indicar el límite de la zona de empadronamiento con una línea de un color brillante (para un análisis más a fondo de la cuestión del uso de colores, véase el anexo V).

5.27. De ser posible, los funcionarios de la oficina nacional de estadística deberían considerar la posibilidad de poner a prueba la legibilidad de los mapas. Seguidamente, pueden adoptarse decisiones de diseño, como el tamaño, el color, la escala y los componentes de los mapas, sobre la base de la experiencia real del usuario y no solamente del criterio del equipo del diseño de la oficina.

5.28. Hay que producir varias copias del mapa de cada zona de empadronamiento, además de las copias auxiliares que se mantienen en la oficina central de cartografía censal. Cada mapa se pondrá a disposición de las autoridades censales locales, los supervisores y empadronadores, lo que requerirá tal vez cuatro o cinco copias. La decisión de distribuir los mapas en forma digital o en ejemplares impresos depende de cuán centralizada esté la operación censal. En caso de que las actividades cartográficas se realicen en una o unas pocas oficinas censales, el criterio preferido sería distribuir archivos de mapas digitales, en lugar de mapas impresos en papel. Esos archivos pueden transmitirse a oficinas censales locales en versión de CD-ROM o DVD, o por la Internet en un sitio de *ftp* exclusivo. La oficina local no necesitará tener acceso al programa informático cartográfico si los mapas se exportan en un formato genérico de archivo, como el PDF o como un archivo gráfico incorporado en un formato genérico de procesamiento de textos. Esos archivos pueden imprimirse en cualquier sistema genérico de computación. Este enfoque posibilita que la oficina local produzca tantas copias de mapas de las zonas de empadronamiento como sea necesario y también posibilita una respuesta rápida a problemas como la pérdida de mapas impresos en papel. Los oficiales censistas deberían optar por el enfoque más fiable y dotado de mayor eficacia en función de los costos, escogiendo entre las opciones disponibles.

5.29. Si la base de datos geográficos censales es coherente y está bien organizada, debería ser posible producir rápidamente los mapas de las zonas de empadronamiento. La impresión de los mapas no requerirá un programa de SIG avanzado, sino que se puede realizar con un programa de cartografía relativamente poco costoso. Se podrían automatizar algunas partes del procedimiento mediante el macro-lenguaje

incorporado a los programas electrónicos. Por ejemplo, la lista de las zonas de empadronamiento se puede acompañar con las coordenadas de sus límites (la cobertura del mapa) en unidades cartográficas. Luego, se puede hacer que el programa lea esta lista, incluya el contenido de las capas de datos en una plantilla preparada con anterioridad que muestre las leyendas y demás información marginal, e imprima una determinada cantidad de ejemplares.

C. Utilización de la infraestructura geoespacial durante el empadronamiento censal

5.30. La principal contribución de la cartografía digital al éxito de un censo se realiza en las etapas anterior y posterior al empadronamiento mismo. Pero la cartografía también cumple una función durante el empadronamiento, ya que respalda la planificación logística y provee las bases para el seguimiento del progreso del censo. Al mismo tiempo, durante el empadronamiento la oficina de censos tiene oportunidad de efectuar otro control de calidad de la base digital de datos censales. Ambos aspectos se examinan a continuación.

1. Utilización de mapas digitales para los aspectos logísticos del censo

5.31. Durante el censo, los mapas son necesarios para muchas finalidades. Entre éstas, es posible que la tecnología geoespacial cumpla una función activa en la planificación del trabajo preliminar y en los aspectos logísticos del empadronamiento. Algunas de las tareas en las que una base de datos geográficos podría ser de utilidad son la asignación de las unidades administrativas a las zonas operacionales, la ubicación de oficinas en el terreno y la planificación de los desplazamientos del personal que hará el trabajo en el terreno y de los empadronadores. Si han de usarse mapas digitales para estas finalidades, y si la oficina nacional de estadística ha optado por no crear una base de datos geográficos digitales, la dependencia de cartografía censal debe elaborar rápidamente una sencilla base de datos geoespaciales de bajo nivel de resolución. Este sistema podría consistir en mapas digitales de los asentamientos, los caminos, los ríos y las divisiones administrativas en pequeña escala (entre 1:50.000 y 1:500.000); la escala 1:1.000.000, por carecer de detalles, tal vez no sea muy útil. En la mayoría de los casos, esos conjuntos de datos se pueden obtener de las fuentes existentes, inclusive el organismo nacional de cartografía o el departamento de levantamientos topográficos. Además, la oficina nacional de estadística puede elaborar sus propios conjuntos de datos o utilizar datos incluidos en el programa de SIG.

5.32. Muchos programas de SIG ofrecen funciones de análisis de redes que posibilitan la determinación de las distancias y los costos de viaje en una red de caminos. La calidad de los datos sobre la red vial varía muy pronunciadamente de un lugar a otro, y es preciso hacer gala de prudencia cuando las escalas son pequeñas (es decir, no se distinguen los detalles). En las zonas urbanizadas, el traslado a los lugares de empadronamiento no constituye un gran problema. Pero en las zonas rurales, el costo de las actividades basadas en el terreno aumentará en razón de las grandes distancias y características naturales que obstaculizan los recorridos. Este factor se deberá tener en cuenta cuando se escoge la ubicación de las oficinas en el terreno, que tienen a su cargo muchas zonas de supervisión. Hay que elegir la ubicación de estas oficinas de modo tal que el tiempo de traslado sea mínimo y se faciliten las funciones de supervisión de los

administradores regionales del censo. Se pueden usar las funciones de agregación de zonas del SIG para determinar y mostrar posibles asignaciones regionales.

5.33. La utilización de bases de datos geográficos para finalidades logísticas no es tan importante como el uso de técnicas digitales para realizar las propias tareas de cartografía censal y demarcación de las zonas de empadronamiento. Muchas de esas tareas se pueden realizar igualmente bien estudiando los mapas publicados. La ventaja de una base de datos geográficos es que las estimaciones de la distancia y de los tiempos de desplazamiento serán más exactas y que el personal puede producir rápidamente mapas que muestren varios aspectos de la planificación censal. Además, la creación de una base de datos geográficos de baja resolución y pequeña magnitud es valiosa como precursor de la tarea mucho más difícil de preparar una base detallada de datos censales georreferenciados.

2. Seguimiento de la marcha de las operaciones censales

5.34. Durante el censo y las actividades inmediatamente siguientes al empadronamiento, el personal de la oficina central supervisa la marcha del empadronamiento y de la compilación de datos. Normalmente, las oficinas regionales compilarán información sobre la terminación de las actividades de empadronamiento y los primeros resultados. La oficina central recogerá dicha información y evaluará cuáles son las operaciones que avanzan bien y dónde podrían surgir problemas.

5.35. Algunos países aplican una estrategia denominada “recuento rápido”, en la cual se compilan con rapidez las cifras de la población total y se comparan con estimaciones anteriores. Habrá que prestar atención inmediata a las zonas donde las estimaciones registradas son inusualmente grandes o pequeñas. Por lo general, estas evaluaciones se compilan en forma tabular. Pero si hay una base de datos cartográficos digital y detallada, también se puede mostrar esta información en forma geográfica, lo que posibilita ubicar las zonas problemáticas con mayor facilidad.

5.36. En la práctica, cualquier estadística resumida se puede compilar en un sistema de bases de datos relacionales estándar, por ejemplo, los indicadores que muestran si se terminó o no el empadronamiento en la zona informante, o el porcentaje de zonas de empadronamiento que se completaron en cada distrito. El personal puede entonces vincular esta información con la base de datos geográficos y preparar mapas que serán evaluados por los supervisores generales del censo.

5.37. La clave de este procedimiento rápido de control de calidad es la veloz circulación de información desde los supervisores hacia las oficinas regionales y desde éstas hasta la oficina central. La forma más rápida de intercambiar esta información es por conducto de la Internet. Si los supervisores locales y regionales tienen acceso a la Internet, hasta se puede enviar así la información mediante una interfaz de base de datos protegida por una contraseña.

3. Directrices para la utilización de los mapas por los empadronadores durante el censo

5.38. El programa de capacitación de los empadronadores debería incluir técnicas básicas de lectura de mapas y navegación. Una vez que se encuentren sobre el terreno, los empadronadores deben ubicar su respectiva zona de empadronamiento, tanto sobre el terreno como en el mapa. En segundo lugar, el empadronador debe cerciorarse y consultar su mapa, aun cuando parezca obvio el lugar en que se encuentra. Para orientar el mapa, el empadronador debería colocarlo horizontalmente y de modo

que todas sus partes sean visibles y luego tratar de orientarse buscando, por ejemplo, una importante intersección de calles visible tanto en el mapa como sobre el terreno, individualizando características —viviendas, lugares de culto, ferrocarriles, ríos— y cotejándolas con los símbolos indicados en el mapa.

5.39. Con la ayuda de los jefes de cada equipo, los empadronadores deberían planificar el itinerario a seguir dentro de la zona de empadronamiento a fin de minimizar los retrocesos. Una zona de empadronamiento puede dividirse en secciones,

Recuadro V.1

Producción de mapas censales en el terreno en la India

1. La realización de censos en la India es una iniciativa gigantesca establecida para el recuento y la recopilación de información con respecto a más de 1.000 millones de habitantes del país. La cartografía desempeña un papel de importancia crucial al asegurar una plena cobertura de la superficie geográfica del país, sin omisiones ni superposiciones.

2. La preparación de mapas indicativos de los límites administrativos de estados, distritos, subdistritos, aldeas y poblados comienza con una antelación de casi tres años. Se recogen de los gobiernos provinciales y las autoridades municipales las notificaciones indicativas de cambios en las jurisdicciones. Los mapas preparados para el censo anterior se modifican, incorporando los cambios registrados, los cuales son certificados por las respectivas autoridades antes de utilizarse en el censo. Otros cambios ulteriores que ocurren en las jurisdicciones se han incorporado hasta el momento en que se congelan los límites administrativos a los fines del censo. La organización encargada del censo mantiene una base de datos con archivos de límites, que utiliza para la actualización sirviéndose de tecnología del SIG.

3. En el momento de realizar operaciones de enumeración de viviendas, que se realizan con una antelación de entre seis y ocho meses con respecto a las fechas de empadronamiento de la población, se van delimitando bloques de viviendas para distribuirlas entre aproximadamente dos millones de empadronadores. Dado que no se dispone en formato digital de una base de datos geográfica indicativa en detalle de la disposición de los edificios, las viviendas, etc., en las zonas rurales se utilizan croquis hechos a mano procedentes del censo anterior, donde se indican esquemáticamente la disposición de edificios, viviendas e hitos o puntos importantes disponibles del censo anterior. En las zonas urbanas, se utilizan los mapas más recientes proporcionados por las autoridades locales a fin de delinear los bloques de viviendas. Sobre la base de la información recogida durante las operaciones de enumeración de viviendas, se delimitan nuevos bloques de empadronamiento que abarquen superficies con una población de, en promedio, 500 a 750 personas, para su utilización al realizar el empadronamiento. Los croquis a mano de zonas de empadronamiento, conocidos como “mapas hipotéticos”, son utilizados por los empadronadores durante las operaciones de empadronamiento de la población y también son transmitidos a otros organismos que realizan encuestas sobre el terreno.

4. Si bien se dispone de mapas digitales indicativos de los límites administrativos hasta el nivel de poblado y aldea, todavía no se dispone a este nivel de mapas digitales detallados que indiquen la disposición de edificios, viviendas, calles, senderos secundarios, redes viales e hitos y puntos importantes. Actualmente, se ha iniciado un proyecto de preparación de una base de datos geográficos digitales detallados de los poblados importantes, para el cual se utilizarán las imágenes satelitales. La Dirección de Agrimensura de la India, principal entidad cartográfica del país, proporcionará mapas administrativos para este propósito en formato digital, sobre la base de imágenes satelitales. Se ha propuesto realizar reconocimientos topográficos especiales en el terreno para recoger información sobre numeración de viviendas, tipos de edificios, propósito de su utilización, cantidad de población, etcétera, para su vinculación con los mapas digitales y, ulteriormente, para delimitar los bloques de empadronamiento censal. El resultado de este proyecto será la preparación de mapas georreferenciados para su utilización en los censos. Los mapas indicativos de la ubicación de bloques de empadronamiento, con ubicación detallada de edificios, calles, senderos secundarios, etc., serán entregados a los empadronadores para que realicen la tarea. Esos mapas también serán entregados a otros organismos gubernamentales, a los fines de la realización de sus respectivos programas (para obtener más información, dirigirse a Chinmoy Chakravorty, en cchakravorty.rgi@censusindia.gov.in).

manzanas o sectores. El empadronador debería marcar con una “X” el punto de partida de su itinerario de cada día y marcar en el mapa la fecha, la hora y el punto de llegada al finalizar cada día. Los empadronadores deberían aplicar la norma de “mantenerse a la derecha” y avanzar en el sentido de las agujas del reloj a comenzar en el punto de partida, de modo que las viviendas que van empadronando queden a su derecha, y deben orientar el respectivo mapa de modo que coincida con la dirección del itinerario. Al dar vuelta a cada esquina, el mapa debería reorientarse de modo que las características estén alineadas con las existentes sobre el terreno. Los empadronadores deberían individualizar las unidades de vivienda en el mapa, a los fines de eventuales nuevas visitas, de ser necesarias. También deben marcarse en el mapa los obstáculos que haya sobre el terreno, como superficies accidentadas, promontorios, agua o calles intransitables, de modo que futuros empadronadores puedan aprovechar esa información.

4. Actualización y corrección de los mapas de las zonas durante el empadronamiento

5.40. Aun cuando se haya puesto en práctica un programa exhaustivo de control de calidad durante la preparación de los mapas de empadronamiento, es muy posible que muchos de ellos no sean perfectos. Por ejemplo, durante los primeros trabajos en el terreno, tal vez se hayan omitido algunos edificios o calles o quizá se hayan registrado en forma incorrecta. Además, como el trabajo cartográfico en el terreno debe realizarse varios meses e incluso años antes del censo, las construcciones o las obras de infraestructura nuevas no aparecerán en esos mapas.

5.41. Además de capacitar a los empadronadores en la recopilación de datos y nociones básicas de lectura de mapas, la oficina de censos también deberá capacitarlos para que hagan anotaciones en los mapas durante el empadronamiento a fin de indicar cualquier error u omisión. Después de realizado el censo, los cartógrafos especializados de la oficina censal deben reunir los mapas de las zonas de empadronamiento y ocuparse de las revisiones sugeridas por los empadronadores, aplicando los procedimientos establecidos de incorporar enmiendas en la base maestra de datos geográficos censales (en el capítulo VI se considera este tema más a fondo). Esto tal vez requiera realizar las correspondientes correcciones en la base de datos digitales del censo o tal vez alguna verificación adicional sobre el terreno, como datos obtenidos por satélite o fotos aéreas. Este procedimiento tal vez sea muy complejo, pero asegurará que la oficina nacional de estadística cuente con la información más actualizada de las zonas de empadronamiento, lo que reducirá la cantidad de trabajo en actividades cartográficas antes de realizar futuras encuestas o censos. Pero esto no debería demorar la publicación de los resultados del censo.

D. Resumen y conclusiones

5.42. En este capítulo se ha examinado el proceso de elaboración de los mapas necesarios para el empadronamiento, con un enfoque operacional que continúa tras finalizar la consideración de la base de datos geográficos. Se incluyen secciones sobre etapas del proceso de confección de mapas de empadronamiento, compilación, determinación de las capas pertinentes a los empadronadores y sus supervisores, aspectos básicos de la impresión en papel y la distribución, enfoque de gestión del proyecto para los empadronadores y plan para el caso de demoras imprevistas.

Capítulo VI

Bases de datos geográficos para la difusión de resultados, productos y servicios de los censos

A. Introducción

6.1. En el capítulo V se consideró la utilización de infraestructura geoespacial en apoyo del empadronamiento censal. Este capítulo considera las tareas geográficas que realizarán las oficinas nacionales de estadística después del empadronamiento y en relación con la difusión y la utilización de la información censal geográficamente referenciada. A esta altura del proceso, ya se ha de contar con el resultado del empadronamiento. A lo largo de todo el presente *Manual* hemos destacado que todos los planes geográficos deben estar alineados con el plan general del censo. Un segundo aspecto clave atinente a las inversiones de la oficina nacional de estadística en una base de datos censales es su posibilidad de utilizarlos en todas las etapas del proceso censal. Una vez que se ha llevado a término el empadronamiento, pueden aprovecharse los resultados a fin de perfeccionar más la base de datos. Al utilizar la base de datos geográficos en la creación de productos para informar y educar al público, se plantearán cuestiones con respecto a la agregación y la escala, que harán necesarias algunas contribuciones de entidades ajenas a la oficina nacional de estadística.

6.2. Si se ha creado una base de datos geográficos digital completa, es posible producir rápidamente, por agregación, bases de datos estadísticos en correspondencia con las unidades administrativas o estadísticas. Sin embargo, varios países no utilizarán técnicas digitales para producir mapas de las zonas de empadronamiento en el censo de 2010, aunque aún pueden optar por preparar una base de datos digital georreferenciada del censo a fin de producir mapas aptos para publicación que acompañen a los informes del censo, los cuales se puedan distribuir a otros usuarios que quieran analizar espacialmente los datos o usarlos en aplicaciones internas. Es posible compilar esta base de datos para un nivel adecuado de la jerarquía administrativa o para cualquier otra región estadística agregada. En ese nivel de agregación, para elaborar una base de datos digital se necesitan muchos menos recursos que para una base cartográfica completa de las zonas de empadronamiento.

6.3. En general, sin embargo, en este capítulo se parte de la hipótesis de que se ha creado una base de datos digital de una zona de empadronamiento o de las unidades de vivienda con fines de empadronamiento. Para justificar la gran inversión que requiere la creación de una base de datos de este tipo, la oficina de censos debe adoptar una perspectiva a largo plazo. En consecuencia, las tareas que deben realizarse inmediatamente después del censo son sólo las primeras etapas en la preparación de materiales cartográficos para el siguiente empadronamiento.

6.4. Los temas principales del capítulo VI son las tareas de gestión relativas a la base de datos geográficos en la etapa posterior al censo y entre censos sucesivos, y

la elaboración y divulgación de productos censales. Entre otros temas considerados figuran la incorporación de cambios a partir de las constataciones sobre el terreno; el proceso de agregación de datos para constituir unidades de divulgación; el mantenimiento de la base de datos; la divulgación de productos y servicios; las consideraciones relativas al carácter privado de algunos datos y la medida en que se los publica; la comercialización; la difusión y extensión; los productos geográficos; los mapas y bases de datos censales para publicación; algunos métodos para el análisis espacial de los datos censales; y cuestiones relativas a la cartografía en la Internet y la distribución de bases de datos censales.

B. Tareas posteriores al empadronamiento y durante el período intercensal

6.5. El momento en que se recogen los mayores beneficios de una buena planificación es después de haber llevado a término el empadronamiento. Si la oficina nacional de estadística ha ejecutado un plan general elaborado al inicio del proceso y se ha ajustado a dicho plan, la determinación de los productos finales ha guiado las opciones en la etapa de empadronamiento. Si en el plan se ha previsto la publicación de los resultados a nivel de zona de empadronamiento, posiblemente no se necesitará ningún procedimiento de conciliación. Pero en caso de que no se publiquen los resultados a nivel de zona de empadronamiento será necesario algún procedimiento de conciliación, por ejemplo, para los cambios geográficos descubiertos durante el empadronamiento. Es preciso que la oficina nacional de estadística acuerde desde un principio qué tipos de errores requieren atención inmediata y cuáles no, para no demorar la publicación de los resultados.

Tareas inmediatas

1. Incorporación de actualizaciones y cambios sugeridos por los empadronadores

6.6. La capacitación de los censistas es parte del proceso de empadronamiento, a fin de que detecten errores o aspectos incoherentes en la demarcación en las zonas de empadronamiento o las características de los mapas de base del territorio recorrido. La oficina de cartografía censal debe pedir a los empadronadores que indiquen cualquier error o incoherencia en la demarcación de las zonas de empadronamiento o en las características básicas que se detecten en los mapas durante el empadronamiento. Después, los supervisores locales deberían reunir los mapas posteriores al empadronamiento y enviarlos a la oficina. La dependencia de geografía censal podrá así corregir como corresponda la base de datos cartográficos que se usó para producir el mapa de las zonas de empadronamiento. Este procedimiento tiene dos ventajas.

6.7. En primer lugar asegura que las tabulaciones y la elaboración de mapas digitales y en papel se basen en la demarcación de las zonas realmente usada durante el empadronamiento. En segundo lugar, la modificación de los límites de las zonas de empadronamiento en la base de datos maestra facilitará los censos futuros u otras actividades de recopilación de datos estadísticos basados en las mismas unidades geográficas o en unidades similares. Esto tiene la obvia ventaja de mantener la base de datos tan actualizada como sea posible y al mismo tiempo apoyar el papel activo de los participantes sobre el terreno para mejorar la calidad general de los datos. Por otra parte, no puede efectuarse una conciliación si no se evalúan antes los efectos que tendrá sobre el plan general del censo.

2. Consolidación de las unidades de recopilación y las unidades de tabulación o estadísticas

6.8. La tarea de verificación más importante que debe realizar el organismo de cartografía censal es respaldar la elaboración de los datos estadísticos tabulares que se obtuvieron del censo. Los datos del censo son necesarios para muchos tipos distintos de zonas agregadas, ya que los usuarios de diferentes sectores tienden a utilizar zonas geográficas distintas como base para el planeamiento y las operaciones. Por ello, hay que agregar las zonas de empadronamiento para constituir estas diferentes unidades informantes según se requiera para el desarrollo de múltiples productos censales. Es poco probable que todos los usuarios necesiten una base de datos que abarque todo el país, con el nivel de detalle de zona de empadronamiento, lo cual además sobrecarga el manejo de los archivos.

6.9. A fin de armonizar las unidades de reunión de datos (zonas de empadronamiento) con las de tabulación es necesario crear archivos de equivalencia o de compatibilidad. La tabla que concilia esos dos conceptos geográficos se conoce también como “tabla de concordancia”. Los archivos de equivalencia indican, para cada unidad de tabulación, las zonas de empadronamiento que son parte de ella. Una vez definidas estas listas se puede realizar la agregación mediante las operaciones corrientes de las bases de datos. En el cuadro VI.1 se ilustran cambios en las zonas de empadronamiento u otras unidades entre sucesivos censos y se indica que una zona de empadronamiento (tracto censal) del año 2000 se dividió en tres nuevas zonas de empadronamiento (tractos censales) para 2010, con la correlativa revisión de los códigos.

6.10. La creación de archivos de equivalencia se facilita cuando se ha puesto en práctica un sistema de codificación uniforme a lo largo del proceso. En el presente *Manual* se tratan detalladamente la geocodificación de unidades y atributos censales, particularmente en el capítulo III. La geocodificación reafirma la importancia de establecer convenciones intuitivas y flexibles para asignar códigos numéricos o alfanuméricos a cada zona de empadronamiento en las etapas iniciales de un proyecto de cartografía censal.

Cuadro VI.1

Comparación entre las zonas de empadronamiento anteriores y las nuevas

Descripción sobre el terreno en la longitud de éste				
1 a 11 Código del tracto censal				
12 Nota de atención parcial (P)				
13 a 18 Millaje a lo largo de las calles de tractos censales de 1990				
19 a 22 Porcentaje del millaje a lo largo de las calles de tractos censales de 1990				
23 a 31 Código de tractos censales 2000				
32 y 33 Sufijo de tractos censales 2000				
34 Nota de atención parcial (P) tractos censales 2000				
35 a 40 Millaje a lo largo de las calles de tractos censales 2000				
41 a 44 Porcentaje del millaje a lo largo de las calles de tractos censales 2000				
45 a 50 Millaje a lo largo de calles de las zonas cubiertas por el registro				
51 a 64 Superficie del registro 14 (1000 metros cuadrados)				
65 y 66 2 Abreviación del nombre del estado 2000				
67 a 126 60 Nombre del país 2000				
El registro a continuación muestra que el tracto censal 402 de 1990 se dividió en 2000 en tres tractos censales: 402.01, 402.02 y 402.03				
10001040200P	11735029610001040201	34771000	3477	9796DEKent
10001040200P	11735044210001040202	51891000	5189	32059DEKent
10001040200P	11735026210001040203	30691000	3069	59822DEKent

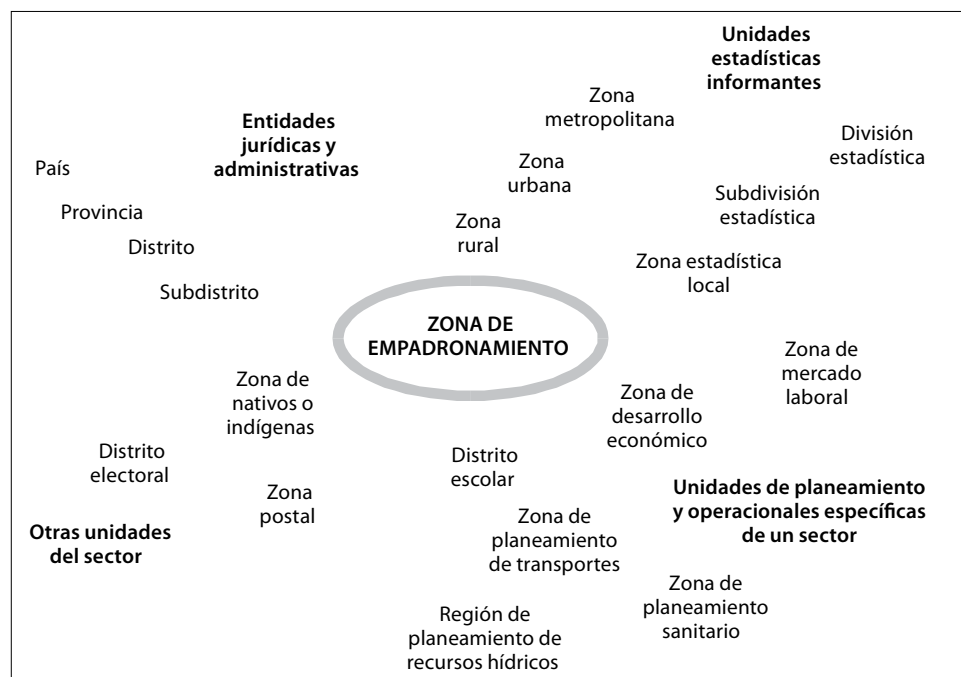
6.11. La cantidad de unidades para las que hay que crear archivos de equivalencia puede ser muy grande. Además de las unidades jurídicas y administrativas, como los distritos o las provincias, puede suceder que haya que compilar datos censales de una serie de unidades de planeamiento u operacionales, como las unidades sanitarias, los distritos escolares, las regiones de planeamiento de transportes, los distritos electorales, las zonas de servicios, las zonas postales y las dependencias de planeamiento ambiental (véase el gráfico VI.1), que en algunos casos pueden coincidir con las zonas administrativas, pero que con frecuencia serán incompatibles con las unidades informantes corrientes. Además, es probable que los sectores privados y académicos soliciten tabulaciones especiales. En consecuencia, la elaboración de un procedimiento coherente para producir y mantener archivos de equivalencia es una tarea importante de la oficina de cartografía. Como se ha destacado a lo largo del presente *Manual*, una efectiva planificación arrojará numerosos beneficios, algunos, evidentes y otros, menos perceptibles.

6.12. Habría que crear además otros archivos de comparabilidad para conciliar las zonas informantes, de empadronamiento o estadísticas, anteriores y actuales. Habida cuenta de que se tiende a modificar regularmente las unidades de recopilación de datos y de tabulación, para los usuarios de los datos es complicado determinar los cambios en las variables censales ocurridos a lo largo del tiempo. La dependencia geográfica de la oficina de censos debería mantenerse al tanto de estas modificaciones en la geografía censal del país y proporcionar archivos de comparabilidad que posibiliten armonizar los datos censales anteriores y actuales.

6.13. Estas acciones serán particularmente útiles cuando la oficina nacional de estadística participe en actividades de la infraestructura de datos espaciales (SDI) dentro del país, dado que proporcionarán a quienes necesiten datos censales las especificaciones exactas requeridas para ubicar los archivos censales correctos que responden a sus particulares propósitos.

Gráfico VI.1

Ejemplos de unidades informantes y tabulaciones censales



3. Archivos de la base de datos

6.14. Una vez que se han corregido los errores y los aspectos incoherentes en la base de datos digital maestra, es preciso producir y archivar copias de referencia de todos los conjuntos de datos de los SIG. Esta base de datos, en la que quedará inmovilizada la geografía censal para reflejar la situación en la fecha del censo, será la base de todos los productos cartográficos, incluidos los mapas de referencia, los mapas temáticos de los resultados del censo y los extractos que se difundirán. Todos los resultados censales que se tabulan de acuerdo con el empadronamiento se referirán a las unidades en esta base, lo que significa también que toda la documentación y los metadatos se han de verificar exhaustivamente, de manera tal que, en el futuro, la oficina de censos pueda responder a cualquier pregunta acerca de los datos. Las copias de esta base de datos de referencia deben archivar en un lugar seguro tan pronto como estén completas.

6.15. Para las oficinas nacionales de estadística que tienen un programa cartográfico permanente, la copia de la base de datos servirá como fundamento para la actualización periódica durante las actividades intercensales. Las ventajas de un programa de este tipo se examinan a continuación.

4. Mantenimiento de la base de datos: ventajas de un programa cartográfico permanente

6.16. Como ya se dijo antes en este *Manual*, los beneficios de un programa digital de cartografía censal solamente compensarán su costo si la base de datos resultante se utiliza en muchas aplicaciones, además de las tareas básicas de un censo. Todos estos beneficios podrán concretarse únicamente si la base se mantiene actualizada, de modo que las ulteriores actualizaciones para sucesivos censos han de requerir, proporcionalmente, menos recursos. Sólo se logrará preparar una base de datos que cubra el mayor número de usuarios posible y se aprovecharán al máximo los datos digitales existentes en empadronamientos posteriores si hay un alto grado de continuidad en el programa nacional de cartografía censal, continuidad que asegurará el mantenimiento de la inversión inicial realizada en la creación de la base de datos.

6.17. Una consideración importante es que la oficina de cartografía censal debe iniciar el mantenimiento de la base de datos inmediatamente después del censo, lo que entraña la continua actualización de límites y otras características a medida que se obtiene nueva información. Durante el período intercensal, se debe poner en práctica un sistema de control de las sucesivas versiones que especifique la forma en que se realizan y documentan las modificaciones a la base de datos. Por ejemplo, sólo un funcionario, o un pequeño grupo del personal, debería estar autorizado para modificar la base maestra, evitando así que diferentes funcionarios realicen cambios en las distintas versiones de la base que después tendrán que conciliarse.

6.18. Durante el período intercensal, la oficina de cartografía censal debería seguir las tendencias vigentes y adoptar métodos actualizados, al igual que otras oficinas semejantes. Esto fundamentará las nuevas inversiones que se realicen en equipos y programas informáticos nuevos o mejorados. Puesto que la tecnología cambia tan rápidamente, quizás haya que realizar inversiones periódicas para asegurar la alta calidad de las operaciones censales en el período intercensal.

6.19. La preparación de datos cartográficos digitales requiere conocimientos especializados sobre uso de computadoras, además de conceptos geográficos y programas informáticos especializados. Es costoso capacitar al personal en los conceptos y tareas geográficos, excepto los más básicos y, por lo tanto, para que un programa

de cartografía censal sea exitoso, la continuidad del personal es un factor crucial. La oficina de censos debe establecer un grupo de personal básico encargado del mantenimiento de la base de datos en el período intercensal, así como de los servicios geoespaciales para otras aplicaciones estadísticas, como las encuestas muestrales, y de la preservación de la memoria institucional. Así se facilitará la operación de las aplicaciones censales de los SIG en el empadronamiento siguiente. Este grupo puede, por ejemplo, capacitar a los temporeros contratados para realizar tareas de digitalización o en el terreno y si se lo retiene también se reducirán los gastos que supone contratar expertos en datos geoespaciales que, además, necesitarían algún tiempo para integrarse cabalmente en los procedimientos de cartografía censal (en el capítulo II figura una consideración detallada de cuestiones de recursos humanos).

6.20. Cabe subrayar una vez más la máxima importancia de adoptar una perspectiva a largo plazo para las actividades de cartografía censal. Los recursos adicionales que insume el mantenimiento de capacidades cartográficas de la oficina nacional de estadística en los períodos intercensales se justificará plenamente por los beneficios de adoptar una estrategia a largo plazo.

C. Divulgación de productos geográficos censales

6.21. Con frecuencia, las oficinas nacionales de estadística no prestan la debida atención a la divulgación, pese a que ésta es la manera más importante de educar al público y obtener apoyo para otras actividades. Cabe destacar nuevamente que toda oficina nacional de estadística debería determinar desde el inicio del proceso cuál es la gama de productos y servicios que ha de ofrecer, incluidos su estructura y su formato. A continuación se consideran cuestiones relativas a planificar la divulgación de información, y cuestiones de preservación del carácter privado de ciertos datos y su publicación, así como de actualización, difusión y educación.

1. Planificación de la divulgación de datos

6.22. Tanto la definición de los productos cartográficos como la programación de su divulgación deben coordinarse muy bien con el cronograma de todo el proyecto censal. Para tabular los datos censales, quizás se necesite información cartográfica proveniente de la dependencia de geografía censal y, recíprocamente, los mapas temáticos y las bases de datos geográficos digitales sólo pueden completarse una vez finalizado el procesamiento de los datos censales.

6.23. La elección de los productos adecuados debe estar guiada por una evaluación detallada de las necesidades de los clientes, es decir, se necesita una investigación de mercado, que debe realizarse en las primeras etapas de la planificación del censo. Estos planes para la divulgación de los productos deben realizarse con mucha anticipación y deben publicarse ampliamente, para obtener información de los propios usuarios.

6.24. Es útil crear un grupo consultivo integrado por representantes de los grupos de usuarios más importantes, que pueda asesorar a la oficina nacional de estadística. Sus funciones no tienen que limitarse a la etapa de planificación, sino que podrían constituir un mecanismo oficial u oficioso permanente para el intercambio de ideas entre la oficina nacional de estadística y los usuarios de los datos. Los ejemplos de la aplicación de estadísticas censales de zonas pequeñas en la introducción de este *Manual* indican los múltiples usuarios que debe considerar la oficina de censos cuando evalúa las necesidades.

6.25. La definición de los productos no puede basarse solamente en las preferencias de los usuarios en ocasiones anteriores. Las necesidades cambian, en parte porque se va modificando la capacidad técnica de los usuarios. Rara vez pudieron obtenerse productos y servicios de bases de datos digitales después de los censos de la última serie pero, en la actual, serán uno de los resultados más importantes. Si bien en muchos países la demanda de mapas impresos puede ser mayor que los pedidos de información digital, esta situación está cambiando, a medida que se va generalizando cada vez más la distribución de mapas por vía electrónica. En consecuencia, la oficina de cartografía censal debe ser flexible para responder a las cambiantes necesidades y los pedidos especiales de los usuarios.

6.26. Cuando se planifica la estrategia de producción, es recomendable que se consideren varios años futuros. Por ejemplo, la Internet se ha convertido en un importante cauce para la distribución de datos, incluso en países pobres, debido a la ampliación en todo el mundo de las infraestructuras de comunicaciones. Además, surgirán nuevos círculos de usuarios a medida que se creen nuevos productos. Por ejemplo, las empresas de teléfonos móviles tratan de obtener datos demográficos georreferenciados cuando planifican la instalación de torres de transmisión u otros elementos de infraestructura. A fin de aumentar las ventajas que entraña para la sociedad la reunión de datos censales, la oficina de censos puede buscar activamente grupos de posibles clientes nuevos y presentarles sus productos. Una manera efectiva de lograrlo en todas las dependencias del gobierno y entre usuarios de datos de entidades no gubernamentales es mediante la participación en la infraestructura nacional de datos espaciales.

6.27. Además, la oficina de censos debería tratar de estimar el volumen de la posible demanda de sus productos y servicios, lo que posibilitará evaluar en cierta medida la infraestructura necesaria para atender las demandas de los clientes, una tarea difícil porque la demanda puede aumentar a medida que se crean nuevos productos y los nuevos usuarios los van conociendo y van percatándose del potencial que tienen para satisfacer sus propias necesidades. En consecuencia, la oficina de censos debe estar preparada para hacer frente a una demanda creciente, a medida que van apareciendo los productos. Conviene definir con claridad y anticipación cuáles son las necesidades de los usuarios que **deben** satisfacerse (es decir, hay una obligación jurídica de satisfacerlas), cuáles **deberían** atenderse (dentro del concepto de brindar servicios de buena calidad al cliente) y cuáles **no** se atenderán (debido a limitaciones en los recursos). Un conjunto claro de prioridades también facilitará la elaboración de un cronograma de distribución de los productos y servicios censales.

6.28. Se alienta decididamente a las oficinas nacionales de estadística a que ofrezcan al público tan ampliamente como sea posible los resultados, productos y servicios censales, adoptando una política abierta de divulgación de datos —es decir, de acceso gratuito o de bajo costo a los datos—, la cual puede ayudar a reducir la cantidad de trabajo de la oficina. En los países donde los datos se obtienen en forma gratuita, los proveedores de servicios del sector privado quizás puedan satisfacer las necesidades especiales de algunos usuarios y la oficina de censos se concentrará en los usuarios a los cuales tiene obligación jurídica o institucional de servir.

6.29. Algunos productos de datos geográficos censales serán necesarios para uso interno y oficial, como los archivos de equivalencia, las mapotecas de referencia y productos especiales, como los mapas de distritos electorales. En algunos países, la oficina de censos puede estar obligada, por ley, a producir determinados elementos cartográficos, que quizás tengan que elaborarse periódicamente o a pedido, por ejemplo, de algún ministerio del poder ejecutivo, o del Parlamento.

6.30. Se diseñarán otros productos más genéricos para distribuirlos en forma más amplia entre usuarios de los sectores estatal y privado y el público en general.

La oficina de censos debería tratar de aprovechar la mayor cantidad posible de cauces de distribución, y satisfacer múltiples necesidades de los usuarios publicando los análisis, además de los datos y los resultados. Más adelante se ofrecen algunos ejemplos de tales análisis espaciales.

6.31. En las secciones que siguen se examinarán varios productos censales y opciones de divulgación, entre ellos los productos requeridos, los mapas temáticos en papel o en formato digital, la divulgación de las bases de datos cartográficos digitales, los atlas digitales de censos y la cartografía difundida por la Internet. Para muchos de estos productos se requiere una cabal formación en las técnicas de la cartografía temática. En este capítulo, sólo se estudian cuestiones generales, pero en el anexo IV se ofrece un panorama más detallado del diseño de mapas temáticos.

2. Consideraciones sobre la divulgación y el carácter privado de algunos datos: el problema de la diferenciación

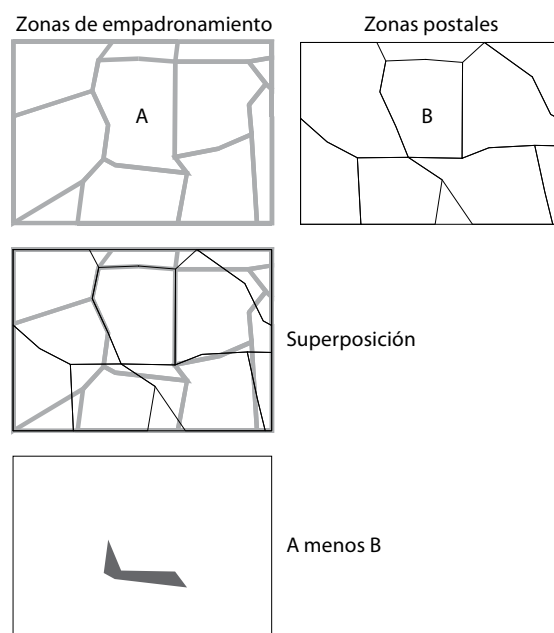
6.32. La oficina nacional de estadística debería tener presente que la preocupación del público por mantener el carácter privado de la información personal ofrecida al centro puede afectar la divulgación de datos. En las directrices de las Naciones Unidas se indican las normas para mantener el carácter privado de cierta información aportada por los individuos (véase, por ejemplo, Naciones Unidas, 2008).

6.33. Varios organismos públicos y usuarios externos pueden necesitar datos censales de diferentes conjuntos de unidades geográficas pequeñas. Por ejemplo, algunos organismos utilizan las zonas postales o sanitarias de pequeña magnitud como principales unidades informantes. Para satisfacer las necesidades de estos usuarios, la oficina nacional de censos podría distribuir la información de varios conjuntos de zonas geográficas pequeñas cuyos límites han sido definidos independientemente los unos de los otros. Si se publicaran los límites y los cuadros de datos de dos o más conjuntos de zonas, el usuario dotado de conocimientos de tecnología de la información podría utilizar operaciones con datos geoespaciales y manipular cuadros para derivar estadísticas censales de zonas geográficas muy pequeñas. Los recuentos del censo para estas unidades nuevas pueden no alcanzar el valor mínimo de divulgación de la oficina, un problema que se denomina de “diferenciación” en la divulgación de información estadística (véase Duke-Williams y Rees, 1998).

6.34. Este problema no se plantea cuando los límites se superponen de manera irregular, salvo cuando una de las zonas de superposición tiene valores cero. En la mayoría de los casos, el usuario no puede estar seguro de que un valor cero es realmente correcto, porque las oficinas de censos suelen utilizar un “valor de perturbación” o una codificación amplia (dar un intervalo como “<10” en lugar del pequeño valor exacto) para evitar que los usuarios deriven las características exactas de grupos reducidos de personas en zonas de poca población.

6.35. Pero el problema de la diferenciación puede surgir cuando una zona de un conjunto de zonas geográficas se superpone con una zona de otro conjunto o encaja dentro de ella, y el usuario tiene cuadros de datos de ambos conjuntos. Por ejemplo, la zona postal B en el gráfico VI.2 se superpone con la zona de empadronamiento A. Si se traslapan los dos conjuntos de límites, se puede determinar la zona geográfica que está en A pero no en B. Usando los cuadros de datos, es posible derivar datos censales de las personas residentes en esta pequeña zona, simplemente restando los recuentos de la zona B de los correspondientes a la zona A, y es muy probable que la cifra obtenida no satisfaga los valores mínimos de divulgación, aun cuando los recuentos de cada zona por separado superen dichos valores mínimos.

Gráfico VI.2

El problema de la diferenciación en la divulgación de información estadística

6.36. Para evitar problemas en la divulgación de los datos, la oficina de censos debería pasar revista minuciosamente a los límites de otras geografías censales. En los casos en que podrían plantearse problemas de diferenciación, hay que tomar otras medidas de protección. Duke-Williams y Rees (1998) analizan el problema de la diferenciación en detalle y, sobre la base de sus experimentos, ofrecen algunas recomendaciones para solucionarlo:

- Usar los niveles mínimos para los cuadros. Es posible proteger más los datos introduciendo perturbaciones leves de sus valores en zonas muy pequeñas, o utilizando intervalos en lugar de valores exactos para recuentos pequeños. Esto reducirá el riesgo que conlleva publicar los datos censales de más de un conjunto de unidades pequeñas.
- La geografía censal principal que se elija para la distribución debe tener la mayor utilidad general posible. Por ejemplo, si la mayoría de los organismos del país utilizan zonas administrativas pequeñas como su referencia primaria, hay que publicar los datos censales de esas unidades.
- El riesgo que entraña publicar datos basados en geografías alternativas cuyas zonas son mucho más grandes que las unidades censales primarias es muy pequeño. Aun si pueden plantearse problemas de diferenciación en estos casos, no es probable que los recuentos resultantes sean inferiores al nivel mínimo de seguridad.
- Si dos geografías censales de aproximadamente el mismo grado de resolución son muy similares —es decir, si muchos límites son los mismos—, habrá más riesgo de que surjan problemas de diferenciación que en el caso en que los límites son muy diferentes.
- Es posible reducir los problemas de diferenciación si la oficina nacional de estadística puede fijar límites administrativos estadísticos estandarizados con coordenadas conocidas y un nivel conocido de generalización de las líneas de delimitación.

3. Comercialización de los productos y servicios geográficos censales

6.37. Dada la gran magnitud y la creciente demanda de datos censales desagregados, la oficina nacional de estadística debería considerar medios para agilizar el acceso de los usuarios a sus productos y servicios. Pueden adoptarse estrategias a fin de desarrollar la capacidad interna de la institución para satisfacer las necesidades de los usuarios o aprovechar los servicios de expertos externos a la institución. Siempre que esto sea aplicable, la oficina nacional de estadística debería desarrollar capacidad interna para distribuir sus propios datos y análisis, de manera que solamente tenga que recurrir a entidades externas, como empresas comerciales, cuando la eventual demanda supere su capacidad de divulgación.

6.38. Al considerar la opción entre vender los datos o proporcionar acceso gratuito, las oficinas nacionales de estadística deberían encontrar un equilibrio entre la generación de ingresos y la ampliación de la base de usuarios de datos. Los países que procuran recuperar parte de los costos de crear bases de datos geográficos censales y con mucha demanda comercial de datos estadísticos de zonas pequeñas podrían estudiar la posibilidad de celebrar un acuerdo de comercialización con un proveedor privado de datos, que puede ser un distribuidor local de los productores de los principales programas de SIG que, en su mayoría, producen y venden conjuntos de datos de SIG sobre muchos temas, lo que en parte es otra fuente de ingresos y en parte una forma de facilitar el uso de sus productos informáticos mediante la oferta de conjuntos de datos en el formato de esos programas. Estos proveedores privados a veces colaboran con organismos nacionales de cartografía y estadística para producir bases de datos de SIG diseñadas profesionalmente.

6.39. Para la oficina nacional de estadística, esto tiene algunas ventajas. Los proveedores de programas electrónicos y datos pueden aportar conocimientos técnicos y posiblemente recursos informáticos a la creación del programa de distribución de la base de datos geográficos, a cambio de un porcentaje de los ingresos producidos por las ventas. Los proveedores internacionales también pueden acrecentar la distribución de datos geográficos nacionales. La demanda desde otros países puede provenir de compañías que operan internacionalmente o de académicos que estudian el país.

6.40. Un problema que puede surgir cuando se trabaja con un proveedor de programas comerciales es que puede querer distribuir los datos solamente en su formato patentado. La oficina de censos debe asegurarse de que los usuarios que deseen utilizar otro formato también puedan tener acceso a los datos. Ya se han mencionado las desventajas de la distribución comercial. Las oficinas nacionales de estadística deberían proceder con suma prudencia en cuanto a asignar derechos de comercialización a una compañía privada, pues, de hacerlo, no podría distribuir datos sin cargo o a un costo muy bajo. Si el objetivo es lograr que la distribución sea lo más amplia posible, es preferible que el organismo mismo se encargue de crear y distribuir las bases de datos.

6.41. Otros posibles asociados en la distribución son las universidades u otras entidades públicas que divulgan información. En todos los casos, hay que concertar un acuerdo claro de comercialización y distribución de las ganancias para evitar problemas más adelante. La oficina de censos debe evaluar minuciosamente el valor de mercado de sus datos en relación con los costos de producción, publicidad y venta, para asegurarse de que la asociación —pública-privada o pública-pública— se base en un acuerdo equitativo y beneficioso para ambas partes.

4. Actividades de difusión, extensión y educación

6.42. Sería conveniente que la oficina nacional de estadística elaborase un plan de difusión para asegurarse de que la mayor cantidad posible de gente sepa que los datos están a su disposición, y para que haya una distribución generalizadas de datos censales georreferenciados. Parte de este plan podría ser preparar folletos impresos y carteles con los mapas del censo, que se podrían distribuir entre escuelas, universidades, empresas comerciales y oficinas públicas nacionales y locales. La oficina de censos también podría organizar en todo el país una serie de seminarios regionales para los usuarios. En estos seminarios, el personal de la oficina puede explicar a muchos posibles usuarios cómo se utilizan los programas cartográficos gratuitos o de bajo costo para el análisis de los datos censales.

5. Lista de posibles productos

6.43. A continuación se describen los diversos productos que la oficina nacional de estadística debería publicar cuando se haya llevado a término el empadronamiento, entre ellos, archivos de equivalencia y de comparabilidad, archivos de nomenclátors y centroides, y mapas temáticos.

a) Archivos de equivalencia y de comparabilidad

6.44. Ya se ha dicho antes que la elaboración de estos archivos es una de las responsabilidades principales de la oficina de cartografía censal después del empadronamiento. Además del uso inmediato que tienen para la tabulación de los datos censales, los archivos de equivalencia son, en sí, un producto. Los usuarios pueden necesitar información sobre cuáles zonas de empadronamiento pertenecen a una determinada región estadística o administrativa, o sobre las unidades estadísticas de zonas pequeñas que componen una unidad informante a un nivel más alto de agregación.

6.45. Los archivos de equivalencia deben publicarse tanto en papel como en formato digital. La mayoría de los usuarios que trabajan con datos censales digitales, ya sea referenciados geográficamente o tabulares, se verán beneficiados si estos archivos tienen un formato que pueda leerse en una computadora, porque en ese caso pueden usarse directamente en las operaciones de bases de datos.

b) Mapoteca de referencia

6.46. Además de los archivos de equivalencia, la oficina de censos también debe producir mapas de referencia de todas las unidades informantes. En algunos países, la oficina de cartografía censal debe, por ley, producir estos mapas para que los utilicen los funcionarios estatales y el público en general.

6.47. Los mapas de referencia pueden divulgarse en formato digital, como archivos gráficos sencillos, en Postscript o en PDF, pero no todos los usuarios podrán utilizarlos y habrá que proporcionar también, según se solicite, conjuntos completos de mapas de referencia en papel.

6.48. Los mapas de referencia deben ir acompañados de sendas descripciones detalladas de las definiciones de la zona geográfica de cada censo. Un buen ejemplo de documentación integral de un mapa de referencia es el “Manual de referencia de las zonas geográficas”, producido por la Oficina de Censos de los Estados Unidos, que se encuentra en la Internet (véase www.census.gov/geo/www/garm.html).

c) Nomenclátore y archivos centroides

6.49. Aunque, por regla general, la producción de nomenclátore —listas de nombres de lugares y su ubicación geográfica— está a cargo de la oficina nacional de cartografía, un programa nacional en gran escala con fines censales puede proporcionar información básica mejorada o actualizada para la elaboración de un nomenclátor nacional. En algunos países, donde no hay otra fuente para estos datos, el nomenclátor puede ser uno de los productos requeridos en un proyecto de cartografía censal. Si este proyecto ha aprovechado los datos reunidos por medio del GPS, la elaboración de un nomenclátor de todos los lugares geográficos sería una tarea sencilla. Un nomenclátor puede incluir los nombres de todos los lugares poblados, junto con las variaciones en los nombres, las latitudes y longitudes, los códigos administrativos y las respectivas poblaciones.

6.50. Un nomenclátor debe almacenarse y distribuirse en formato digital, lo cual posibilita el uso directo de coordenadas e información sobre los nombres en un SIG. También será útil elaborar un sistema sencillo de consulta, en el cual los usuarios puedan pedir las coordenadas de un lugar determinado, como un poblado en una provincia dada. Esos datos pueden ofrecerse por conducto de la Internet utilizando una entrada directa a la base de datos. Otro posible producto censal son los archivos digitales de datos sobre límites. A continuación se considerarán esos productos.

6. Mapas temáticos para publicación

a) El poder de los mapas

6.51. Antes de examinar los tipos de mapas temáticos que pueden producirse para publicaciones de los censos, conviene recapitular las razones por las cuales son sumamente útiles para presentar los resultados del censo:

- Comunican un concepto o una idea.
- Con frecuencia tienen como finalidad respaldar el texto informativo. Es difícil explicar algunos conceptos con palabras y un mapa o elemento gráfico puede ayudar a explicar cuestiones complicadas.
- Suscitan curiosidad en el observador y sirven de punto de atracción visual en las páginas de un informe. Llamarán la atención del lector y lo alentarán a leer el texto que los acompaña.
- Sintetizan gran cantidad de información en forma concisa. Es difícil igualar la capacidad que tiene un mapa para representar no solo cantidades enormes de números, sino también de información sobre la relación espacial entre observaciones. Un mapa a nivel nacional de la densidad de población de China o de los Estados Unidos, por ejemplo, puede mostrar más de 3.000 valores. Se puede imprimir este mapa en una hoja de tamaño carta sin desmedro de la claridad. Sería complicado poner 3.000 números en una hoja de este tamaño y, aun si se pudiera, habría menos información, por ejemplo, sobre los lugares del país donde se agrupan los valores bajos y los altos.
- Pueden usarse para descripciones, investigaciones, confirmaciones, tabulaciones y hasta con fines decorativos. Los mapas cumplen muchas funciones. Los de presentación en los informes censales suelen ser descriptivos. Simplemente presentan los resultados del censo, con o sin comentarios. Pero un demógrafo o un geógrafo que use los datos del censo podría recurrir a los mapas para estudiar las relaciones entre diferentes variables, como la esperanza de vida y la tasa de alfabetización. En el informe final, los mapas de

estas variables podrían usarse junto con el texto y los cuadros para respaldar los resultados obtenidos por el analista. Por ende, el mapa se convierte en un instrumento para confirmar los resultados que pueden, o no, obtenerse mirando el mapa solamente. Los mapas también pueden usarse sencillamente para determinar existencias, por ejemplo, para mostrar todas las escuelas o centros de salud de un país. Sin duda, esta determinación conduce rápidamente al análisis porque, por ejemplo, indica las zonas que no tienen suficientes servicios públicos. Por último, los mapas son populares porque son atrayentes; basta con observar la gran cantidad de mapas en las paredes de las oficinas. Muy poca gente cuega gráficos estadísticos o cuadros de cifras.

- Propician las comparaciones. Sean descriptivos o exploratorios, la finalidad primordial de los mapas temáticos es comparar elementos en el espacio geográfico. Se pueden hacer muchos tipos de comparaciones:
 - Entre diferentes zonas en el mismo mapa: ¿dónde son mayores las densidades de población?
 - Entre diferentes mapas: la mortalidad infantil, ¿es más alta en los distritos de la provincia A o de la provincia B?
 - Entre diferentes variables en la misma zona: ¿dónde y cuánto difieren las tasas de alfabetización de los hombres y las mujeres en los distritos?
 - Entre mapas de diferentes períodos: ¿ha disminuido la tasa de fecundidad desde el último censo?

b) Elaboración de mapas temáticos a partir de datos censales

6.52. La adopción de tecnología geoespacial para los procedimientos censales posibilita un enfoque de los mapas bien diferente de la cartografía tradicional o convencional. Utilizando una computadora es posible generar rápidamente mapas en la pantalla y así se apoya una modalidad de trabajo óptima para validación, exploración y análisis de las pautas de datos y los datos —cuestiones conocidas cada vez más como “geovisualización”—, que deriva de principios establecidos de producción y presentación de mapas. Se define como la creación y utilización de representaciones visuales para facilitar el pensamiento, la comprensión y la construcción de conocimientos acerca del medio ambiente humano y físico, utilizando escalas geográficas de medición (Longley y otros, 2005).

6.53. Los mapas en pantalla se denominan a veces “mapas virtuales”, para distinguirlos de los elaborados en papel o impresos, aunque las distinciones entre mapa virtual y mapa impreso se están atenuando cada vez más. En el caso de un censo, no es necesario prestar demasiada atención al diseño tradicional en las primeras etapas del proyecto de cartografía, pues se hace hincapié —como se explicó en el capítulo III— en la creación y la verificación de la base de datos. Aun para los mapas de las zonas de empadronamiento, que muestran las características más importantes de la zona de trabajo del empadronador, normalmente se emplea un diseño cartográfico relativamente sencillo.

6.54. Sin embargo, una vez que se han compilado los datos, la oficina de censos generalmente deseará producir con fines de publicación mapas que ilustren los resultados y acompañen los informes que se publiquen. Estos mapas están dirigidos a un público más amplio y no especializado. Es por ello que deben diseñarse con mucho más cuidado, en caso de que se los imprima como libro, se los presente en un CD-ROM o se los remita a un sitio en la Internet.

6.55. En el cuadro VI.2 se presenta una lista de posibles mapas temáticos que pueden incluirse en un atlas censal o un sitio en la Internet de la oficina censal. Se podrían considerar muchos otros tipos de mapas para publicaciones sobre temas especiales o para subrayar aspectos interesantes de los resultados de un censo en las diversas regiones del país. Así como las tabulaciones de datos pueden desagregarse por sexo, grupo de edad o zonas urbanas/rurales, los mapas censales también pueden dividirse en componentes de población. También resultan ilustrativos los mapas que muestran comparaciones a lo largo del tiempo, si se cuenta con indicadores de censos anteriores (en el anexo V figura un panorama general de los principios de la cartografía temática).

6.56. Los mapas censales para publicación se producirán, por lo general, escogiendo unidades estadísticas con un nivel de agregación bastante alto. Una oficina de censos puede producir mapas nacionales generales que muestren la distribución de los indicadores por provincia por o distrito, así como mapas más detallados de cada provincia. Para las zonas urbanas principales, se pueden elaborar mapas muy detallados con datos de los bloques censales o de las zonas de empadronamiento.

6.57. Los programas informáticos de cartografía y de SIG para computadoras de escritorio ofrecen una gran cantidad de funciones; muchos editores de mapas comerciales han optado por técnicas de producción completamente digitales. Aun así, los productos cartográficos de alta calidad requieren mucha experiencia y conocimientos especializados. Las herramientas de estos sistemas informáticos no sustituyen la formación en cartografía. De hecho, como hay muchos programas cartográficos de fácil utilización, han proliferado mapas que trasgreden muchos principios de la cartografía. Al comienzo, esto sucedía por la falta de funciones cartográficas adecuadas en los programas de SIG. Pese a los adelantos en cuanto al poder y la flexibilidad de los programas de SIG, las personas con escasa o ninguna capacitación en técnicas cartográficas tal vez sigan tropezando con dificultades para preparar mapas correctos.

6.58. En la mayoría de las oficinas de censos habrá cartógrafos profesionales a cargo de la producción de los mapas que se publicarán y distribuirán, quienes no tendrán demasiadas dificultades para elaborar mapas de alta calidad en la computadora después de recibir una breve capacitación en técnicas de cartografía digital.

6.59. Debido a la gran difusión que tienen los programas informáticos de cartografía y de SIG, hay especialistas en determinadas materias que producen mapas temáticos pero que tienen muy poca o ninguna capacitación en los principios de diseño cartográfico. Por este motivo, en el anexo V figura una síntesis de las técnicas de cartografía temática. La información que contiene este anexo debería interesar al personal de cartografía y a quienes, tanto dentro como fuera de la oficina de censos, elaboran mapas a partir de bases digitales de datos espaciales sólo de cuando en cuando. Pueden encontrarse otras excelentes referencias sobre cartografía temática y cartografía en general en Robinson y otros (1995), en Kraak y Ormeling (1997), y en Dent (1999). MacEachren (1994) elaboró un útil manual básico sobre cartografía temática, específicamente orientado a los usuarios de SIG que tengan muy poca formación en cartografía. Son cada vez más comunes las guías de diseño preparadas especialmente para mapas de SIG (véanse, por ejemplo, Krygier y Wood, 2005, y Brewer, 2005).

c) Atlas digitales para los censos

6.60. Mientras una base de datos de SIG más genérica está orientada a usuarios que tienen una formación considerable en estos sistemas, un atlas digital de un censo está dirigido al público en general, a las escuelas y a otros usuarios carentes de experiencia. A continuación se consideran dos métodos para producir atlas digitales

Cuadro VI.2

Posibles mapas temáticos para atlas censales

Categoría/título del mapa temático
Dinámica y distribución de la población
Variación porcentual de la población en el período o los períodos intercensales
Tasa media de crecimiento anual
Densidad de población (personas por kilómetro cuadrado)
Población urbana como porcentaje del total de la población
Distribución y tamaño de las ciudades y poblados principales
Inmigración, emigración y tasas netas de migración
Personas nacidas en el país y nacidas en el extranjero
Personas nacidas en otra división o distrito del país
Características demográficas
Proporción entre hombres y mujeres (hombres por cada 100 mujeres), acaso ordenados por grupos de edades
Porcentaje de la población entre 0 y 14 años de edad
Porcentaje de la población entre 15 y 64 años de edad
Porcentaje de la población de 65 o más años de edad
Porcentaje de la población femenina en edad de procrear (15 a 49 años)
Índice global de dependencia (porcentaje de la población de entre 0 y 14 años de edad y de 65 o más años, en relación con la población de entre 15 y 64 años de edad)
Estado civil
Tasa de natalidad
Tasa de fecundidad total
Edad media al contraer matrimonio por primera vez
Tasa de mortalidad
Tasa de mortalidad de menores de 1 año
Esperanza de vida al nacer
Porcentaje de discapacitados
Características socioeconómicas
Porcentaje de niños que no asisten a la escuela primaria
Tasa de alfabetización de adultos (15 o más años de edad)
Cantidad media de años de escolarización (25 y más años de edad)
Tasa de analfabetismo de la población de 15 y más años de edad
Cantidad de población analfabeta de 15 y más años de edad
Nivel educacional de la población de 10 y más años de edad
Fuerza laboral como porcentaje de la población
Proporción de mujeres en la fuerza laboral de adultos
Porcentaje de la fuerza laboral por sector económico, tipo de ocupación y situación de empleo
Hogares y vivienda
Cantidad media de personas por hogar
Porcentaje de hogares que tienen por jefa a una mujer
Cantidad media de habitaciones por vivienda
Modalidad de tenencia (propiedad, alquiler, etcétera)
Tipo de materiales de construcción
Porcentaje de la población con acceso a vivienda adecuada
Porcentaje de la población con acceso a agua no contaminada
Porcentaje de la población con acceso a suministro de electricidad
Porcentaje de la población con acceso a instalaciones de saneamiento
Porcentaje de la población con acceso a servicios de salud

Fuente: Naciones Unidas (2008).

de los censos. Un atlas “estático” consta de un conjunto de mapas y otros materiales que ha preparado la oficina de censos; esencialmente, se trata de una presentación en la que el usuario puede cambiar el orden de aparición del contenido pero no puede modificarlo. En cambio, un atlas censal “dinámico” combina una base de datos de SIG y datos censales en un programa de cartografía sencillo. El usuario puede utilizar los datos para producir mapas de acuerdo con sus necesidades, los puede imprimir, o los puede incorporar en otras aplicaciones.

i) Atlas censales estáticos

6.61. Un atlas estático puede contener mapas, cuadros, gráficos, y posiblemente también productos de multimedios como fotografías o porciones de películas, en un entorno atractivo y de fácil utilización, y la presentación puede hacerse en un programa informático corriente, como una presentación de diapositivas en PowerPoint. Algunos programas de presentación de gráficos posibilitan producir una versión independiente, que se puede distribuir junto con otros programas gratuitos para poder visualizarlos. La mayoría de las presentaciones o gráficos también se pueden exportar al formato PDF, que puede distribuirse en medios informáticos o por la Internet. Los mapas se pueden producir en un programa de cartografía para computadoras de escritorio e incorporar al de presentación usando un formato de intercambio o simplemente con las órdenes de “cortar y pegar” (*cut and paste*) en el sistema Windows.

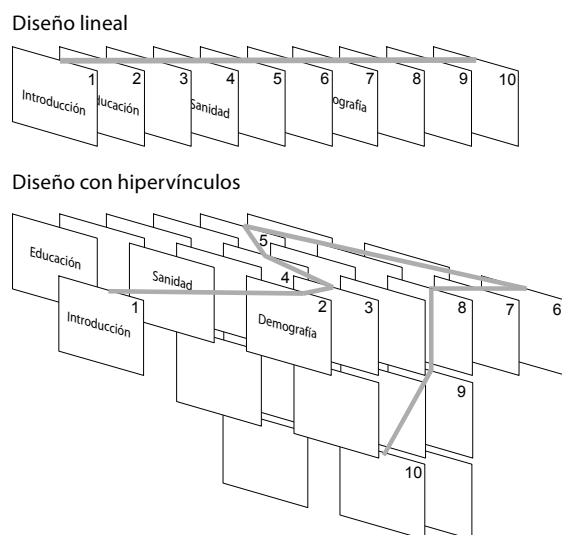
6.62. Otra plataforma de presentación es un buscador de Internet. La mayoría de los usuarios de computadoras pueden utilizar el buscador para visualizar archivos en la computadora o como contenido remoto. Los mapas y cualquier otro contenido gráfico se pueden incluir como imágenes en formato GIF o JPEG, que se pueden producir a partir de mapas de SIG. El diseño de la presentación puede ser lineal. El usuario ve una serie de mapas y gráficos que están dispuestos de modo de reflejar una secuencia coherente. Este diseño es adecuado cuando se trata de presentaciones relativamente cortas, pero para una secuencia larga será poco conveniente para el usuario verse obligado a ver muchas imágenes con material que posiblemente no le interese.

6.63. Los programas de presentación, en su mayoría, tienen sendas opciones de diseño más adecuadas, basadas en hipervínculos, que posibilitan saltar de una a otra de las diferentes secciones de la presentación. También posibilitan integrar otras fuentes e información que sólo interese a unos pocos usuarios. Por ejemplo, en una página que muestra un mapa de proyecciones de población de los distritos, se puede agregar un vínculo a un estudio metodológico que explique las hipótesis sobre las que se basó la proyección.

6.64. En el gráfico VI.3 se ilustra el concepto de hipervínculo y se lo compara con el de diseño lineal. En el diseño con hipervínculos se presentan varios temas paralelos, interconectados mediante vínculos según sea adecuado. Por ejemplo, las tres secuencias o capítulos paralelos que siguen a la página de la introducción (1) podrían tratar de indicadores de educación, salud y demografía. El usuario puede seguir un camino —indicado en el gráfico con una línea gris— comenzando por demografía (2), donde una de las imágenes (3) muestra un mapa, cuadros y gráficos de la proporción de la población de menos de 15 años. Desde allí, podría haber vínculos hacia mapas que muestren indicadores de salud infantil (4), centros educativos (5) y así sucesivamente.

6.65. La utilización de diseños con hipervínculos requiere una preparación muy cuidadosa de la presentación, dado que es muy fácil que los usuarios se pierdan después de transitar por una cierta cantidad de vínculos. Es importante incluir claros instrumentos de navegación en cada página, inclusive “señalización”, o vínculos que posibiliten que un usuario que se haya quedado estancado vuelva a encontrar su camino.

Gráfico VI.3

Opciones para la presentación de un atlas digital de un censo

6.66. Todos los que hayan usado la Internet estarán familiarizados con los hipervínculos. En lugar de utilizar un programa de presentación, un atlas estático también se puede expresar en el lenguaje HTML de buscador de la Internet. Los instrumentos de diseño de páginas web ofrecen bastante flexibilidad para el diseño de la base de datos del censo. Un instrumento que puede hacer que la presentación sea más interesante, por ejemplo, es un mapa sobre el que se pueda pulsar en los puntos de interés. La primera pantalla podría mostrar un mapa general del país, con instrucciones para pulsar en la provincia de interés y obtener así mapas más detallados en el nivel subnacional. La tecnología de la Internet también faculta para incluir contenidos de multimedia y vínculos con información que no está incluida en la presentación, por ejemplo, con otras partes de la página web de la oficina de censos o de otros organismos gubernamentales, a las que pueden llegar los usuarios que tienen acceso a la Internet.

6.67. Una ventaja de utilizar los instrumentos de diseño de la Internet es que el mismo atlas censal estático puede distribuirse en CD-ROM o disquete, y se puede ubicar en la página web de la oficina de censos al servicio de los usuarios de todo el mundo.

ii) Atlas dinámicos

6.68. Además de un atlas censal estático, se puede publicar un mapa y una base de datos digital, junto con los programas informáticos de cartografía que posibilitan producir mapas de indicadores censales según las necesidades del usuario. Es evidente que para esto el usuario necesitará tener ciertos conocimientos de cartografía. Un atlas dinámico de un censo incluirá archivos de límites digitales con menor nivel de resolución que toda la base de datos, para que se pueda dibujar con velocidad sin ocupar mucho el disco. El cuadro de atributos, estrechamente integrado, debe contener solamente unos pocos indicadores censales seleccionados. Las densidades y los coeficientes adecuados para la cartografía se deben haber calculado con anterioridad.

6.69. Este método satisfará las necesidades de los usuarios que no tienen los conocimientos técnicos ni la experiencia en SIG que se necesitan para hacer uso de toda la base de datos censales de SIG, pero que desean más flexibilidad para explorar y utilizar la información geográfica del censo que la que se obtiene con un atlas estático ya programado.

6.70. Desde luego, el problema es que estos usuarios pueden no disponer de un programa de SIG para computadoras de escritorio capaz de crear mapas. Entonces, se les debería proveer, junto con los límites y los datos, un programa de fácil utilización, que no requiera demasiada formación ni experiencia. Esencialmente, esta aplicación debería ser directa: después de la instalación el usuario debería poder crear mapas de inmediato.

6.71. Algunas oficinas de censos han elaborado programas internos de visualización y los distribuyen con sus productos censales. Pero el mantenimiento de estos programas es costoso y compromete recursos que podrían dedicarse a la producción o la difusión de datos. Algunos proveedores de SIG han comenzado a vender instrumentos que se pueden combinar para producir aplicaciones personalizadas o para integrar las funciones de SIG en otros programas (por ejemplo, en aplicaciones de planillas electrónicas o de bases de datos).

6.72. Como alternativa, se dispone actualmente en forma gratuita de varios conjuntos informáticos para mapas que pueden distribuirse con una base de datos (véase el capítulo III, donde figuran mayores detalles).

6.73. Algunas empresas comerciales proveedoras de SIG también ofrecen programas de visualización sin cargo y permiten que los usuarios distribuyan gratuitamente estos sencillos sistemas, proporcionando un conjunto informático para distribución de bases de datos. Un ejemplo es el conjunto informático producido por ArcGIS Explorer, de la compañía ESRI, con sede en Redlands, California (Estados Unidos). ArcGIS Explorer es una interfaz para datos cartográficos que se incorpora en los programas de ArcGIS.

6.74. La interfaz ArcGIS Explorer es fácil de usar y el sistema tiene funciones cartográficas básicas para producir mapas temáticos que se pueden exportar como mapas de bits o como metaarchivos de Windows. ArcGIS Explorer puede leer datos del disco duro local o de un CD-ROM. En las computadoras conectadas a la Internet, también puede mostrar datos que residen en sitios remotos. Las funciones analíticas son limitadas, pero el sistema posibilita diferentes tipos de consultas —interactiva o utilizando comandos tipo SQL— y la comparación de direcciones.

6.75. La documentación de un atlas censal dinámico debe incluir casi la misma información que debe acompañar a una base de datos de SIG más amplia, pero hay que diseñar el texto pensando en los usuarios no expertos. Hay que evitar utilizar la jerga técnica de SIG. Como no es muy probable que los usuarios utilicen la base de datos para aplicaciones demasiado avanzadas, la documentación debe centrarse más en la información sobre atributos y menos en detalles geográficos técnicos.

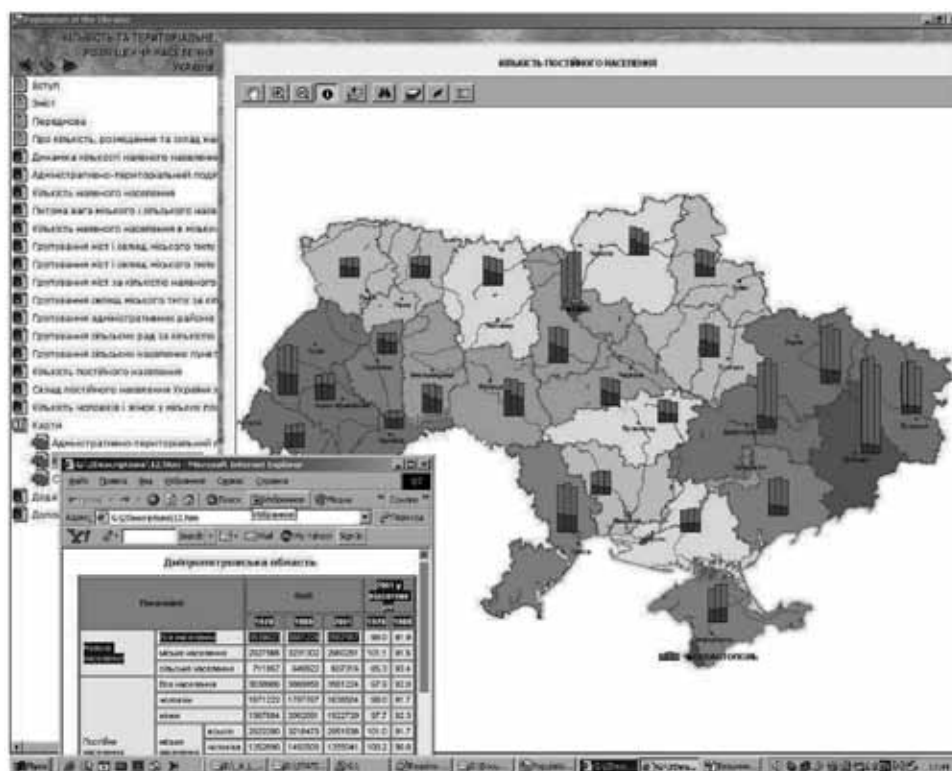
6.76. En el gráfico VI.4, que presenta un mapa preparado por el Comité Estatal de Estadística de Ucrania, se ilustra la utilización de elementos estadísticos y gráficos en una misma presentación cartográfica.

d) Técnicas de análisis espacial

6.77. Aunque a veces el análisis espacial se utiliza durante la etapa de empadronamiento (por ejemplo, la determinación de agrupamientos o caseríos puede ayudar a individualizar las unidades de vivienda comprendidas en el recorrido del empadronador), el principal uso de análisis espaciales es para los productos y los servicios censales. Varias técnicas, entre ellas amortiguación, interpolación lineal, análisis de configuraciones por puntos y cartogramas, ofrecen funciones que superan las de la cartografía temática estándar (cloroplética), y actualmente se dispone de muchos instrumentos en programas electrónicos tanto comerciales como de fuente abierta.

Gráfico VI.4

Una pantalla del Atlas dinámico de Ucrania



6.78. El supuesto previo subyacente a la utilización de los nuevos métodos de análisis espacial es la disponibilidad de datos de población con un más alto nivel “granular” (o de especificidad espacial) que los obtenidos anteriormente, a nivel de zona de empadronamiento, de configuración o agrupamiento de población u otros niveles de pequeñas superficies. Si los analistas u otros usuarios del SIG se proponen analizar la distribución espacial de la población o la cartografía demográfica u otras variables en relación con otros aspectos, ahora pueden utilizar diversas técnicas que van desde las simples indagaciones o consultas hasta las mediciones, las transformaciones, los resúmenes descriptivos y los modelos.

6.79. Longley y otros (2005) definen el análisis espacial como un conjunto de métodos cuyos resultados cambian cuando cambian las ubicaciones de los objetos que se analizan. A veces, se indica que el análisis espacial es “el aspecto medular del SIG” debido a que incluye métodos para convertir los datos en información. Puede utilizarse para responder a preguntas tales como: ¿Cuál es la relación espacial entre X e Y?; o ¿dónde pueden encontrarse características similares?; o ¿podría encontrarse un modelo que describiera las pautas generales y localizara las anomalías?

6.80. Algunas formas prevalentes de análisis espacial especialmente útiles para su utilización con datos de población se indican a continuación:

- Las “indagaciones” se consideran el tipo más básico de operaciones de análisis. Utilizan un programa de SIG para responder a preguntas simples planteadas por el usuario, sin necesidad de introducir cambios en la base de datos ni de producir nuevos datos. Con frecuencia, ésta es la primera etapa de un análisis en que se trata de crear un subconjunto de unidades, por ejemplo, lugares poblados dotados de ciertas características, de modo

que el usuario pueda verificar cuán típica es una observación, cotejándola con otras observaciones. Un ejemplo de una indagación utilizando datos censales geocodificados sería: “Selecciónense todos los poblados con más de 1.000 habitantes”. Seguidamente, es posible resumir los atributos de esos poblados, por ejemplo, comparar sus tasas de fecundidad total con las existentes en otros poblados más pequeños y aldeas, y presentar en mapas los resultados. La expresión “análisis exploratorio de datos” se refiere a investigar configuraciones y tendencias en los datos utilizando técnicas como la indagación.

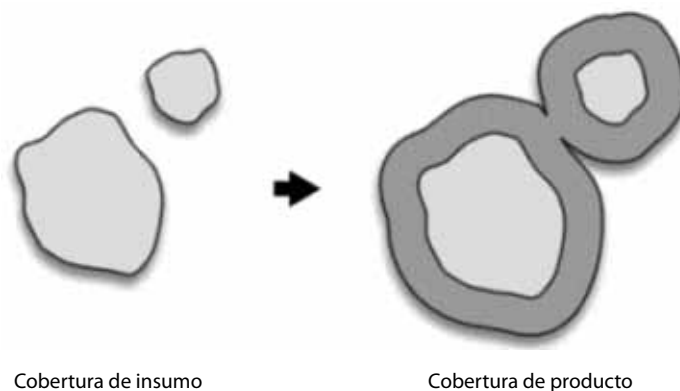
- Los análisis de mediciones utilizan las propiedades de los datos de población relativas a ubicación, incluidas las propiedades simples de objetos, como longitud, superficie o forma, así como las relaciones entre pares de objetos, por ejemplo, distancia o dirección, para describir aspectos de esos datos. Las “mediciones de distancia” se efectúan fácilmente con todos los programas de SIG, utilizando los centroides (o puntos centrales) de ciudades, poblados y aldeas. Por ejemplo, se puede efectuar un análisis para seleccionar aldeas ubicadas a más de un kilómetro de distancia de una escuela, una clínica o una fuente de agua. Luego esos datos pueden, a su vez, ser analizados utilizando la información de atributos para esos mismos lugares poblados.

6.81. En los dos primeros ejemplos, se indagaron o se midieron conjuntos de datos pero no se obtuvieron nuevos datos. Las transformaciones son métodos de análisis espacial que utilizan reglas geométricas, aritméticas o lógicas simples para crear nuevos conjuntos de datos. Las transformaciones pueden incluir operaciones que convierten datos de cuadrícula o datos de vectores o una corriente de coordenadas de GPS en una carretera o un límite.

6.82. De todas las técnicas de transformación, la mejor conocida y la más importante es la de “amortiguación”, que consiste en crear una nueva capa de datos determinando cuáles son las zonas ubicadas dentro de una cierta distancia especificada del original. También puede utilizarse amortiguación con respecto a puntos, líneas y polígonos (véase el gráfico VI.5), y la amortiguación puede ser ponderada en función de los valores de los atributos. La amortiguación puede utilizarse para confeccionar modelos de tiempos de viaje, por ejemplo, creando una “zona de captación” en torno a una característica particular, como una escuela o una clínica, con lo cual se obtiene una medición de la accesibilidad susceptible de volcarse en mapas que cubran la totalidad del país. O también pueden utilizarse datos de población junto con con-

Gráfico VI.5

Amortiguación de un objeto poligonal



juntos de datos de otro tipo, como una capa de datos que muestre terrenos susceptibles de inundación. Seguidamente, el análisis resultante puede individualizar las poblaciones y los asentamientos de viviendas que corren riesgos y podrían ser candidatos para programas de mitigación de desastres.

6.83. Otro ejemplo de una transformación es el análisis de “punto en polígono”, que determina si un punto está dentro o fuera de un determinado polígono. Esto puede utilizarse para comparar centroides de aldea geocodificados que estén dentro o fuera de zonas peligrosas, como el curso de tormentas tropicales o zonas sísmicas. El análisis de “superposición de polígonos” consiste en comparar las ubicaciones de dos capas diferentes de datos poligonales. Por ejemplo, es posible comparar entre sí los límites de dos distritos administrativos a fin de detectar y remediar errores en el proceso de empadronamiento sobre el terreno.

6.84. La “interpolación espacial” es un método de análisis espacial cuyo propósito es subsanar lagunas que hayan quedado entre distintas observaciones. Se utilizan diversos métodos, entre ellos ponderación de distancia inversa y *kriging*, a fin de estimar valores para sitios no incluidos en una muestra, sobre la base de la primera ley de Tobler, según la cual objetos próximos entre sí son más similares que objetos distantes. Al efectuar *kriging* se modelan las propiedades generales de una superficie a fin de estimar las partes de ello que faltan (en el gráfico VI.6 se ilustra de qué manera pueden derivarse líneas de contorno o curvas de nivel gracias a una interpolación lineal basada en imágenes satelitales).

6.85. Los polígonos de Thiessen son objetos espaciales utilizados para crear superficies en torno a datos de puntos, sobre la base de las distancias entre diferentes puntos organizados en un espacio bidimensional. En este método se supone que los valores de los datos que no proceden de muestreos son equivalentes a los valo-

Gráfico VI.6

Ejemplo de una interpolación lineal con creación de líneas de contorno o curvas de nivel

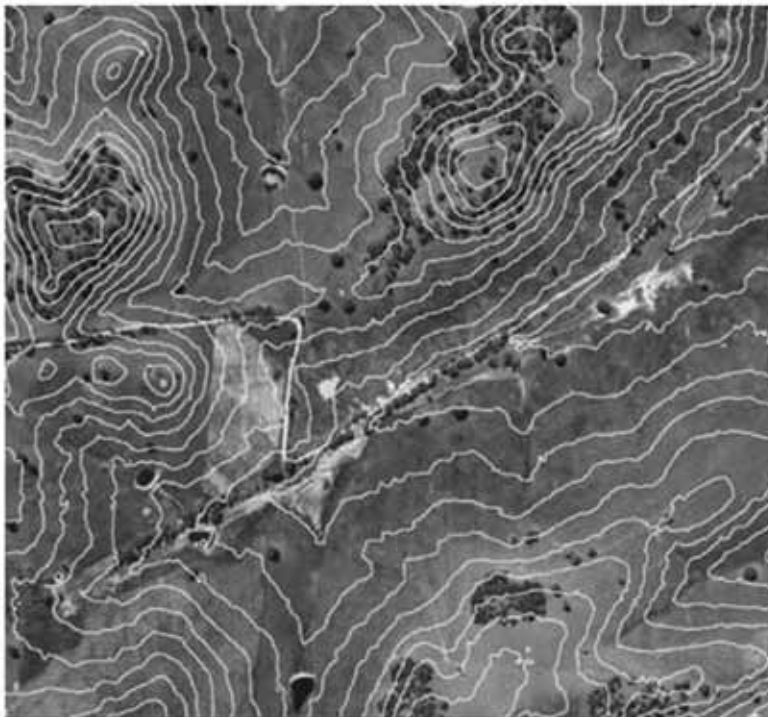
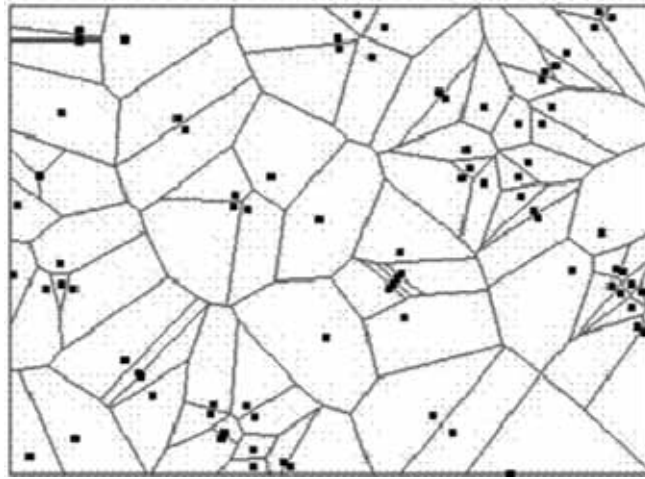


Gráfico VI.7

Ilustración de los polígonos de Thiessen

res de los puntos derivados de muestreos (en el gráfico VI.7 se ilustran los polígonos de Thiessen).

6.86. Los resúmenes descriptivos son un equivalente espacial de las estadísticas descriptivas (por ejemplo la desviación estándar y la media) que representan la esencia de un conjunto de datos expresándola en uno o dos números. Los “centros de población” son un equivalente bidimensional de una media estadística y a menudo se usan para visualizar el centro de población utilizando un promedio ponderado de coordenadas x e y correspondientes a puntos poblados. La “trama de puntos” o el “análisis por agrupamientos” considera la distribución de los puntos en el espacio, independientemente de sus ubicaciones reales, a fin de determinar si las pautas son aleatorias, están agrupadas o están dispersas. La estadística de Moran (entre 0 y 1) indica las propiedades generales de las pautas de atributos y puede utilizarse para detectar “lugares calientes” donde hay altos valores rodeados por valores también altos, o “lugares enfriados” donde los valores bajos están rodeados por otros bajos valores. Estos mecanismos son particularmente útiles para detectar también las poblaciones en situación de riesgo.

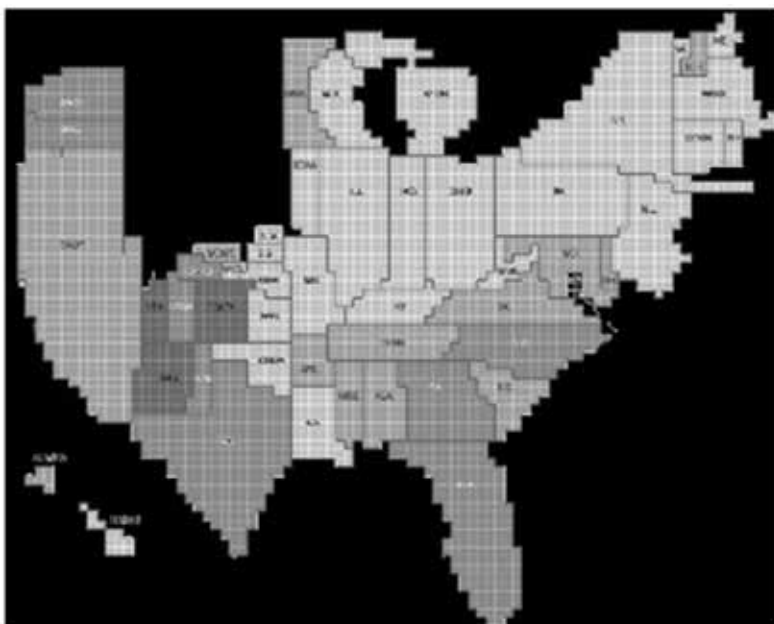
6.87. A veces se utilizan los “cartogramas” (véase el gráfico VI.8) para presentar resultados censales. En un cartograma, se expanden o se contraen los polígonos originales sobre la base del valor de sus atributos, por ejemplo, magnitud de la población o hábitos de votación. Actualmente, los analistas pueden obtener scripts y extensiones de ESRI y otras fuentes (por ejemplo, MAPresso en el sitio web www.mapresso.com) a fin de crear cartogramas a partir de sus capas de polígonos.

e) Cuestiones relativas a la producción y la publicación de mapas:
tipos de productos

6.88. Una vez completado el censo, la oficina de estadística creará productos cartográficos que se publicarán con diferentes finalidades. Algunos ejemplos son:

- Mapas estándares de referencia que describen cada unidad de divulgación estadística definida durante la tabulación de los datos del censo.
- Mapas a modo de ilustración en informes impresos sobre resultados o metodología del censo. En estos casos, los mapas no son el contenido más importante de la publicación, sino que más bien complementan el texto. Con frecuencia, estarán impresos en blanco y negro, solución que es menos cos-

Gráfico VI.8

Ejemplo de un cartograma

tosa y más fácil de producir en comparación con la impresión en color. Se imprimirá una buena cantidad de copias para que la distribución sea amplia, tarea de la que podrá ocuparse la oficina de censos o bien una imprenta externa contratada.

- Los atlas censales impresos varían desde publicaciones cortas, de tipo folleto, hasta atlas integrales con docenas, o hasta centenares, de mapas.
- Los atlas censales digitales ya descritos son una opción eficiente en función de sus costos como alternativa a las versiones impresas en los países donde abundan las computadoras. Pueden estar basados en mapas estáticos preparados previamente o en una interfaz de mapas temáticos sencilla donde el usuario puede seleccionar las variables que desea reflejar, la modalidad de clasificación, los símbolos y colores cartográficos, y la presentación básica.
- Los mapas, en su mayoría, se pueden publicar en la Internet o en versión impresa. También en este caso se puede elegir entre mapas estáticos que son similares a otras imágenes o fotografías publicadas en la Internet, e interfaces cartográficas dinámicas donde el usuario puede controlar el procedimiento de diseño temático.
- Se elaborarán mapas para finalidades especiales en distintos formatos para usuarios internos o externos por pedido especial, pero se imprimirá una cantidad reducida, internamente, en impresoras láser o de chorro de tinta.
- Los materiales de presentación, como las diapositivas o los carteles grandes sobre temas relacionados con el censo, se benefician con la inclusión de mapas.

f) Instrumentos y programas informáticos de cartografía

6.89. Gracias al nuevo y complejo conjunto de programas electrónicos (*software*) de GIS, es ahora mucho más fácil la labor de producir mapas de calidad. No obstante, es preciso seguir aplicando los mismos principios de diseño utilizados tradicionalmente por los cartógrafos a fin de crear mapas con eficacia visual.

6.90. La primera generación de programas de SIG no incluía herramientas cartográficas prácticas. Los mapas se creaban usando interfaces de líneas de mando o lenguajes macro. Para incluir texto en un mapa, había que especificar la coordenada, el tamaño del texto y el estilo como instrucciones por separado. En programas de nueva generación para computadoras de escritorio, las funciones de diseño cartográfico han mejorado mucho. El usuario tiene acceso a numerosos diseños de caracteres, líneas y rellenos, y también a dibujos artísticos que se pueden recortar de otras fuentes e incluir en el mapa. Los sistemas traen asimismo conjuntos especiales de símbolos cartográficos, con líneas o puntos, que se usan comúnmente en los mapas topográficos y temáticos. La interfaz del usuario de los programas cartográficos para computadoras de escritorio es, por lo general, muy similar a los programas estándares de gráficos, donde el usuario puede seleccionar estilos en menús interactivos, y donde es posible desplazar los elementos cartográficos y modificar su tamaño con el ratón de la computadora. La presentación del mapa en pantalla muestra con bastante realismo el aspecto que tendrá el mapa cuando se imprima.

6.91. Las funciones de diseño cartográfico de los programas informáticos modernos y de SIG satisfacen la mayoría de las necesidades de los usuarios. Pero para algunas aplicaciones, los cartógrafos profesionales prefieren exportar el mapa básico desde el SIG, e importarlo a un programa de diseño gráfico o de publicación mediante computadora, o de gráficos, que tienen funciones avanzadas, entre ellas, efectos tridimensionales, rellenos graduados o transparencias, los cuales otorgan al cartógrafo una mayor flexibilidad en el diseño. Para trasladar datos desde el SIG a los programas de gráficos, hay dos opciones: usar las funciones estándares de cortar y pegar (*cut and paste*) de Windows, o utilizar un archivo intermedio en formato estándar que pueda ser importado por un programa de gráficos. A continuación se describen las opciones en cuanto a los productos.

7. Opciones en materia de productos: archivos digitales

6.92. A continuación se consideran diversos formatos para la divulgación de archivos digitales. Los analistas deben tener presente la diferencia entre divulgación de formatos gráficos (que son formatos a un nivel de calidad de producto terminado) y formatos de datos (una presentación más “en bruto”).

6.93. Todos los programas de gráficos y de SIG posibilitan que el usuario exporte el trazado del mapa a varios formatos de archivos gráficos. Esta opción es útil por varios motivos. Hace posible el intercambio de archivos entre programas; por ejemplo, es posible exportar un mapa básico de un SIG y cuadros de un programa estadístico a un programa de gráficos donde se realiza la diagramación definitiva de las páginas. El gráfico terminado se puede importar a un procesador de textos para integrarlo en un informe o una publicación. La mayor parte de los gráficos de este *Manual* se crearon de esta forma. Los archivos de gráficos se pueden incorporar a los sitios Web como imágenes estáticas de mapas y también intercambiar como archivos adjuntos al correo electrónico.

6.94. Los formatos de archivos de gráficos —similares a las estructuras de datos de SIG— pueden dividirse entre los que apoyan gráficos vectoriales y los que son archivos de imagen o en cuadrícula. Las imágenes en cuadrícula representan objetos gráficos como las variaciones de color o de tonos de gris mediante pequeños puntos o píxeles distribuidos como una grilla regular. Los tonos de color continuos o las escalas de gris se utilizan para las imágenes de tipo fotográfico. Se necesitan menos colores para mostrar los objetos separados que habitualmente se encuentran en los mapas temáticos.

6.95. Los gráficos vectoriales representan los objetos como puntos, líneas y polígonos usando un sistema interno de coordenadas que se ha diseñado independientemente, o bien se supedita al tamaño de la página. Algunos formatos de archivo pueden operar tanto con imágenes en cuadrícula como con objetos vectoriales y son útiles para los mapas de SIG que combinan, por ejemplo, imágenes satelitales con capas de datos lineales y poligonales. Cualquiera sea el formato que se utilice, el contenido gráfico debe convertirse en cuadrícula antes de poder mostrar la información en la pantalla o imprimirla, ya que tanto la pantalla como la impresora son esencialmente medios de presentación en cuadrícula. El sistema operativo de la computadora y la unidad de impresión efectúan dicha conversión en forma automática.

6.96. A continuación se describen brevemente los formatos de archivo más comunes. Esta lista no es exhaustiva, pues hay docenas de formatos diferentes.

a) Formatos de los datos

6.97. Los formatos de archivos vectoriales están más estrechamente asociados con los datos vectoriales de SIG. Pueden representar de manera más compacta los datos de líneas o polígonos y preservarán cabalmente el nivel de resolución de las capas de datos originarias de SIG. Algunos formatos gráficos vectoriales estándares son los siguientes:

- **WMF.** Windows Meta File es un formato de archivo gráfico para utilizar en la plataforma de Windows. Se suele utilizar para datos vectoriales, pero también puede almacenar imágenes de bits de mapas. Los archivos WMF mejorados (EMF) son una variante mayor de WMF, creados para plataformas de Windows de 32 bits. WMF es uno de los formatos más estables para exportar e importar archivos gráficos entre las aplicaciones de Windows. También es uno de los formatos utilizados por Windows cuando un objeto gráfico se lleva al “sujetadatos” (*clipboard*) y luego se pega a otra aplicación.
- **VML.** Vector Markup Language es un lenguaje de XML utilizado para producir gráficos vectoriales. En 1998, Microsoft, Macromedia y otras empresas presentaron el VML como estándar propuesto al W3C, pero la propuesta de que se adoptara como estándar de la web fue rechazada debido a que las empresas Adobe, Sun y otras presentaron una propuesta alternativa conocida como PGML. Ambos estándares se fusionaron para crear SVG. Aun cuando el W3C rechazó el SVG como estándar y pese a que quienes desarrollan programas hicieron caso omiso en gran medida del VML, Microsoft incorporó el VML en Internet Explorer 5.0 y niveles más altos y en Microsoft Office 2000 y niveles más altos. Actualmente, Google Maps utiliza VML para expresar vectores cuando funciona utilizando Internet Explorer 5.
- **CGM.** Computer Graphics metafiles (metaarchivos informáticos de gráficos) se adoptan como norma internacional para almacenar datos gráficos bidimensionales. Inicialmente, CGM se creó como formato puramente vectorial, pero las versiones posteriores también aceptan imágenes en cuadrícula. Hay tres tipos de formato CGM: un codificador de caracteres que reduce el tamaño de los archivos y aumenta la velocidad de transmisión, un código binario para la velocidad de acceso, y un formato que despeja texto para editar con base en los archivos.
- **HPGL.** Hewlett-Packard Graphics Language (*plotters*) es un formato de archivos que se utilizó, en un principio, para trazadores de tinta, que eran los dispositivos de salida más usados para los proyectos de SIG en los que se im-

primían mapas grandes, antes de la aparición de las impresoras de formato grande a chorro de tinta.

- **DXF.** El formato DrawingXchange fue creado por Autodesk, un proveedor de programas especializados en diseño asistido por computadora (CAD) y programas de SIG. En un principio, servía para intercambiar archivos originales de Autodesk entre las plataformas, pero ahora el formato DXF es el estándar utilizado por la mayoría de los programas de SIG y muchos programas de gráficos.
- **PS y EPS.** Postscript es esencialmente un lenguaje de programación para describir datos vectoriales en un archivo de texto. Es la descripción de diseño de página más utilizada. Adobe, una compañía de programas de gráficos informáticos, creó Postscript. Estos archivos, también pueden incorporar imágenes en cuadrícula si se optimizan para gráficos vectoriales independientemente de la escala. El uso principal de Postscript es para enviar documentos y gráficos a impresoras Postscript y por lo tanto es, fundamentalmente, un formato de salida. Muchos programas de gráficos pueden importar archivos Postscript, pero como sus códigos no están completamente normalizados, a menudo no es posible editar estos archivos importados si fueron creados en un programa informático diferente. Esto sucede sobre todo cuando el archivo recorre distintas plataformas de equipos. A veces, ni siquiera es posible importar un archivo Postscript creado en el mismo programa.

Si bien con frecuencia no es posible modificar un archivo Postscript importado, la mayoría de los programas pueden incorporarlo en un documento. En lugar del contenido del archivo, se verá en la pantalla solamente un recuadro etiquetado, pero una vez enviado a la impresora Postscript, se imprimirá el contenido. Como es independiente de la escala, se puede modificar el tamaño de un gráfico Postscript importado para que ocupe el espacio deseado (véase el párrafo 6.102 *infra*, donde se describe el PDF (Portable Document Format)).

b) Formatos de imágenes en cuadrícula

6.98. Un SIG o un programa de gráficos pueden crear directamente imágenes en cuadrícula. En algunos casos, hay otras dos opciones útiles. Una es usar el comando de captura en pantalla de los programas de gráficos en cuadrícula. Estos “capturadores en pantalla” a veces preservan los colores originales mejor que las funciones de exportación de los programas de gráficos o de SIG. Una segunda opción es utilizar un programa o un equipo especializados para convertir los objetos gráficos en imágenes en cuadrícula. Estos procesadores de imágenes en cuadrícula (RIP) pueden, por ejemplo, producir imágenes de muy alto grado de resolución que conservan todos los detalles del formato vectorial, aunque quizá los archivos resultantes sean muy grandes.

6.99. El tamaño de los archivos depende de dos factores: la cantidad de colores en la imagen y su grado de compresión. Por ejemplo, un formato de imagen que usa sólo dos colores (blanco y negro) requiere un solo bit para cada píxel. Ocho bits (un byte) por píxel pueden almacenar hasta 256 colores, y las presentaciones o formatos de imagen avanzados, que usan 24 ó 32 bits por píxel, pueden almacenar más de 16 millones de colores. Para los mapas temáticos, basta generalmente con una pequeña cantidad de colores diferentes. Para las fotografías o las imágenes gráficas de calidad fotográfica, son más convenientes formatos de imagen de 16 ó 24 bits.

6.100. Los formatos de imagen, en su mayoría, usan algún tipo de compresión para reducir el tamaño del archivo. El más simple es la codificación de todos los

píxeles, técnica que también se utiliza en algunos sistemas de SIG en cuadrícula. Si hay muchos píxeles con el mismo color en una fila de la imagen, el sistema almacena la cantidad de repeticiones y el color una sola vez. Por ejemplo, cinco píxeles de color cuatro se representarían con un par de números 5, 4, y no como 4, 4, 4, 4, 4. En realidad, el número del color representa un índice de un cuadro de colores que se encuentra en un pequeño archivo y que contiene la especificación en un modelo usual como el de rojo, verde y azul (RGB).

6.101. Algunos formatos comunes de archivo en cuadrícula son los siguientes:

- **BMP.** El formato de mapas de bits de Microsoft Windows independiente de los dispositivos (DIB). Posibilita que Windows muestre la imagen de un mapa en bits en casi cualquier tipo de dispositivo de presentación. Es uno de los formatos más básicos de este tipo. Puede utilizarse la codificación comprimida, pero los tamaños de los archivos son por lo general más grandes que en los demás formatos de imágenes.
- **TIFF.** Tag Image File Format, formato de archivo de imagen marcada, es uno de los formatos en cuadrícula más utilizados. Puede apoyar una gran cantidad de colores y varios métodos de compresión. La mayoría de los programas que aceptan gráficos pueden importar las imágenes TIFF, aunque a veces pueden surgir problemas al importar imágenes creadas en una diferente plataforma de equipo. TIFF es de especial importancia para las aplicaciones geográficas, pues muchas veces se utiliza como formato para mostrar imágenes satelitales, fotografías aéreas, mapas escaneados u otros datos en cuadrícula de programas cartográficos o de SIG. El estándar GeoTIFF surgió de la necesidad de tener un formato de archivo independiente y estándar para las imágenes geoespaciales. Este estándar proporciona la especificación para la información incluida en el archivo de encabezamiento de la imagen de TIFF que describe toda la información geográfica asociada con la imagen, por ejemplo, la proyección, las coordenadas del mundo real, el alcance del mapa y, a la vez, cumple con las especificaciones del TIFF estándar. La mayor parte de los proveedores principales de SIG, las oficinas gubernamentales y las instituciones académicas utilizan GeoTIFF.
- **GIF.** Graphics Interchange Format se diseñó para intercambiar gráficos de imágenes en cuadrícula cualquiera sea la plataforma de equipo. Contiene un sistema de compresión que reduce sustancialmente los tamaños de los archivos y, por ello, es óptimo para intercambiar archivos a través de redes informáticas. CompuServe creó este formato para utilizarlo en su primer tablero de mensajes electrónicos. El GIF puede utilizarse con hasta 256 colores y es uno de los dos formatos de imágenes en cuadrícula empleados por los buscadores web: la mayoría de las imágenes no fotográficas en cuadrícula de las páginas web tienen formato GIF.
- **JPEG.** Este formato, creado por Joint Photographic Expert Group, está diseñado como un sistema de compresión para imágenes que tienen gran cantidad de colores o matices de gris, como las fotografías o las imágenes gráficas similares a una fotografía. Los buscadores web también lo utilizan para mostrar fotografías en las páginas web. Tiene una opción de compresión variable, que no es completamente reversible, lo que significa que una fotografía que se ha exportado con un alto grado de compresión no puede recomponerse de modo que muestre todos los detalles de la original. Ahora hay un nuevo formato, JPEG 2000, compatible con los programas informáticos de SIG.

- **PNG.** El formato de archivo PNG (Portable Network Graphics) fue creado como sucesor gratuito y de fuente abierta del formato de archivo GIF. Este formato apoya colores reales (16 millones de matices de colores), mientras que el formato de archivo GIF sólo posibilita 356 colores. El PNG da resultados óptimos cuando la imagen tiene grandes superficies de color uniforme. El formato PNG *lossless* es más apto para recortar, editar y entresacar fotos, mientras que los formatos como JPG *lossy* se adaptan mejor a la distribución final de imágenes de tipo fotográfico debido al tamaño más pequeño del archivo. Muchos buscadores de anteriores generaciones no tienen todavía capacidad para acoger el formato de archivo PNG; no obstante, a partir del momento en que se dio a conocer Internet Explorer 7, todos los buscadores modernos de gran aceptación tienen plena capacidad para apoyar el PNG. El enlace Adam7 posibilita presentar resultados iniciales, aun cuando se haya transmitido solamente un pequeño porcentaje de datos para la imagen. El nuevo Geography Markup Language (GML) fue recomendado por el OpenGIS Consortium (www.opengis.org) y actualmente está en pleno uso (para obtener más información, véase www.opengeospatial.org/standards/gml).
- **DGN.** El MicroStation Design File Format (*.dgn*) es un formato utilizado en los programas informáticos de Modular GIS Environment (MGE), de la compañía Bentley, y GIS, de Geographics. Este formato no absorbe directamente datos de atributos, sino que proporciona enlaces a cuadros de bases de datos externas. Un formato de exportación por separado combina los archivos geográficos y de atributos.

6.102. Un formato de documentos que se singulariza puesto que no puede clasificarse ni en la categoría de cuadrícula ni en la de vector es el PDF, ampliamente utilizado.

- **PDF.** Portable Document Format. Adobe también creó el formato de documento portátil. Inicialmente, se utilizó para distribuir documentos complejos —que contenían texto y gráficos— en la Internet. Los archivos PDF pueden crearse en cualquier procesador de textos o programa de gráficos usando una unidad Acrobat. El lector PDF puede descargarse en forma gratuita del sitio web de Adobe. Algunos expertos opinan que este formato reemplazará a los archivos Postscript como la norma principal para la impresión de gráficos de alto nivel. El lenguaje de PDF es más sencillo que el de Postscript, y por eso los archivos PDF son más fáciles de transformar al formato de cuadrícula, lo que es necesario para mostrar un gráfico en la pantalla y para imprimirlo en una impresora con alto nivel de resolución.

c) Formatos de datos para SIG

6.103. Hay diversos formatos para difundir datos espaciales menos elaborados, o con menor grado de complejidad, entre usuarios y analistas espaciales de SIG. Entre esos formatos figuran los de datos de coordenadas geográficas y también datos tabulares que pueden ser adjuntados a los datos espaciales de un SIG, o vinculados a éstos con carácter de atributos.

d) Datos de las coordenadas

6.104. Los programas de SIG difieren mucho en lo que respecta a los formatos de datos que apoyan. Cada programa comercial tiene su propio formato sui géneris. Además, las funciones de importación y exportación posibilitan convertir los datos a partir de una determinada cantidad de datos externos. En algunos casos, hay que comprar estas funciones de conversión por separado, pero los programas electrónicos

de los proveedores, en su mayoría, tienen capacidad para leer los programas de los demás proveedores.

6.105. Pese a algunos intentos de grupos comerciales y públicos de tecnología geoespacial (para los actuales intercambios de ideas sobre el formato de datos GML véase, por ejemplo, www.opengis.org), todavía no existe un formato genérico universalmente aceptado y ampliamente utilizado o un formato de fuente abierta para el intercambio de datos de SIG. En cambio, varios formatos de intercambio elaborados por importantes empresas proveedoras de SIG se han convertido de hecho en la norma y también sirven para otros sistemas informáticos. Los más importantes se indican a continuación:

- **Formato de exportación Arc/Info (.e00)**, desarrollado como un formato de intercambio entre plataformas para bases de datos de SIG y producido por el Environmental Systems Research Institute (ESRI). Los archivos de exportación pueden comprimirse de modo que sean más pequeños, pero para asegurar una compatibilidad máxima, por lo general conviene usar para la exportación un formato sin comprimir. Los archivos exportados pueden comprimirse después, utilizando un programa estándar que comprima y guarde, como el PKZIP. El formato .e00 no está publicado, pero muchos otros programas de SIG han elaborado rutinas de importación.
- **ESRI Shape file (.shp)**, desarrollado por ESRI, es un formato más simple utilizado en programas para computadoras de escritorio ArcView y ArcGIS, del ESRI. Una base de datos de archivos de conformación (*shape file*) consiste en varios archivos que contienen datos de coordenadas, índice espacial y datos de atributos, respectivamente. Los formatos de dichos archivos están publicados y muchos otros sistemas de SIG están en condiciones de importar archivos de conformación.
- El **File Geodatabase** es el nuevo formato de datos originarios que se recomienda para su uso con ArcGIS. Los archivos con base de datos geográficos se almacenan como carpetas en un sistema de archivos diseñados para operar con el modelo de información completo de la base de datos geográficos, inclusive topologías, catálogos de cuadrícula, conjuntos de datos de redes, conjuntos de datos sobre el terreno y localizadores de direcciones. Cada archivo de File Geodatabase puede llegar a tamaños de hasta un terabyte. Las bases de datos geográficos personales utilizan el sistema de archivos de Microsoft Access (.mdb) y pueden llegar a tamaños de hasta dos gigabytes. Dicho archivo de la base de datos geográficos también se utiliza en la operación del dispositivo de bases de datos espaciales de ArcSDE.
- **KML (Keyhole Markup Language)**, de Google, es una estructura de lenguaje con base en XML para expresar notaciones geográficas y visualizar mapas en línea con base en la web (bidimensionales), existentes o futuros, y buscadores de la superficie terrestre (tridimensionales). En un principio, KML fue elaborado para su utilización con Keyhole, la compañía que precedió a su adquisición por Google en 2004. El archivo de KML especifica un conjunto de características (marcadores de lugares, imágenes, polígonos, modelos tridimensionales, descripciones textuales, etc.) para su visualización en Google Earth, Maps y Mobile o cualquier otro buscador tridimensional de la superficie terrestre (*geobrowser*) que utilice la codificación KML. Cada lugar se determina mediante una longitud y una latitud. Otros datos pueden acrecentar la especificidad de la visualización, entre ellos grado de pendiente, membrete, altitud, que en su conjunto definen una “visual a través de una cámara”. Con mucha frecuencia, los archivos KML se distribuyen como ar-

chivos KMZ, es decir, archivos KML comprimidos con una extensión (.kmz) (para mayores datos sobre GML, véanse los párrafos 6.101 y 6.105 *supra*).

- El **MapInfo Interchange** (.mif), es un formato utilizado para intercambiar archivos producidos con MapInfo, uno de los principales sistemas de cartografía. Están en ASCII y los pueden leer muchos programas.
- El **AutoCAD DXF** (.dxf) es un formato originado en el ambiente de CAD. Sirve bien para transferir los datos de coordenadas geográficas, pero no es tan bueno para convertir la información sobre los atributos.

6.106. Todos estos formatos contienen información sobre límites y atributos. Cualquier SIG comercial tendrá una función de importación por lo menos para uno o dos de ellos. Idealmente, la oficina de censos debería ofrecer sus bases de datos de SIG en varios formatos para atender las necesidades de una amplia gama de usuarios con distintos conocimientos de SIG y diferentes plataformas informáticas. La elección de los formatos que se distribuirán debería depender de la información que se tenga sobre los sistemas cartográficos más frecuentemente utilizados por los usuarios de los censos, y también ha de depender de la flexibilidad y solidez de los formatos.

6.107. La distribución de los datos de SIG en su formato interno original —por ejemplo, un directorio que cubra Arc/Info o un espacio de MapInfo— no suele ser una opción viable. A menudo, los datos en su formato originario no pueden transferirse a otro sistema operativo; es probable que haya incompatibilidades en los nombres de itinerarios de acceso y tampoco los demás programas de SIG pueden importar los formatos originales. Por ello, siempre es preferible utilizar un formato sólido de intercambio de datos, tal como lo hacen la mayoría de los programas comerciales de SIG.

e) Datos tabulares

6.108. Los nuevos avances en los programas de SIG han hecho perder importancia a la importación de cuadros y en cambio han cobrado mayor importancia las bases de datos relacionales, por ejemplo, Oracle y Access. La mayoría de los programas de SIG posibilitan el uso de varios formatos de archivo para los datos de atributos. Algunos también tienen funciones para conectar la base de datos de coordenadas con un sistema externo de gestión. Pero a efectos de la distribución de datos, es mejor utilizar para los cuadros un formato sencillo y muy usado. El formato más utilizado es dBase (.dbf), que puede producirse en la mayoría de los programas de gestión, de planillas o de tabulaciones censales, como REDATAM e IMPS (*Retrieval of DATA for small Areas by Microcomputer*) y CPro (*Census and Survey Processing System*), un conjunto de instrumentos de análisis de población disponible gratuitamente si se lo solicita a la Oficina de Censos de los Estados Unidos. El formato de valores separado por puntos (*Comma-Separated Values*) (.csv) también se utiliza para los cuadros y no es privativo de ningún proveedor.

6.109. Si bien la distribución de los datos tabulares en dBase asegura una amplia compatibilidad con los programas de SIG, este formato tiene algunas limitaciones. Por ejemplo, los nombres de los campos, que aparecen en la primera fila del cuadro, sólo pueden tener hasta 10 caracteres. La documentación de los programas de planillas o de gestión de bases de datos proporcionará más detalles sobre las cuestiones relacionadas con la compatibilidad. En la organización de cuadros, el campo más importante es el identificador común que se utiliza para vincular los datos de atributos con los límites de la unidad informante. Este campo debería estar ubicado en la primera columna de cada cuadro de atributos. Por lo general, también es útil ordenar los conjuntos de datos en forma coherente, por ejemplo, en función de sus identificadores geográficos.

D. Máquinas impresoras

1. Consideraciones generales

6.110. Para imprimir una cantidad limitada de ejemplares o para las copias de control de calidad, la oficina de censos debe disponer de una o varias máquinas impresoras. La tecnología de impresión cambia constantemente y hay muchísimos productos disponibles. La oficina de censos debe considerar los siguientes criterios para elegir una impresora adecuada:

- Costo del equipo, del mantenimiento, y de la impresión por página;
- Producción (páginas por minuto);
- Nivel de resolución expresado en puntos por pulgada (dpi) y cantidad de colores o tonos de gris que pueden producirse;
- Tamaño de los medios;
- Tipos de medios que pueden utilizarse (papel común, papel especialmente recubierto, transparencias, etcétera).

2. Tipos de impresoras

6.111. A continuación se consideran los tipos más populares de impresoras (para la mayoría de las necesidades de una oficina nacional de estadística, la mejor opción, teniendo en cuenta la eficacia en función de los costos y la fiabilidad, es la impresora láser, pero también hay otras opciones):

- **Las impresoras láser** emplean un rayo láser y un sistema de dispositivos ópticos para descargar selectivamente una superficie fotoconductora. Un tóner con carga opuesta toma contacto con esa superficie y los sectores que retienen la carga atraen sus partículas. Luego, el tóner se transfiere a la página y queda allí fijado. Para aplicar la imagen desde el tambor hacia el papel, se usa un procedimiento similar al del fotocopiado electrostático. Las impresoras láser monocromáticas pueden lograr una calidad de impresión cercana a la de los sistemas profesionales de composición tipográfica. Hace poco tiempo que las impresoras láser en color tienen un precio accesible para la mayoría de las aplicaciones gráficas.
- **Las impresoras de chorro de tinta** imprimen arrojando sobre la página, a través de un inyector, un haz de gotas de color cargadas eléctricamente. Utilizan tinta líquida que se seca por evaporación. La tinta pasa a través del inyector por presión hidráulica; esta técnica se denomina de chorro de tinta por pulsos. En cambio, el sistema de chorro de tinta térmico utiliza calor para crear en el inyector una burbuja de tinta, la cual pasa por él a la página cuando alcanza un tamaño suficiente. Las impresoras a chorro de tinta sólida utilizan tinta que debe derretirse antes de enviarse a la página, donde se solidifica rápidamente. Estas impresoras producen puntos más finos en comparación con la tecnología de chorro de tinta líquida. Las impresoras de chorro de tinta utilizan papel común, pero para lograr la mejor calidad de impresión posible se recomienda usar papel especial para estas impresoras. Como son de fácil operación y no demasiado costosas, las impresoras de chorro de tinta, que pueden usarse con papel de diversos tamaños, son en la actualidad el dispositivo de impresión más utilizado.
- **Las impresoras térmicas** requieren rollos de papel y cinta recubierta de tinta especiales, que pasan por un cabezal térmico. La tinta se fusiona con el papel

en el punto en que el cabezal aplica calor. Las cintas están recubiertas con tres colores, azul oscuro, solferino y amarillo (CMY) o cuatro colores, azul oscuro, solferino, amarillo y negro (CMYK); y el cabezal térmico tendrá que pasar tres o cuatro veces por la página. En las impresoras térmicas de cera, el calor hace que la capa de cera coloreada se fije al papel. En los procesos de teñido térmico, el pigmento se esparce en la superficie a imprimir. Las impresoras de difusión de pigmento generalmente logran un más alto nivel de resolución y más variación de color que las impresoras de cera térmicas.

- **Las impresoras electrostáticas** utilizan un tóner cuyas partículas se transfieren por cargas eléctricas a una superficie no conductora. El tóner es atraído o repelido. Las impresoras directas aplican la carga sobre el papel especialmente recubierto. Se aplica el tóner de cada color en etapas separadas y se fusiona con el papel después de que se aplicaron todos los colores. Otro procedimiento electrostático es la xerografía en color, el cual utiliza un tambor o cinta que se carga cuando queda expuesto a la luz.

6.112. En el caso de muchos mapas boceto, no es necesario imprimirlos en color. De hecho, es más fácil fotocopiar mapas pequeños en blanco y negro. Las impresoras láser que utilizan papel tamaño DIN-A4 o carta combinan una gran velocidad de impresión con un muy alto nivel de resolución (600 dpi y más). Son ideales para imprimir informes y otros documentos que tienen principalmente texto y algunas ilustraciones y mapas.

6.113. Las impresoras en color son útiles para imprimir mapas complejos que exigen más que sombreado y simbolización monocromáticos. Las que más se usan son las impresoras a chorro de tinta, desde las impresoras de mesa que utilizan papel tamaño A4 o carta hasta las impresoras de formato grande (60 x 90cm o 24 x 36 pulgadas, por ejemplo). Producen mapas de alta calidad con 600 dpi. Las velocidades de impresoras de chorro de tinta son todavía relativamente bajas.

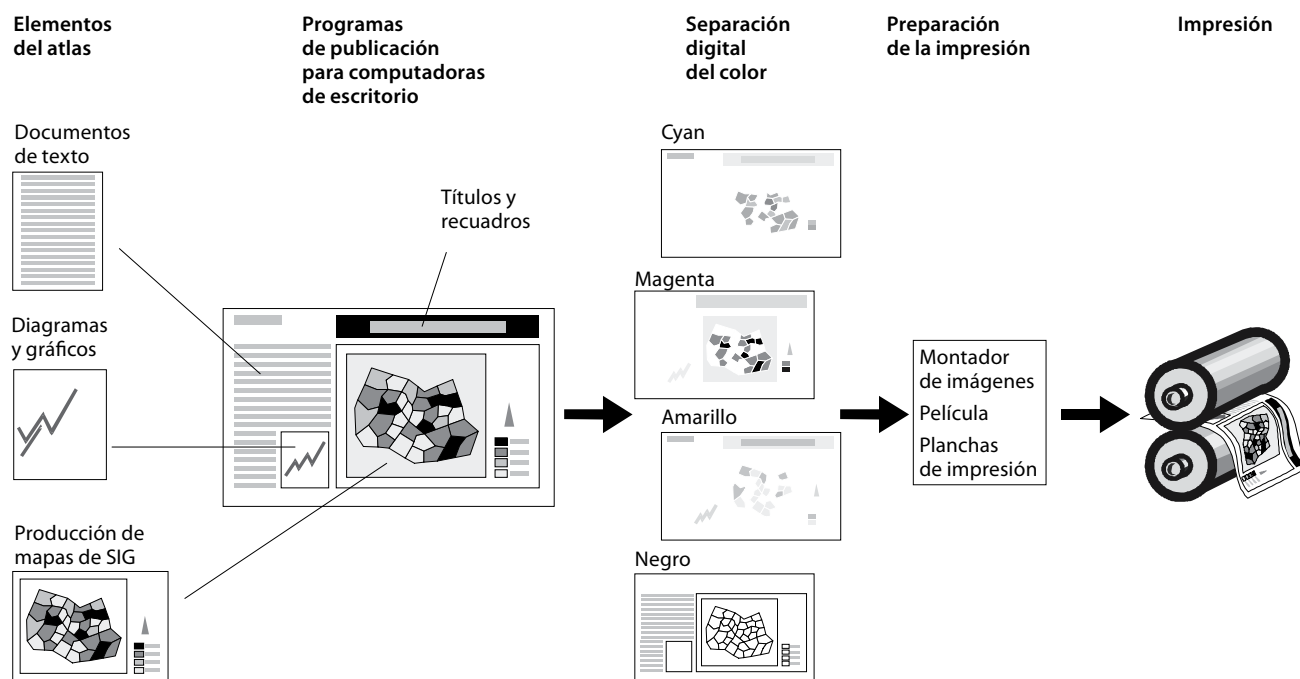
6.114. En el proceso de decidir sobre cuál es la impresora adecuada para un proyecto de SIG, el costo es un aspecto importante. Recuérdese que el precio de la impresora es solo uno de los componentes del costo, casi siempre de importancia secundaria. Si bien los precios han bajado considerablemente, el costo de los cartuchos de tinta y de los papeles especiales se ha mantenido bastante alto. En algunos casos parecería que los fabricantes de impresoras mantienen los precios del equipo muy bajos, con la esperanza de obtener ulteriormente la ganancia con la venta de los suministros específicos para ese equipo. Además del precio de compra, también debe compararse el costo de impresión por página estándar (por ejemplo, cuando el 5% de la página está cubierta de tinta). Las revistas de informática suelen publicar comparaciones.

3. Impresión comercial

6.115. Para imprimir en grandes cantidades, las unidades personales son muy lentas y los costos por página muy altos. Por ello, para folletos, carteles o atlas de censos se debe recurrir a una imprenta comercial o a un departamento especial. Si el volumen es grande, los procedimientos de impresión analógicos, donde las placas se producen y utilizan en máquinas litográficas u otras similares, son en la actualidad más baratos y más rápidos que los procedimientos de impresión digital.

6.116. Pero el procedimiento hasta la producción de placas de impresión ya es casi completamente digital. El proceso de producción típico para un atlas censal digital puede asemejarse al gráfico que sigue (véase el gráfico VI.9). Después de una

Gráfico VI.9

El procedimiento de impresión digital

etapa inicial de planificación, en la que se especifican el texto, los gráficos y los contenidos de los mapas, los cartógrafos producen todos los mapas que se incluirán en el atlas. Estos mapas se almacenan en formato postscript, listos para imprimirse. En el caso de diseños de mapas complejos que incluyen gráficos producidos con programas externos o fotografías, la diagramación puede realizarse en programas avanzados de gráficos. Otros empleados de la oficina de censos escribirán el texto que acompaña los mapas, cuadros, referencias y otros contenidos utilizando programas comunes de procesamiento de textos.

6.117. En una segunda etapa, se combinan todos los elementos del atlas en un programa de publicación para computadoras de escritorio. Se da formato a encabezamientos, pie de gráficos, figuras, texto y elementos gráficos y se los diagrama en forma visualmente atractiva, que se ajustará con precisión al tamaño de la página del producto impreso. Esto se puede hacer internamente o con un contratista o servicio externo. Entre las consideraciones que han de tenerse en cuenta para decidir procurar o no un contratista externo figuran calidad, costo, cantidad de ejemplares necesarios y tiempo disponible.

6.118. Una vez producida la diagramación definitiva del atlas, se guarda en un archivo de salida digital. El formato más común es un archivo postscript encapsulado, pero las imprentas comerciales también pueden usar algunos formatos de archivo específicos de cada programa electrónico. La mayoría de los programas avanzados de publicación y de gráficos también pueden separar los colores, almacenándolos en archivos separados o todos en el mismo archivo. La impresora utiliza cuatro placas de impresión, una para cada color: azul oscuro, solferino, amarillo y negro (modelo de color denominado CMYK). Los colores de los mapas y gráficos se producen como combinaciones aditivas en varios porcentajes de estos cuatro colores. Los archivos digitales se envían luego a un montador de imágenes, que crea la película a partir de la cual se producen las placas de impresión. Si se emplean archivos digitales para

producir la película, generalmente se lograrán los mejores resultados. Los originales listos para su reproducción fotográfica, impresos en una impresora láser y producidos con técnicas fotográficas, tal vez sean menos costosos, pero no tienen el mismo nivel de resolución. Por lo general, es deseable obtener una prueba de color de la impresora antes de la producción definitiva y evaluarla, a menos que ya se haya establecido y probado una línea de producción. Muchos proveedores de equipos y programas informáticos para imprimir también ofrecen amplia información y otros recursos en sus respectivos sitios en la web.

E. Bases digitales de datos geográficos para divulgación

6.119. Dado que en todo el mundo van en aumento el refinamiento de los programas informáticos y la utilización de la Internet, la divulgación de datos geográficos digitales se ha hecho cada vez más viable. Seguirá aumentando la demanda de bases de datos digitales extraídas de la base geográfica maestra de la oficina de censos. Los datos censales son un elemento importante para la planificación de políticas y el análisis académico en muchas disciplinas. Los organismos públicos necesitan estadísticas de zonas pequeñas referenciadas espacialmente para ciertas aplicaciones, como la prestación de servicios de salud, la asignación de recursos de educación, el diseño de los servicios públicos y la infraestructura, y la planificación electoral. Los usuarios comerciales emplean estos datos para decisiones relativas a comercialización y ubicación de lugares de venta.

6.120. Los adelantos en materia de procesamiento de datos y de SIG redundan en que cada vez está más al alcance de muchas organizaciones nacionales de estadística la producción de una base de datos digitales a escala de zona de empadronamiento o similares niveles de desagregación. A fin de satisfacer las necesidades del usuario, la oficina nacional de estadística debería aplicar una estrategia de divulgación de datos digitales y considerar los costos y los beneficios de ofrecer datos a un nivel tan detallado.

6.121. Entre los beneficios figuran un nivel nunca antes alcanzado de detalle y precisión; la posibilidad de utilizar datos censales en numerosas aplicaciones, especialmente cuando se los superpone con otros datos geográficos, por ejemplo, los accidentes del terreno; y la relativa facilidad de manejar y almacenar miles de unidades.

6.122. Entre los costos cabe mencionar el gasto de procesar y manejar los datos, la posibilidad de que surjan dificultades con la ubicación de algunos datos y la necesidad de control de calidad. Si se dan a conocer los resultados del censo a nivel de las unidades de recopilación de datos, esto podría poner de manifiesto errores imprevistos en el proceso. La divulgación de datos geográficos siempre debe ir acompañada de metadatos y es preciso incorporar en la ecuación también el costo de producción de tales metadatos.

6.123. Una alternativa distinta de la divulgación de una base de datos de zonas de empadronamiento es la creación de un producto derivado con una escala similarmente pormenorizada.

1. Estrategias de divulgación de datos digitales para llegar a posibles usuarios

6.124. Como ya se señaló, al planificar sus productos y servicios, la oficina nacional de estadística debería considerar los costos y beneficios de una amplia divulgación de los datos. La amplia gama de posibles usuarios de datos censales desagregados significa que la oficina ha de aplicar una estrategia de divulgación de datos

digitales a múltiples niveles. En términos generales, es posible distinguir los siguientes tipos de usuarios:

- **Usuarios avanzados de SIG** que pueden trabajar sin dificultades con grandes conjuntos de datos y pueden utilizar un ftp (*file transfer protocol*) o protocolo de transferencia de archivos para tener acceso a esos conjuntos de datos. Esos usuarios necesitan gran cantidad de metadatos y a menudo combinan datos censales de zonas pequeñas con sus propios datos de SIG relativos a centros de salud, distritos escolares o regiones de ventas, por ejemplo. A veces, esos usuarios se denominan extractores de datos o “usuarios potenciados”. Dichos usuarios querrán tener acceso a información espacial y de atributos en un formato integral de datos geográficos digitales. Es preciso que la oficina de censos proporcione amplia documentación (véase en el capítulo III.F, página 82, la elaboración de metadatos) sobre los parámetros utilizados para la base de datos geográficos, así como sobre cada una de las variables del censo. La información espacial se distribuirá en un formato geográfico abierto que puede convertirse fácilmente en muy diversos formatos comerciales de SIG.
- **Usuarios con conocimientos de computación** en los sectores público, comercial o privado que desean poder buscar la información temática en una base de datos censales con referencias espaciales. Querrán producir mapas temáticos y, por consiguiente, necesitan realizar simples operaciones de manipulación de parámetros cartográficos. También debería ser posible para esos usuarios operar simples funciones analíticas, como la agregación de unidades censales diseñadas de acuerdo con sus necesidades particulares. El servicio a este grupo de usuarios será mejor si se cuenta con una aplicación integral predeterminada y diseñada para su venta comercial o para distribución gratuita de un conjunto de programas informáticos para la cartografía con computadoras de escritorio. En este caso, las necesidades de documentación son algo menores, dado que es poco probable que estos usuarios cambien los parámetros geográficos de la base de datos o realicen operaciones de SIG más avanzadas.
- **Usuarios inexpertos**, que sobre todo quieren ver mapas preparados en una computadora y tal vez realizar algunas consultas básicas. Para este grupo de usuarios, la mejor estrategia de distribución de datos es producir un atlas digital independiente, que podría consistir en una serie de imágenes cartográficas estáticas, por ejemplo, en forma de una serie de diapositivas. O podría ser una interfaz cartográfica muy simple, con visualizaciones predeterminadas de mapas que posibiliten indagaciones básicas. Es posible ofrecer acceso por conducto de la Internet tanto a los mapas estáticos como a la interfaz cartográfica sencilla.

a) Definición del contenido de los datos

6.125. La primera etapa en la preparación de bases de datos geográficos para su difusión general es definir el contenido de los datos que han de divulgarse. La oficina nacional de estadística debería planificar de antemano la publicación de conjuntos preparados de datos, pero no los conjuntos operacionales utilizados para la gestión interna. Una de las principales razones es que al mantener separados los dos tipos de datos se posibilitará que la oficina siga manteniendo y actualizando permanentemente sus datos internos. Para la divulgación de conjuntos de datos, es preciso responder a las preguntas indicadas a continuación.

i) *¿En qué medida se divulgarán los datos?*

6.126. A fin de maximizar las ventajas generales que tiene la recopilación de datos censales, el objetivo de la oficina de censos debería ser divulgar los datos censales geográficamente referenciados en el nivel menor que no comprometa el carácter confidencial de ciertos datos. Aun a nivel de zona de empadronamiento, puede haber zonas informantes especiales que abarcan unos pocos hogares y de las cuales no pueden divulgarse los datos. Si fuera necesario, los datos de determinadas zonas informantes deben borrarse o recodificarse.

ii) *¿Se optará por una gran base de datos de SIG, o por una serie de bases de datos censales?*

6.127. Una base de datos censales de SIG con alto nivel de resolución constará de miles de unidades informantes. Tal volumen de datos sobrepasará la capacidad de computación de un usuario típico. Además, la oficina nacional de estadística deberá considerar el tamaño físico de los archivos de datos y los efectos de descargar archivos sobre los servidores. Por ejemplo, el tiempo que insume descargar un archivo de datos de 3 gigabytes utilizando un servidor de 56 kilobytes es de unos tres días.

6.128. En lugar de distribuir una base de datos grande, la oficina de censos debería considerar la posibilidad de producir una serie de bases de datos censales. En el nivel medio de resolución —por ejemplo, a nivel de distrito— una base de datos nacional resumida puede ofrecer un panorama general suficientemente detallado de las condiciones socioeconómicas del país. Para cada división civil principal, y hasta para cada distrito, se pueden construir bases de datos independientes que muestren los indicadores a nivel de subdistrito y de zona de empadronamiento. También podrían ser útiles las bases de datos individuales para zonas urbanas de importancia.

6.129. Por último, una base de datos puntual de los asentamientos en el país, con datos censales asociados, satisfará a los usuarios que no necesitan la resolución espacial de una base de datos de SIG de las unidades informantes. Esta base debería contener, por lo menos, todos los asentamientos clasificados como urbanos y los indicadores censales agregados correspondientes a cada ciudad o poblado. Idealmente, también se debería construir una base de datos a nivel de aldea, en beneficio de los planificadores de los sectores de salud, educación o agricultura. Puede estar basada en un nomenclátor de los nombres de los lugares y sus ubicaciones, si es que se ha reunido esta información durante las tareas previas en el terreno para la elaboración de los mapas censales.

6.130. Si se ofrecen bases de datos de las subsecciones del país, se facilitará el uso de estas bases. Muchos usuarios solamente necesitan información censal sobre una región relativamente pequeña. Un subconjunto de una base de datos nacional es más fácil de procesar por parte de usuarios con poca capacidad informática para el manejo de datos de SIG. Además, en los países donde el costo del acceso a los datos es mayor que el de la reproducción, sufragar conjuntos de datos más pequeños será accesible a gran cantidad de usuarios no comerciales.

6.131. Si se distribuyen bases de datos por separado, habrá que tener cuidado de que cada parte o placa sea compatible con las adyacentes. Esto significa que los límites compartidos por subconjuntos de la base de datos deben hacerse coincidir con exactitud. Las distintas partes de la base de datos deben estar en el mismo sistema de referencia geográfica y tener las mismas definiciones de atributos. Si la base de datos maestra que utiliza la oficina de censos es muy detallada, para muchos usuarios será conveniente disponer también de una versión digital más general de los mapas censales. Algunos países ofrecen mapas censales digitales con diferente escala nominal

o diferente grado de exactitud en las coordenadas. Se cobrará más a los usuarios que requieran un muy alto grado de exactitud y detalle.

6.132. Muchos proveedores comerciales de datos de SIG distribuyen los datos en coordenadas de latitud/longitud (es decir, geográficas), y no en una proyección determinada. Las coordenadas geográficas son el sistema de referencia más general y es muy fácil convertirlas a otros sistemas de proyección en caso de que el usuario desee usar los límites del censo junto con otras capas de datos. En cambio, es posible que los programas de SIG no posibiliten proyecciones y determinados sistemas de coordenadas utilizados por algunos países. En este caso, resultaría difícil para los usuarios emplear la base de datos censal para las aplicaciones de análisis geográfico.

iii) *¿En qué medida deben integrarse los límites y la base de datos?*

6.133. Las bases de datos censales de SIG se caracterizan por su gran cantidad de campos de atributos. Los cuestionarios proporcionan información que posiblemente se almacene en cientos de campos de variables. Por lo general, no es práctico almacenarlas todas juntas en el mismo cuadro de datos. Es mejor seleccionar unos pocos de los indicadores más importantes en el cuadro de atributos geográficos y proporcionar la información restante en una serie de cuadros separados. Estos cuadros externos pueden organizarse por tema: demografía, datos de hogares y demás. El usuario puede entonces vincular los cuadros en el SIG por medio del identificador geográfico común, según se necesite. Es muy importante destacar la necesidad de que la codificación sea coherente para asegurar que diversas entidades geográficas sean definidas de manera unívoca, sin posibilidad de confusión entre dos entidades distintas.

iv) *¿Cuál es la cantidad de metadatos que han de proporcionarse?*

6.134. Mientras es absolutamente imprescindible que la publicación de cualesquiera datos vaya acompañada con la producción de los metadatos y de la documentación correspondiente, la cantidad concreta de información necesaria variará de un usuario a otro. Es preciso hacer una distinción importante entre usuarios internos, quienes suelen necesitar extensos metadatos, y usuarios externos, quienes por lo general necesitan datos no tan integrales. Véanse las secciones finales del presente capítulo, así como las secciones anteriores (para obtener más información sobre los metadatos, véanse los capítulos II y III.F *supra* y los párrafos 6.137 a 6.139 *infra*).

b) Convenciones relativas a la denominación de los archivos

6.135. Aunque los sistemas operativos de Windows, Macintosh, UNIX y LINUX aceptan nombres largos, es conveniente utilizar las convenciones relativas a la denominación de los archivos del DOS 8.3 (es decir, de ocho caracteres) para todos los archivos de datos y documentación que se distribuyan y elaborar normas internas a fin de mantener la coherencia. Tal vez algunos usuarios estén trabajando con DOS, Windows 3.1 o con programas de SIG aun anteriores. Los nombres cortos pueden reducir al mínimo la cantidad de incompatibilidades, por ejemplo con programas de red más antiguos. Si las convenciones sobre la denominación, que se explican en la documentación, son coherentes, será más fácil para los usuarios encontrar con rapidez los datos que necesitan.

c) Compresión

6.136. Los archivos de SIG suelen ser muy grandes y, junto con los datos tabulares, el conjunto de archivos de distribución puede resultar bastante voluminoso. La compresión de los archivos facilitará mucho la distribución, especialmente para

el envío de datos por la Internet, o para la distribución por medio de disquetes o de CD-ROM. Los programas de compresión que más se usan en el entorno de Windows son PKZIP y Winzip, incluidos en casi todas las computadoras. También hay rutinas que extraen archivos a partir de los comprimidos en el sistema operativo UNIX. Cabe señalar, sin embargo, que algunos formatos, entre ellos File Geodatabase, no pueden ser comprimidos. Los archivos que se comprimen automáticamente son más convenientes para los usuarios sin experiencia y no requieren una rutina de descompresión, pero son específicos de cada sistema operativo y sólo se deben usar si se conoce la plataforma con que funciona la computadora en la que se aplicarán.

d) Documentación, incluidos los diccionarios de datos

6.137. La documentación que acompañará a la distribución del conjunto de datos no tiene que ser tan completa como la información que se compila internamente para todas las bases de datos (véanse los capítulos II a V). Los archivos de texto ASCII simples (“lectura fácil”) pueden ser leídos por cualquier usuario. Los usuarios generalmente no necesitan información detallada sobre la evolución o las etapas de procesamiento de los datos, y para los usuarios externos lo importante es que las bases sean fáciles de interpretar. Así pues, la documentación debe contener una descripción clara, concisa y completa de los aspectos de la base de datos pertinentes para el usuario. Si la oficina de censos mantiene una base integral de metadatos, la documentación correspondiente se puede compilar muy rápidamente y puede incluir lo siguiente:

- Nombres e información de referencia del conjunto de datos, incluidas todas las fuentes.
- Descripción del contenido de los conjuntos de datos.
- Descripción de la jerarquía de las unidades administrativas e informantes y su relación con otras características (como los asentamientos); debería incluir un claro enunciado de la definición estadística empleada para cada tipo de unidad informante, y también sería útil una lista completa de todas las unidades informantes y sus códigos geográficos.
- Requisitos de equipos y programas informáticos (*software*).
- Formato general de los datos; directrices para descomprimir e instalar.
- Información sobre el referenciamiento geográfico (todos los conjuntos de datos geográficos deben tener el mismo sistema de referencia), incluida la siguiente:
 - Proyección cartográfica con todos los parámetros necesarios, como el paralelo estándar, el meridiano estándar, falso este o norte, etcétera;
 - Unidades de las coordenadas (en, grados decimales, metros, pies, ...);
 - Escala del mapa fuente, es decir, la escala de los mapas impresos a partir de los cuales se digitalizaron los límites;
 - Información sobre la exactitud geográfica (por ejemplo, la información disponible sobre la exactitud numérica de los mapas fuente; si no es posible evaluar cuantitativamente la calidad de los datos, se puede describir la exactitud en términos más generales);
 - Los mapas en papel de los conjuntos de datos de SIG son un complemento útil de la documentación; por ejemplo, posibilitan verificar si la importación de mapas ha sido correcta;
- Convenciones para el manejo de unidades informantes inconexas que no empalman;

- Información sobre productos conexos, por ejemplo, bases de datos censales de SIG más detalladas o archivos de datos adicionales que pueden usarse con esos límites;
- Bibliografía de publicaciones pertinentes sobre censos;
- Información para pedir asistencia técnica;
- Descargos, información sobre los derechos de propiedad intelectual, etc.

6.138. Además, cada conjunto de datos de SIG debe ir acompañado de un diccionario de datos con información sobre cada capa y cada cuadro de datos. El diccionario debe proporcionar lo siguiente:

- Nombres y formatos de los archivos;
- Tipos de características (puntos, líneas o polígonos);
- Relación entre los archivos de datos sobre coordenadas y los cuadros de atributos asociados externos;
- Para cada campo en el cuadro de atributos y en los demás cuadros externos:
 - Nombre del campo;
 - Descripción del contenido del campo (por ejemplo, población total, 2005) y la definición estadística exacta que se utilizó. Para los indicadores demográficos derivados, se puede dar la fórmula, por ejemplo, usando los nombres de los campos de las variables empleadas como numerador y denominador.
 - Definiciones de los campos, incluido el tipo de variable (por ejemplo, real, entero o de caracteres), el intervalo de valores aceptables y las convenciones para manejar los casos de valores faltantes. Si los datos están clasificados, el sistema de codificación debe explicarse en detalle. Por ejemplo, en una base de datos de asentamientos, un campo numérico denominado TYPE puede utilizar “1” para la capital nacional, “2” para las capitales provinciales, “3” para los centros administrativos de los distritos, y así sucesivamente.
 - Cualquier información de que se disponga sobre la calidad de los datos que posibilite determinar su validez para una determinada tarea.

6.139. Es posible incorporar la documentación y los diccionarios en la guía integral para el usuario, que podría contener una explicación más detallada del contenido de la base de datos, su evolución y su calidad. También se podrían incluir explicaciones detalladas de aplicaciones, o copias de mapas censales que pueden crearse con la base de datos. En el anexo IV se presenta un ejemplo de un diccionario de datos.

e) Control y verificación de la calidad de los productos para su entrega

6.140. El control de calidad es una etapa importante antes de que el producto final pase a la etapa de reproducción. Después de producir la versión definitiva de todas las bases de datos en la forma en que se distribuirán (por ejemplo, comprimidas), hay que ensayarlas en todas las plataformas en que se usarán (por ejemplo, Windows, UNIX, Macintosh, LINUX).

6.141. Para muchos usuarios, el medio de distribución más adecuado para los conjuntos de datos muy grandes es el CD-ROM, que puede tener hasta 700 MB, y casi todas las computadoras tienen dispositivos de lectura de CD-ROM. Los grabadores de CD-ROM también cuestan poco y posibilitan producir copias maestras digitales internamente, así como distribuir unas pocas copias de conjuntos de datos que respondan

a la necesidad del cliente. Para la distribución más amplia de conjuntos de datos grandes, el CD-ROM ofrece la ventaja de tener un bajo costo de producción por unidad, y ser durable y legible en numerosas plataformas.

6.142. La tecnología de DVD (*Digital Video/Versatile Disk*) (videodisco versátil digital) ha suplantado en algunos aspectos la de CD-ROM y cada vez es más frecuente encontrar en las computadoras de escritorio dispositivos de escritura en DVD. Actualmente, un DVD estándar grabado de un solo lado puede contener 4,7 gigabytes de información.

6.143. A un plazo más largo, casi toda la distribución de datos se realizará por conducto de la Internet. En la actualidad, la distribución de archivos muy grandes en algunos países todavía está obstaculizada por el limitado ancho de banda (la cantidad de datos que se pueden transferir en un lapso dado). Los tiempos de descarga muchas veces son inaceptables, debido a que en muchos países hay deficiencias en la infraestructura de la Internet. Pero el peor inconveniente son las conexiones de módem de viviendas u oficinas a los cables principales de la Internet. Los archivos grandes pueden transferirse a los usuarios académicos, gubernamentales o comerciales que tienen acceso de alta velocidad a la Internet.

6.144. La distribución de los datos por la Internet elimina gran parte del costo de reproducción de la oficina de censos. Los costos restantes corresponden a la preparación de interfaces de programas, el mantenimiento del sitio en la web y el uso adicional de los recursos del servidor web. Las bases de datos censales de SIG pueden ofrecerse a un costo muy bajo o gratuitamente, pero tal vez algunos organismos opten por requerir el pago de derechos para obtener datos en línea, quizás por la necesidad de subvencionar con este ingreso un programa de publicación para los usuarios que no tienen acceso a la Internet o porque se quiere recuperar parte del costo de recopilar y compilar datos censales.

2. Cuestiones jurídicas y de comercialización

6.145. A continuación se consideran algunas cuestiones que las oficinas nacionales de estadística deben tener en cuenta en relación con la producción, los derechos de propiedad de los datos geográficos, inclusive derechos de propiedad intelectual, y soluciones de transacción en la comercialización de datos geográficos y cuestiones de responsabilidad civil.

a) Derechos de propiedad intelectual de los datos

6.146. La propiedad intelectual es el derecho exclusivo y jurídicamente garantizado de publicar, reproducir o vender una parte de un trabajo, en este caso, una base digital de datos geográficos. Los problemas que se plantean con las bases de datos de SIG son más urgentes que en el caso de los mapas en papel, en vista de la facilidad de la reproducción digital. Por ello, la oficina de censos debe formular una política de acceso para la información censal tabulada o cartográfica.

6.147. La propiedad intelectual tiene dos facetas: los derechos morales y los derechos materiales. Los primeros protegen la integridad del trabajo al prohibir cualquier alteración del producto original. Los segundos se refieren al derecho a percibir un beneficio monetario una vez que se ha dado a conocer el producto para su reproducción, uso o transformación. Todo derecho de propiedad intelectual otorgado por el titular se especificará en los acuerdos de licencia.

6.148. La cuestión de los derechos de propiedad intelectual se relaciona con la política de precios de los productos de información digital. La oficina de censos tiene

varias opciones en materia de estrategias de fijación de precios para datos espaciales digitales. Puede decidir:

- Hacerse cargo de sufragar todo el costo de recopilación y distribución de datos censales.
- Cobrar por el costo de distribución de los datos (costo de los medios y envío).
- Recuperar en todo o en parte el costo de recopilar y compilar los datos.
- Producir ingresos que superen el costo real de la inversión y la obtención de datos de SIG.

b) Ventajas y desventajas en la comercialización de datos geográficos

6.149. Las leyes de propiedad intelectual varían de un país a otro. Algunos Estados no se reservan este derecho sobre la información producida por los organismos públicos basándose en que como los contribuyentes han costeado con sus impuestos los gastos de reunión de datos, no se les debe cobrar nuevamente por su uso. En consecuencia, los datos de SIG producidos por los organismos públicos se distribuyen gratis o cobrando solo el costo de reproducción. Además, cualquier empresa comercial puede usar la información estatal, procesarla para darle una nueva presentación y venderla para obtener una ganancia.

6.150. En los Estados Unidos, por ejemplo, el libre acceso a los datos públicos ha dado origen a una gran industria de servicios que produce datos censales referenciados espacialmente en varios formatos para la venta a usuarios privados, comerciales y del sector público. A pesar de que las compañías cobran por los datos, la utilización no exclusiva de los datos censales ha redundado en la aparición de muchas compañías en el mercado. La competencia ha mantenido el precio de los datos censales a un nivel bajo, a la vez que ha aumentado la oferta de productos especializados. Los usuarios que deseen convertir por sí mismos los datos pueden obtenerlos gratuitamente.

6.151. Esta evolución ha sido beneficiosa, pues ha ampliado muchísimo el uso de los datos censales en aplicaciones geográficas. El mayor número de usuarios ha estimulado, a su vez, el desarrollo comercial de programas cartográficos fáciles de utilizar y la prestación de servicios con valor agregado. Hubo considerables beneficios económicos globales, porque aumentaron los ingresos tributarios y el mejor acceso a la información acrecentó la productividad y redundó en mejores decisiones en los sectores público y privado. Estas ventajas justifican la publicación de los datos sin pago de derechos, lo cual constituye una subvención estatal a las compañías privadas.

6.152. En otros países, la necesidad de reducir los presupuestos públicos ha intensificado la presión para que los organismos públicos generen ingresos que financien sus operaciones. En consecuencia, los precios de la información censal referenciada geográficamente son a veces muy altos y pueden reflejar su valor comercial, por ejemplo para las instituciones financieras o las empresas, pero quizás estos precios desplacen del mercado a las compañías pequeñas o a usuarios no comerciales y limiten la utilización y, por ende, los beneficios, de los datos geográficos censales. Como señalan Prevost y Gilruth (1997), el intento de recuperar los costos que pone a estos productos censales de SIG fuera del alcance de usuarios no comerciales suele tener como consecuencia que aparezcan copias ilegales, que se duplique la tarea de crear los datos a partir de los materiales fuente originales, o que se opte por usar otros datos, más baratos y de menor calidad.

6.153. Las licencias restrictivas también impiden u obstaculizan la distribución de productos y servicios derivados, lo que disminuye los beneficios para el público que podría tener la recopilación de datos censales. Es muy posible que la reducción del

efecto económico debida a la ausencia de dichos beneficios sea mayor que el aumento de los ingresos que logra la oficina de censos. De hecho, en algunos países, las políticas de distribución de datos producidos por el Estado se inclinan por restaurar anteriores sistemas de costos bajos o entrega gratuita porque se han dado cuenta de que los precios más altos no compensan el costo de aplicación de los derechos de propiedad intelectual ni de los beneficios perdidos por la sociedad a causa del menor aprovechamiento de información de importancia vital.

6.154. Con frecuencia, el acceso a los datos y a aplicaciones secundarias también se restringe si la oficina de censos trabaja en colaboración con un productor privado o en aquellas ocasiones en las que los datos provenientes de productores públicos o privados sirven para elaborar mapas censales. Por ejemplo, la oficina de censos puede celebrar un acuerdo con una compañía privada de cartografía que absorba parte del costo de producción de mapas digitales para el censo. Esta compañía podrá recuperar su inversión solamente si se le otorga el derecho exclusivo de comercializar los datos geográficos (esto no será un problema cuando la oficina de censos celebra un contrato de servicios con la compañía de manera que todos los productos siguen siendo de propiedad de dicha oficina).

6.155. Si se utilizan datos provenientes de otros organismos para producir mapas censales —como la oficina nacional de cartografía o las autoridades locales—, en los mapas hay que aclarar en detalle los precios, los derechos de propiedad intelectual, la definición de la fuente y la información sobre los productores. Sobre todo, se deberían evitar conflictos sobre la propiedad intelectual, porque probablemente la oficina de censos habrá de necesitar la colaboración de esos organismos para sus futuras actividades cartográficas.

6.156. En la mayoría de los países, han de considerarse las ventajas y desventajas y lograrse un equilibrio entre el acceso más amplio posible a los datos censales y las presiones para recuperar parte del costo que conlleva su recopilación, lo cual significará una solución de consenso entre las dos posiciones extremas ya descritas. Por ejemplo, se pueden concertar acuerdos especiales entre distintos organismos públicos que deseen incorporar los datos de otros en sus productos. La oficina de censos puede acordar con el organismo nacional de cartografía la distribución de mapas digitales básicos de los caminos, ríos y demás a los usuarios de datos de SIG. Además, se pueden otorgar descuentos a los usuarios académicos y a otros usuarios que no tienen fines de lucro. Otra opción es ofrecer algunos productos genéricos en forma gratuita, y cobrar por los productos con valor agregado que han tenido más procesamiento.

c) Cuestiones relativas a la responsabilidad

6.157. En varias ocasiones, los tribunales han dictaminado que se responsabilizará a los productores de los datos si los errores de la información geográfica provocan accidentes o perjuicios. Hasta ahora, en la mayoría de los casos se ha tratado de accidentes debidos a información faltante o errónea en los mapas topográficos. Se han documentado casos de accidentes aéreos o marítimos causados por información errónea en las cartas de navegación. El diseño y el contenido de los mapas dependen del uso previsto pero, a veces, los mapas se utilizan para fines que el productor no previó. Por ejemplo, una oficina de censos podría publicar datos de las unidades informantes junto con una base de datos sobre las redes de calles. Como esta última información no es esencial para el uso de los datos censales, el control de su calidad puede haber sido mucho menos riguroso que si se la hubiera compilado para los itinerarios de servicios de emergencia. Si se usan estos datos imperfectos para fines no previstos por el productor, es muy probable que haya perjuicios.

6.158. Otro ejemplo relacionado con las cuestiones de responsabilidad que es muy pertinente a la divulgación de datos censales es la infracción contra el carácter privado de cierta información. Por lo general, la oficina de censos publica solamente datos agregados a un nivel que no revela información sobre una persona, ni un hogar o un grupo muy pequeño de personas. Si la oficina de censos vuelve a agregar los microdatos de varias zonas pequeñas, como las de empadronamiento, los distritos por código postal o los sanitarios o educacionales, es posible aislar información sobre grupos de personas más reducidos que el nivel menor de divulgación utilizando subrepticiamente ciertas operaciones de SIG (véanse los párrafos 6.32 a 6.36, sobre el problema de la diferenciación). En algunos países, esto puede servir de base para que las personas en cuestión entablen acciones judiciales.

6.159. Es interesante subrayar que Johnson y Onsrud (1995) argumentan que la venta de datos de SIG y la limitación de los usos secundarios de estos datos pueden acrecentar la responsabilidad del proveedor. El precio implicaría que éste garantiza que el material no tiene errores y se ajusta a los fines previstos. Por el contrario, cuando los datos son de dominio público el organismo estará protegido contra estas demandas.

6.160. Por lo tanto, antes de distribuir datos con referencia espacial, la oficina debe consultar a expertos jurídicos y redactar un descargo de responsabilidad que acompañe a los productos e incluya lo siguiente:

- Una declaración de que se considera que la información es exacta en la fecha en que se ha recopilado y que se obtuvo de fuentes confiables, pero que no se puede garantizar que sea fidedigna.
- Una advertencia de que la información está sujeta a cambios y una notificación de los cambios ocurridos.
- Una aclaración, si un organismo externo creó alguna parte de la base de datos geográficos.
- Una mención de que el uso de los datos entraña la aceptación de los descargos de responsabilidad y de los acuerdos.

3. Cartografía por la Internet

6.161. Muchas oficinas nacionales de estadística usan la Internet como cauce de divulgación de información y datos. Las páginas web varían desde simples listas y cuadros de resultados de los censos hasta complejas interfaces de consulta, donde el usuario puede pedir tabulaciones cruzadas especiales.

6.162. Cabe alentar el uso de la Internet para la divulgación de datos por muchas razones. Por otra parte, optar por una divulgación a través de la Internet requiere una inversión por parte de la oficina nacional de estadística, particularmente debido a la carga que coloca la divulgación por conducto de la Internet sobre los servidores de computadoras, el almacenamiento, la actualización y los dispositivos de respaldo. Se alienta a las oficinas nacionales de estadística a que consideren los costos vitalicios totales de optar por la presentación por la Internet como parte de la planificación general de los censos.

6.163. La Internet también es un medio adecuado para presentar y distribuir información geográfica. La opción más simple es presentar imágenes estáticas producidas por la oficina de estadística. Por ejemplo, se puede producir una serie de mapas que muestren las variables censales con un programa sencillo. La mayoría de los programas posibilitan guardar mapas en formato de imagen estándar como GIF o JPEG. Estas imágenes se pueden integrar después en páginas web, como cualquier otro gráfico o fotografía. Estos sitios en la web pueden ofrecer acceso a información útil, pero

no permiten la manipulación de los datos ni la producción de mapas personalizados de zonas geográficas específicas. En las secciones siguientes se consideran los métodos que posibilitan un grado considerable de interacción con la base de datos.

6.164. La mayoría de las compañías proveedoras de programas de SIG y de programas de cartografía para computadoras de escritorio han desarrollado instrumentos independientes de la plataforma para la cartografía por la Internet que hacen uso de los protocolos estándares de intercambio de datos. Esos instrumentos posibilitan que la oficina de estadística ubique información geográfica en un servidor y que los usuarios obtengan mapas de estos datos, o los consulten en forma interactiva utilizando buscadores estándares. Los usuarios de la Internet tienen así acceso a las aplicaciones de SIG sin tener que comprar programas electrónicos patentados. Cualquier dato que se pueda almacenar o manipular en un SIG se puede distribuir de este modo, incluidos los mapas vectoriales, las imágenes en cuadrícula y los cuadros de datos.

6.165. Los programas electrónicos de cartografía basados en Internet también son un medio útil para que el personal de la oficina de estadística tenga acceso a los datos espaciales por medio de una Intranet. En lugar de comprar licencias de programas comerciales de SIG que se operan desde un servidor central, el personal puede obtener la información geográfica mediante sus programas de búsqueda.

6.166. La arquitectura orientada a los servicios es un enfoque que engloba los métodos basados en el servidor y los métodos basados en el cliente, así como los enfoques híbridos (a continuación se describen más detalladamente):

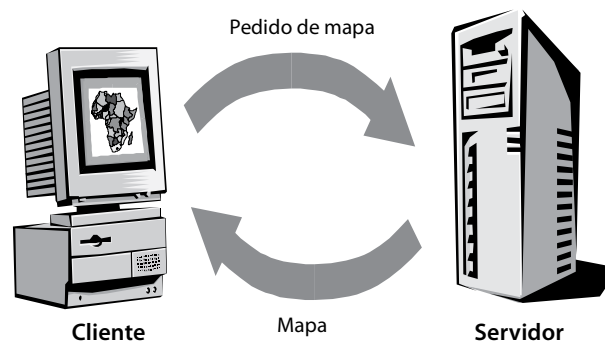
- En los métodos basados en el servidor, el usuario envía un pedido de un mapa a un servidor donde está la base de datos. Los programas de cartografía del servidor procesan el pedido, producen un mapa —por ejemplo, en formato GIF— y lo envían al usuario.
- En los métodos basados en el cliente, en cambio, el usuario (cliente) realiza la mayoría de las tareas de procesamiento en su computadora.
- Por último, los métodos híbridos combinan los dos métodos anteriores.

a) Enfoques basados en el servidor

6.167. En estos enfoques, a veces denominados arquitectura “cliente menor/servidor principal”, el servidor, ubicado en la oficina que distribuye los datos, realiza la mayor parte de las tareas de procesamiento. Es similar a la estructura de la computadora central tradicional, que maneja la gestión, almacenamiento y procesamiento de los datos para una cierta cantidad de usuarios que están conectados por medio de terminales.

Gráfico VI.10

Cartografía por la Internet – El enfoque basado en el servidor



6.168. El principio de un método basado en el servidor lo sintetiza el gráfico VI.10. El usuario se conecta a un sitio en la web y solicita un mapa. Las especificaciones definidas por el usuario incluyen la región geográfica de interés que se indica por su nombre —por ejemplo, el de la región, el del distrito, o mediante coordenadas que forman un rectángulo circundante—, la variable que se quiere trazar, el método de clasificación y de colores, y otras capas de datos que proporcionan el contexto, como los caminos, los ríos o los límites administrativos.

6.169. El pedido del usuario va al servidor por conducto de la Internet y es dirigido a un programa de SIG, que puede estar ubicado en el servidor o en otra computadora conectada a él. Puede ser un programa comercial, o confeccionado especialmente de manera acorde con las necesidades del cliente, sobre la base de módulos de programas que se venden comercialmente. El programa de cartografía entra a las bases de datos que necesita, produce el mapa y lo envía al usuario como una página web. Generalmente, los mapas se envían como imágenes o gráficos estándares, GIF o JPEG, porque los buscadores web no manejan formatos vectoriales. Si el usuario desea modificar el diseño del mapa, envía un nuevo pedido al servidor.

6.170. El enfoque basado en el servidor tiene la ventaja de que el usuario no necesita tener una computadora poderosa para ingresar a bases de datos geográficos posiblemente enormes. Hasta procedimientos geoespaciales bastante complejos, como la comparación de direcciones o el trazado de itinerarios por una red, pueden realizarse con rapidez si el servidor es poderoso. Todo lo que necesita el usuario es un buscador básico y una conexión a la Internet. Se mantiene la integridad de los datos porque el usuario no puede manipular la base. Además, el usuario siempre puede obtener la información más reciente. El proveedor de datos tiene más control acerca de lo que los usuarios pueden ver y cómo pueden verlo. Las opciones de diseño cartográfico pueden instalarse de antemano para asegurar que hasta los usuarios inexpertos obtengan mapas aceptables. Una desventaja es que, cuando los servidores tienen mucha actividad, hay una gran carga de tráfico en la red.

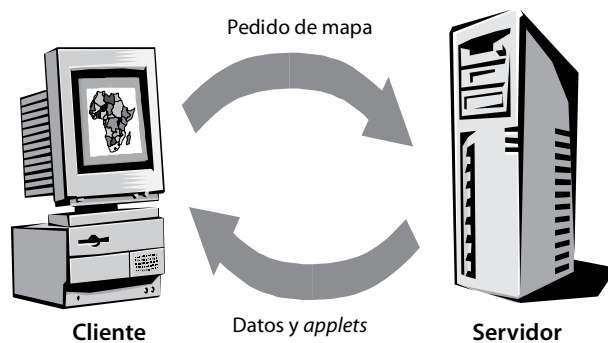
b) Enfoques basados en el cliente

6.171. Estos enfoques —arquitectura de cliente principal— transfieren gran parte del procesamiento necesario a la computadora del usuario. El servidor sirve principalmente para contener la base de datos y enviar al usuario las partes de ella que pidió, posiblemente junto con módulos de mapas. Hay dos variantes de este enfoque.

6.172. En la primera variante, la computadora del usuario no tiene ningún tipo de capacidad cartográfica. Después de que el usuario presenta su pedido, el servidor envía los datos geográficos y un pequeño programa o *applet* que posibilita el análisis

Gráfico VI.11

Cartografía por la Internet – El enfoque basado en el cliente



cartográfico o geográfico (véase el gráfico VI.11). Un *applet* es un programa independiente de la plataforma, escrito en lenguaje de programación Java y que se puede ejecutar en los buscadores web estándares. El usuario puede entonces manejar los datos con independencia del servidor; no hay necesidad de hacerle nuevos pedidos para ver las diferentes capas de mapas u otros diseños cartográficos.

6.173. La otra variante del enfoque basado en el cliente consiste en una conexión transitoria o permanente a un programa de cartografía, *applet* o buscador, instalada en la computadora del usuario (*plug-in*), a fin de ampliar la capacidad del buscador de Internet, por ejemplo para posibilitar que muestre archivos de un formato determinado. La ventaja de este método es que no hay que descargar el programa de cartografía cada vez que el usuario se conecta con el servidor.

6.174. Una vez que el usuario ha descargado los datos y los programas que le interesan, no tiene que volver a comunicarse con el servidor. Es posible confeccionar mapas u organizar análisis fuera de línea. Se pueden aprovechar los recursos de la computadora del usuario, cosa que por lo general acelera el procesamiento. Los enfoques basados en el cliente pueden otorgar al usuario más flexibilidad y libertad en el análisis y la visualización de los datos espaciales. No obstante, los archivos de datos y programas pueden ser muy grandes y requerir una conexión muy rápida a la Internet, de modo que los usuarios que tienen computadoras poco potentes tal vez no puedan ejecutar tareas cartográficas o de análisis más completas. Los enfoques basados en el cliente posibilitan que el usuario guarde en su computadora los datos geográficos sin procesar tal como los pide al servidor, lo que constituye un problema cuando algunos o todos los datos geográficos en el servidor de la oficina nacional de estadística están protegidos por derechos de propiedad intelectual.

c) Enfoques híbridos

6.175. Los enfoques basados en el servidor sirven para que un público numeroso y con poca capacitación tenga acceso a mapas relativamente sencillos. Esos enfoques serían muy adecuados para presentar los mapas censales al público en general, y son preferibles para una Intranet, en que suele haber grupos pequeños de usuarios dotados de conocimientos bastante amplios de SIG y cartografía que utilizan bases de datos complejas. Serían adecuados para que el personal de la oficina de censos tenga acceso interno a datos de SIG.

6.176. Los enfoques híbridos combinan las ventajas de los otros dos. Ofrecen flexibilidad para realizar consultas y manipular los mapas en la oficina, pero transfieren al servidor la mayor parte de la carga del procesamiento cuando se trata de análisis complejos, lo que exige cierto grado de comunicación entre el cliente y el servidor en cuanto a la capacidad de procesamiento disponible.

d) Oportunidades de distribución de los datos censales, incluido MapServer

6.177. Los programas de cartografía que se consiguen hoy en la Internet se pueden cambiar de escala. Los proveedores de datos pueden comprar un programa comercial que opera con conjuntos de datos estándares. Como la elaboración de mapas a partir de datos censales es una aplicación bastante común, las oficinas nacionales de estadística no han de tener dificultades en encontrar una solución adecuada. En el caso de aplicaciones más complejas, es posible obtener módulos de programas que facultan al proveedor para diseñar especialmente la interfaz del servidor cartográfico, de acuerdo con las necesidades del usuario.

6.178. El concepto de MapServer fue ideado como instrumento de fuente abierta para crear aplicaciones de Internet con capacidad espacial. MapServer es la

tecnología del servidor de fuente abierta basada en la web de mayor utilización en la actualidad (véase www.opengeospatial.org) y uno de los componentes básicos necesarios a fin de traducir datos del SIG en una imagen cartográfica para su visualización por un cliente de la web. En verdad, MapServer es compatible con las normas del Open GIS Consortium (OGC) (Consortio del SIG abierto) y presenta un producto cartográfico de avanzada, inclusive cartografía temática y automatización de elementos cartográficos; diseño de características y rotulado de características en función de la escala; apoyo con base en una plantilla adaptable al cliente; apoyo para ámbitos de *script* y desarrollo populares; apoyo a la proyección cartográfica y múltiples formatos de cuadrícula y vectoriales (para obtener más información, véase <http://mapserver.gis.umn.edu>).

6.179. Dadas la capacidad creciente de la red, es posible transferir a los usuarios conjuntos mayores de datos y módulos de programas de gran magnitud y prestar servicio a mayor cantidad de usuarios simultáneamente. Gracias a las conexiones más veloces en la Internet, se pueden superar los problemas intrínsecos de las soluciones tanto con base en el cliente como con base en el servidor. Las computadoras de los clientes pueden comunicarse frecuentemente y sin demora con los servidores, de manera que hay una ejecución casi instantánea de los pedidos de los usuarios.

6.180. En el caso de los datos censales, el mejor método de acceso y la estrategia preferible de distribución por la Internet dependerán de la capacidad y de los conocimientos técnicos del usuario. Un sistema flexible debe proporcionar servicios a usuarios de cualquier nivel, incluidos los usuarios potentes y los usuarios activos y pasivos. Esas categorías son, en líneas generales, paralelas a la tipología de usuarios ya descrita, a saber:

- **Usuarios potentes**, que desean obtener toda la base de datos para usarla en su propia computadora con programas comerciales de SIG. Se abastecen por medio de métodos convencionales de distribución de datos, como la compra de CD-ROM, o de DVD, o la descarga de la Internet de conjuntos de datos de SIG “en bruto”.
- **Usuarios activos**, que poseen algunos conocimientos de SIG, pero que no tienen recursos de SIG en sus computadoras. Desean descargar partes de la base de datos, junto con módulos de programas de SIG (*applets*) que puedan realizar las tareas requeridas.
- **Usuarios pasivos**, que simplemente quieren obtener un mapa ya diseñado. El servidor ejecuta el pedido del usuario y la información se le envía por la Internet en un formato adecuado, por ejemplo, archivos de imágenes en cuadrícula o *postscript* para los mapas y archivos de planillas o archivos de bases de datos.

6.181. Un sistema flexible de distribución de datos censales por la Internet podría tener las siguientes características:

- Los usuarios deciden el alcance geográfico de la región de interés, para descargar los datos o pedir un mapa. Esa región se puede especificar usando cualquiera de las siguientes modalidades de ubicación geográfica:
 - El nombre de la región geográfica, que puede ser, por ejemplo, una ciudad, un distrito o una provincia.
 - Un rectángulo circundante determinado por medio de coordenadas geográficas.
 - Una especificación interactiva de una región por un usuario, con funciones de búsqueda y de aumento. Por ejemplo, la interfaz puede comenzar

con un mapa del país. Luego, el usuario puede concentrarse en una región y elegir la zona específica dibujando en la pantalla un rectángulo o polígono de la zona a aumentar. A medida que aumenta el tamaño de la zona, podrán verse más detalles. Al comenzar, el mapa solamente muestra los límites del país y de las provincias. Al centrarse en una provincia e ir aumentándola, podrán verse los límites de los distritos y la ubicación de las ciudades. Si se elige una ciudad en especial, al aumentar se podrán ver las calles principales y los límites de zonas de empadronamiento urbano. El nivel de detalle que se muestre está determinado por la escala del mapa que aparece en la pantalla del usuario.

- La definición de una región por medio de una consulta geográfica. Por ejemplo, un usuario comercial que necesita información acerca de las características demográficas de sus posibles clientes podría solicitarla para una zona circular de cinco kilómetros de radio alrededor de la galería comercial o las tiendas de que se trate. Un organismo público de planificación podría solicitar datos acerca de la población que vive a una distancia de hasta cinco kilómetros de una autopista proyectada.

6.182. El usuario especifica las variables que le interesan y el tipo de producto que desea: por ejemplo, mapas, para los que puede especificar diseños cartográficos básicos, como la cantidad de categorías, el tipo de clasificación y los colores, o un cuadro simple de datos que muestre las variables seleccionadas de la región que le interesa. El usuario también especifica si necesita una base de datos y módulos de consulta y análisis, o si desea obtener un mapa o una base de datos.

6.183. El servidor interpreta el pedido del usuario y crea el subconjunto correspondiente a partir de la base de datos. Para las regiones especificadas por su nombre, esto significará simplemente una selección lógica de, por ejemplo, todas las zonas de empadronamiento dentro de un distrito determinado. Para las zonas que no se ajustan a la jerarquía geográfica estándar del censo, se necesita más procesamiento. En algunos países, es posible conseguir, o se están preparando actualmente, bases de datos de SIG de las unidades de vivienda, donde se asigna a cada una su coordenada geográfica. Un SIG en el servidor puede luego compilar una tabulación especial, seleccionando todos los hogares dentro de la zona que definió el usuario. Cuando esto no es posible, el SIG debe realizar una interpolación de zonas, usando técnicas similares a las ya descritas.

6.184. El resultado de la consulta se devuelve al usuario en forma de datos básicos que pueden manipularse usando *applets* de SIG, o en forma de mapa o de base de datos, que el usuario puede usar directamente. Además de la base de datos o los mapas, tiene que haber también documentación sobre los datos y cualquier otra información pertinente.

6.185. Estos servicios podrán ser gratuitos o con cargo, según las políticas de distribución de datos que tenga cada país. Los pedidos de información básica que ya está compilada podrían ser gratuitos, mientras que se podría cobrar por los pedidos de materiales más complejos.

6.186. Hay que tener en cuenta el tema del carácter privado de ciertos datos si las tabulaciones preparadas a pedido del cliente se basan en microdatos. Las cuestiones relativas a la seguridad en la Internet son tan importantes en la gestión de los datos censales en redes como lo son en las aplicaciones comerciales de la Internet. Por lo tanto, la red interna que da acceso a los microdatos del censo debe estar separada mediante un dispositivo eficaz o “muro cortafuego” (*firewall*) del dominio de la Internet a través del cual usuarios externos tienen acceso a los datos agregados.

Recuadro VI.1

**Estudio de un caso de cartografía en la web
para la divulgación de datos censales: Canadá**

Desde finales del decenio de 1990, la Internet ha sido el principal conducto para divulgación utilizado por el organismo de estadística del Canadá (Statistics Canada). La divulgación basada en la web tiene un enorme potencial para proporcionar al usuario gran flexibilidad en el acceso a datos estadísticos. La clave para aprovechar este potencial es proporcionar instrumentos a fin de que el usuario explore sin dificultad los datos disponibles. Statistics Canada ha elaborado un instrumento cartográfico basado en la web que faculta al usuario para explorar geográficamente los datos censales mediante la interacción con un mapa. GeoSearch posibilita que el usuario busque, detecte, visualice y obtenga datos básicos, geográfico y demográficos correspondientes a distintas zonas del Canadá.

GeoSearch2006

A fin de encontrar un determinado lugar en el Canadá, los usuarios pueden interactuar con un conjunto común de instrumentos cartográficos ubicados a la izquierda de la pantalla, mediante los cuales es posible acercarse o alejarse del punto de interés, desplazarse por el mapa o determinar una zona de interés. Una serie de leyendas bajo el mapa sirve para entrar en diversas funciones, entre ellas, seleccionar un tipo estándar de zona geográfica, buscar una zona de interés utilizando diversos tipos de información (nombre del lugar, dirección o código postal), confeccionar mapas temáticos de datos censales, determinar las relaciones en la jerarquía geográfica o tener acceso a datos adicionales. Una vez que se individualice una zona, los usuarios pueden visualizar los recuentos de población y viviendas, seleccionar variables de interés de entre más de 35 variables censales para crear mapas temáticos dinámicos, operar un enlace con más de 10.000 mapas de referencia en PDF o tener acceso a múltiples datos demográficos y socioeconómicos en las reseñas comunitarias correspondientes a 2006.

Además de GeoSearch, Statistics Canada produce un juego completo de productos con datos geográficos censales, los cuales son ofrecidos en su sitio en la web. Dichos productos están organizados según tres categorías principales. La categoría de productos cartográficos en formato PDF incluye mapas de referencia en que se ilustra la magnitud de las zonas geográficas estándar y los mapas temáticos que presentan estadísticas relativas a varios temas. La categoría de productos de información espacial incluye archivos de límites de todas las zonas geográficas estándar, archivos de la red vial y archivos de datos hidrográficos; esos productos espaciales posibilitan que los usuarios elaboren sus propias bases de datos espaciales con fines analíticos o que incorporen las zonas geográficas censales en sus bases existentes de datos geoespaciales. La categoría de productos de información sobre atributos incluye datos sobre las características de las zonas geográficas (por ejemplo, cantidades de población y viviendas, superficie de suelos y densidades de población), y las relaciones entre distintas zonas geográficas. Esos productos pueden utilizarse independientemente o con productos de información espacial (para obtener más información, sírvase dirigirse a Joe Kresovic en la dirección de e-mail: Joe.Kresovic@statcan.gc.ca).

6.187. Evidentemente, la interfaz de distribución de datos descrita es muy ambiciosa. Necesita rápidas conexiones a la Internet y sólo puede llegar a una gran cantidad de usuarios si la mayoría de los hogares, empresas y organismos públicos tiene acceso a la Internet. En muchos países esto no sucede todavía, pero dada la velocidad con que avanza y se difunde la tecnología, dentro de poco muchos países podrán satisfacer la mayoría de los pedidos por la Internet. Algunas oficinas de censos están poniendo en práctica estrategias de distribución de datos que incluyen algunos de los elementos aquí descritos.

F. Resumen y conclusiones

6.188. En este capítulo se han examinado cuestiones relativas a las tareas geográficas posteriores al empadronamiento, incluida la divulgación de datos. Después de recibir de los operadores sobre el terreno la información sobre los cambios a introducir en la base de datos geográficos, comienza un proceso de edición y actualización permanentes de la base de datos geográficos para su utilización en encuestas y censos futuros. Los datos pueden entregarse a un nivel modificado de zona de empadronamiento o pueden agregarse en nuevas unidades de difusión, como conglomerados. Varios productos y servicios, estáticos y dinámicos, pueden derivarse del censo, entre ellos mapas, análisis, atlas, CD ROM y sitios web interactivos.

6.189. Al entregar datos a un nivel desagregado se suscitan varias cuestiones relativas a la publicación y la preservación del carácter privado de algunos datos. Otra cuestión relativa a la publicación de datos es si proporcionar o no dichos datos gratuitamente, o procurar obtener ingresos vendiendo productos con valor agregado, como CD-ROM o DVD con los datos. Asimismo, el presente capítulo incluyó la descripción de productos de datos geográficos, entre ellos, visualizadores de mapas, archivos espaciales con atributos para su utilización en programas informáticos comerciales del SIG y productos cartográficos a ofrecer en la Internet.

Bibliografía y referencias

- Aronoff, S. (1991). *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. Ottawa: WDL Publications.
- ASCE (1994). *The Glossary of the Mapping Sciences*. Bethesda, Maryland: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, y American Society for Civil Engineers.
- Bertin, J. (1983). *Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps*. Madison, Wisconsin: University of Wisconsin Press. La primera edición se hizo en francés, con el título *Sémiologie graphique*. París, 1977.
- Brewer, C. (1994). Instrucciones para el uso de color en cartografía y visualización. En: A. M. MacEachren y D. R. F. Taylor, compiladores. *Visualization in Modern Cartography*. Londres: Pergamon.
- _____ (2005). *Designing Better Maps: A Guide for GIS Users*. Redlands, California: ESRI Press.
- Bugayevskiy, L. M., y J. P. Snyder (1995). *Map Projections: A Reference Manual*. Londres: Taylor and Francis.
- Canters, F., y H. Declair (1989). *The World in Perspective: A Directory of World Map Projections*. Nueva York: John Wiley and Sons.
- Castro, M., et al. (2004). Integrated urban malaria control: a case study in Dar es Salaam, Tanzania. *American Journal of Medical Hygiene*, págs. 103 a 117.
- Centro Nacional para Estadísticas de Salud, de los Estados Unidos (1997). *Atlas of United States Mortality*. Washington, D.C.: Centro para el Control y Prevención de Enfermedades.
- Comisión Económica para África (2007). Determination of fundamental data sets for Africa: geoinformation in socio-economic development. Document ECA/ISTD/GEO/2007/02E. Addis Abeba.
- Comité de Datos Geográficos Nacionales de los Estados Unidos (1997a). *Framework Introduction and Guide*. Washington, D.C.
- _____ (1997b). The subcommittee on cultural and demographic data. Washington, D.C. (www.census.gov/geo/www/standards/scdd/index.html).
- Consejo Nacional de Investigaciones de los Estados Unidos (2007). *Tools and Methods for Estimating Populations at Risk from Natural Disasters and Complex Humanitarian Crises*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Dent, B. D. (1999). *Cartography: Thematic Map Design*, 5th edition. Dubuque, Iowa: Wm. C. Brown Publishers.
- Duke-Williams, O., y Rees, P. H. (1998). Can census offices publish statistics for more than one small area geography? An analysis of the differencing problem in statistical disclosure. *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 12, No. 6.

- Fothergill, S., y J. Vincent (1985). *The State of the Nation: An Atlas of Britain in the Eighties*. Londres: Pan Books.
- Garson, G. D. (2003). *Public Information Technology: Policy and Management Issues*. Hershey, Pennsylvania: Idea Publishing Group.
- Hohl, P., compilador (1998). *GIS Data Conversion: Strategies, Techniques, Management*. Santa Fe, Nuevo México: Onword Press.
- Hurskainen, P., y P. Pellikka. (2006). Change detection of informal settlements using multi-temporal aerial photographs: the case of Voi, SE Kenya. *Actas de la Quinta Conferencia de la Asociación Africana de Teleobservación del Medio Ambiente*. Helsinki.
- Jensen, J. R. (1996). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*, 2a. edición. Nueva York: Prentice-Hall.
- _____, y D. Cowen (1999). Remote sensing of urban/suburban infrastructure and socio-economic attributes. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 65, No. 5, págs. 611 a 622.
- Johnson, J., y H. J. Onsrud (1995). Is Cost Recovery Worthwhile? *Actas de la Conferencia Anual de la URISA*, San Antonio, Texas, julio.
- Khosrow-Pour, M. (2005). *Practicing e-Government: A Global Perspective*. Hershey, Pennsylvania: Idea Publishing Group.
- Kraak, M. J., y F. J. Ormeling (1997). *Cartography: Visualization of Spatial Data*. Harlow, Essex, Reino Unido: Longman.
- Krygier, J., y D. Wood. (2005). *Making Maps: A Visual Guide to Map Design for GIS*. Nueva York: Guilford Press.
- Longley, P., M. Goodchild, D. Maguire y D. Rhind. (2005). *Geographic Information Systems and Science*. Nueva York: John Wiley and Sons.
- Lynch, M., y K. E. Foote (1997). Legal issues relating to GIS: the geographer's craft project. Austin: Universidad de Texas.
- MacEachren, A. M. (1994). *Some Truth with Maps: A Primer on Symbolization and Design*. Washington, D.C.: Asociación de Geógrafos Americanos.
- _____. (1995). *How Maps Work: Representation, Visualization and Design*. Nueva York: Guilford Press.
- McDonnell, R. and K. Kemp (1995). *International GIS Dictionary*. Cambridge, Reino Unido: GeoInformation International.
- Monmonier, M. (1993). *Mapping It Out. Expository Cartography for the Humanities and Social Sciences*. Chicago: University of Chicago Press.
- Montana, L., y J. Spencer (2004). *Incorporating Geographic Information into Measure Surveys: A Field Guide to GPS Data Collection*. Chapel Hill, Carolina del Norte: Carolina Population Center, Universidad de Carolina del Norte.
- Naciones Unidas (2007). *Geographical Information Systems for Population Statistics*. (publicación de las Naciones Unidas, No. de venta: E.97.XVII.30).
- _____. (2008). *Principios y recomendaciones para los censos de población y habitación, Revision 2* (publicación de las Naciones Unidas, No. de venta: S.07.XVII.8).
- Netherlands Interdisciplinary Demographic Institute (1996). *Proceedings of the Expert Group Meeting on Innovative Techniques for Population Censuses and Large-Scale Demographic Surveys, 22 a 26 de abril de 1996*. The Hague: Netherlands Interdisciplinary Demographic Institute y Fondo de Población de las Naciones Unidas.

- Niebert, D. D., compilador (2004). *Developing Spatial Data Infrastructures: The SDI Cookbook*. Global Spatial Data Infrastructure.
- O’Looney, J. A. (2002). *Wiring Governments: Challenges and Possibilities for Public Managers*. Westport, Connecticut: Quorum Books.
- Oficina de Censos de los Estados Unidos (1978). *Mapping for censuses and surveys*, Statistical Training Document ISP-TR-3. Washington, D.C.: Estados Unidos. Departamento de Comercio, Oficina de Censos.
- Padmanabhan, G., J. Yoon y M. Leipnik (1992). *A Glossary of GIS Terminology*, Technical Report, No. 92-13. Santa Barbara, California: National Center for Geographic Information and Analysis.
- Prévost, Y., y P. Gilruth (1997). *Environmental Information Systems in Sub-Saharan Africa. Building Blocks for Africa 2025*, Documento No. 12. Banco Mundial, Washington, D.C. y PNUD/OENU, Nueva York.
- Rhind, D., compilador (1997). *Framework for the World*. Cambridge, Reino Unido: GeoInformation International.
- Robinson, A. H., J. L. Morrison, P. C. Muehrcke, A. J. Kimerling y S. C. Guptill (1995). *Elements of Cartography*, 6a. edición. Nueva York: John Wiley and Sons.
- Snyder, J. P. (1982). *Map Projections Used by the United States Geological Survey*, Washington, D.C.: Government Printing Office.
- _____ (1993). *Flattening the Earth: Two Thousand Years of Map Projections*. Chicago: University of Chicago Press.
- Tomlinson, R. (2007). *Thinking about GIS: Geographic Information System Planning for Managers*. Redlands, California: ESRI Press.
- Tufte, E. R. (1983). *The Visual Display of Quantitative Information*. Cheshire, Connecticut: Graphics Press.
- _____ (1990). *Envisioning Information*. Cheshire, Connecticut: Graphics Press.
- Weeks, J. (2007). Can we spot a neighbourhood from the air? Defining neighbourhood structure in Accra, Ghana. *GeoJournal*, 69:9-22.
- White, J. D. (2007). *Managing Information in the Public Sector*. Armonk, Nueva York: M. E. Sharpe.
- Yankson, P., et al. (2004). *A flexible model for urban vegetation cover measurement based on remote-sensing images*. China: Universidad de Wuhan.

Anexo I

Sistemas de información geográfica

A. Consideraciones generales

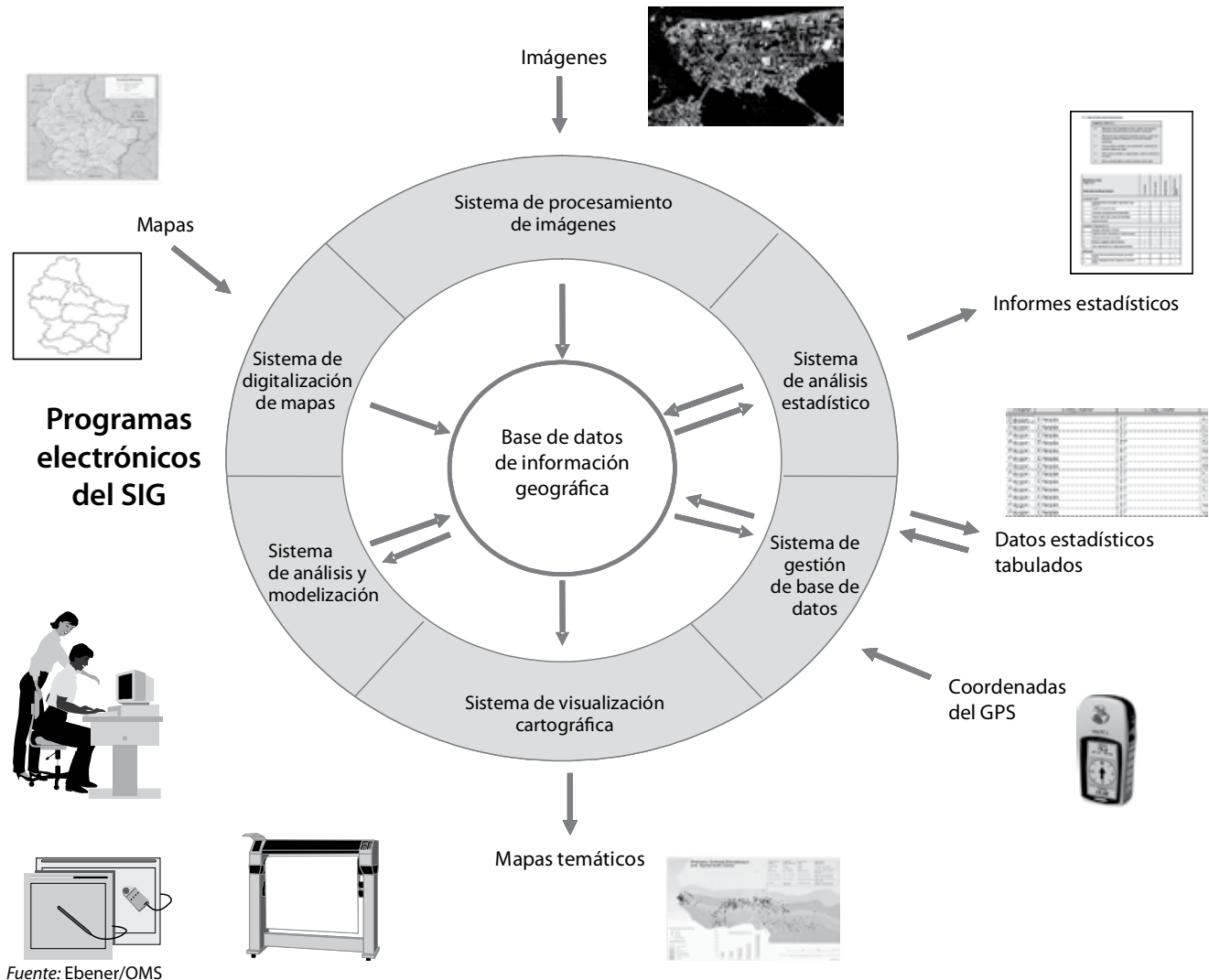
A1.1. Un sistema de información geográfica (SIG) es una herramienta informática que sirve para ingresar, almacenar, manejar, recuperar, actualizar, analizar y producir información. Los datos que contiene están relacionados con las características de los lugares o zonas geográficas. En otras palabras, un SIG posibilita responder a preguntas acerca de dónde se encuentran ciertos elementos o acerca de qué se encuentra en una ubicación dada.

A1.2. La expresión “SIG” tiene diferentes acepciones según el contexto en que se la emplee. Puede denotar la totalidad del sistema de equipos y programas informáticos que se utiliza para trabajar con información espacial. O puede indicar un conjunto determinado de programas de computación diseñado para manejar información sobre características geográficas, o puede referirse a una aplicación, por ejemplo, una base integral de datos geográficos de una región o un país. Por último, a veces se utiliza para describir la disciplina que se ocupa de los métodos, algoritmos y procedimientos empleados para trabajar con datos geográficos. Por ejemplo, en muchas universidades hay ahora carreras de primer nivel especializadas en SIG; la expresión “ciencia de la información geográfica” se usa cada vez más para referirse a la investigación académica sobre programas y procedimientos informáticos para geografía. Un término conexo, tecnología geoespacial, corresponde a un concepto más amplio que abarca el SIG, la teleobservación y la tecnología del sistema mundial de determinación de posición (GPS).

A1.3. Son varias las esferas de estudio que han contribuido a crear los fundamentos del SIG, como lo muestra el gráfico A1.1. De las tradiciones cartográfica y de reconocimiento terrestre se han tomado las reglas e instrumentos para medir y representar características del mundo real. La informática proporciona el marco para el almacenamiento y el manejo de la información geográfica y, junto con las matemáticas, aporta los recursos para manipular los objetos geométricos que representan características geográficas del mundo real. Como un SIG contiene datos provenientes de estudios socioeconómicos, ambientales y topográficos, sirve para aplicaciones en múltiples temas, desde algunos principalmente académicos, como la arqueología o la oceanografía, hasta aplicaciones de índole económica, entre ellas la comercialización de productos o las actividades inmobiliarias.

A1.4. Las aplicaciones de tipo inventario corresponden al sector de los servicios públicos, por ejemplo, una compañía telefónica administra y mantiene su infraestructura física utilizando una base de datos de SIG. Otro ejemplo son los sistemas catastrales de los organismos oficiales locales o regionales. En algunas esferas, los SIG se usan para apoyar la recopilación de datos. Sin duda, el ejemplo más pertinente en lo concerniente a este *Manual* es la utilización de mapas digitales para los censos y la

Gráfico A1.1
Bases del SIG



Fuente: Ebener/OMS

divulgación de los datos censales. En el ámbito académico hay aplicaciones de carácter más analítico, y muchas otras más en disciplinas aplicadas, como la ordenación de los recursos naturales o la comercialización de productos. Las compañías de explotación forestal, por ejemplo, usan los SIG para optimizar una tala sostenible de los árboles, y las compañías de comercialización o minoristas utilizan complejos análisis espaciales para ubicar posibles clientes o para emplazar un nuevo centro o una nueva tienda.

1. Equipo, programas informáticos y datos

A1.5. En este *Manual* se consideran las cuestiones relacionadas con el equipo y los programas informáticos en relación con la preparación y el mantenimiento de bases de datos para mapas censales. En general, el equipo necesario no es distinto del que se usa en otras aplicaciones gráficas caracterizadas por grandes cantidades de datos: una computadora personal —o estación de trabajo— compatible y avanzada, un monitor grande de alto nivel de resolución y los elementos usuales para la entrada

de datos, un teclado y un ratón. Para convertir los mapas de papel en bases de datos digitales se utiliza un digitalizador de formato grande, o un escáner, que también usan los arquitectos o los diseñadores gráficos. Para obtener mapas que puedan mostrarse o analizarse visualmente, se utilizan trazadores (*plotters*) o impresoras.

A1.6. En los últimos años, los programas informáticos de SIG han progresado rápidamente, a partir de sistemas basados en mandos que eran muy difíciles de aprender, hasta llegar a un tipo de programa basado en un menú, que es muy fácil de usar por personas que solamente posean un mínimo de capacitación. Los analistas utilizan SIG muy avanzados cuando crean bases de datos nuevas y realizan complejos análisis espaciales. Hay ahora varios programas cartográficos de nivel intermedio para computadoras personales, en los que se combinan con una amplia gama de capacidades en cuanto a una interfaz estándar de ingreso, gestión, análisis y producción de datos. Por último, en el nivel menos avanzado, es posible conseguir programas de búsqueda de datos geográficos que, aunque no posibilitan que el usuario modifique los datos, tienen muchas funciones de visualización. Algunos de estos programas son gratuitos y constituyen excelentes instrumentos para la distribución de datos.

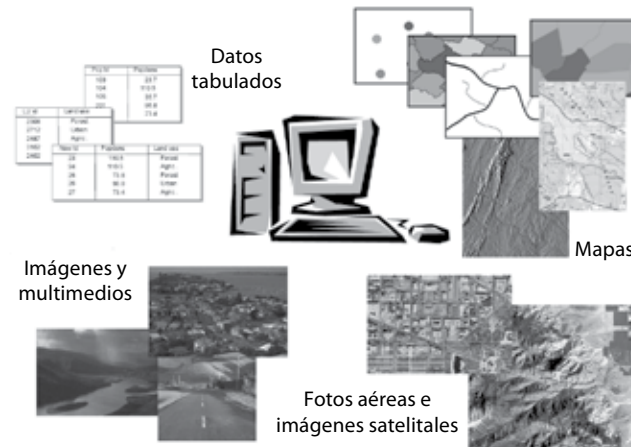
A1.7. Un avance reciente son los juegos de instrumentos de *scripts*, “objetos” o rutinas informáticas relacionados con los SIG que venden distintos proveedores, los cuales facultan al usuario para construir aplicaciones cartográficas adaptadas a sus necesidades en un entorno de programación centrado en objetos estándares para una industria o tipo de actividad. Pueden ser sistemas independientes o estar integrados en otros programas; algunos también incluyen herramientas para elaborar aplicaciones cartográficas basadas en la Internet.

A1.8. Las tendencias actuales en cuanto a los programas de SIG parecen centrarse en dos aspectos: la cartografía por la Internet y el diseño modular que posibilita la integración de las funciones de SIG en cualquier aplicación. Los usuarios pueden ahora realizar búsquedas y análisis de SIG en bases de datos geoespaciales remotas, utilizando su buscador en la web y programas descargados de la Internet según su necesidad. Para las aplicaciones avanzadas, hay una mayor convergencia entre los SIG y los sistemas de gestión de bases de datos relacionales. Así como algunos programas de SIG utilizan estos últimos sistemas para almacenar y manipular la información sobre los atributos, ciertos sistemas de gestión de bases de datos ya incluyen funciones para almacenar y manipular objetos geográficos. Por lo tanto, la distinción entre los SIG y otros sistemas de información está desapareciendo.

A1.9. Los datos son lo que impulsa a las aplicaciones de SIG (véase el gráfico A1.2). Muchos de los conjuntos de datos de SIG más comunes son los equivalentes digitales de los mapas en papel, como los topográficos que muestran en capas separadas calles, ríos, curvas de nivel y asentamientos. La información temática incluye atributos socioeconómicos referenciados por unidades administrativas, mapas interpretados que muestran la cubierta vegetal o el uso de la tierra e indicadores derivados, como la zona de captación o los límites de las cuencas hídricas. Cualquier objeto geográfico que aparezca en un mapa digital puede describirse con gran detalle en un cuadro de datos vinculado a la base de datos espaciales digitales. A veces, sólo se necesitan unos pocos atributos para caracterizar un conjunto de elementos. En otros casos, por ejemplo para la base de datos de un censo, la información sobre atributos almacenada en el sistema puede ser de gran magnitud.

A1.10. Otra fuente de información geográfica son las imágenes aéreas y las obtenidas por teleobservación. Las imágenes o fotografías tomadas desde aeronaves que vuelan a poca altura o bien desde satélites pueden integrarse con otra información con referencias espaciales. A veces, estas imágenes simplemente sirven de fondo para la información temática o topográfica de los mapas. Pero la mayoría de las veces dan

Gráfico A1.2

Tipos de información almacenada en un SIG

lugar a extraer e interpretar la información y almacenarla en forma cartográfica digital. Por último, también puede integrarse en un SIG la información en multimedia, como fotografías, videofilmes, textos, e incluso sonido. Por lo general, la integración se realiza por medio de vínculos activos. El usuario puede pulsar el ratón, operando en forma interactiva sobre un elemento para ver fotografías o videofilmes relativos al sitio geográfico.

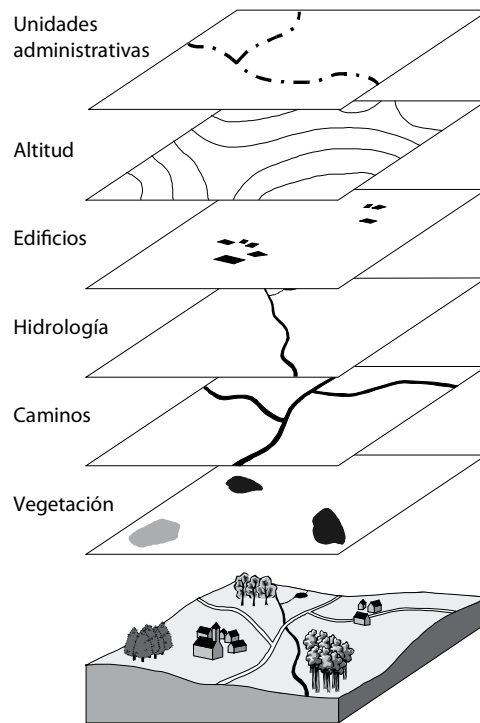
2. Capas de datos geográficos

A1.11. Una base de datos de un SIG es una representación por computadora del mundo real. Los programas de SIG proporcionan los instrumentos para organizar la información sobre características definidas espacialmente. La capa de datos es el principio básico de organización de un SIG. En lugar de almacenar todas las características espaciales en un solo sitio, como en un mapa topográfico, se pueden combinar grupos de características similares en una o varias de estas capas de datos (véase el gráfico A1.3).

A1.12. Una base de datos integral de SIG comprende capas de rasgos físicos visibles, como caminos, ríos o edificios; y capas de características definidas, como los límites administrativos o las zonas postales, que no son observables en el terreno. Además, los programas de SIG posibilitan crear nuevas capas de datos sobre la base de las ya existentes. Por ejemplo, una capa nueva podría mostrar las vertientes, derivadas de los datos digitales sobre altitud, o todas las zonas que se encuentran dentro de una determinada distancia de un hospital.

A1.13. Cuando se crea una base de datos de SIG de varias capas, las características pueden obtenerse de varias fuentes topográficas y temáticas. Además, generalmente se integran las observaciones en el terreno y los datos obtenidos por medio de teleobservación satelital o fotos aéreas, con los datos de los mapas. Un SIG proporciona los recursos para integrar todos estos diferentes conjuntos de datos dentro de un marco común de referencia que se define por el sistema de coordenadas geográficas. Esto posibilita que el usuario combine diferentes tipos de datos, cree nueva información o ejecute averiguaciones complejas que atañen a varias capas de datos. La capacidad de integrar datos de fuentes heterogéneas usando como vínculo la ubicación geográfica a veces se denomina "utilización del espacio como sistema de indización"; en verdad, es uno de los beneficios más importantes de los sistemas de información geográfica.

Gráfico A1.3

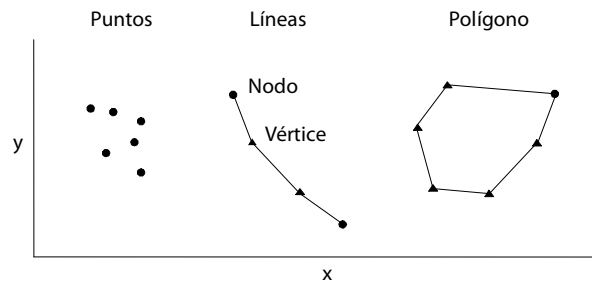
Capas de datos. El espacio como sistema de indización**B. Modelos de datos de SIG**

A1.14. A pesar de la heterogeneidad de la información que puede almacenarse en un SIG, hay solamente unos pocos métodos comunes para representar la información espacial en una base de datos de SIG. Cuando se elabora una aplicación de SIG, las características del mundo real deben simplificarse para obtener representaciones que puedan almacenarse y manipularse en una computadora. Hay dos modelos de datos —representaciones internas digitales de la información— que actualmente predominan en los programas informáticos de SIG: el modelo de datos en forma de vectores, que se usa para representar rasgos discretos, como las casas, los caminos o los distritos, y el modelo de datos en cuadrícula, que se utiliza con frecuencia para representar fenómenos que varían continuamente, como la altitud o el clima, pero que también se usa para almacenar fotos o datos de imágenes provenientes de satélites y de cámaras ubicadas en aeronaves. Para los censos, suele ser más útil el modelo de vectores, aunque muchos conjuntos de datos auxiliares se almacenan mejor con el modelo de cuadrícula.

1. Vectores

A1.15. Los sistemas de SIG en forma de vectores representan características del mundo real utilizando conjuntos de “primitivas geométricas”: puntos, líneas y polígonos (véase el gráfico A1.4). En una base de datos informática, un punto se representa con un par de coordenadas x,y . Una línea es una secuencia de coordenadas x,y ; los puntos extremos se denominan generalmente nodos y los puntos intermedios se denominan vértices. Los polígonos o superficies se representan con un conjunto

Gráfico A1.4
Puntos, líneas y polígonos

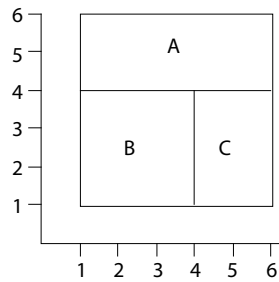


cerrado de líneas, de manera que el primer punto es el mismo que el último. Los puntos pueden usarse para representar casas, pozos o puntos de control geodésico; las líneas describen, por ejemplo, caminos y ríos; y las zonas o distritos de empadronamiento, por ejemplo, se representan con polígonos.

A1.16. Los modelos de datos vectoriales más sencillos almacenan datos sin establecer relaciones entre las características geográficas (véase el gráfico A1.5), lo que a veces se denomina el “modelo espagueti” (véase, por ejemplo, Aronoff, 1991), ya que las líneas rectas se superponen pero no se intersecan, como los espaguetis en un plato. Otros modelos más complejos de datos topológicos almacenan en una base de datos

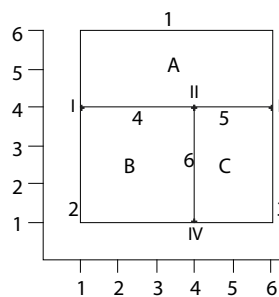
Gráfico A1.5
Modelos de datos vectoriales: “espagueti” y topológicos

Estructura de datos en forma de “espagueti”



Políg.	Coordenadas
A	(1,4), (1,6), (6,6), (6,4), (4,4), (1,4)
B	(1,4), (4,4), (4,1), (1,1), (1,4)
C	(4,4), (6,4), (6,1), (4,1), (4,4)

Estructura de datos topológicos



O = Polígono “externo”

Nodo	X	Y	Líneas
I	1	4	1,2,4
II	4	4	4,5,6
III	6	4	1,3,5
IV	4	1	2,3,6

Políg.	Líneas
A	1,4,5
B	2,4,6
C	3,5,6

Línea	Desde el nodo	Hasta el nodo	Políg. izq.	Políg. der.
1	I	III	O	A
2	I	IV	B	O
3	III	IV	O	C
4	I	II	A	B
5	II	III	A	C
6	II	IV	C	B

las relaciones entre las distintas características. Por ejemplo, se separan las líneas que se cruzan y se agrega un nodo adicional en la intersección. En lugar de definir el límite entre dos polígonos contiguos dos veces —una vez para cada polígono— la línea se almacena una sola vez, junto con información sobre qué polígonos se encuentran a su derecha e izquierda, o a un lado u otro, respectivamente. La información sobre la relación entre nodos, líneas y polígonos se almacena en cuadros de atributos.

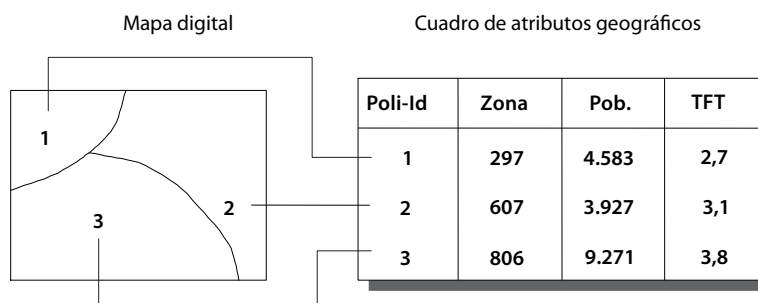
A1.17. Las ventajas de un modelo topológico son claras si se considera qué tipo de preguntas podríamos formular a una base de datos espaciales. Si esta base está estructurada topológicamente, posibilita una rápida respuesta a averiguaciones sobre objetos individuales respecto de la relación de éstos con otros objetos. Por ejemplo, para individualizar con prontitud todos los vecinos en una determinada zona de empadronamiento, el sistema simplemente recorrería la lista de líneas que la definen y con estas líneas también encontraría todas las demás zonas limítrofes.

A1.18. Los programas de SIG, en su mayoría, usan actualmente estructuras de datos puramente topológicos que posibilitan realizar operaciones complejas, como la superposición de polígonos. En una operación como ésta, se combinan dos conjuntos de datos en forma de vectores, por ejemplo, distritos administrativos y límites de vertientes. Se crean nuevos polígonos, más pequeños, por medio de la intersección de polígonos de ambos conjuntos originarios. La mayoría de los sistemas informáticos de cartografía operados en computadoras de escritorio utilizan estructuras de datos más sencillas, en las que todos los polígonos se definen como circuitos cerrados, de modo que las líneas que especifican el límite entre dos distritos se almacenan dos veces en la base de datos.

A1.19. Cada una de las características incluidas en la base de datos tiene internamente un identificador único que vincula el elemento geométrico con su correspondiente entrada en un cuadro de datos o atributos (véase el gráfico A1.6). El usuario puede agregar información sobre cada característica en el registro de la base correspondiente. Para los puntos que representan casas, se podrían indicar en listas la dirección postal, el tipo de casa y si tiene electricidad e instalaciones sanitarias. En una base de datos de zonas de empadronamiento, se podría agregar el código administrativo oficial, la cantidad de unidades de vivienda y datos de censos que se han compilado para cada zona. A efectos prácticos, la mayoría de los SIG usan un modelo de base de datos relacionales para almacenar por separado la información sobre los atributos o información no espacial. Los archivos de atributos se integran estrechamente con los datos geográficos digitales y se puede tener acceso a ellos por conducto del SIG o por conducto de un sistema de gestión de bases de datos relacionales (RDBMS).

Gráfico A1.6

Datos espaciales y no espaciales almacenados vectorialmente en un SIG



A1.20. Algunos conjuntos de programas cartográficos para computadoras de escritorio han encontrado un punto medio entre estos dos extremos: el sencillo modelo “espaguetti” y el complejo modelo puramente topológico. Sin ser plenamente topológicos, esos sistemas posibilitan computar rápidamente información sobre cercanía y conectividad. Así pues, combinan la facilidad de edición del modelo simple con las poderosas posibilidades analíticas del modelo de datos vectoriales topológicos del SIG.

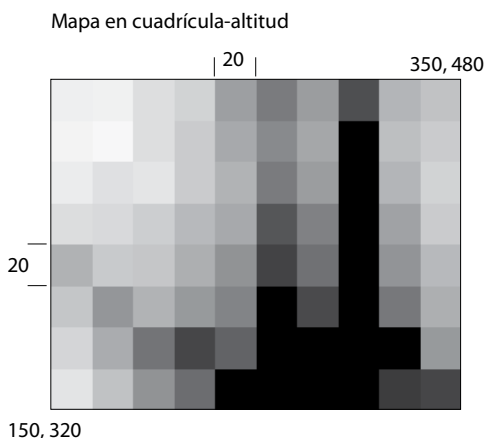
2. Cuadrícula

A1.21 Los programas de SIG en forma de cuadrícula dividen el espacio en conjuntos regulares de líneas y columnas. Cada casilla de este conjunto o retícula a veces se denomina píxel, que significa elemento de imagen y pone de manifiesto el origen de este modelo de datos en la teleobservación o el procesamiento de imágenes. En la mayor parte de los sistemas en forma de cuadrícula, el valor del atributo en una ubicación dada, por ejemplo, la altitud, se almacena en la casilla correspondiente de la cuadrícula. La base de datos en forma de cuadrícula para la altitud es entonces simplemente una larga lista de números que representan cada valor de altitud. La única información adicional que requiere el sistema es la cantidad de filas y columnas de la imagen de la cuadrícula, el tamaño de las casillas (que generalmente son cuadradas) en unidades del mundo real (como metros o pies), y las coordenadas de uno de los ángulos de toda la cuadrícula (véase el gráfico A1.7). Esta información se almacena, por lo general, en un encabezamiento o en un pequeño archivo separado y posibilita que el sistema calcule las dimensiones de la grilla. Por ejemplo, la coordenada x del ángulo superior derecho es $150 + 10 \times 20 = 350$. El sistema puede utilizar esta información para registrar la grilla de la cuadrícula en forma coherente con otras capas de datos, por ejemplo para trazar vectores que representan características sobre la grilla.

A1.22. Este método de almacenamiento de datos es, por cierto, muy ineficaz cuando en la cuadrícula hay muchas casillas con valores similares. Por ejemplo, muchas veces se usa este formato para almacenar objetos discretos. Un mapa de distrito en este formato mostraría en cada casilla el identificador del distrito o la población total del distrito en que cae la casilla. Evidentemente, habrá muchas casillas contiguas con el mismo valor. Por ello, la mayoría de los sistemas de SIG en cuadrícula utilizan algún tipo de compresión de datos. La más sencilla es la codificación en la que el sistema

Gráfico A1.7

Ejemplo de un archivo de datos en cuadrícula



Archivo de datos ASCII en cuadrícula

Número de columnas	10									
Número de filas	8									
Ángulo inferior izquierdo x	150									
Ángulo inferior izquierdo y	320									
Tamaño de la célula (célula cuadrada)	20									
	219	313	407	462	681	783	689	877	595	540
	297	274	407	501	642	744	650	955	556	501
	336	391	368	501	603	783	689	994	595	462
	414	430	485	579	642	861	767	1072	673	501
	609	508	524	618	720	900	806	1267	712	579
	531	703	602	696	759	978	884	1189	790	618
	453	625	797	891	837	1173	1079	1111	985	696
	375	547	719	813	1032	1095	1001	1033	907	891

almacena pares de números: los valores de los datos y la cantidad de veces que cada valor se repite, con lo que se puede reducir sustancialmente el tamaño de los archivos.

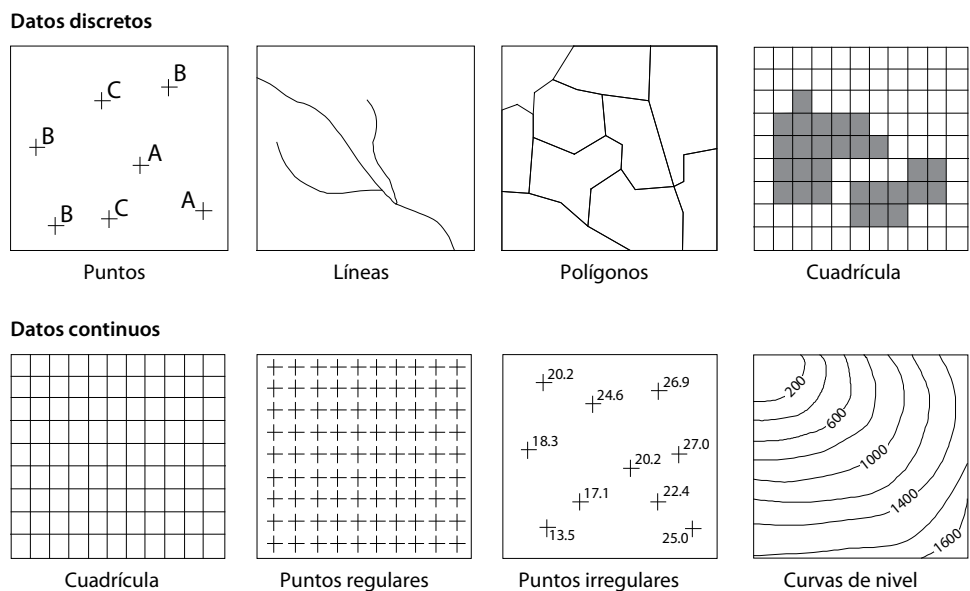
A1.23. Las cuadrículas se usan, en la mayoría de los casos, para almacenar datos que varían continuamente o imágenes que muestran muchos tonos grises continuos. Así como se pueden mostrar objetos discretos en formato de cuadrícula, los datos continuos también pueden representarse usando estructuras de datos vectoriales. El ejemplo más claro son las curvas de nivel, que muestran la variación de la altitud en los mapas topográficos. En el gráfico A1.8 pueden verse más ejemplos.

3. Ventajas y desventajas de los modelos de datos vectoriales y datos en cuadrícula

A1.24. El aspecto fuerte del modelo de cuadrícula es su simplicidad. Muchas operaciones sobre datos geográficos son más fáciles de poner en práctica y más rápidas de ejecutar en un modelo de SIG en cuadrícula. La modelización de datos continuos, como se hace con la altitud o los datos hidrológicos, generalmente se realiza con un SIG en cuadrícula. Una desventaja es que la precisión con que pueden representarse las características espaciales se logra a expensas del tamaño de los conjuntos de datos resultantes. Una cuadrícula con casillas muy pequeñas y muy precisa representará todas las curvas de una delimitación con detalle suficiente, pero requerirá mucho espacio de disco. Para análisis geográficos en que se utilicen “objetos”, como puntos, líneas o polígonos, los modelos vectoriales dan mejores resultados.

A1.25. La mayoría de las operaciones de SIG pueden realizarse con uno u otro modelo de datos. La elección del modelo apropiado dependerá de la aplicación. Para los censos y muchas otras aplicaciones socioeconómicas, el modelo de vectores es más adecuado, ya que las estructuras de datos de este tipo posibilitan una representación más compacta de los puntos y polígonos que definen a objetos socioeconómicos. La estrecha conexión con los sistemas de gestión de bases de datos apoya aplicaciones

Gráfico A1.8
Tanto los vectores como las cuadrículas pueden usarse para mostrar datos discretos y datos continuos



socioeconómicas que se caracterizan por una gran cantidad de información sobre atributos —por ejemplo, cientos de variables de censos o encuestas— vinculada a una cantidad fija de características espaciales, como los distritos censales, los poblados o los conglomerados para encuestas. Por último, los productos impresos de las bases de datos de SIG en forma de vectores generalmente se asemejan más a los mapas realizados con técnicas cartográficas tradicionales.

A1.26. No obstante, la capacidad de manejar datos en cuadrícula es cada vez más importante cuando se trata de aplicaciones relativas a la población. Algunos de los datos de entrada que son útiles para delimitar las zonas de empadronamiento vienen en forma de cuadrícula. En el capítulo IV del presente *Manual*, por ejemplo, se examina la utilización de imágenes obtenidas mediante teleobservación para crear o actualizar la cartografía de los censos. Afortunadamente, la elección entre un modelo de datos u otro no tiene que ser excluyente. Muchos de los programas de SIG sirven hoy para ambos tipos de datos espaciales. Esto posibilita, por ejemplo, utilizar los datos en cuadrícula como base sobre la cual pueden trazarse características lineales o poligonales. En consecuencia, las imágenes obtenidas mediante teleobservación o las superficies en altura pueden mostrarse en la pantalla de una computadora junto con otra información pertinente para facilitar la delimitación las zonas de empadronamiento.

4. Precisión en contraposición con exactitud

A1.27. Los términos precisión y exactitud por lo general se usan indistintamente, aunque tienen significados diferentes. Exactitud se refiere a la inexistencia de errores. En un contexto espacial, por ejemplo, la coordenada exacta de un punto en una base de datos de SIG se registra en el lugar correcto con respecto a la verdadera ubicación del punto en la superficie terrestre. La precisión, en cambio, se refiere a la capacidad de distinguir entre cantidades o distancias de pequeña magnitud en la medición. Por ejemplo, si nuestros instrumentos de reconocimiento miden coordenadas únicamente en metros, las ubicaciones de los puntos en nuestro SIG sólo serán exactas dentro del metro más próximo. Si tenemos un instrumento de medición más preciso, podremos obtener coordenadas de puntos que son exactas al centímetro o milímetro más próximo.

A1.28. En la práctica, la precisión con que se pueden almacenar las coordenadas en un SIG de vectores es prácticamente infinita, porque se utilizan tipos de datos de doble precisión (8 bytes para cada número de coma flotante) para almacenar las coordenadas geográficas. Sin embargo, la exactitud de éstas depende en gran medida de los instrumentos que se usan para reunir datos. Los mejores instrumentos de reconocimiento que se emplean en aplicaciones de ingeniería o investigación sobre placas tectónicas logran una exactitud de menos de un milímetro. Pero la mayor parte de los datos que se usan en un SIG provienen de fuentes mucho menos exactas, como los mapas en papel, los dispositivos de bolsillo para la determinación de posición, o incluso bocetos de mapas trazados mientras se trabaja sobre el terreno. En estos casos, es más probable que la exactitud se mida en metros y no en milímetros.

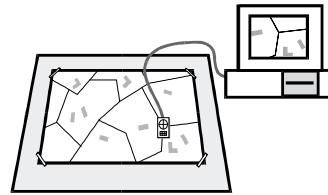
C. Capacidades de los SIG

A1.29. En el esquema siguiente se da un panorama general de las capacidades de los SIG. La referencia no es exhaustiva, ya que los programas avanzados e incluso los programas cartográficos para computadoras personales ofrecen muchas funciones especializadas para ingreso, manipulación, análisis y visualización de datos.

Ingreso y manejo de los datos

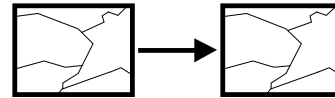
Trazado de líneas, ingreso de datos de coordenadas

La forma más común de ingreso de datos de coordenadas sigue siendo usar un digitalizador. Las líneas se trazan sobre un mapa de papel con un cursor y son captadas en el SIG o en programas de digitalización. Otra posibilidad es escanear los mapas para crear otros de bits en cuadrícula que luego se convierten al formato de vectores



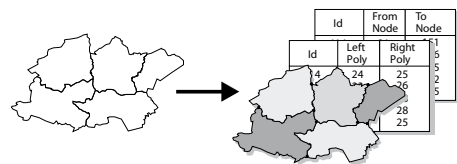
Edición/revisión

Una vez que las líneas se han digitalizado, hay que verificar que los datos no tengan errores. Los problemas más habituales son las líneas no conectadas (por exceso o por defecto), las líneas faltantes o las líneas digitalizadas dos veces. En los SIG, algunas de estas operaciones están automatizadas.



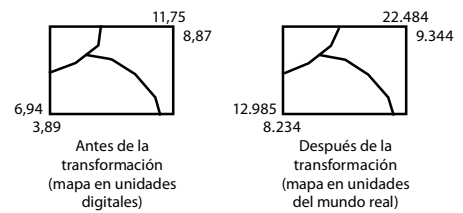
Preparación de la topología

Las líneas digitalizadas o vectorizadas no tienen ninguna relación entre sí. Los programas de SIG pueden computar relaciones de cercanía y conectividad entre las características del conjunto de datos.



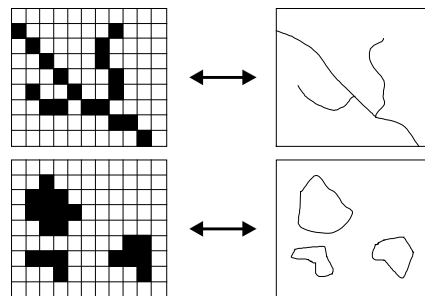
Georreferenciación y cambio de proyección

Las líneas digitalizadas se miden en centímetros o pulgadas. Deben convertirse a unidades del mundo real correspondientes al sistema de coordenadas del mapa de origen, como metros o pies. Para la integración de los datos, quizás también sea necesario modificar la proyección de los mapas digitales.



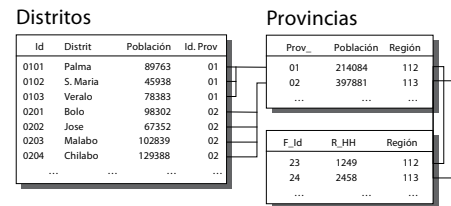
Conversión cuadrícula/vector

La mayoría de los programas comerciales de SIG posibilitan actualmente crear de alguna forma imágenes en cuadrícula. Como cada modelo de datos sirve para diferentes tareas, debe haber funciones para convertir uno en otro. El pasaje de cuadrícula a vector también se usa para la conversión automática de mapas escaneados. La operación contraria —de vector a cuadrícula— es necesaria para el análisis y la modelización en un SIG en cuadrícula.



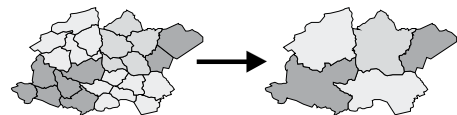
Gestión de datos de atributos

Cada característica de la base de datos tiene asignado un único identificador, que actúa como vínculo con la información externa sobre las características geográficas. Para posibilitar la manipulación y el análisis de los cuadros de atributos, el SIG generalmente se integra en un sistema de gestión de una base de datos relacionales.



Reclasificación y agregación

Un SIG posibilita la agregación de características basadas en un identificador común. Por ejemplo, las zonas de empadronamiento pueden agruparse en zonas censales operativas que tengan aproximadamente la misma población.



Creación de subconjuntos, analogías

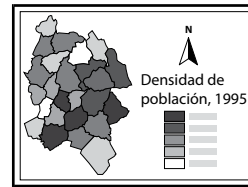
Además de la selección de subconjuntos de acuerdo con las diferentes consultas, un SIG también puede crear subconjuntos adaptados a las necesidades de los usuarios utilizando operaciones de recorte.



Visualización

Funciones cartográficas

La producción de mapas con fines de visualización es una de las tantas aplicaciones de la cartografía en un SIG. La simbolización cartográfica también es importante para distinguir características en la edición y el análisis en pantalla.



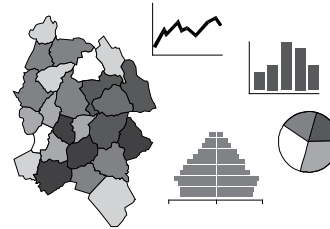
Visualización combinada de datos en forma de imágenes y vectores

Los datos en forma de imágenes o de cuadrícula provienen de distintas fuentes: los mapas escaneados, las imágenes obtenidas mediante teleobservación, y los datos de SIG en cuadrícula que se almacenan en algún tipo de grilla. La visualización combinada de los datos en vector y en cuadrícula puede proporcionar un contexto valioso para el análisis, y posibilita extraer selectivamente determinadas características de los datos en cuadrícula.



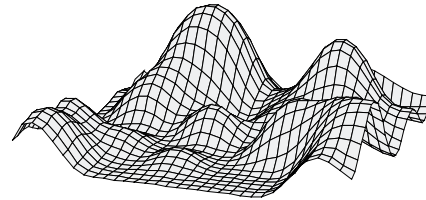
Vínculo con la preparación de gráficos estadísticos

Los análisis de los datos espaciales generalmente serán una combinación de cartografía y examen de datos de atributos. Los gráficos estadísticos son especialmente valiosos si pueden mostrarse en los mapas



Visualización tridimensional de superficies

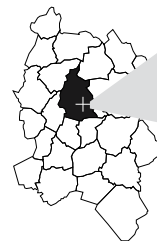
Los datos continuos, como la altitud o las precipitaciones —y hasta cierto punto también la densidad de población— pueden mostrarse en varios formatos: cuadrículas, curvas de nivel o visualizaciones tridimensionales simuladas, usando como marco rejillas sobre las que puedan anclarse otras características.



Consulta/indagación

Consultas a la base de datos espaciales

“¿Qué hay en...?” y “¿Dónde se encuentra...?” son las preguntas de índole geográfica más fundamentales a las que puede responder un SIG. En un modo sencillo de búsqueda, un usuario puede seleccionar características en un mapa digital y obtener información sobre ellas. A la inversa, el usuario también puede seleccionar características que concuerdan con un conjunto de criterios y visualizarlas en el mapa. Los SIG generalmente están vinculados a programas de gestión de bases de datos y las operaciones de consulta se basan en el concepto de SQL. Además, los SIG posibilitan consultas basadas en relaciones geográficas, como distancias (“¿Qué hay a x km de este lugar?”) o basadas en dos o más capas de datos de SIG (“¿Qué edificios se encuentran en esta zona de empadronamiento?”).



Identif	0012376027
Nombre	Limop
Población	31.838
Dens. de pob.	37,5
Cantidad H.	8.719
Clinicas	8



Densidad de población >100
Personas por km²

Resumen de atributos

Las operaciones de la base de datos posibilitan extraer útiles estadísticas resumidas o tabulaciones cruzadas del cuadro de atributos geográficos del conjunto de datos de un SIG. Por ejemplo, se puede calcular el valor mínimo, el máximo y el promedio de un campo del cuadro. O se pueden tabular en forma cruzada dos o más campos del cuadro y producir totales resumidos de un tercer campo para cada combinación de categorías de atributos. Esto faculta, por ejemplo, para calcular la superficie total dedicada a cada clase de uso de la tierra en las regiones de un país. Por lo general, se usan las tabulaciones cruzadas después de combinar dos o más capas de SIG por medio de una operación de superposición de polígonos (véase más adelante).

Id	Sup.	Uso de la tierra	Región
23	532	Silvicultura	Central
24	615	Agricultura	Central
	28	Silvicultura	Norte
		Urbanización	Sur

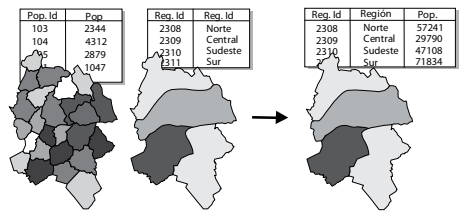
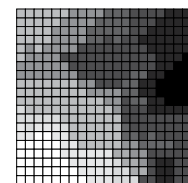
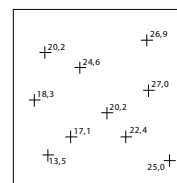


	Silvic.	Agríc.	Urban.
Norte	1279	2791	2143
Central	1347	4125	987
Sur	0	1324	3427

Transformaciones de datos espaciales

Interpolación

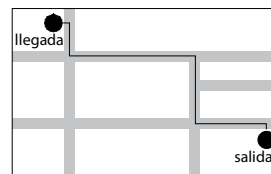
También denominada cambio de base, la interpolación posibilita crear una cobertura total a partir de los datos de muestra. Por ejemplo, sobre la base de los registros de una serie de pluviómetros se puede crear una superficie cuadrículada que muestra las precipitaciones en toda la región. Más importante para las aplicaciones socioeconómicas es la denominada interpolación de zonas. Por ejemplo, usando la población por distrito, podríamos estimar la población de las regiones donde hay vigilancia de las condiciones del medio ambiente, pero cuyos límites no coinciden con los de los distritos.



Operaciones de distancia y tiempo

Cálculos sencillos de distancia

El cálculo de la distancia es una de las operaciones fundamentales de los SIG. Las distancias (y los lapsos) pueden calcularse como líneas rectas o como redes. Por ejemplo, a partir de una base de datos viales, se pueden estimar las distancias y los tiempos de viaje.



Distancia: 3,2 km
Tiempo de viaje: 10 min

Zonas de amortiguación

Un tipo especial de operación de distancias es la creación de zonas de amortiguación en torno a puntos, rectas o polígonos, zonas que pueden ponderarse por los valores de los atributos. Por ejemplo, los caminos pavimentados podrían tener una zona más ancha que los de tierra. Las zonas de amortiguación se usan mucho en las averiguaciones espaciales. Por ejemplo, para determinar la cantidad de casos de esquistosomiasis en un radio de 3 km de un río deberían crearse, en secuencia, una zona de amortiguación, una operación de punto en polígono y una consulta a la base de datos.



Localización de la característica más cercana

Cuando se necesita determinar cuál es la característica más cercana de un conjunto de ellas en una categoría dada, se utiliza una combinación de consulta a la base de datos y cálculo de la distancia. Por ejemplo, se podría calcular la distancia al hospital más cercano desde todos los puntos de un distrito. El conjunto resultante de datos de SIG suele denominarse una superficie de accesibilidad.

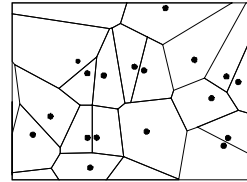


< 1 hr
 1-2 hrs
 2-3 hrs
 > 3 hrs

Tiempo de viaje al hospital más cercano

Polígonos de Thiessen

Una variante de la función “encontrar la característica más cercana” es una operación en la que se divide toda la región en polígonos que se asignan al centro de servicios más cercano. Las unidades resultantes se denominan polígonos de Thiessen. Esta función se usa a menudo para crear sencillas zonas de influencia o de servicios.



Combinación de capas de datos

Operación de punto o línea en polígono

Muchas de las preguntas que un SIG puede ayudar a responder requieren que se combinen varios conjuntos de datos. Por ejemplo, podemos tener un conjunto de coordenadas puntuales que representan conglomerados de una encuesta demográfica y querríamos combinar esta información con datos del censo por zona de empadronamiento. El SIG determinará para cada punto la zona de empadronamiento (ZE) en la que se encuentra y adjuntará los datos del censo al registro de atributos de ese punto de la encuesta.

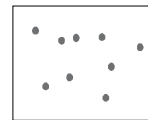
La misma operación posibilita resumir un atributo de las características de un punto o una recta para un conjunto de regiones. Por ejemplo, es posible determinar la tasa media de fecundidad para cada distrito sanitario utilizando una muestra de los hogares encuestados (puntos).



Id. Grupo
12
13
14
15
16



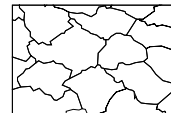
Id. de ZE	Tamaño medio del hogar
507	4,3
508	3,8
601	2,9
602	5,2
603	4,6



Id. Grupo	Tamaño medio del hogar
12	4,3
13	3,8
14	2,9
15	5,2
16	4,6

Superposición de polígonos

Es la combinación de dos conjuntos de datos de SIG sobre las características de una zona. El sistema fusiona los conjuntos de datos y crea unidades nuevas a partir de las zonas que se superponen. El nuevo conjunto de datos resultante contendrá los atributos de ambos conjuntos de datos. Según los tipos de datos, el atributo debe permanecer invariable (por ejemplo, las proporciones o la información sobre categorías) o debe dividirse entre los polígonos nuevos (por ejemplo, los datos de recuento). La superposición de polígonos se usa generalmente en combinación con las tabulaciones cruzadas, por ejemplo, para computar datos de censos por zona de uso de la tierra.



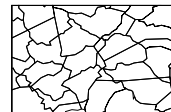
Id. pob.	Den. pob.
103	23,7
104	110,5
105	35,7
201	96,8
202	73,4

+



Id. UTI	Uso tierra
2308	Silvicultura
2712	Urbanizac.
2487	Agricultura
3102	Agricultura
2402	Urbanizac.

=



Id. nuevo	Den. pob.	Uso tierra
23	110,5	Silvicultura
24	110,5	Agricultura
25	73,8	Silvicultura
26	96,8	Urbanizac.
27	73,4	Agricultura

Anexo II

Sistemas de coordenadas y proyecciones cartográficas

A. Introducción

A2.1. La reseña de los conceptos de SIG en el anexo I ha puesto de relieve los beneficios de integrar datos espaciales. Gracias a que la información geográfica se organiza como capas de datos, es posible realizar mediciones, consultas, modelizaciones y otros tipos de análisis que aprovechan datos provenientes de muchas disciplinas. Así, los datos de los censos pueden analizarse en combinación con los de uso de la tierra o agroecológicos, y la información proveniente de encuestas socioeconómicas puede vincularse con datos sobre el riesgo de enfermedades referenciados geográficamente. Esta capacidad de vincular datos provenientes de varias fuentes es posible merced a la integración vertical de diferentes capas de datos. Esto significa que todos los conjuntos de datos geográficos están referenciados con un mismo sistema de coordenadas, de modo que, al superponerse, las capas de datos se alinean correctamente.

A2.2. Cuando se prepara una base de datos de SIG —por ejemplo, para un censo—, la persona encargada de elaborar los datos debe asegurarse de que se registren en un sistema de coordenadas adecuado las coordenadas y los límites espaciales obtenidos de fuentes de datos en papel, nomenclátors digitales o mientras se trabaja en el terreno. Este procedimiento se conoce como *georreferenciamiento*. Esto, a su vez, asegurará que los mapas digitales de regiones aledañas elaborados independientemente concuerden a la perfección cuando se visualizan juntos en la pantalla de una computadora o en una hoja impresa.

A2.3. Para la cartografía censal que utiliza técnicas tradicionales, esto no interesa tanto, ya que los mapas en papel —muchas veces bocetos de mapas trazados en el terreno— sólo se utilizan para empadronamiento. No se integran con otros datos ni se usan para ningún tipo de análisis espacial. Por consiguiente, el conocimiento de los sistemas de coordenadas y de las proyecciones cartográficas no ha sido tan importante como en el caso de la creación de una base de datos digital que debe servir para muchas finalidades diferentes. En este anexo, se examinarán, en forma sucinta, algunos conceptos cartográficos importantes. Los libros de texto de cartografía, como los de Robinson y otros (1995), Kraak y Ormeling (1996) y Dent (1998), contienen mucha información adicional. Pueden encontrarse análisis más especializados sobre este tema en Canters y Decler (1989), Snyder (1993) y Bugayevskiy y Snyder (1995).

B. Coordenadas

A2.4. En cartografía, el método por el que se miden las posiciones de los objetos en la superficie terrestre se denomina sistema de coordenadas geográficas. A veces, también se denomina sistema de referenciación geográfica. En la geometría bidimen-

sional, el sistema de coordenadas más usual es el sistema de coordenadas cartesianas ortogonales, así llamado en honor al científico francés René Descartes (1596-1650). Las coordenadas están dadas como distancias perpendiculares referidas a dos ejes fijos (x e y) y medidas a partir de un origen fijo. Este sistema es el que se usa en los SIG y también en aplicaciones informáticas gráficas más generales. Otro método que se puede usar para definir posiciones es el sistema de coordenadas polares, en que se miden el ángulo y la distancia desde un punto de origen fijo (véase el gráfico A2.1).

A2.5. Un mapa plano, en papel o en la pantalla de una computadora, muestra las coordenadas en un sistema plano bidimensional, donde las coordenadas se miden en unidades de longitud estándar, por ejemplo, metros o pies. Por lo general, las coordenadas se denominan coordenadas x e y , aunque las expresiones como “al este” o “al norte” también se usan en los textos cartográficos. Sin embargo, los objetos de un mapa son una representación de características ubicadas en la superficie terrestre. Como la Tierra es esférica, las coordenadas de la superficie terrestre se miden con un sistema de coordenadas esféricas. En general se utilizan específicamente coordenadas de latitud y longitud para referenciar la posición. Se trata de un sistema de coordenadas esféricas polares, donde cualquier punto p se define como el ángulo de latitud, ϕ , relativo al plano definido por el Ecuador y el ángulo de longitud, λ , medido en relación con el plano definido por el cero, o el meridiano de Greenwich (véase el gráfico A2.2).

A2.6. Para producir mapas de papel de todo el mundo, o de alguna parte del mundo, estas coordenadas esféricas de latitud y longitud deben convertirse de algún modo en un sistema de coordenadas planas. Un libro de reciente publicación sobre proyecciones cartográficas llama a este proceso de producción de representaciones bidimensionales de una parte de la esfera tridimensional “aplanamiento de la Tierra” (Snyder, 1993).

Proyecciones cartográficas

A2.7. El procedimiento matemático por el cual las coordenadas esféricas de latitud y longitud se convierten en coordenadas planas se denomina proyección cartográfica. Es posible concebir este procedimiento literalmente como una proyección si se imagina, por ejemplo, una fuente de luz que se encuentre en el centro de la Tierra. Si la superficie de la Tierra fuera transparente, y tuviera delineados sobre ella solamente los accidentes que interesan, sencillamente se podría poner una hoja de papel sobre la Tierra y trazar los accidentes proyectados sobre esta superficie “desplegable”. Por ejemplo, un accidente ubicado en el punto p sobre la superficie terrestre se ubicaría en el punto p' en el mapa. Como se puede observar en el gráfico A2.3, cuanto más lejos de la ubicación donde el mapa toca la esfera terrestre se encuentra un punto, tanto más se

Gráfico A2.1

Sistemas de coordenadas cartesianas y polares

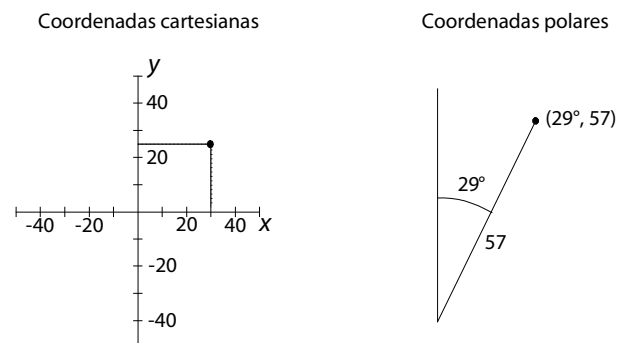
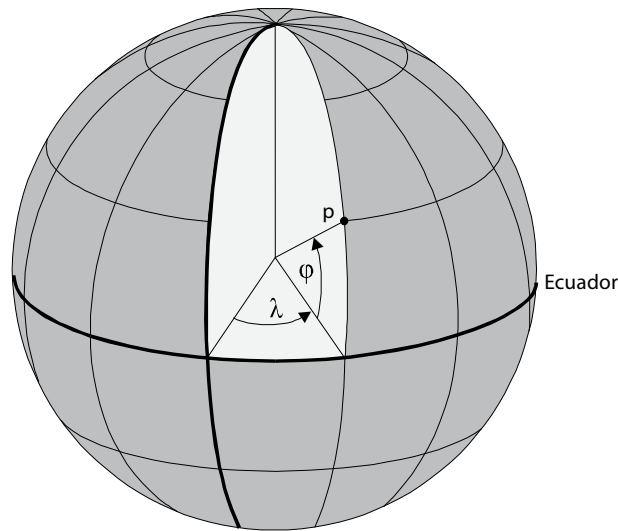


Gráfico A2.2

Coordenadas en la Tierra: sistema de referencia basado en longitud/latitud



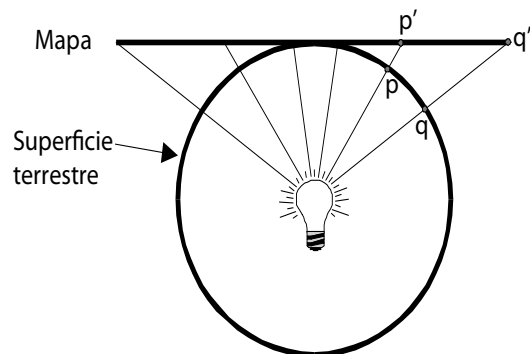
distorsiona su distancia relativa de puntos más cercanos al punto tangente. Por ejemplo, la distancia entre p y q en la esfera terrestre es mucho menor que la distancia entre p' y q' en el mapa. Los puntos en el Ecuador no pueden proyectarse con este método, porque los rayos de luz que pasan por el Ecuador corren paralelos al mapa. Por lo tanto, este método de proyección sólo es útil para las zonas que están relativamente cerca del punto tangente.

A2.8. A lo largo de los siglos, los cartógrafos han ido elaborando muchas proyecciones diferentes, que pueden clasificarse según la forma en que el mapa se ubica sobre el globo terráqueo o alrededor de él. En el gráfico A.2.4 se resumen tres tipos de proyecciones cartográficas —la cilíndrica, la cónica y la acimutal, y se muestra cómo se construyen. Como puede verse en la cuadrícula a la derecha, cada familia de proyecciones da origen a una distribución determinada de cuadrículas de latitud/longitud.

A2.9. Un cartógrafo también puede elegir la ubicación en la que la superficie desplegable —el cilindro, el cono o el plano— toca la Tierra. Esta línea o punto tangente es generalmente la zona donde hay menos distorsiones de tamaño o forma. Si producimos mapas para una región en especial, podemos elegir entonces el “aspecto” de la proyección para optimizar la representación del sector que nos interesa.

Gráfico A2.3

Ilustración del proceso de proyección geográfica (proyección acimutal)



A2.10. La fuente de luz hipotética no siempre se encuentra en el centro de la esfera terrestre (gráfico A2.5A); puede ubicarse en el polo (gráfico A2.5B), o se podría también imaginar una serie de fuentes de luz que emiten desde una base plana paralela al mapa, y no desde un punto (gráfico A2.5C). En terminología cartográfica, estos métodos de proyección se denominan gnomónico, estereográfico y ortográfico, respectivamente. Como puede advertirse observando la ubicación de los puntos proyectados p' y q' , cada uno de estos supuestos producirá un tipo diferente de distorsión de la posición relativa de las ubicaciones que se representan en el mapa.

Gráfico A2.4

Familias de proyecciones cartográficas

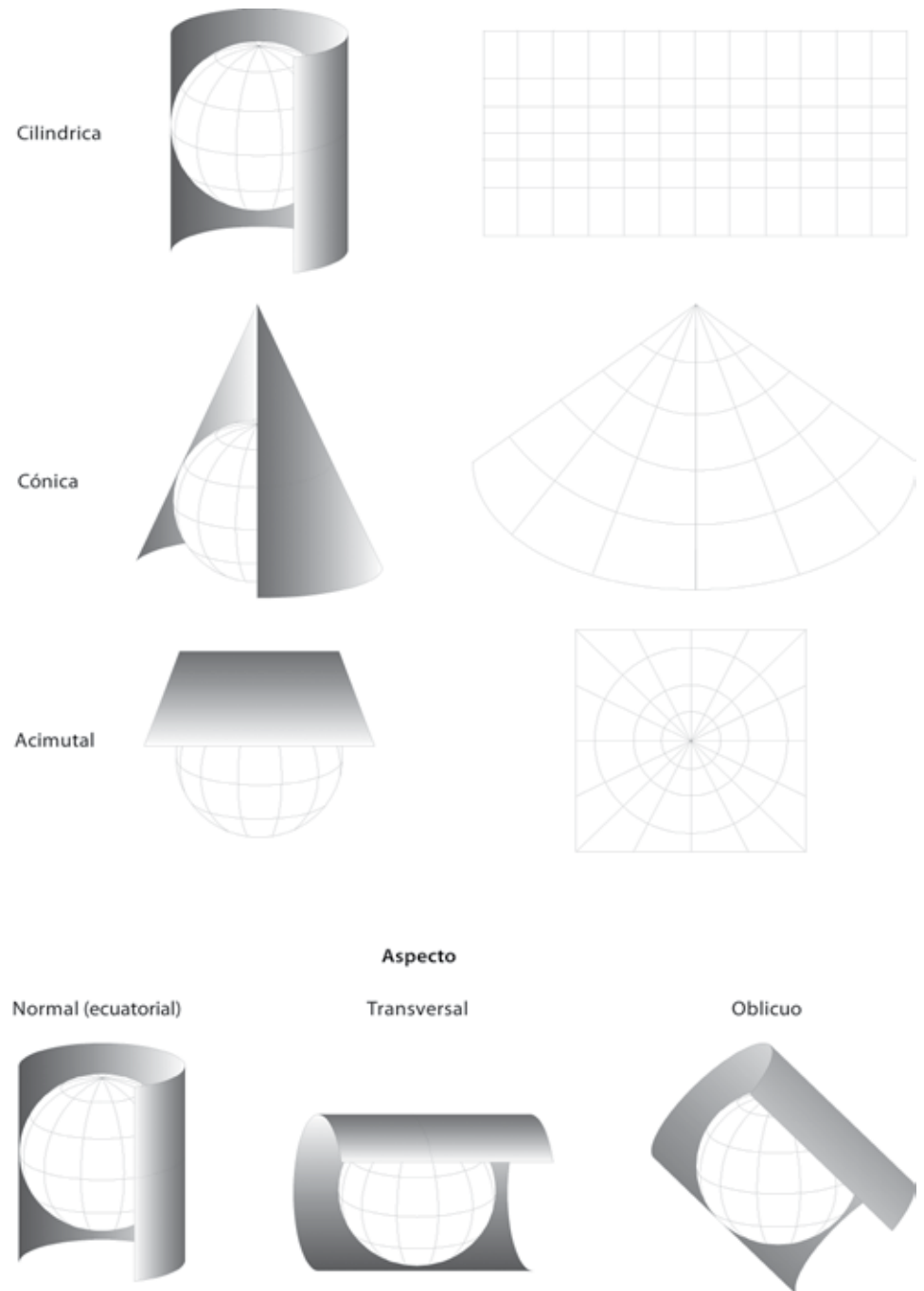
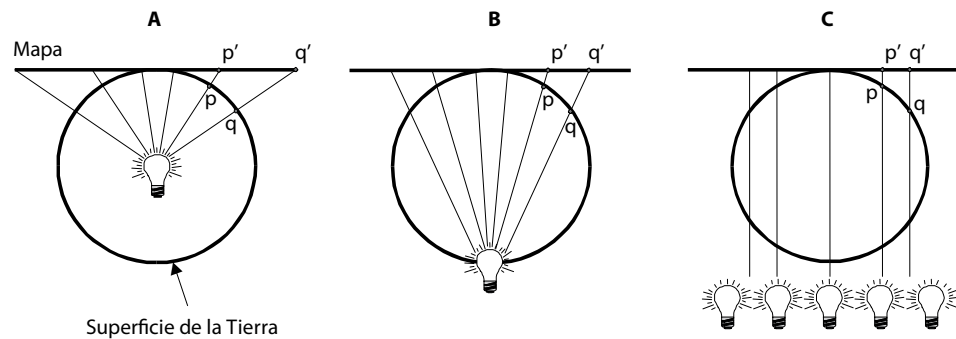


Gráfico A2.5

Diferentes formas de construir una proyección**C. Propiedades de las proyecciones cartográficas**

A2.11. Aunque la fuente de luz imaginaria ilustra bien el principio de las proyecciones cartográficas, en la práctica éstas se definen en términos matemáticos. Dadas la latitud y longitud de una ubicación, se utiliza una fórmula para obtener el punto correspondiente en el sistema de coordenadas planas de la proyección. El cartógrafo tiene muchas opciones para crear una proyección con determinadas características. La forma en que la superficie desplegable se ubica alrededor del globo, el aspecto y la posición de la fuente de luz imaginaria son sólo algunos de los posibles parámetros.

A2.12. Lamentablemente, no hay una forma perfecta de representar las coordenadas esféricas en un mapa bidimensional. Por ende, no hay ninguna proyección que sirva para todas las finalidades. Cada una logra preservar algunas características, pero no otras. Según el método que se haya utilizado para hacer la proyección, habrá diferentes tipos de distorsiones. Por lo tanto, las proyecciones cartográficas se clasifican según la propiedad que conservan. Las más importantes son:

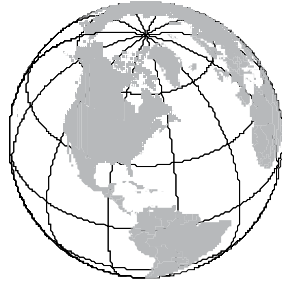
- **Superficies correctas.** Las proyecciones, en su mayoría, estiran las superficies sobre el mapa. Este estiramiento no es constante en todo el mapa, de modo tal que los accidentes que están cerca de los polos en un mapa mundial, por ejemplo, en general aparecen relativamente más grandes que los que se encuentran más cerca del Ecuador. Por ejemplo, la península árabe es varios cientos de miles de kilómetros cuadrados más grande que la isla de Groenlandia. Pero en muchos mapas, esta última parece ser varias veces más grande que la otra. Los mapas que muestran correctamente la superficie relativa de todas las características se denominan proyecciones de área equivalente. Un ejemplo es la proyección de Mollweide.
- **Distancias iguales.** Ninguna proyección puede representar correctamente en un mapa las distancias entre todos los puntos. Es importante recordar esto, ya que una aplicación habitual de las bases de datos de los SIG es el cálculo de las distancias. Para los mapas en escala grande de una región geográfica pequeña, los errores son generalmente insignificantes. Pero para aplicaciones en que se usan mapas en escala pequeña de países o continentes, las distancias calculadas por un SIG no son fiables, a menos que el sistema compense el error en que se incurre al realizar un cálculo euclidiano de las distancias en esta escala. Incluso las proyecciones equidistantes no muestran todas las distancias correctamente, aunque pueden representar con exactitud todas las distancias desde uno o dos puntos a todos los demás, o a lo largo de una o más líneas. Un ejemplo es la proyección cónica equidistante. Cabe destacar que los cálculos muy exactos de distancia se hacen

habitualmente usando fórmulas geométricas exactas y no la simple distancia euclidiana. Estos cálculos se basan en las coordenadas de latitud y longitud para calcular la denominada “distancia en el círculo máximo”.

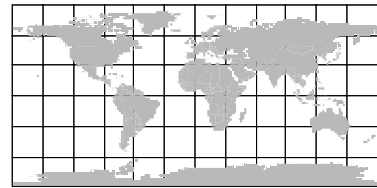
Gráfico A2.6

Proyecciones cartográficas usuales

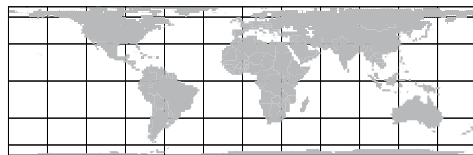
Globo terráqueo (la Tierra desde el espacio)



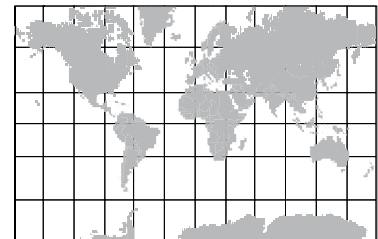
Sin proyección (geográfica o de latitud/longitud)



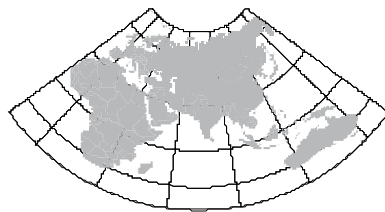
Cilíndrica de área equivalente



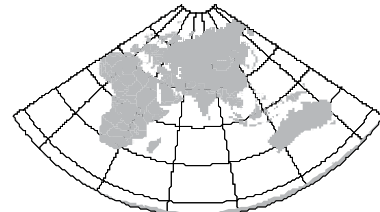
Mercator



Cónica de área equivalente de Albers

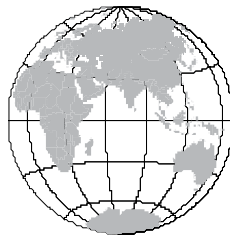


Cónica equidistante

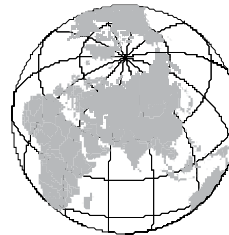


Acimutal de área equivalente de Lambert

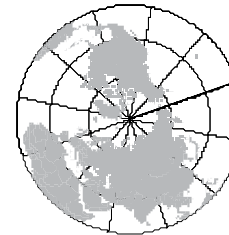
Ecuatorial



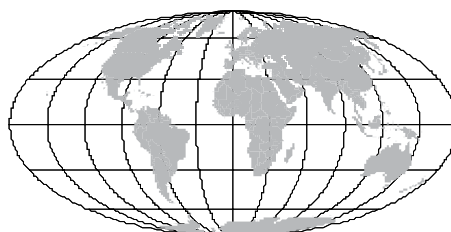
Oblicua



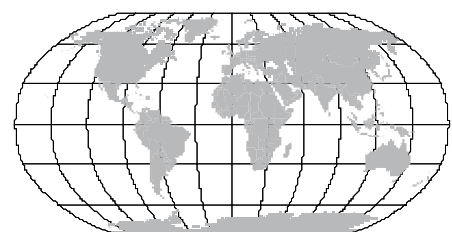
Polar



De Mollweide, área equivalente



Robinson



- **Ángulos correctos.** Las proyecciones conformes conservan los ángulos alrededor de todos los puntos y todas las conformaciones en zonas pequeñas. Los meridianos y las latitudes se intersecan en ángulos rectos. Estas proyecciones son más útiles en navegación. Un ejemplo es la proyección Mercator.

A2.13. Así pues, todas las proyecciones entrañan un compromiso o transacción entre las características cartográficas preferibles. Para cualquier aplicación dada, habrá pues proyecciones cartográficas más apropiadas que otras. Además de las propiedades de las proyecciones, hay que considerar aspectos como el tamaño de la región que se quiere representar, su extensión principal (por ejemplo, norte-sur y no este-oeste) y la ubicación de la zona en el globo terráqueo (por ejemplo, polar, de latitud intermedia, o ecuatorial).

A2.14. Los libros de cartografía y los manuales de SIG tienen listas integrales que muestran cuáles son las proyecciones que sirven mejor para una cierta aplicación. En algunos casos, la mejor elección puede ser una proyección que no conserva perfectamente ninguna propiedad. Por ejemplo, la proyección de Robinson, muy habitual en los mapas mundiales, es una solución de transacción diseñada fundamentalmente con propósitos estéticos, como la preparación de atlas. En otros casos, por ejemplo cuando se traza un mapa de una zona relativamente pequeña, las distorsiones de la proyección pueden ser insignificantes para una determinada aplicación.

A2.15. En el gráfico A2.6 aparecen algunas proyecciones cartográficas conocidas. En la parte superior, la Tierra se muestra como una esfera y en coordenadas de latitud y longitud sin proyección, que se trazan como si fueran planas. Hay que decir que muchos distribuidores de datos de SIG difunden datos cartográficos digitales en coordenadas “geográficas” sin proyección porque aunque convertir las coordenadas de latitud y longitud a cualquier otro sistema de proyección cartográfica suele ser sencillo para cualquier usuario, a veces es más difícil pasar de una proyección a otra.

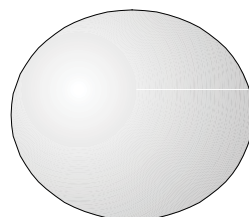
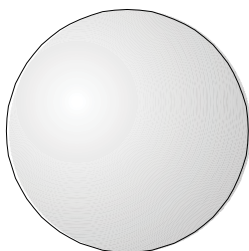
D. Cartografía de mayor precisión: datums geográficos

A2.16. El hecho de que la Tierra no es una esfera perfecta y no tiene un radio constante, complica la conversión de coordenadas esféricas de latitud/longitud a coordenadas planas. Las mediciones precisas muestran que la superficie terrestre es muy variable y que cambia continuamente. Y lo que es más importante, la Tierra se aplana en los polos, de modo tal que la distancia desde el centro hasta el polo norte (el eje semimenor) es más corta que la distancia desde el centro hasta el Ecuador (eje semimayor). Para lograr mapas más precisos, es más exacto describir el globo terráqueo como un elipsoide o esferoide con una relación determinada entre los radios ecuatorial y polar (véase el gráfico A2.7). Los parámetros que describen el elipsoide, el origen

Gráfico A2.7

Proyecciones cartográficas

La Tierra como esfera



La Tierra como elipsoide

y la orientación del sistema de coordenadas utilizados para referenciar las características de un mapa constituyen lo que se denomina datum geodésico (por la ciencia que se ocupa de las mediciones de la Tierra: la geodesia).

A2.17. Los parámetros más apropiados para lograr una aproximación al elipsoide difieren en las distintas partes de la Tierra, por lo que se han definido cientos de datums. Afortunadamente, cada organismo nacional de cartografía generalmente utiliza solamente un datum estándar para todas sus actividades, y se usan sólo unos pocos para la cartografía regional, continental o mundial. Surgen complicaciones cuando un organismo cartográfico cambia el datum estándar. Los datums se han ido perfeccionando continuamente durante los dos últimos siglos, de modo que los mapas más antiguos de un lugar pueden estar basados en un determinado datum, mientras que los más modernos se han compilado con otro más nuevo y más exacto.

A2.18. En el caso de la cartografía en pequeña escala de una región extensa o en el de la preparación de bocetos de mapas en aplicaciones que no necesitan mucha exactitud, los problemas que plantean los diferentes datums tienen poca importancia. Pero en el caso de la cartografía más precisa en gran escala, la diferencia puede ser bastante apreciable. En el cuadro A2.1 pueden verse las coordenadas de la Sede de las Naciones Unidas en el sistema de coordenadas Mercator transversal universal (UTM), que se considera con más detalle más adelante. Las coordenadas de latitud y longitud de la sede de las Naciones Unidas se trazaron utilizando la misma proyección con datums geodésicos diferentes. El desplazamiento norte a sur entre los anteriores esferoides de Clarke, que han sido la norma en los Estados Unidos hasta hace poco tiempo, y el Sistema Geodésico Mundial (WGS), más reciente, es de alrededor de 300 metros sobre la superficie, o más de 1 cm en un mapa en escala 1:25.000. Si la Tierra se considerara como una esfera perfecta y no como un elipsoide, habría una diferencia de más de 18 kilómetros.

Sistema de referencia Mercator Transversal Universal (UTM)

A2.19. Uno de los sistemas de referencia cartográfica que merece ser estudiado con mayor detalle es el sistema Mercator Transversal Universal. Es uno de los sistemas que se usan con mayor frecuencia para los mapas de gran escala en todo el mundo. Se basa en una proyección transversal cilíndrica (Mercator Transversal), donde el cilindro toca la esfera terrestre a lo largo de un meridiano. Se selecciona un meridiano “local” diferente para distintas partes del mundo. Las distorsiones de escala, tamaño y distancia a lo largo de esta tangente son muy pequeñas. Este sistema consta de 60 zonas de longitud (véase el gráfico A2.8).

A2.20. Cada zona tiene un ancho de seis grados de longitud, tres grados en cada dirección desde el meridiano tangente. Las zonas del sistema UTM se numeran

Cuadro A2.1

Proyección de las coordenadas del edificio de la Secretaría de las Naciones Unidas en Nueva York, utilizando diferentes elipsoides de referencia

Elipsoide de referencia	Coordenadas Mercator Transversal Universal (UTM) (metros)	
	Este (x)	Norte (y)
Clarke 1866	587 141.3	4 511 337.1
Clarke 1880	587 142.6	4 511 245.1
Sistema Geodésico Mundial (WGS) 84	587 139.0	4 511 549.7
Bessel	587 128.5	4 511 095.4
Sphere	586 917.2	4 529 920.6

en secuencia de oeste a este, comenzando con 1 para la zona que cubre los 180° O hasta los 174° O, con el meridiano central de 177° O. Además, las zonas se subdividen en filas, con una altura de 8°, a las que se les asignan letras de sur a norte comenzando a los 80° sur con la letra C. Como la distorsión en los polos es muy grande, no se definen zonas para las regiones que se encuentran más allá de estos límites.

A2.21. Las coordenadas se miden en metros (o pies) desde el meridiano central como “al este” y “al norte”. Para evitar números negativos, se agrega 500.000 sólo para las coordenadas al este. Por la misma razón, se agregan 10 millones sólo para las coordenadas del hemisferio sur. Estas diferencias se denominan “coordenada Este falsa” y “coordenada Sur falsa”.

A2.22. En el gráfico A2.9 puede verse un ejemplo que ilustra el uso del sistema. La Sede de las Naciones Unidas en Nueva York se encuentra en 40° 45' 01" de latitud Norte y 73° 58' 04" de longitud Oeste. Esta ubicación cae dentro de la zona Mercator Transversal Universal 18T, que va desde 72° a 78° Oeste y desde 40° a 48° Norte. Las coordenadas Mercator Transversal Universal x e y en metros son 587.139,0 y 4.511.549,7. Esto significa que la Sede de las Naciones Unidas se encuentra aproximadamente 87 kilómetros al este del meridiano central de la zona 18 (75° O) y alrededor de 4.512 kilómetros al norte del Ecuador.

E. Escala cartográfica

A2.23. Los mapas que se publican varían mucho en lo que a superficie cubierta se refiere. Los mapas nacionales o regionales sólo muestran las características más importantes, mientras que en los locales pueden verse muchos detalles, como casas o arroyos. El tamaño o la superficie que abarca un mapa estándar digital está determinado por la escala cartográfica elegida para trazar el mapa. Esta escala está representada por una fracción que relaciona la distancia en el mapa con la distancia medida sobre el suelo en el mundo real. Por ejemplo, en un mapa topográfico con una escala de 1:25.000, 1 cm en el mapa representa 25.000 cm o 250 metros en el mundo real.

Gráfico A2.8

El sistema Mercator Transversal Universal

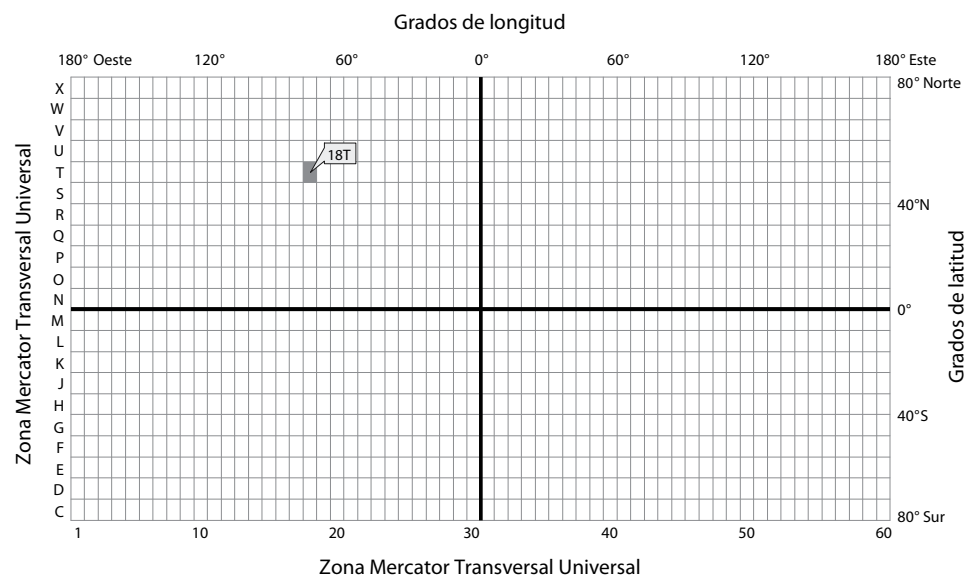
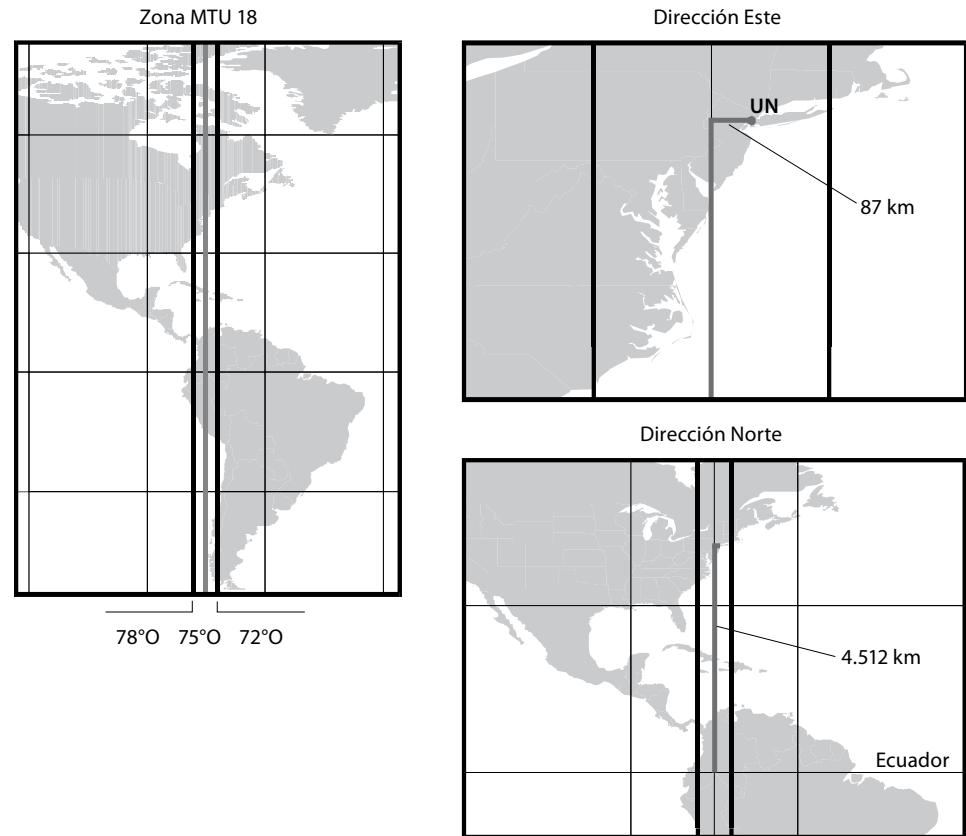


Gráfico A2.9

La ubicación de la Sede de las Naciones Unidas (UN) en el sistema de referencia Mercator Transversal Universal



A2.24. Como la escala es una fracción o cociente, cuanto mayor es la distancia terrestre que se representa, menor será la escala del mapa. Por ejemplo, un mapa con una escala de 1:1.000.000 es de pequeña escala, ya que 1 dividido por un millón es un número muy pequeño (0,000001). Un mapa con una escala de 1:5.000 tiene una escala relativamente más grande, ya que 1 dividido por 5.000 es un número relativamente más grande (0,0002). Por lo tanto, los mapas en pequeña escala muestran zonas grandes, mientras que los que están en escala grande abarcan zonas pequeñas. En la práctica, la escala pequeña y la grande suelen confundirse, pues el uso coloquial de “grande” y “pequeño” se refiere más bien a la superficie cubierta o al tamaño de los fenómenos, y no a la fracción. Los modelos mundiales del clima, por ejemplo, se consideran normalmente de gran escala. Para evitar malentendidos, se adopta entonces la convención útil de referirse a la “escala cartográfica” explícitamente.

A2.25. Algunas escalas cartográficas comunes:

Escala de mapas	1 cm en el mapa representa	
1:5.000	50 metros	escala más grande
1:25.000	250 metros	
1:50.000	500 metros	
1:100.000	1 km	
1:500.000	5 km	
1:1.000.000	10 km	escala más pequeña

A2.26. Dada la transición desde bases de datos analógicos hacia bases de datos geográficos digitales, es muy importante destacar que los datos geográficos digitales carecen fundamentalmente de escala. Una vez que se ingresan las coordenadas definitorias de la características geográficas en un SIG, esos datos pueden ser presentados en cualquier escala que se escoja. El usuario puede examinar los datos acercándose o alejándose del mapa y, por ende, cambiando rápidamente y sin tropiezos las escalas. No obstante, es importante tener presente que los datos se derivaron probablemente de fuentes (mapas, imágenes, etc.) en una determinada escala. Por ejemplo, los mapas impresos en diferentes escalas presentarán diversos grados de detalle. Las construcciones en una aldea aparecerán en un mapa en escala 1:25.000. En un mapa en escala 1:500.000, toda la aldea aparecerá como un punto, o tal vez no aparezca.

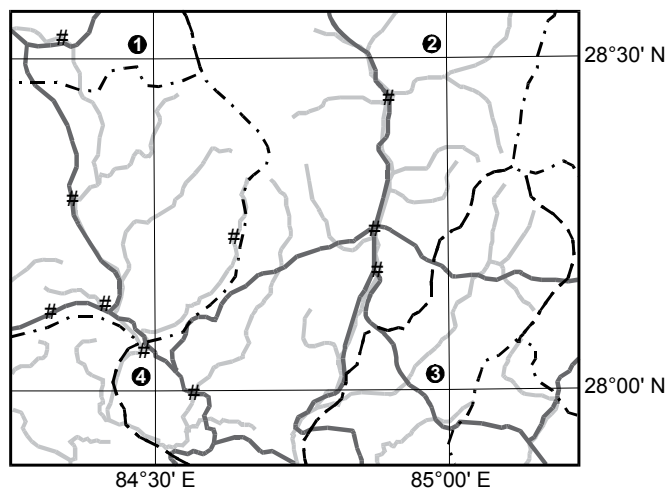
A2.27. El procedimiento por el cual las características de los mapas se simplifican o se agregan se denomina “generalización”, y constituye un componente importante de la confección de mapas. Debido a esta generalización de características —camino rurales sinuosos se vuelven líneas rectas, desaparecen los detalles en los límites de los distritos—, tiene poco sentido imprimir un mapa digitalizado de una lámina con escala de 1:250.000 en una escala de 1:5.000, o combinar conjuntos de datos digitales derivados de mapas con escalas muy diferentes. Esto muestra que es muy importante indicar la escala del mapa fuente en la documentación de un conjunto de datos geográficos digitales. Además, debido a estas cuestiones de escala, en cualquier proyecto cartográfico digital grande tiene importancia crucial determinar desde un principio los requisitos de escala del producto, de modo que la elaboración de la base de datos se base en fuentes apropiadas.

F. Un ejemplo de georreferenciación

A2.28. En la sección sobre integración de mapas digitales del capítulo II del presente *Manual* se examinó el problema de georreferenciar un mapa digitalizado o escaneado, con las coordenadas cartográficas adecuadas para almacenarlo en un SIG. Para ilustrar el procedimiento de georreferenciación, en los siguientes párrafos se describirá un ejemplo concreto. En el gráfico A.2.10 puede verse un mapa digitalizado en varias capas. Después de la digitalización, las coordenadas se referencian en unidades

Gráfico A2.10

Puntos de control en un mapa impreso



del cuadro de digitalización, en este caso, pulgadas. A fin de poder usar este mapa junto con otros datos digitales de esta región geográfica, es necesario convertir las coordenadas del digitalizador a coordenadas del mundo real que correspondan a la proyección originaria del mapa. Los lectores que no estén familiarizados con sistemas de coordenadas y proyecciones cartográficas pueden referirse al material que figura en los párrafos A2.1 a A2.7 de este anexo.

A2.29. El primer paso consiste en determinar puntos de control bien definidos, generalmente como parte del procedimiento de digitalización. Los puntos de control deben estar bien distribuidos en la zona de interés, para mejorar la estimación de los parámetros de transformación. Esto significa que no deben estar todos juntos en un sector, ni en el centro del mapa. Además de los caminos, ríos, delimitaciones administrativas y ciudades, el mapa también muestra una cuadrícula regular de líneas de latitud y longitud, espaciadas a intervalos de medio grado. Las intersecciones de esta retícula son una buena posibilidad al elegir puntos de control, ya que sus coordenadas pueden determinarse fácilmente. En el mapa, los cuatro puntos de control elegidos están numerados de uno a cuatro. Sus coordenadas son, respectivamente (84,5, 28,5); (85,0, 28,5); (85,0, 28,0); y (84,5, 28,0). Obsérvese que como los programas de SIG utilizan coordenadas planas, se deben especificar pares en secuencia longitud/latitud (es decir, x/y) y no latitud/longitud. Por la misma razón, hay que especificar las coordenadas en cifras de grados decimales, y no en grados, minutos y segundos, como suele ocurrir en los mapas impresos o en los nomenclátors geográficos.

A2.30. Lamentablemente, no podemos usar directamente las coordenadas de longitud/latitud para la transformación, pues el mapa original en papel no está registrado en estas coordenadas geográficas; muy pocos de estos mapas tienen estas coordenadas y muchas veces esto está indicado por el hecho de que la cuadrícula de latitud y longitud no está formada por líneas rectas. La proyección original del mapa del ejemplo es la de Superficie Equivalente Cónica de Albers, con los siguientes parámetros:

- Paralelos estándares: 27° y 30° Norte
- Meridiano central: 84°
- Latitud de origen: 28°

A2.31. Estos parámetros suelen indicarse en el mapa. Antes de poder transformar las coordenadas, primero hay que convertir las coordenadas de longitud/latitud de los puntos de control a las coordenadas del mundo real correctas en la proyección de Albers. En la mayoría de los programas informáticos, esto puede hacerse preparando listas de los pares longitud/latitud (la longitud es la coordenada x y la latitud es la coordenada y) e incluyéndolas en un archivo de texto o a través de una interfaz de menú y especificando los parámetros de proyección pertinentes en el módulo de cambio de proyección del sistema.

A2.32. Se entiende que este paso adicional es innecesario cuando se pueden obtener las coordenadas del punto de control del mundo real directamente del mapa. Esto es posible, por ejemplo, en mapas topográficos referenciados en la proyección Mercator Transversal Universal. Sucede lo mismo si los puntos de control se han determinado en el terreno con un GPS que convierte automáticamente las coordenadas a una proyección geográfica dada.

A2.33. Ahora tenemos los pares de coordenadas de los cuatro puntos de control en las coordenadas del digitalizador y en las coordenadas de la proyección del mundo real, en este caso, medidas en metros. Ambos conjuntos de coordenadas se enumeran en el cuadro A2.2. El primer punto de control, por ejemplo, se ubica aproximadamente a 49 km al este del meridiano central (84° E) y 55,5 km al norte de la latitud de origen (28° N).

A2.34. La tercera etapa consiste en el cálculo de los parámetros de transformación, basado en los dos conjuntos de pares de coordenadas. La mayoría de los programas de SIG ofrecen esta opción. Técnicamente, los parámetros se estiman con las siguientes ecuaciones de regresión:

$$x' = a + bx + cy$$

$$y' = d + ex + fy$$

donde x' e y' son las coordenadas del mundo real y x e y son la coordenadas de digitalización de los puntos de control; a , b , c , d , e y f son los parámetros que deben estimarse. Los errores de estimación que surgen en la transformación son los valores residuales de la regresión.

A2.35. En el cuadro A2.2 se muestra, para cada punto de control, el par de coordenadas en el sistema de entrada (unidades de digitalización) y en el sistema de salida (proyección de Albers en metros). Además, se muestran los errores de transformación (residuales) que el sistema ha calculado en unidades de salida (metros). Puede verse que este error es de alrededor de 7,8 metros en dirección x y alrededor de 14,6 metros en dirección y . Muy pocas veces estos errores equivaldrán a cero. Las fuentes de error son, entre otras, las distorsiones de los mapas de papel debidas a contracción y dobleces, así como el error de medición cuando se digitalizan las coordenadas de los puntos de control. Un error muy grande en uno o más de los puntos de control generalmente indica algún tipo de equivocación importante, como una permuta de las coordenadas x e y , o de los identificadores de los puntos de control. En general, el procedimiento debe realizarse con mucho cuidado, ya que tendrá un efecto importante sobre la exactitud y, por ello, sobre la utilidad de la base de datos de SIG resultante.

A2.36. El cuadro también proporciona un indicio de error global en la transformación, mediante la desviación cuadrática media, o raíz cuadrada de la varianza, que se da en unidades de coordenadas de ingreso y salida (pulgadas y metros, respectivamente). Un error grande de este tipo indica que las ubicaciones de los puntos de control en las unidades de entrada y salida no corresponden a las mismas ubicaciones relativas. Para un proyecto de conversión de datos en gran escala, debe especificarse el error máximo aceptable, y los valores deben mantenerse por debajo de ese máximo. Lo que se considera aceptable depende de la escala del mapa de papel original y de los requisitos de exactitud de la aplicación. Si bien la cartografía para fines censales puede no requerir un alto grado de exactitud, otras aplicaciones, como por ejemplo las aplicaciones catastrales, deben ajustarse a normas mucho más estrictas.

A2.37. El sistema convierte al mismo tiempo todas las coordenadas de la base de datos cartográficos al sistema de coordenadas de salida. La base de datos de salida se referencia luego adecuadamente en las coordenadas del mapa original. Después,

Cuadro A2.2

Parámetros de transformación

Punto de control	Coordenadas en unidades de digitalización (pulgadas)		Coordenadas en unidades proyectadas del mundo real (metros)		Errores calculados en unidades del mundo real (metros)	
	x	y	x	y	x	y
1	11,777	19,660	48936,2	55529,6	-14,59	7,80
2	26,670	20,661	97871,5	55835,2	14,60	-7,81
3	27,696	3,824	98333,0	409,3	-14,55	7,78
4	12,751	2,810	49166,9	102,3	14,54	-7,77
Error cuadrático medio (entrada, salida): 0,005034, 16,524						

este mapa puede trazarse en una proyección cartográfica diferente, por ejemplo, para incorporarla en una base de datos integral que tiene una proyección estándar distinta. Con esta descripción se intentó esbozar los principios generales de transformación. Aunque la aplicación de este procedimiento depende de los programas electrónicos que se utilicen, comprender las etapas que comporta la operación de georreferenciar puede ayudar a apreciar la importancia de esta operación.

G. Consideraciones prácticas

A2.38. Cualquier proyecto grande de cartografía digital (como los mapas para un censo) requiere que se integre la información cartográfica proveniente de muy diversas fuentes. Por este motivo, hay que elegir una proyección y un sistema de coordenadas estándares. En condiciones ideales, el sistema de referencia que se elija debería ser el mismo que el que se utiliza en otras actividades cartográficas de un país. Los países, en su mayoría, usan cada uno un sistema estándar de proyección y de coordenadas que es óptimo para su respectivo territorio nacional y para las series de mapas nacionales en escalas diferentes.

A2.39. Casi todos los programas de SIG ofrecen funciones para transformar coordenadas de un sistema de referencia a otro (por ejemplo, de metros a pies o de unidades de digitalización a unidades cartográficas), para convertir mapas digitales de latitud/longitud a proyecciones cartográficas, o para cambiar proyecciones. Esos programas también posibilitan seleccionar datums geodésicos y cualquier otro parámetro de importancia. En algunos pocos casos, tal vez sea imposible obtener una proyección determinada y habrá que utilizar programas especializados. Los sistemas mundiales de determinación de la posición geográfica (GPS), que se examinan en detalle en el capítulo IV del presente *Manual*, también sustentan proyecciones cartográficas seleccionadas y los datums geodésicos más usuales. Pueden captarse así las coordenadas que se reúnen trabajando en el terreno, como pares de latitud y longitud, o en un sistema de proyección.

A2.40. Los mapas topográficos generalmente incluyen información acerca de la proyección y el datum. Un problema de los conjuntos de datos cartográficos digitales es que los formatos estándar de SIG no necesariamente almacenan información sobre la proyección de forma explícita. Por ejemplo, una oficina de censos puede obtener un conjunto de datos de SIG sobre caminos o hidrología sin información sobre su proyección cartográfica. Si estos datos se combinan con los mapas censales digitales, puede ocurrir que no coincidan perfectamente. La integración vertical es entonces irrealizable, a menos que los dos conjuntos de datos se conviertan al mismo sistema de proyección. Si no se puede determinar la proyección investigando la procedencia de los datos hasta encontrar los mapas fuente, la única opción posible es la conciliación de los dos mapas digitales de manera pragmática, lo que puede introducir errores importantes. Por ello, es importante que todos los conjuntos de datos se documenten adecuadamente y que los metadatos —información sobre los datos— se guarden con el conjunto de datos del mapa digital.

A2.41. Una última consideración práctica presentada aquí se refiere a la conversión entre diferentes formatos para almacenar las coordenadas de latitud y longitud. Generalmente se las expresa en grados, minutos y segundos. La ubicación de la Sede de las Naciones Unidas en Nueva York, por ejemplo, es 40° 45' 01" de latitud norte y 73° 58' 04" de longitud oeste. Para introducir estas coordenadas en un sistema de SIG o de proyección cartográfica, primeramente hay que convertirlas a grados decimales. Básicamente, esta conversión las hará aparecer como coordenadas cartesianas x e y

normales. Para convertir grados, minutos y segundos a grados decimales, por ejemplo, la latitud y longitud de la Sede de las Naciones Unidas, el cálculo es el siguiente:

$$40 + \frac{\left(45 + \frac{1}{60}\right)}{60} = 40,7502778$$

$$73 + \frac{\left(58 + \frac{4}{60}\right)}{60} = 73,9677778$$

A2.42. Como la longitud correspondiente a la Sede de las Naciones Unidas está al oeste del meridiano de Greenwich, se especifica como un número negativo en grados decimales (es decir, $-73,97$). De manera similar, los valores de la latitud en el hemisferio sur también se expresan como números negativos.

A2.43. Para convertir, por ejemplo, la latitud nuevamente en grados, minutos y segundos, el procedimiento es:

Grados: 40

Minutos: $0,7502778 \times 60 = 45,016668 = 45$

Segundos: $0,016668 \times 60 = 1$

Anexo III

Modelización de los datos

A. Introducción

A3.1. Este anexo se trata de la modelización de los datos geográficos. En él se da un ejemplo del contenido de un diccionario detallado de datos del tipo que usaría una oficina de censos para documentar las bases de datos elaboradas con fines censales. En el anexo IV se presenta un diccionario más sencillo que podría acompañar a los productos geográficos de los censos que se dan a conocer al público.

B. Definición de expresiones clave

A3.2. Un *modelo de datos espaciales* es la descripción de las entidades geográficas, como casas, unidades administrativas o ríos, y de las relaciones entre ellas. En los modelos de datos que se centran en objetos, la definición en general también incluye las operaciones que pueden realizarse con las entidades. Un modelo de datos no depende de un programa informático específico y por ello los usuarios pueden preparar el modelo con cualquier programa integral de SIG.

A3.3. La *estructura de los datos espaciales* refleja un modelo concreto, que consta de estructuras específicas de archivos usadas para representar diferentes tipos de entidades. Por ejemplo, las unidades administrativas o las masas de agua se representarían como polígonos; es decir, una serie de coordenadas en la cual coinciden la primera y la última. Dicha estructura posibilita realizar operaciones informáticas para definir las relaciones entre entidades geográficas. Por ejemplo, un camino puede coincidir con una parte del límite de un polígono que define una unidad administrativa.

A3.4. El *formato de los datos* es un concepto más general que se aplica a un determinado conjunto de estructuras de datos dentro de un sistema informático. Algunos formatos comerciales se han usado tanto que se han convertido en la norma. El DXF (Drawing Exchange Format), por ejemplo, se elaboró en un principio para los programas AutoCad, pero ahora lo usan casi todos los programas comerciales de SIG.

A3.5. Un *diccionario de datos* es un documento maestro que describe el modelo de datos en detalle y los códigos para identificar las entidades y sus atributos.

A3.6. Por último, un *esquema de la base de datos* es una descripción de las relaciones lógicas entre las entidades espaciales, los cuadros de atributos y las reglas de integridad que definen una base completa e integral de datos espaciales.

C. Ejemplo de una plantilla

A3.7. La plantilla que aparece en la página siguiente es una adaptación de las definiciones de entidades geográficas contenidas en la Base Nacional de Datos Topográficos del Canadá—Diccionario de Datos (Geomatics Canada, 1994).

Cuadro A3.1

Información compilada para definir un modelo de datos espaciales

Nombre de la entidad	Nombre conciso de la característica geográfica.
Definición	Descripción detallada de la entidad geográfica.
Atributos de dominio fijo	Atributos que sólo pueden tener un número limitado de valores predefinidos, como, por ejemplo, el tipo de unidad administrativa (distrito, provincia, etcétera) o el tipo de recubrimiento o pavimentación de un camino. Estos códigos, determinados previamente, constituyen el dominio de valores posibles.
Atributos de dominio variable	<p>Atributos que tienen una cantidad potencialmente infinita de valores posibles y, en consecuencia, cuyo dominio no puede definirse. Algunos ejemplos son el identificador único de la unidad administrativa, la población de la unidad o el nombre de un río.</p> <p>Cada atributo se describe con la siguiente información:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Nombre — Tipo; por ejemplo, alfanumérico (A), entero (1) o real (R) — Cantidad de caracteres o de dígitos permitidos — Dominio de valores, es decir, una lista de todos los valores posibles y sus definiciones en el caso de los de dominio fijo, o la <i>definición</i> del atributo para los de dominio variable.
Combinaciones autorizadas de valores de los atributos	<p>Para los atributos de dominio fijo, se enumeran todas las combinaciones permitidas de atributos. Por ejemplo, en el caso de las unidades administrativas, sólo los distritos y provincias pueden tener una capital administrativa oficial. Entonces, si el tipo de unidad administrativa no es el distrito o la provincia, cualquier otro atributo que indique el nombre de la capital debería estar vacío. La información sobre las combinaciones permitidas de los valores de los atributos es útil para verificar la coherencia en forma automatizada.</p> <p>Si la entidad no tiene dominio fijo, se ingresa "ninguno". Si hay un único atributo de dominio fijo, se indican todos los valores autorizados. Si hay varios, se indican todas las combinaciones permitidas.</p>
Relaciones	<p>Descripción de las relaciones que la entidad geográfica puede tener con otras características espaciales. Es útil, por ejemplo, para definir ríos o caminos que coincidan con los límites de unidades administrativas o zonas de empadronamiento.</p> <p>Las relaciones quedan definidas por las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> — <i>Nombre y forma geométrica de la entidad</i>; por ejemplo punto (P), línea (L) o polígono (P); — <i>Relación</i>; por ejemplo, <i>conectar</i>, para una línea que conecta con un punto, o <i>compartir</i>, para una superficie que comparte un límite con una línea; — <i>Cardinalidad</i>, definida por dos valores que marcan la cantidad mínima y máxima de veces que una entidad puede estar involucrada en una relación. Por ejemplo, una intersección de caminos se relaciona con las características de éstos y debe tener por lo menos un camino conectado con ella y, en teoría, podría estar conectada con una cantidad infinita de caminos. Si el número máximo no puede determinarse, se representa con N. La relación entre la intersección de caminos y los caminos es entonces (1, N); — Nombre y forma geométrica de la entidad relacionada. <p><i>Nota:</i> Esta definición se refiere solamente a las relaciones entre características geográficas. Las relaciones entre campos en el cuadro de atributos geográficos y en los cuadros externos deben definirse por separado.</p>
Representación geométrica y tamaño mínimo (en metros)	La característica geométrica utilizada para representar la entidad. Para las unidades administrativas, casi siempre será un polígono, pero para otras características, la representación geométrica de una entidad espacial puede depender de la escala cartográfica. Por ejemplo, un poblado puede ser una superficie que represente su perímetro en escalas grandes (por ejemplo 1:25.000), mientras que se vería como un punto en escalas pequeñas (por ejemplo 1:250.000). Dada la misma escala, un poblado más grande o una ciudad puede indicarse como un polígono, pero un poblado pequeño se representa como un punto. Según el tipo de característica, el tamaño mínimo de las entidades puede referirse a su superficie, ancho, largo o altura.
Notas	Cualquier información adicional para definir la entidad, así como las notas al pie de cualquier otro campo descriptivo.
Diagramas	Para ilustrar cómo se modeliza una entidad, un gráfico muestra las relaciones de esa entidad con varias otras.

A3.8. La información más importante en la plantilla de una base de datos es la definición de cada entidad y la descripción detallada de todos los atributos de las características geográficas que se almacenaron. Para muchos proyectos de cartografía censal estas descripciones básicas de la base de datos quizá sean suficientes, pero cuando hay que incorporar la base de datos para el censo a una base nacional de datos de SIG, se recomienda elaborar un diseño compatible con la información proveniente de otros organismos. En ese caso deben definirse claramente las relaciones entre las unidades administrativas o censales y otras características geográficas.

A3.9. Para clarificar los contenidos de un diccionario de datos, en el cuadro A3.2 se da un ejemplo de definición de una capa de datos sobre una unidad administrativa. La especificación exacta variará según cómo se emplee en cada país. Cabe señalar que los *atributos de dominio fijo* son atributos discretos, no continuos.

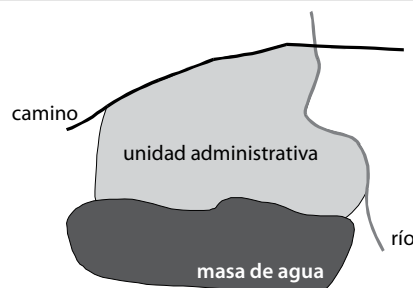
Cuadro A3.2

Unidades administrativas de un país con tres niveles subnacionales (ejemplo)

Unidad administrativa	
Una zona geográfica con límites definidos jurídicamente, creada a los fines de instrumentar funciones administrativas y otras funciones de gobierno.	
Atributos de dominio fijo	
Tipo de unidad administrativa (1):	
1 – Provincia	La unidad administrativa de primer nivel
2 – Distrito	La unidad administrativa de segundo nivel subnacional
3 – Localidad	La unidad administrativa de tercer nivel
Indicador rural/urbano I (1):	
1 – No se aplica	Sólo las localidades se clasifican como rurales o urbanas
2 – Rural	Unidad administrativa con predominio de características rurales
3 – Urbana	Unidad administrativa que consta de un poblado o una ciudad
Atributos de dominio variable	
Identificador de unidad administrativa I (14)	
<i>Nota:</i> En este ejemplo de base de datos, toda la información sobre los atributos (por ejemplo, nombre, nombre opcional, cantidad de hogares, población, etcétera) se almacena en cuadros de datos separados que se vinculan con el cuadro de atributos geográficos por conducto del identificador de la unidad administrativa.	
Combinación autorizada de los valores de los atributos	
Provincia (no se aplica)	
Distrito (no se aplica)	
Localidad (urbana)	<i>Nota:</i> Sólo son posibles estas combinaciones. Por ejemplo, no hay provincias urbanas ni distritos rurales.
Localidad (rural)	
Relaciones	
Unidad administrativa (P) Compartir (0,N) Camino (L)	
Unidad administrativa (P) Compartir (0,N) Río (L)	
Unidad administrativa (P) Compartir (0,N) Masa de agua (P)	
<i>Nota:</i> Los caminos y los ríos se representan mediante líneas (L) y pueden coincidir con partes del límite de una unidad administrativa, la cual se representa con un polígono (P). Un límite administrativo puede también coincidir con la orilla de una masa de agua, como un lago, que se representa como un polígono (P). (0,N) se refiere a la cardinalidad de la relación. Significa que, por ejemplo, como mínimo, ningún camino (cero) puede coincidir con un límite de una unidad administrativa, y que el máximo no puede determinarse (N, significa cualquier número).	
Representación geométrica y tamaño mínimo	
La unidad administrativa se representa como un punto si su superficie es menor o igual que 1 kilómetro cuadrado y como una superficie si es mayor que 1 kilómetro cuadrado.	

Nota: Las unidades administrativas deben coincidir con los límites de las ZE y cubrir todo el territorio nacional. Es decir, no puede haber una parte del territorio de un país que no esté asignada a una unidad administrativa.

Diagrama



Anexo IV

Ejemplo de un diccionario de datos para la distribución

A4.1. Se presenta aquí un ejemplo de un diccionario para la distribución de una base de datos geográficos censales correspondientes a localidades de un país imaginario: Poplandia. La expresión “diccionario de datos” a veces se utiliza indistintamente con la palabra “metadato”, aun cuando en la práctica ambos conceptos son diferentes. Los diccionarios de datos fueron ideados mucho antes que los metadatos y, por lo general, denotan la información distribuida junto con los datos que divulga un organismo. Los estándares de la Organización Internacional de Normalización (ISO) para metadatos aportan orientaciones específicas. Cada país puede utilizar “perfilamiento” para adaptar el formato común de metadatos a sus propios usos nacionales. El ejemplo que figura a continuación tiene fines exclusivamente ilustrativos. La oficina nacional de censos debe diseñar con detenimiento el contenido real del diccionario de datos, teniendo en cuenta las cuestiones concretas pertinentes al respectivo país.

Diccionario de datos: base de datos de SIG de un censo de localidades

Nombre de la base de datos	Base digital de datos censales para localidades de Poplandia
Fuente	Oficina Nacional de Estadística, Departamento de Censos, Sección de Cartografía (1996), Censo nacional de población y vivienda de Poplandia, 1995.
Contenido de la base de datos	<p>La base de datos consiste en una capa de datos de SIG correspondientes a las localidades de todo el país, que se distribuye o bien en formato de archivos ArcView (Environmental Systems Research Institute, Inc.), o MapInfo Interchange (MapInfo, Inc.), o como un simple archivo de texto de coordenadas. La presente documentación se refiere a la versión de archivos ArcView.</p> <p>El cuadro de datos de atributos geográficos de la capa de SIG sobre la localidad (LOC.DBF) contiene solamente información básica, incluido el código (LOC_CODE) y los nombres de la unidad administrativa donde está la localidad. Junto con la base de datos de SIG, se distribuyen dos cuadros externos de datos, uno con las características de población provenientes del censo (POP.DBF) y el otro con los atributos de los hogares (HH.DBF). Estos cuadros pueden vincularse con la base de datos de SIG de la localidad usando el campo común LOC_CODE.</p> <p>Si no se indica lo contrario, todos los datos se refieren a la fecha del censo: 1° de julio de 1995.</p>
Unidades administrativas e informantes	La base de datos contiene información para 1.291 localidades en 9 provincias y 123 distritos.
Requisitos de programas y equipos informáticos	La base de datos se puede visualizar con cualquier grupo de programas cartográficos o de SIG que pueda importar archivos con formato ArcView o MapInfo Interchange. La configuración mínima de los sistemas depende de los programas que se usen para tener acceso a los datos. Por lo general, basta con una computadora personal de 486 Mhz o más veloz, compatible con una IBM, con 8 mb de RAM por lo menos. Se puede tener acceso a la base de datos desde un CD-ROM o puede estar instalada en el disco duro de la computadora, para lo que se necesitarán 16 mb de espacio.
Formato de distribución de la base de datos	La base de datos se distribuye en forma no comprimida en el CD-ROM y se puede tener acceso a ella directamente.

Nombre de la base de datos	Base digital de datos censales para localidades de Poplandia
Proyección	Crónica equidistante
Paralelos estándares	20° Norte y 60° Norte
Meridiano central	140° oeste
Unidades de las coordenadas	Metros
Traslación de las coordenadas	Ninguna
Escala del mapa fuente	Varía. La mayoría de las localidades urbanas se delinearon en mapas con escalas 1:25.000 y más grandes; las localidades rurales se delinearon en mapas con escalas 1:50.000 y más pequeñas.
Información sobre la exactitud general	Según la información de las oficinas nacionales de cartografía, la exactitud media estimada de las coordenadas es de +/-100 metros en zonas rurales y de +/-30 metros en zonas urbanas.
Unidades informantes inconexas	Algunas localidades consisten en más de un polígono. El cuadro de atributos contiene un campo (FLAG), que vale 1 para el polígono más grande (el único que tienen las localidades que constan de un solo polígono), y cero para los polígonos menores. Para evitar contarlos dos veces cuando se agregan los datos de los censos, la agregación se debe realizar sólo después que se seleccionaron las localidades con valor FLAG de 1.
Productos conexos	La Oficina Nacional de Estadística ha publicado bases similares de datos digitales de SIG para las zonas de empadronamiento. Como hay gran cantidad de zonas de empadronamiento, hay bases de datos de SIG separadas de cada provincia. Hay que tomar contacto con la Oficina Nacional de Estadística para obtener más información.
Referencias	Oficina Nacional de Estadística (1995). Informe técnico sobre las actividades de cartografía censal para el Censo Nacional de Población y Vivienda de Poplandia de 1995, Departamento de Censos, Sección de Cartografía. Oficina Nacional de Estadística (1995). Informe metodológico y administrativo sobre el Censo Nacional de Población y Vivienda de Poplandia, 1995, Departamento de Censos. Oficina Nacional de Estadística (1996). Resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda de Poplandia, 1995, Departamento de Censos, Sección de Cartografía.
Para obtener información	Oficina Nacional de Estadística, Departamento de Censos Sección de Cartografía, Servicios al Usuario Casilla de Correos 9999 Tarota, Provincia de Sambas Tel: 99-99-99999 Fax: 99-99-99998 E-mail: geog@census.gov.xx Sitio Web: www.census.gov.xx

Archivos de datos geográficos

LOC.SHP – Base de datos de SIG sobre los límites de las localidades

Nombre del archivo	LOC.SHP
Tipo de archivo	Archivo con formato ESRI ArcView
Tipo de características	Polígonos
Archivos asociados	LOC.DBF Cuadro de atributos de los polígonos (parte del archivo de formato) POP.DBF Indicadores de censos de población HH.DBF Indicadores de censos de vivienda LOC.SHX Archivo interno de indización geográfica utilizado por ArcView

Archivo de datos sobre atributos

LOC.DBF: Características de las localidades

Nombre del campo	Descripción	Definición del campo	Intervalo	Códigos	Valores faltantes
LOC_CODE	Código oficial de la localidad. Proporciona el vínculo con los cuadros de datos externos pop.dbf y hh.dbf. El código geográfico se construye concatenando los identificadores administrativos: provincia de dos dígitos+distrito de tres dígitos+localidad de tres dígitos	Entero, 8	Valor positivo	Ninguno	-999
AREA	Superficie de la localidad en kilómetros cuadrados	Real, 6.1	Valor positivo	Ninguno	-999
FLAG	Indica si el polígono es el mayor para la localidad. Cuando las localidades abarcan dos o más polígonos, sólo el más grande o el más importante tendrá valor 1	Entero, 1	0-1	0-menor 1-mayor	
URBAN	Indica si la localidad se clasifica como urbana o rural	Entero, 1	0-1	0-rural 1-urbano	-1
LOC_NAME	Nombre de la localidad	Caract, 25	Ninguno	Ninguno	"n.a."
DIST_NAME	Nombre del distrito	Caract, 25	Ninguno	Ninguno	"n.a."
PROV_NAME	Nombre de la provincia	Caract, 25	Ninguno	Ninguno	"n.a."
AREA_TOTAL	Superficie total de la localidad en kilómetros cuadrados	Real, 10.3	Valor positivo	Ninguno	-999
AREA_LAND	Superficie de la localidad cubierta por tierra en kilómetros cuadrados	Real, 10.3	Valor positivo	Ninguno	-999
AREA_WATER	Superficie de la localidad cubierta por masas de agua en kilómetros cuadrados	Real, 10.3	Valor positivo	Ninguno	-999

POP.DBF – Indicadores de población del censo

Nombre del campo	Descripción	Definición del campo	Intervalo	Códigos	Valores faltantes
LOC_CODE	Código oficial de la localidad. Proporciona el vínculo con los cuadros de atributos de GIS loc.dbf y hh.dbf	Entero, 8	Valor positivo	Ninguno	-999
POP_TOT	Población empadronada total	Entero, 7	Valor positivo	Ninguno	-999
POP_DENS	Densidad de población en habitantes por kilómetro cuadrado (POP_TOTAL / AREA)	Real, 5.1	Valor positivo	Ninguno	-999
...

HH.DBF – Indicadores de hogares del censo

Nombre del campo	Descripción	Definición del campo	Intervalo	Códigos	Valores faltantes
LOC_CODE	Código oficial de la localidad	Entero, 8	Valor positivo	Ninguno	-999
HH_NUM	Cantidad de hogares	Entero, 7	Valor positivo	Ninguno	-999
HH_HEAD	Sexo del jefe de hogar	Entero, 1	0-1	0-masculino 1-femenino	-1
...

Anexo V

Diseño de mapas temáticos

A. Introducción

A5.1. En el presente anexo se ofrece un panorama sucinto de las consideraciones de diseño para la elaboración de mapas temáticos. No es posible incluir aquí todos los aspectos relativos al contenido de información de los mapas, de modo que, si fuera necesario, cabría consultar los respectivos manuales especializados. Los cartógrafos distinguen varios tipos diferentes de mapas. Los destinados a fines generales sirven como marco de referencia para orientarse. Muestran principalmente características geográficas reales observables en la superficie terrestre, que pueden ser características naturales —ríos, montañas, costas— o construidas por el hombre —camino o asentamientos, por ejemplo—. También muestran otras características que no pueden verse en la superficie, como los límites políticos y la cuadrícula de referencia con las latitudes y longitudes. Los mapas topográficos pertenecen a esta categoría de referencia o interés general. Cumplen una función importante en la elaboración de mapas de zonas de empadronamiento, porque proporcionan información al empadronador acerca de las características que puede usar para orientarse en la zona de trabajo asignada.

A5.2. Pero cuando se trata de elaborar mapas de resultados de censos, los temáticos resultan más adecuados, ya que presentan la distribución geográfica de fenómenos físicos o culturales que no pueden observarse con facilidad directamente en el terreno. Los mapas temáticos pueden basarse en información cualitativa o cuantitativa. Un ejemplo del primer tipo es un mapa que muestra la distribución de la población por lengua materna o religión. En cambio, los mapas temáticos cuantitativos, también llamados a veces mapas estadísticos, dan información sobre la magnitud relativa de las características que se incluyen en el mapa, por ejemplo un mapa donde los símbolos que representan las ciudades de un país tienen una escala acorde con el tamaño de cada una de ellas. Otro ejemplo es un mapa donde las zonas informantes, como los distritos, están sombreadas según la densidad de población. La mayor parte de los mapas que se producen para un atlas censal son de esta naturaleza.

B. Principios del diseño de mapas

A5.3. A pesar de que se usan con frecuencia para realizar análisis, los mapas no sirven para mostrar valores exactos de los datos. En un mapa, los valores se expresan en forma de símbolos. El cartógrafo debe asignar valores a los datos en intervalos de clases, de modo de obtener una cantidad controlable de categorías, que se representan con colores o símbolos. Esto significa que se pierde algo de información en la visualización. Si bien el aspecto fuerte de los mapas es mostrar tendencias, magnitudes y distribución relativas de los valores de los indicadores, cuando son los valores exactos los que interesan resultan más apropiados los cuadros de datos o los mapas digitales cuya base de datos puede consultarse.

A5.4. La producción de mapas de presentación es un procedimiento de diseño en el cual el cartógrafo comunica una idea o un concepto al lector (Monmonier, 1993). Es similar a otras formas de comunicación de información cualitativa o cuantitativa en forma gráfica, usando cuadros, fotografías u otros recursos visuales. Por ello, se pueden aplicar a la cartografía los mismos principios que rigen el diseño gráfico.

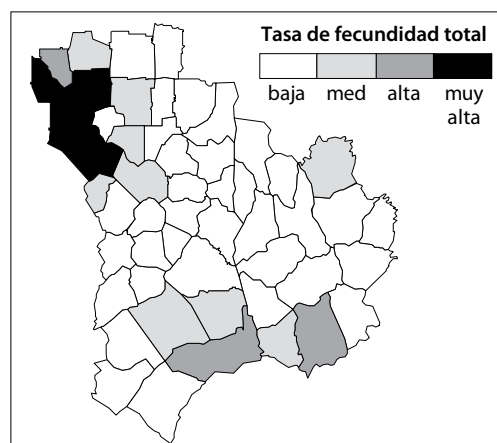
A5.5. El principio de diseño más importante es sencillez y claridad. Muchos mapas terminan atiborrados de información porque el cartógrafo intentó presentar demasiadas cosas en un espacio pequeño. Un concepto útil es el de “maximizar la relación entre datos y tinta” (Tufte, 1983): en términos de cartografía, esto significa que casi toda la tinta debe dedicarse a representar los datos geográficos, y no a incluir información extrínseca. Por lo tanto, se debe descartar la información superflua. Los títulos, como “Mapa de ...” o “Leyenda” son innecesarios, como lo son muchos cuadros, ciertas líneas y, con frecuencia aunque no siempre, las flechas que indican el norte y las barras de escala. Como casi todos los principios, éste por supuesto también tiene sus limitaciones. Algunos elementos, como la leyenda misma, un título conciso y la información sobre la fuente, son evidentemente necesarios para entender los mapas.

A5.6. Sencillez también entraña que no se debe desperdiciar espacio alguno. Con las impresoras láser de alta resolución disponibles casi en todas partes, no es necesario imprimir los mapas en formatos muy grandes para mostrar todos los detalles. Cuanto mejor sea el diseño del mapa, menor podrá ser el tamaño de la impresión. Utilizar el espacio con parsimonia significa también omitir fuentes, símbolos de las leyendas o inserciones cuando son demasiado grandes.

A5.7. Otro concepto importante es establecer una “jerarquía visual” que se aplique a los elementos dentro del mismo mapa y a la disposición de todos sus componentes. En el mapa, los colores o símbolos que se elijan reflejarán el ordenamiento de los valores de los datos. En un mapa de mortalidad infantil, por ejemplo, las unidades informantes con los valores más altos podrían tener el color más intenso o el matiz de gris más oscuro. Estos son los puntos clave, que deberían atraer de inmediato la atención. En el gráfico A5.1, por ejemplo, las clases de bajas a altas se sombrearon a propósito con matices de gris claro, para que se destaque la categoría “muy alta”. Lo que crea la jerarquía visual es el contraste entre los colores oscuros y los matices más claros que los rodean. Una zona relativamente clara rodeada de tonos oscuros también se destacaría. La elección del color se examina más adelante con mayor detalle.

Gráfico A5.1

Establecimiento de la jerarquía visual mediante la elección de matices de colores o de intensidades de gris



A5.8. El cartógrafo también puede usar otros recursos para que el observador concentre su atención en una determinada parte del mapa. Por ejemplo, las características más importantes del mapa pueden hacerse resaltar sobre el fondo mediante un nítido borde a su alrededor. También se usan a veces anotaciones o flechas que señalan determinadas características, aunque con frecuencia éstas sobrecargan el mapa y lo tornan confuso.

A5.9. Los mismos principios se aplican a la composición general del mapa. La parte más importante es la información cartográfica misma, el título y la leyenda que explica los símbolos, que deberían ser las características más destacadas en el mapa. Al agregar cualquier otro elemento, hay que hacerlo con precaución.

A5.10. El tema del color en mapas temáticos estadísticos es polifacético (véase también el párrafo A5.4 *supra*). Los cartógrafos deben tener presentes los factores contrapuestos de una mejor presentación visual utilizando color, en comparación con el costo agregado por concepto de tinta y suministros diversos. Una cuestión a considerar es la posibilidad de anomalías visuales, como el daltonismo; deberían evitarse los contrastes entre verde y rojo, pues los daltónicos no pueden percibir esas diferencias de color. En términos más generales, debería ser posible reproducir en blanco y negro un mapa preparado en color sin que se pierda nada de su contenido de información. Vale decir, es preciso tener en cuenta la densidad de cada sombreado y, de ser necesario, reemplazar los sombreados con diferentes texturas en determinadas superficies. Por último, los cartógrafos también deben prestar especial atención a no ofender a ningún sector de la población a causa del diseño que eligen. Es necesario que conozcan la sensibilidad de los distintos grupos de población o las regiones; algunos símbolos o colores pueden tener determinadas connotaciones negativas o positivas para ciertos grupos étnicos o raciales del país. El diseño debe evitar los símbolos asociados con estereotipos de cualquier subgrupo de la población. Por sobre todo, los cartógrafos deben tener presente la necesidad general de utilizar el color con prudencia y evitar los efectos gratuitos.

1. Elementos de un mapa temático

A5.11. Un mapa temático tiene varios componentes. Consiste en un mapa básico que muestra los límites de la zona de interés, por ejemplo, las fronteras del país, y posiblemente algunas características de referencia, como los ríos o ciudades más importantes, que sirven para orientar al lector que quiere comparar la magnitud de una variable en dos partes distintas del país. El segundo elemento principal es la superposición del mapa temático que muestra la distribución geográfica de la variable.

A5.12. Además de la información en sí, un mapa con calidad suficiente para su publicación contiene otros elementos, a saber:

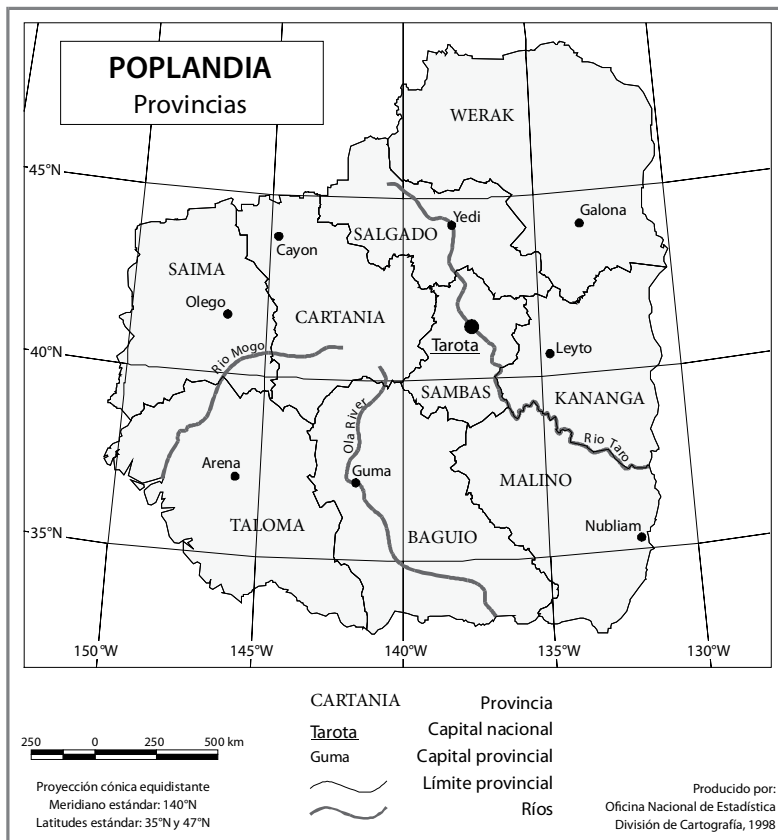
- **Los títulos y subtítulos** deben ser cortos y muy descriptivos.
- **Las fuentes, las notas de reconocimiento y la fecha de producción** dan información al usuario sobre la confiabilidad y credibilidad del mapa. También debe incluirse la constancia del derecho de propiedad intelectual (*copyright*). Algunos organismos que producen mapas con frecuencia también agregan números de referencia y de versión para uso interno. Asimismo debería incluirse toda otra explicación pertinente para comprender el contenido del mapa. En el caso de los mapas impresos en formato grande, hay que indicar los parámetros de la proyección cartográfica.
- **La leyenda** describe la forma en que los valores de la variable que se usó se convirtieron en símbolos cartográficos, por ejemplo, los colores que se

utilizan para un intervalo dado de valores de la densidad de población. Es importante incluir siempre las unidades de medida, por ejemplo “habitantes por kilómetro cuadrado”.

- **La escala** posibilita medir las distancias en el mapa. En el caso de una serie de mapas temáticos, como los atlas censales, donde todos los mapas tienen la misma escala, no es necesario que esta información aparezca en todas las páginas. Lo mismo ocurre en el caso de los mapas relativamente pequeños de zonas bien conocidas, en los que no es probable que se quieran realizar mediciones de la distancia. Una barra de escala es generalmente mejor que la especificación numérica de la escala (por ejemplo, 1:1.000.000). Si el mapa se reduce o agranda al ser fotocopiado, la barra todavía servirá, pero no así la indicación de escala que se utilizó para dibujar el mapa original, que pasará a ser incorrecta.
- **Una flecha que indique el norte** no es absolutamente necesaria en un mapa de referencia, en tanto y en cuanto todos los mapas estén orientados hacia el norte. Sobre todo, así ocurre cuando el mapa muestra una zona geográfica bien reconocida, como el país entero. Si los mapas se rotan para que entren mejor en la hoja, siempre hay que incluir una flecha hacia el norte.
- **Los contornos y las líneas nítidas** sirven para separar diferentes elementos del mapa; el uso de estos elementos gráficos es principalmente una cuestión de diseño. Si hay demasiadas líneas y cuadros, el mapa parece atiborrado; por lo tanto, sólo se deben usar bordes adicionales si los elementos del mapa no están bien separados.
- **Los nombres de los lugares y las etiquetas** que facilitan la identificación de las características geográficas o de las zonas estadísticas.
- **La gráticula**, la grilla de latitudes y longitudes (paralelos y meridianos) que facilitan la orientación. Deben incluirse en mapas de pequeña escala.
- **Los mapas de localización** se usan para mostrar la ubicación de la zona cubierta por el mapa principal. Por ejemplo, un mapa de la densidad de población de un distrito podría ir acompañado por un pequeño mapa que muestre la ubicación de ese distrito en el país o provincia.
- **Los mapas insertados** son similares a los anteriores, pero en vez de mostrar la ubicación de la zona que abarca el mapa principal exponen alguna pequeña parte del mapa a una escala mayor. Por ejemplo, un mapa de una provincia puede ir acompañado por un pequeño mapa insertado que muestre con más detalle la zona de la capital, o la información de un distrito pequeño.
- **El texto y las anotaciones** proporcionan información o explicaciones básicas, que deben ser breves y concisas.
- **Los elementos gráficos adicionales** podrían incluir un histograma que muestre la distribución estadística de la variable o el logotipo del organismo que produjo el mapa.

A5.13. En los gráficos A5.2 y A5.3 pueden verse dos ejemplos de mapas que contienen muchos elementos de un mapa temático. En el gráfico A5.2 se presenta el mapa de las unidades administrativas de primer nivel en el país imaginario de Poplandia. Alrededor del mapa hay una grilla de latitudes y longitudes que proporciona la referencia geográfica. También se agregan, como referencia, la capital federal, las capitales administrativas de las provincias y los ríos más importantes. Todas las características están adecuadamente etiquetadas, con diferentes tipos de letra para distintas clases de características. En la parte inferior del mapa pueden verse la barra

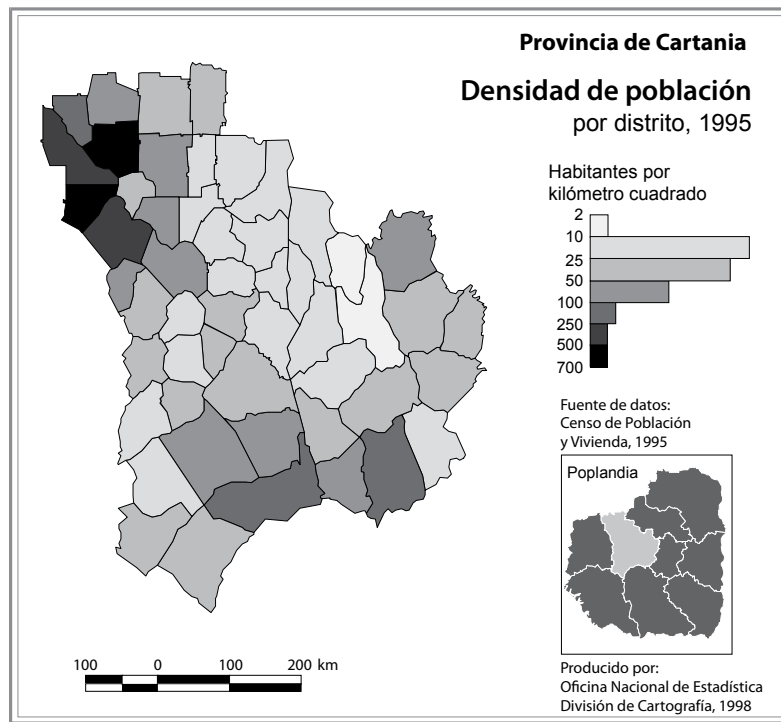
Gráfico A5.2

Ejemplo de mapa de las unidades administrativas y los centros urbanos más importantes

indicativa de la escala, la leyenda que describe los tipos de características temáticas que se muestran y la fuente del mapa. Si la oficina de estadística tuviera un logotipo, se podría agregar a cada mapa. Se ha omitido incluir una flecha hacia el norte por dos motivos. El primero es que el mapa no tiene una orientación desusada. Además, las líneas de longitud indican con claridad que el norte se encuentra en la parte superior. El segundo es menos evidente: en la proyección cartográfica que se usó las longitudes convergen hacia el norte, lo que implica que el norte se encuentra en una dirección ligeramente diferente en las distintas longitudes.

A5.14. El mapa temático del gráfico A5.3, en la página siguiente, muestra la densidad de población de una de las provincias de Poplandia. Un mapa de este tipo en una publicación censal podría, por ejemplo, acompañar cuadros que presenten las características de la población por provincia; también podría incluir diagramas u otros tipos de representaciones gráficas. El diseño del mapa es bastante sencillo. El título presenta el tema y el subtítulo indica la zona geográfica. En lugar de la leyenda habitual que muestra los colores en casillas de igual tamaño, la de este mapa indica las categorías de densidad de población en forma de histograma y cumple la misma función que una leyenda tradicional —relacionar los valores con los matices de color—, a la vez que presenta la distribución de frecuencias de los valores de los distritos. En un mapa más complejo, con un número mayor de zonas, se podría agregar el número real de distritos que caben en cada categoría. No se hizo esto en este caso para mantener el mapa claro y sencillo. Debajo de la leyenda y la fuente de los datos, hay un pequeño mapa de localización que muestra la ubicación de la provincia de Cartania en el país.

Gráfico A5.3

Ejemplo de un mapa temático de la densidad de población

Por lo general, no es necesario agregar etiquetas ni un mapa que muestre la ubicación de éste, ya que la forma del país suele ser fácil de reconocer.

2. Niveles de medición y variables gráficas

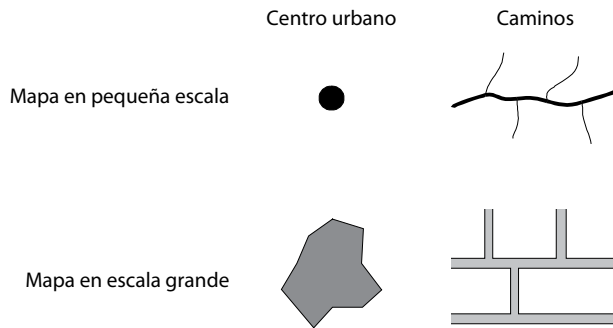
a) Dimensiones espaciales

A5.15. Los mapas temáticos no solamente muestran la ubicación de una característica, sino que también proporcionan información sobre esa característica: el valor de una variable en cada ubicación geográfica. Por ende, un mapa temático se compone de los elementos geográficos y de algún atributo de esos elementos. Esto significa que al diseñar un mapa temático hay que considerar la dimensión espacial de las características geográficas y hay que conocer el nivel de precisión en la medición de cada variable. Estos aspectos deben tenerse en consideración porque determinarán las opciones disponibles para producir un mapa que sea visualmente atractivo, fácil de interpretar y exacto.

A5.16. Las características geográficas se representan en una base de datos de SIG a partir de primitivas geométricas: puntos, líneas y superficies. Hay otras categorías que, si bien se usan con menos frecuencia, agregan una tercera y una cuarta dimensión: volumen, y espacio-tiempo. La elección de la forma geométrica que se usa para una característica del mundo real depende a veces de la escala espacial del mapa, o del conjunto de datos. Por ejemplo, un poblado o un centro urbano pueden representarse como una superficie en un mapa de gran escala, pero aparecerán como un punto en mapas con escalas más pequeñas a nivel de la provincia o del país (véase el gráfico A5.4). Un camino puede representarse como una línea en un mapa provincial, pero como una doble línea —una superficie— en el mapa de una ciudad.

Gráfico A5.4

Efecto de la generalización sobre la presentación de características espaciales



A5.17. Es importante recordar que los límites y las ubicaciones no siempre están tan claramente definidos como aparecen en la representación discreta de un mapa o en una base de datos geográficos. Muchas veces hay que generalizar, simplificar o abstraer las características complejas del mundo real para poder representarlas en una base de datos informática. Por ejemplo, muchas características del mundo real no tienen límites precisos. Generalmente, entre un bosque y una zona no boscosa hay una zona de transición. Si se representa al bosque como una superficie (y no como un conjunto de puntos que representan árboles), necesariamente se perderá un poco de información (véase el gráfico A5.5).

A5.18. Un ejemplo de límites mal definidos tomado de la esfera socioeconómica es el de la distribución de grupos étnicos o lingüísticos. A pesar de que muchas veces estos grupos tienen una distribución muy clara, hay zonas en los alrededores de cada región donde es probable que se mezclen personas de diferentes grupos étnicos o lingüísticos. Por lo general, los cartógrafos utilizan líneas cortadas para representar estos límites imprecisos, aunque esto no resuelve el problema de dónde ubicar el límite en el mapa.

b) Niveles de medición

A5.19. Igual importancia tiene la forma en que se mide la variable que se desea incluir en el mapa. La distinción principal es entre información sobre las categorías e información numérica (véase el gráfico A5.6). A su vez, los datos de las categorías pueden clasificarse como nominales u ordinales. Los primeros simplemente describen

Gráfico A5.5

A veces hay que simplificar la complejidad del mundo real para representarla en un SIG

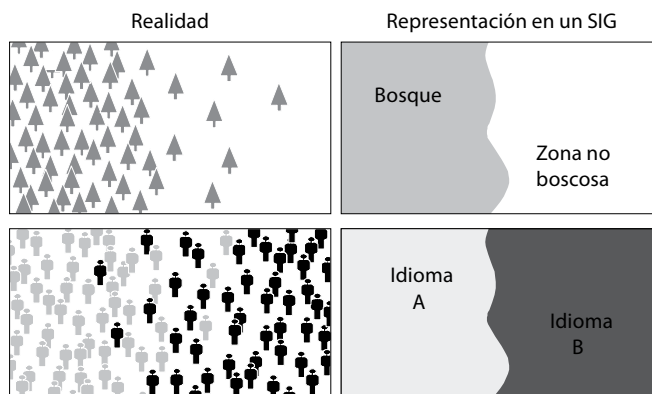
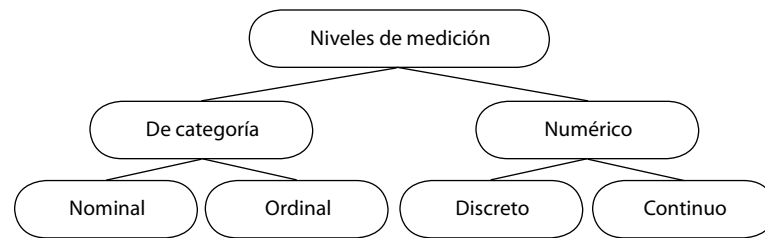


Gráfico A5.6

Medición de variables

un tipo de característica, pero no hay un orden natural entre las categorías, como los distintos tipos de vivienda, de piedra o de madera, por ejemplo. Los ordinales, por otro lado, entrañan un orden entre las categorías, aunque no se conozca el intervalo entre ellas. Por ejemplo, sobre la base de respuestas a una encuesta, se podría clasificar el nivel de bienestar de los hogares como bajo, mediano o alto. No se sabe, sin embargo, si la diferencia entre bajo y mediano es igual a la existente entre mediano y alto.

A5.20. Cuando es posible cuantificar la diferencia entre categorías, tendremos datos numéricos. Los datos discretos corresponden a recuentos, por ejemplo, la cantidad de dormitorios en cada vivienda o la población total. Las variables continuas o de relaciones pueden asumir cualquier valor que se escoja y, en consecuencia, pueden medirse con mucha precisión. En el caso de datos de los censos, las variables continuas son generalmente indicadores que se calculan para unidades censales agregadas, como la densidad de población, la proporción de población con acceso a agua potable, o la tasa de fecundidad total.

c) Variables gráficas

A5.21. En un mapa temático, los símbolos gráficos revelan las diferencias de los valores o categorías de las características geográficas. Los conceptos de simbolización que se usan en cartografía son similares a los que elaboró Bertin para aplicaciones de diseño gráfico (Bertin, 1983; véase también MacEachren, 1995). Bertin distingue las siguientes variables gráficas:

- **El tamaño** es un indicador de las diferencias ordinales o numéricas. Es más importante para las características puntuales o lineales, por ejemplo, para mostrar el tamaño de los pueblos o ciudades con círculos graduados, o la magnitud de la migración entre regiones con líneas o flechas de distinto grosor.
- **La orientación** se usa, por ejemplo, cuando los polígonos se somborean con rayas entrecruzadas. También se pueden mostrar las características puntuales con diferentes orientaciones. La orientación no entraña que haya diferencias en la magnitud de una variable y, por ello, es útil para mostrar datos nominales.
- **La textura** se refiere a la trama o densidad constante en un dibujo, que puede variar de un sector a otro. Puede usarse para representar diferencias ordinales o numéricas. Esta solución es muy conveniente cuando los dispositivos de producción no tienen demasiada capacidad para imprimir colores o matices de gris. La textura también es muy útil para mostrar la información en capas, en las cuales se presentan dos variables de manera superpuesta. Pero en estos mapas no es fácil preservar la claridad y, por esa razón se adecuan más a la realización de análisis exploratorios.

- **La forma** tiene suma importancia en el caso de características puntuales. Los conjuntos de símbolos y de tipos de letras disponibles en los programas cartográficos o de SIG ofrecen muchas posibilidades distintas. Los símbolos más conocidos en cartografía son aquellos que representan edificios públicos, como templos u hospitales.
- **El color** es adecuado para mostrar diferencias numéricas y, hasta cierto punto, diferencias ordinales. La elección del color es una de las cuestiones más importantes en el diseño cartográfico, y por ello se examina con más detalle más adelante.

A5.22. En principio, cada una de estas dimensiones se aplica a cada tipo de característica geográfica, es decir, puntos, líneas y polígonos. Pero en la mayoría de los casos, sólo se usa un subconjunto de variables gráficas para distintos tipos de características. En el gráfico A5.7 pueden verse algunos ejemplos. Las variables gráficas de un mapa temático se eligen de modo que se ajusten al tipo de medición del indicador reflejado en el mapa. Por ejemplo, el tamaño y el color tienen mucha importancia en lo que se refiere a representar valores numéricos. Las formas de los símbolos puntuales o la textura de los polígonos representan diferentes valores nominales.

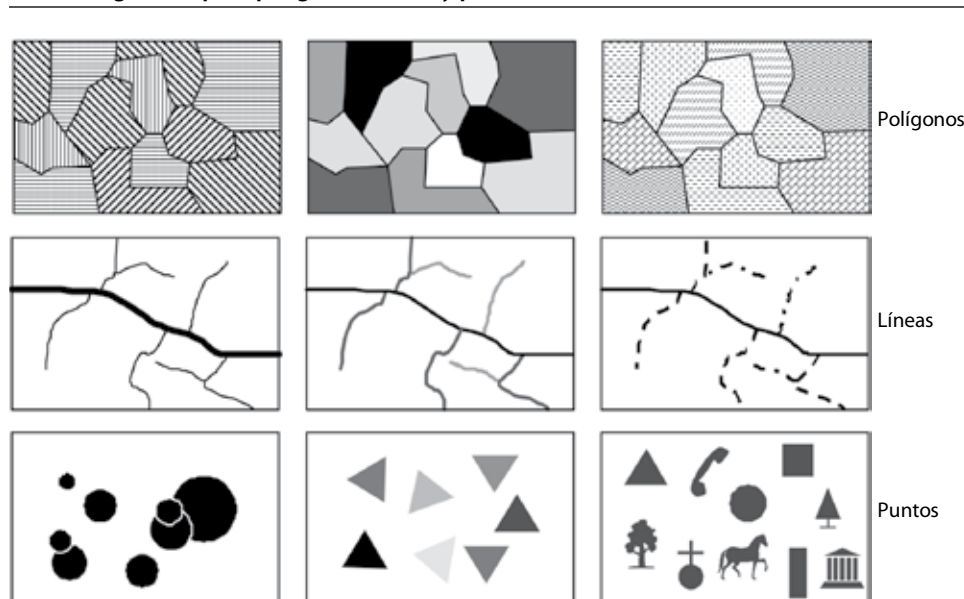
3. Tipos de mapas temáticos

a) Incorporación de características discretas en los mapas

A5.23. Los datos censales compilados para su divulgación pública consisten en números agregados correspondientes a una unidad informante, como un distrito o una zona de empadronamiento. La mejor solución para representar cartográficamente estos datos es un mapa coroplético, término que proviene de las palabras griegas *choros* (lugar) y *pleth* (valor). Los mapas coropléticos muestran los datos de unidades informantes discretas que con frecuencia se establecen independientemente de la distribución espacial real de los datos (por ejemplo, límites administrativos). El símbolo —es decir, el color o la trama— que se usa para sombrear cada unidad se determina

Gráfico A5.7

Variables gráficas para polígonos, líneas y puntos



en función del valor. Los mapas coropléticos son diferentes de los conocidos como “mapas de clases de zonas”, en que las unidades informantes se determinan en función de los datos. Por ejemplo, en un mapa que muestra una cubierta forestal, las unidades informantes se determinarían por los límites entre las zonas arboladas y no arboladas.

A5.24. En el gráfico A5.3 se ofreció un ejemplo de mapa coroplético. Estos mapas se elaboran dividiendo primero toda la serie de valores de datos de las unidades informantes en varias categorías. Luego, se asigna a cada una de éstas un color, o un sombreado con una trama. Como los datos de empadronamiento ya tienen un orden natural, generalmente la elección de colores o tonos tiene cierta lógica, por ejemplo, desde tonos de color más oscuro hasta más claro, o desde un dibujo con trama abierta hasta otro más denso. El objetivo es que el usuario pueda percibir intuitivamente la magnitud del valor en cada unidad informante. Hay muchas formas distintas de determinar los símbolos que se utilizan para los mapas coropléticos. La elección depende del tipo de variable, del intervalo de valores de los datos y también del medio que se use para presentar el mapa. La elección de símbolos es muy importante y por ello se examina en detalle en la siguiente sección.

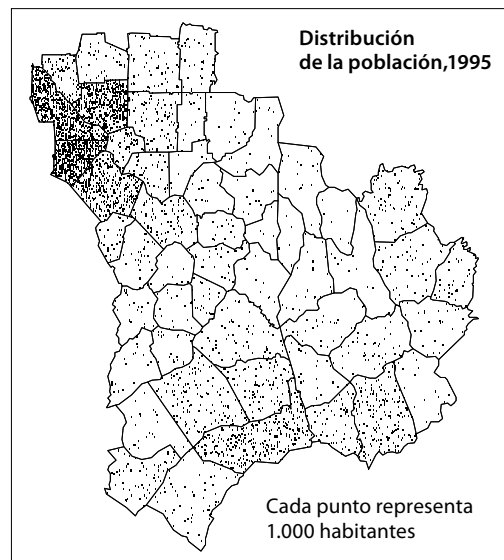
A5.25. Los mapas coropléticos sirven para mostrar la distribución general de los valores de los datos en un mapa y para comparar las distribuciones entre diferentes mapas. Por lo general, no es posible obtener el valor exacto correspondiente a cada unidad informante, ya que los colores o los sombreados solamente representan gamas de valores similares. Para presentar u obtener la información exacta, son mejores los cuadros de datos o la consulta interactiva a un SIG.

A5.26. Los valores que se usan para producir mapas coropléticos son casi siempre cocientes, proporciones o densidades, ya sea geográficos, donde el valor de un dato —como la población— se divide por la superficie para calcular la densidad de población, o bien cocientes generales, donde el denominador es un valor distinto de la superficie, por ejemplo, la tasa bruta de natalidad expresada como número de nacimientos por cada 1.000 habitantes. En la mayoría de los casos, cuando se preparan mapas de variables socioeconómicas, el tamaño de las unidades informantes no es constante. Por ejemplo, el tamaño y la población de los distritos o de las provincias suelen variar drásticamente. Si se elaborara un mapa de una variable de recuento, como la población total, y no un cociente, es más probable que los distritos más grandes lleven los colores más oscuros, aun cuando su población sea pequeña en relación con su superficie. Por lo tanto, los mapas coropléticos no son adecuados para expresar valores absolutos.

A5.27. Un método opcional para presentar datos de recuento son los mapas de puntos, que se usaron por primera vez en Francia en 1830 para trazar el mapa de la distribución de la población de ese país. En estos mapas, se usa un punto como símbolo que representa una o más unidades de la variable que se traza. Por ejemplo, cada punto podría representar 1.000 habitantes u hogares. La magnitud de la variable se representa por la variación en la densidad de los puntos en la unidad informante. En el gráfico A5.8 se presenta un mapa de puntos típico que muestra la distribución de la población.

A5.28. Pueden usarse dos métodos para ubicar los puntos. El cartógrafo puede seleccionar la ubicación de los puntos de acuerdo con lo que sabe acerca de la distribución real de la población dentro de cada distrito. Por ejemplo, habría más puntos en las zonas urbanas y a su alrededor que en las regiones rurales menos habitadas. En algunas aplicaciones se utilizaron mapas del uso o de la cubierta de las tierras para facilitar la determinación de densidades de puntos dentro de cada unidad informante. Además, se podrían utilizar máscaras virtuales para evitar ubicar puntos en zonas que

Gráfico A5.8

Mapa de puntos de la densidad

se sabe están deshabitadas, como masas de agua, bosques muy densos o reservas naturales protegidas.

A5.29. La otra opción es ubicar los puntos al azar dentro de cada distrito. En este caso, la densidad de los puntos refleja la densidad general en el distrito. Los programas cartográficos o de SIG para computadoras de escritorio, dotados de funciones para confeccionar mapas de densidad de puntos, utilizan habitualmente este método. El usuario sólo controla el tamaño de cada punto y el símbolo que se usa para los puntos, el cual podría elegirse de modo de reflejar la variable en cuestión, aunque generalmente basta un punto simple para lograr una presentación clara.

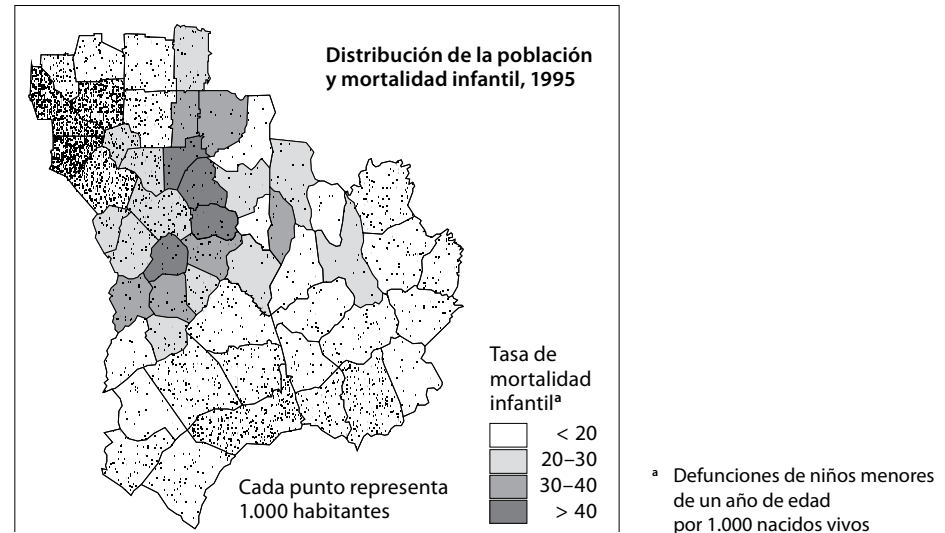
A5.30. Algunos programas informáticos especializados posibilitan ubicar los puntos con ayuda de otras capas de datos. Sin duda, la ubicación manual de los puntos, una tarea que requiere conocimiento por parte del cartógrafo sobre la distribución de la variable, es muy tediosa.

A5.31. Los mapas de puntos son una manera eficaz de representar la información sobre densidad, siempre que la ubicación de los puntos refleje la distribución geográfica real de la variable en cuestión, o si la distribución dentro de cada unidad informante es mayormente homogénea. Una gran ventaja del método es que estos mapas pueden reproducirse con mucha claridad cuando se fotocopian o se imprimen, ya que son esencialmente monocromáticos (blanco y negro). También pueden usarse combinados con mapas coropléticos para mostrar dos variables al mismo tiempo; por ejemplo, en el mapa del gráfico A5.9 se muestra que no hay relación entre las densidades de población altas y las tasas de mortalidad infantil elevadas. En este caso, la densidad de los puntos no debería ser muy grande, de modo de poder percibir fácilmente los colores o sombreados subyacentes.

b) Datos de puntos nominales

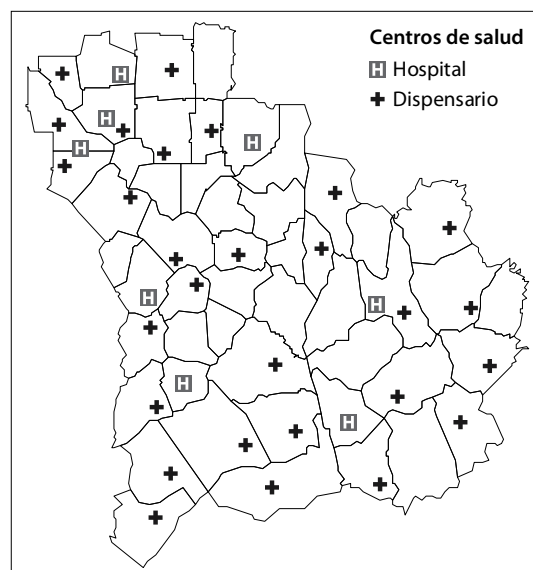
A5.32. El ejemplo más sencillo de un mapa de puntos es cuando cada punto representa un elemento discreto, como una explotación agrícola o un hospital. Estos datos en forma de puntos nominales representan categorías de características y no

Gráfico A5.9

Combinación de mapas de puntos de densidad y mapas coropléticos

atributos relativos a un recuento o un tamaño. En los mapas de puntos simples, la localización del punto representa correctamente la ubicación del elemento. El tamaño, color o símbolo que se use podría reflejar distintos tipos de características, por ejemplo centros de servicios de salud en contraposición con hospitales, como en el gráfico A.5.10. Para representar los diferentes tipos de características puntuales, se podrían usar figuras geométricas sencillas, como círculos, cuadrados y triángulos. Otra opción, que posibilitan los programas de cartografía para computadoras de escritorio, o los programas de SIG, es especificar un símbolo que se corresponda con el tipo de característica que se representa. Por ejemplo, en el mapa del gráfico A.5.10 se muestra la distribución de dos tipos de centros de salud con símbolos fáciles de interpretar. Se utilizan símbolos que son normalmente caracteres de texto o mapas de bits. La mayo-

Gráfico A5.10

Representación cartográfica de objetos puntuales discretos

ría de los programas tienen sus propios conjuntos de caracteres, que proporcionan una gran cantidad de símbolos cartográficos ordenados por temas, como transporte, servicios públicos o instalaciones. Algunos sistemas también posibilitan la importación de símbolos de mapas de bits diseñados por el usuario. No obstante, la práctica recomendable es utilizar, siempre que sea posible, conjuntos estándares de símbolos a fin de reducir el nivel de especialización necesario para la reproducción.

c) Símbolos puntuales proporcionales

A5.33. Los símbolos en forma de puntos también pueden usarse para representar una cantidad en una ubicación determinada. Un mapa censal que es muy popular, por ejemplo, muestra la ubicación y el tamaño de las ciudades más importantes por medio de círculos o cuadrados en escala acorde con el valor numérico correspondiente a cada característica. Estos mapas se denominan mapas de símbolos proporcionales o graduados y sirven para mostrar el valor absoluto de una variable, aunque no son tan apropiados para mostrar un valor relativo, como densidad o proporción.

A5.34. Hay dos tipos de mapas de símbolos graduados. En el primer caso los datos se refieren a una característica puntual, como una ciudad o una vivienda, y la ubicación del símbolo corresponde a la ubicación de la característica (gráfico A5.11A). En el segundo caso, los símbolos se usan para representar valores de características de superficie, como los distritos. En este caso, debe elegirse una ubicación representativa dentro de cada unidad informante (gráfico A5.11B). Cabe destacar que la mayoría de los sistemas dibujan un halo alrededor de cada círculo, de modo tal que los círculos pueden distinguirse aun estando muy cerca unos de otros. El sistema traza primeramente los círculos más grandes para evitar tapar a los más pequeños.

A5.35. Como ya se señaló, un programa informático cartográfico posibilitará seleccionar un símbolo que refleje el tema del mapa. Estos símbolos figurativos pueden dotar al mapa de un aspecto más interesante. Pero si los símbolos son muy complejos, se corre el riesgo de que la atención no se concentre en la información más importante que se quiere comunicar: la magnitud relativa de la variable en diferentes regiones. En el gráfico A5.12 pueden compararse dos versiones de un mapa que muestra la cantidad de conexiones telefónicas. Aunque el símbolo del teléfono es reconocible, es más difícil juzgar el tamaño de la variable en el mapa de la izquierda que en el otro, que utiliza bolitos. El cartógrafo tiene que encontrar el equilibrio entre mostrar información clara y fácil de comprender y además hacer un mapa atractivo. En la mayoría de los casos, se obtienen mejores resultados con símbolos sencillos, que no distraen la atención del lector respecto de la magnitud relativa de la variable que se está estudiando.

Gráfico A5.11

Representación cartográfica de características puntuales en extensión

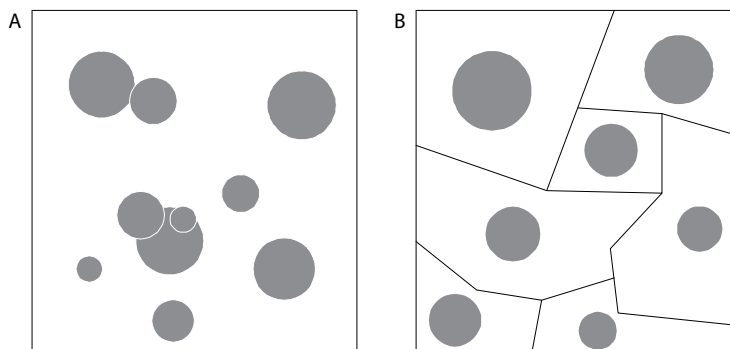
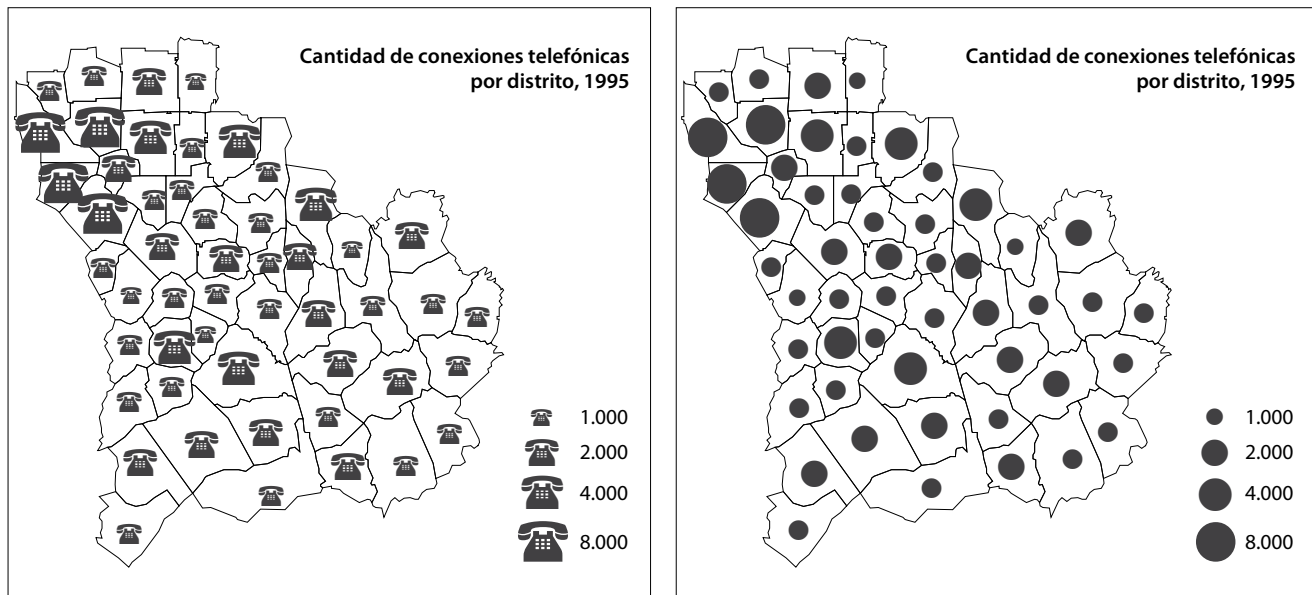


Gráfico A5.12

Pictogramas, en comparación con símbolos gráficos sencillos

A5.36. También se pueden usar símbolos proporcionales para presentar dos variables al mismo tiempo. Por ejemplo, el tamaño de los círculos podría representar la cantidad de hogares de una unidad informante, mientras que el color o el matiz de gris de cada círculo podría indicar el porcentaje de hogares que tienen conexión telefónica. También en este caso, el cartógrafo debe evitar recargar el mapa con información. Si hay muchas unidades informantes, o si éstas son muy pequeñas, puede ser preferible mostrar las dos variables en mapas distintos.

A5.37. Además de los círculos, se usan otros símbolos geométricos, como los cuadrados y los triángulos. Variando la orientación de los triángulos, se pueden reflejar variables divergentes, como la inmigración y la emigración en cada unidad informante (véase el gráfico A5.13). Los diferentes matices de gris o de colores facilitan más la interpretación del mapa.

A5.38. Hay mapas similares a los de símbolos graduados, donde las diferencias en el valor se representan por las veces que se dibuja un símbolo estandarizado en cada unidad geográfica. Por ejemplo, la población total se puede representar como en el gráfico A5.14. Este tipo de mapa solía tener mucha aceptación en la cartografía temática, pero como sucede con los símbolos figurativos, es fácil que terminen abarrotados y se vuelvan difíciles de interpretar. La magnitud de valores diferentes se representa mejor con símbolos proporcionales.

d) Mapa con diagrama o gráfico de sectores

A5.39. Están teniendo mucha aceptación los mapas que muestran la información estadística correspondiente a cada observación geográfica en un gráfico o diagrama, dado que vienen incorporados en los programas informáticos comerciales de cartografía para computadoras de escritorio, y también en programas de SIG. Como sucede con varios de los tipos de mapas que se consideraron antes, es muy fácil que queden sobrecargados de información. Lamentablemente, se han publicados muchos de estos mapas en los cuales es muy complicado, si no imposible, extraer información útil.

Gráfico A5.13

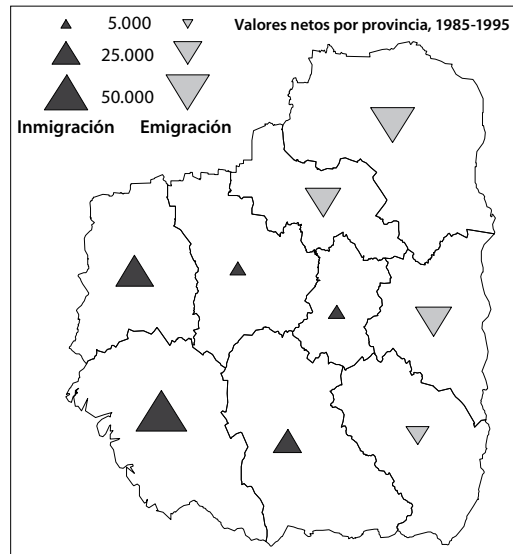
Presentación de la magnitud y dirección de las corrientes con símbolos gráficos sencillos

Gráfico A5.14

Representación de los valores de los datos por medio de la variación de la cantidad de símbolos correspondientes a cada característica

A5.40. Los tipos más habituales de mapas con diagramas utilizan gráficos circulares de sectores, o gráficos de barras, o de columnas. Por lo general, se usa una cierta escala a fin de que el tamaño de cada gráfico de sectores, por ejemplo, refleje la magnitud del denominador. Por ejemplo, en el gráfico A5.15 se muestra la distribución geográfica de la proporción de los grupos confesionales más importantes. Los gráficos de sectores tienen una escala acorde con la población total, y hay que mostrar en la leyenda dos tipos de información: el color, que denota cada grupo confesional, y las cantidades totales de población en cada grupo, que se expresan en el respectivo sector del gráfico.

Gráfico A5.15

Mapa con gráficos de sectores circulares

A5.41. Los mapas con gráficos son mejores si hay relativamente pocas observaciones geográficas y se representan muy pocos grupos. Por ejemplo, un mapa con gráficos de sectores circulares que tenga solamente dos categorías puede ser muy eficaz si se combina con un sencillo mapa coroplético, para mostrar varias variables simultáneamente (véase el gráfico A5.16): la distribución espacial de los diferentes niveles de acceso a la electricidad, la población total en cada provincia, y la proporción de población rural en comparación con la urbana. En este mapa se muestra que las provincias con una elevada proporción de población urbana también tienen un porcentaje más alto de acceso a la electricidad. Un mapa bien diseñado, que no esté recargado

Gráfico A5.16

Combinación de un mapa coroplético y de un mapa con gráficos de sectores circulares

de símbolos, colores o matices, puede facilitar el análisis de variables múltiples. Pero los mapas con gráficos de sectores circulares o similares pueden volverse difíciles de interpretar, por lo que debe limitarse su uso a los casos en que el mensaje cartográfico no pueda quedar obstruido por un exceso de símbolos y categorías.

A5.42. También se pueden usar estos mapas para mostrar tendencias a lo largo del tiempo. En el mapa del gráfico A5.17, por ejemplo, se muestra la variación media anual de la población de cada provincia entre los tres últimos censos. Los gráficos de barras son muy sencillos, sin borde ni base, ya que en este caso es evidente qué barras representan un aumento o un descenso en la población. También en este caso lo que se quiere mostrar son los cambios relativos a lo largo del tiempo, no los valores exactos, que pueden verse mejor en un cuadro.

A5.43. Un tipo de cuadro muy pertinente a los datos censales es, sin duda, la pirámide de población, la cual se puede combinar con un mapa básico de las unidades informantes para mostrar la forma en que la distribución varía en el territorio nacional por edad y sexo y por región (véase el gráfico A5.18). Las pirámides de población son gráficos muy complejos, lo que entraña que sólo pueden representarse con razonable exactitud si la cantidad de regiones en el mapa es relativamente pequeña. Por lo general, esto significa que en un atlas censal se presentarán solamente en el primer nivel subnacional. Un problema práctico que surge es que los programas informáticos de SIG y de cartografía para computadoras de escritorio que se ofrecen comercialmente no producen pirámides en forma automática. En consecuencia, éstas deben crearse externamente, por ejemplo, en un programa de planillas de cálculo, y agregarse a un mapa básico en un programa de gráficos o en el módulo de distribución de un programa de cartografía para computadoras de escritorio.

A5.44. Tiene sentido mostrar las pirámides de población de diferentes regiones si hay alguna variación en su forma. Si la distribución por edad y sexo es relativamente constante en todo el país, los mapas resultantes no serán demasiado informativos. A partir del gráfico A5.18, se puede inferir que la fecundidad en las provincias del sudeste ha descendido en los 15 últimos años, mientras que no ha habido disminución

Gráfico A5.17

Mapa que muestra variaciones a lo largo del tiempo, usando histogramas

Gráfico A5.18

Combinación de mapas y pirámides de población

en las provincias del norte. Además, puede verse que las provincias del noreste muestran una distribución asimétrica de la proporción entre hombres y mujeres. Parece haber más mujeres que hombres en los grupos de edad correspondientes a la población económicamente activa. En el sudoeste, la situación parece ser la opuesta.

A5.45. Las variaciones de la proporción entre hombres y mujeres pueden destacarse con un tipo diferente de gráfico de barras, como se muestra en el gráfico A5.19. Estos gráficos muestran la abundancia o el reducido número de hombres o mujeres en cada provincia. La tendencia que se observó en el mapa con pirámides de población se percibe mucho más claramente en este caso. Aun así, el mapa es bastante complicado

Gráfico A5.19

Presentación en un mapa de las proporciones entre hombres y mujeres

y no tiene un aspecto muy atractivo. Al final del presente anexo se examina otra forma de mostrar la proporción entre hombres y mujeres.

e) Mapas de corrientes

A5.46. La migración es una variable demográfica que representa el movimiento de personas de una parte del país a otra (migración interna) o entre el país y el resto del mundo (migración internacional) y que puede indicarse en los mapas de varias formas. Las tasas de migración se muestran en mapas coropléticos de inmigración, emigración o tasas de migración neta. El volumen de inmigración o emigración puede mostrarse con mapas de símbolos graduados (véase el gráfico A5.13). Otra opción es usar mapas de corrientes —también denominados mapas de líneas de flujos— si se dispone de información completa sobre la migración. Estos mapas muestran varios aspectos de la migración: la ruta de la corriente migratoria y la dirección (desde-hacia) con flechas, y la magnitud de las corrientes con líneas de diferentes grosores.

A5.47. Los mapas de migración pueden llegar a ser muy complejos con suma rapidez. Aun en nuestro mapa de provincias, con sólo nueve unidades informantes, hay 72 corrientes posibles, sin contar la migración internacional ni la migración dentro de cada provincia. Por eso muy pocas veces se preparan mapas de corrientes que indiquen todas las posibles rutas de migración dentro de una región o un país. Hay varias opciones distintas. Una opción es hacer caso omiso de las corrientes migratorias más pequeñas y presentar solamente las más grandes e importantes. Otra posibilidad es producir mapas separados de cada provincia, que muestren sólo la inmigración o la emigración hacia o desde esa provincia (véase el gráfico A5.20). En el caso de nuestro ejemplo esto significaría una serie de nueve pares de mapas. Incluso estos mapas más sencillos pueden resultar bastante recargados. Muchas veces, cuando las regiones de origen y de destino están muy separadas, el cartógrafo debe dibujar largas flechas sinuosas que dan un rodeo por el mapa.

A5.48. En los mapas de corrientes que tienen flechas, la longitud y el grosor de la flecha sirven de guía para la impresión visual. Una flecha más larga o más angosta puede destacarse más que una flecha más corta y más gruesa, debido a su superficie más grande. Aunque en algunos casos el cartógrafo puede aprovechar esto para poner de relieve una corriente migratoria interesante desde una región remota, por lo general será difícil para el lector evaluar la magnitud relativa de las corrientes que representan las flechas de distinta longitud. Si interesa en especial el nivel absoluto de migración desde cada región de origen, hay otras presentaciones más apropiadas. Por ejemplo, en lugar de flechas, se pueden usar símbolos graduados para mostrar la magnitud de las corrientes migratorias por origen o destino (véase el gráfico A5.20).

A5.49. Como se muestra en el gráfico A5.21, cada mapa puede mostrar la migración hacia y desde cada provincia usando tipos especiales de símbolos graduados. Aquí, los semicírculos de diferentes colores o de diferentes matices de gris se utilizan para distinguir entre la inmigración y la emigración.

f) Elaboración de mapas de fenómenos continuos

A5.50. Los tipos de mapas que se presentaron en las secciones precedentes son aptos para representar datos relativos a características geográficas discretas, como las ubicaciones puntuales o las zonas. Pero algunos fenómenos geográficos son continuos. La temperatura o la altitud, por ejemplo, varían gradualmente a lo largo del espacio. También la distribución de la población se puede considerar como una variable que se modifica más o menos continuamente. Las unidades informantes son bastante arbitrarias y los valores agregados que se tabulan para estas unidades ocultan la variación

Gráfico A5.20

Formas alternativas de representar corrientes entre regiones

Gráfico A5.21

Representación de la inmigración y la emigración

espacial dentro de ellas. Por ello, los atlas de población y, cada vez con más frecuencia, los conjuntos de datos de SIG muchas veces muestran la densidad y la distribución de la población con variación continua.

A5.51. No es fácil representar una verdadera continuidad en un mapa en papel o en una base de datos informática. Aun cuando se pudiera derivar teóricamente un valor diferente para cada punto exacto en el país, sería necesario clasificar los datos de alguna manera para poder representarlos en un mapa. En el gráfico A5.22 se muestran varias formas de lograrlo.

Gráfico A5.22

Métodos cartográficos alternativos para mostrar datos continuos

A5.52. La forma más habitual de representar datos continuos es por medio de isolíneas o cuadrículas regulares. Las isolíneas —la palabra griega *iso* significa igual— son líneas de valor constante, que pueden ser también curvas de nivel (véase el gráfico A5.22A). Se usan en los mapas topográficos que indican elevación. Los mapas de curvas de nivel también pueden sombreadarse, lo que hace que parezcan más bien mapas coropléticos (véase el gráfico A5.22B). Los colores representan los valores de la gama de datos en el intervalo entre sucesivas líneas de nivel. También se pueden usar mapas de puntos para una visualización más continua de la distribución de la población u otra variable similar. Como se indicó antes, la mayoría de los programas de SIG producen mapas de datos dibujando puntos al azar dentro de cada unidad informante. En este caso, no se obtiene más información que la que brinda un mapa coroplético. Pero si, por ejemplo, los puntos se ubican según la información adicional sobre la cubierta de los suelos o la ubicación de los poblados, se puede obtener una imagen más continua de la distribución de la variable (véase el gráfico A5.22C).

A5.53. A los efectos de la modelización y el análisis en un SIG, los datos continuos normalmente se almacenan en forma de una cuadrícula común (véase el gráfico A5.22D). El tamaño de cada casilla se elige de modo de conservar la variabilidad del conjunto de datos, aunque una cuadrícula muy fina producirá archivos muy grandes. Por último, los programas de cartografía para computadoras de escritorio, así como los programas de gráficos en general, proporcionan varias maneras de mostrar como una superficie conjuntos de datos que varían continuamente. En el gráfico A5.22E pueden verse dos ejemplos: un modelo tridimensional y un gráfico de barras bidimensional. Estas técnicas son muy útiles para mostrar información sobre el terreno con arreglo a un modelo digital de la altitud. A veces, estos mapas también pueden mostrar muy bien la distribución de la población. En estos mapas, las elevaciones y las cimas representan conglomerados de densidad de población muy alta, mientras

que las depresiones indican zonas escasamente pobladas. Pero en el caso de los datos demográficos o de cualquier información socioeconómica similar, es difícil evaluar la verdadera distribución espacial en las superficies. Si bien es posible interpretar las alturas intuitivamente, es mucho más complicado asociarlas rápidamente con otras variables y sus valores respectivos. Por ello, en general son más adecuadas las técnicas cartográficas estándares. Con fines de comparación, en el gráfico A5.22F se muestra un mapa coroplético donde las unidades informantes no están determinadas por la distribución de los datos.

C. Clasificación de datos

A5.54. En las secciones anteriores se examinaron las herramientas de que dispone el cartógrafo para presentar información temática en los mapas. El diseñador de mapas debe elegir las variables gráficas y el tipo de mapa temático más apropiado para la variable que se desea representar. En algunos casos, habrá correspondencia unívoca entre los tipos de símbolos y los valores de las variables, como ocurre cuando se representan unas pocas categorías nominales con puntos de tamaño semejante pero diferente forma. Sin embargo, incluso con datos categorizados, con frecuencia hay que representar con el mismo símbolo gráfico varias características que tienen valores similares. Por ejemplo, los hogares constituidos por una única familia y los hogares constituidos por más de una familia podrían representarse con el mismo punto. Los datos numéricos casi siempre deben categorizarse antes de asignarles los colores o tamaños de un símbolo.

A5.55. El procedimiento por el cual se seleccionan y agrupan las observaciones con valores similares para representarlas con el mismo símbolo gráfico se denomina clasificación. Es similar a los métodos de clasificación utilizados en la estadística, que agrupan valores en categorías de modo que se minimiza la varianza de las observaciones en la misma categoría y se maximiza la diferencia entre distintas categorías. Los programas informáticos de cartografía para computadoras de escritorio utilizan métodos para asignar, de manera prefijada o por defecto, símbolos a los valores o a los intervalos de valores. Los símbolos así asignados pueden o no ser adecuados para las variables que se representan en un mapa; la mayoría de las veces no lo son. Las herramientas de clasificación automatizada producen, por lo general, diseños de mapas inadecuados y hasta engañosos. En los siguientes párrafos se examinan métodos de clasificación opcionales en más detalle.

A5.56. Las clases de datos numéricos son generalmente intervalos contiguos de valores. La cantidad de clases se determina por varios factores: distribución de los datos (es decir, la variación de los valores en el conjunto de datos), exactitud deseada para representarlos, y por último, aunque no en orden de importancia, capacidad del dispositivo de salida para poner de manifiesto pequeñas diferencias entre colores y texturas. Un mapa temático no es de mejor calidad cuando tiene más clases, ya que cuantas más haya, más difícil es distinguirlas. Es más importante determinar las gamas de clases de modo que se refleje fielmente la variación en el conjunto de datos.

A5.57. La elección de la técnica de clasificación más adecuada dependerá de la distribución de los datos de la variable. Un método que dé como resultado un mapa preciso y atractivo de un conjunto de datos uniformemente distribuidos (por ejemplo, cuando hay aproximadamente la misma cantidad de valores altos, medios y bajos) puede no servir mucho si la distribución es muy asimétrica, por ejemplo, una distribución con muchos valores bajos y muy pocos valores muy altos.

A5.58. Por lo tanto, para preparar mapas con calidad apta para su publicación, los datos deben evaluarse siempre mediante gráficos estadísticos. Lamentablemente, los programas informáticos de cartografía para computadoras de escritorio y de SIG tienen muy poca capacidad en lo que a gráficos respecta, aunque sí facultan para exportar datos a programas de planillas de cálculo o de estadística, que tienen muchas funciones para preparar gráficos.

A5.59. El gráfico más útil para determinar las gamas de clases es el diagrama jerárquico. Los datos en forma de puntos se clasifican según sus valores de menor a mayor. Luego se los ubica uno al lado del otro; el eje x muestra el orden de cada observación y el eje y , el de los valores de los datos. Los espacios vacíos verticales o los cortes naturales entre puntos contiguos sirven bien como límites de la clase, aunque muchas veces puede haber más o menos espacios vacíos que la cantidad de clases buscada.

A5.60. En las páginas que siguen se presentan ejemplos de métodos habituales de clasificación para tres variables con diferentes distribuciones estadísticas de datos. La variable densidad de población tiene una distribución asimétrica. Hay muchos valores pequeños en la gama de 21 a 110 habitantes por kilómetro cuadrado, y sólo unos pocos valores muy altos. El más alto (791) es casi dos veces y media mayor que el que le sigue en orden decreciente (320), lo que es frecuente para esta variable. Por ejemplo, el distrito con muy alta densidad puede contener la capital de una provincia que, en general, es rural. La segunda variable es la tasa de alfabetización por distrito. Los valores aquí tienen una distribución uniforme, por eso por la línea casi recta que forman las observaciones en el diagrama jerárquico. No hay valores extremos.

A5.61. En el tercer ejemplo, la variable es la tasa de fecundidad total (TFT). El diagrama jerárquico muestra un aumento bastante pronunciado en los valores de las observaciones más bajas, una sección intermedia grande, con un aumento no tan extremo, y nuevamente, un aumento más rápido de los valores en las observaciones muy altas hacia la derecha. Esto indica una distribución denominada normal, que se caracteriza por una menor cantidad de valores extremadamente bajos o altos, y muchas observaciones en las gamas intermedias. Por supuesto, estos ejemplos son solamente ilustrativos. En otras zonas geográficas, las mismas variables pueden tener una distribución muy distinta.

A5.62. Los ejemplos dejarán en claro que la apariencia de un mapa depende en gran medida de la elección del método de clasificación, el cual puede o no ser apropiado para ese tipo particular de distribución de los datos. Esto confirma que los métodos de clasificación automatizados que vienen con los programas de SIG deben usarse con cierta cautela.

1. Clasificación de los datos en serie

A5.63. Uno de los métodos más sencillos de clasificación consiste en dividir toda la gama de valores de los datos en *intervalos iguales* (véase el gráfico A5.23 en la página siguiente). Primero, el cartógrafo determina cuántas clases se utilizarán. La gama (el valor más alto menos el más bajo) se divide luego entre las clases, para hallar el incremento, también llamado diferencia común. La primera clase va desde el valor más bajo hasta un valor resultante de sumarle el incremento. Las clases siguientes se determinan sumando el incremento al valor precedente. Si los números que aparecen en la leyenda no son muy precisos, será necesario redondearlos.

A5.64. Para la variable densidad de población, el valor más bajo es 21 y el más alto, 791. La gama es entonces de 770. Como se quiere usar cinco categorías, la diferencia común es de $770/5$, o sea, 154. La primera clase abarca en consecuencia desde 21 hasta 175, la siguiente desde 176 a 329, y así sucesivamente.

Gráfico A5.23

Intervalos iguales

Gráfico A5.24

Mapas en cuartiles (igual frecuencia)

A5.65. En el mapa de densidad de población se aprecia por qué esa solución podría ocasionar problemas. La gama de valores puede verse afectada por un valor muy alto, pues la diferencia común sería tan grande que la primera clase incluiría todas las observaciones, excepto dos. Indudablemente, el mapa resultante no será muy informativo.

A5.66. El mismo método funciona mucho mejor en el caso de la tasa de alfabetización, la cual tiene una distribución más uniforme. El conjunto de datos se divide en aproximadamente la misma cantidad de observaciones para cada clase y el mapa proporciona una buena idea de la tasa de alfabetización en todos los distritos.

A5.67. Por último, en el mapa de la tasa de fecundidad total (TFT) hay problemas similares al de densidad de población, aunque mucho menos graves. Hay una sola observación en la clase más baja y en el mapa parecen predominar los valores de las clases intermedias. Pero, por coincidencia, los cortes entre la segunda y la tercera categoría y entre la cuarta y la quinta logran captar bastante bien lo que ocurre en la distribución de los datos.

A5.68. Además de los intervalos iguales, hay otras opciones para clasificar los datos en serie. Una es usar una progresión geométrica constante como 0-2, 2-4, 4-8, 8-16, y así sucesivamente, que puede funcionar bien en el caso de distribuciones asimétricas de los datos, como la variable densidad de población.

2. Clasificación estadística

A5.69. Un método de clasificación consiste en tener aproximadamente la misma cantidad de observaciones geográficas en cada categoría. El método se pone en práctica usando el concepto estadístico de cuartiles, según el cual se divide el conjunto de datos en clases, cada una con la misma cantidad de observaciones. Si hay cuatro clases, se denominan cuartiles; si hay cinco, quintiles, y así sucesivamente.

A5.70. Para determinar los cuartiles, se divide la cantidad de observaciones por la cantidad de categorías deseadas y, si es necesario, se redondea al número entero más cercano. En el diagrama jerárquico, las primeras n observaciones se asignan a la primera categoría, las siguientes n observaciones a la segunda, etcétera. Los números impares se asignan a la primera o a la última categoría.

A5.71. Muchos programas de cartografía hacen uso del método de los cuartiles y por ello el método ha ido ganando gran aceptación para producir mapas.

A5.72. Los tres mapas en el ejemplo tienen muy buen aspecto. Hay, por definición, una buena distribución de las observaciones en las clases, de modo que en todos esos mapas se utiliza la gama completa de grises.

A5.73. Si se observa la distribución de los datos, se verá que la clasificación para la variable tasa de alfabetización parece bastante adecuada. De hecho, el mapa es bastante parecido al que se basa en intervalos iguales.

A5.74. Sin embargo, en los mapas de densidad de población y de tasa de fecundidad total puede observarse que aplicando dicho método se agrupan valores similares en categorías distintas. Para la TFT, por ejemplo, las dos observaciones con los mayores valores en la gama de datos más baja (2,4-4,2) son mucho más parecidas a las observaciones de la segunda categoría que a las de la primera. Lo que es peor, hay tres observaciones con un valor de 5,3, una de ellas se asignó a la cuarta clase pero las otras dos a la quinta (algunos programas de cartografía para computadoras de escritorio utilizan un criterio más amplio y no observan muy estrictamente el criterio de igual cantidad de observaciones, para evitar que ocurra eso).

A5.75. Los mapas en cuartiles, pues, deben usarse con cuidado. Es común asignar valores similares a categorías distintas y se agrupan valores diferentes en la misma clase. Aunque visualmente estos mapas sean atractivos, pueden ser muy engañosos.

A5.76. Otra técnica de clasificación estadística se basa en mediciones sinópticas de la distribución de los datos. Es posible determinar lo que abarcarán las clases usando la desviación estándar de la distribución de la variable. Ésta se calcula como la raíz cuadrada de la varianza, que a su vez se calcula como el promedio de los cuadrados de las diferencias entre los valores de los datos y el promedio general de esos valores. Por ejemplo, para la variable tasa de alfabetización, la desviación estándar es 8,9.

A5.77. Las categorías de los mapas basadas en las desviaciones estándar muestran, por lo tanto, cómo se puede comparar cada una de las observaciones —por ejemplo para distritos— con el valor medio correspondiente a toda la provincia o país.

A5.78. Las categorías se determinan restando o sumando la desviación estándar a la media (55 para la tasa de alfabetización). Las gamas que abarcan las clases son, por lo tanto, constantes, al igual que con el método de intervalos iguales.

A5.79. Para la tasa de alfabetización, la primera gama de datos (40,1-46,2) corresponde a los valores mayores que uno pero menores o iguales que dos desviaciones estándares por debajo de la media. Como la distribución de los datos es bastante compacta, todos los valores caen dentro de +/- dos desviaciones estándares y solamente se necesitan cuatro categorías. Como puede verse en el gráfico A5.25B, el método divide los valores de la tasa de alfabetización en, aproximadamente, números pares de observaciones para cada clase, lo que produce un mapa con un buen contraste visual.

A5.80. Pero para la variable densidad de población, este método no es tan apropiado; puesto que hay muchos valores pequeños, la densidad media de población es bastante baja (84,5) y la desviación estándar es bastante alta (124,8). Por consiguiente, la primera categoría —correspondiente a los valores que se encuentran dentro de una desviación estándar de la media— debería variar en realidad desde -39,5 hasta 85,4. Por otra parte, el valor más elevado (791) es mayor que cinco desviaciones estándares de la media. En consecuencia, se necesitarían muchas más clases, de las cuales la mayoría no contendría ninguna observación. En cambio, la clase más grande para el mapa que se presenta aquí incluye todos los valores mayores que una desviación estándar de la media. Sin duda, las desviaciones estándares no son una buena opción cuando se trata de representar esta variable.

A5.81. Las desviaciones estándares funcionan un poco mejor en el caso de la TFT, con una media de 4,6 y una desviación estándar de 0,8. Sin embargo, solamente el valor bien bajo de 2,4 cae dentro de la categoría más baja, que se encuentra a más de dos desviaciones estándares de la media.

A5.82. El método de clasificación que utiliza la desviación estándar es intuitivamente atractivo porque mantiene una relación estrecha con las técnicas estadísticas de descripción. Funciona bien si los datos tienen una distribución normal, con una varianza relativamente baja, de modo que haya como máximo seis categorías que contengan todos los valores.

A5.83. Las desviaciones estándares pueden usarse para representar diferentes tipos de tendencias en un conjunto de datos (véanse el gráfico A5.26, y Dent, 1999). En los ejemplos del gráfico A5.25 se usa una escala de grises que va de oscuro a claro. Los mapas destacan la progresión desde valores bajos hasta altos de densidad de población, tasa de alfabetización y tasa de fecundidad total, que corresponden a una categorización, como se muestra en el gráfico A5.26A. Vale decir, ésta es la aplicación menos común de la clasificación por medio de las desviaciones estándares.

Gráfico A5.25

Desviación estándar

A5.84. El método se usa con mayor frecuencia para indicar tendencias divergentes. Por ejemplo, para mostrar los niveles de ingreso, tal vez se han de destacar los distritos más pobres y los más ricos. En ese caso se asignarían colores fuertes o una textura espesa a los distritos con valores de más de una y dos desviaciones estándares respecto de la media, y tonos relativamente apagados a los que están en el centro de la distribución de los datos (gráfico A5.26B).

A5.85. Si sólo interesa la distancia respecto de la media —sin importar si los valores están por encima o por debajo de ella— entonces se pueden usar los mismos colores de ambos lados. Si además interesa saber si los valores están por encima o por debajo de la media, entonces deben usarse diferentes colores o texturas a un lado y otro. Por ejemplo, en un mapa impreso en colores, las clases por debajo de la media podrían tener matices de rojo de claro a oscuro, y las clases por encima de la media podrían mostrarse con tonos azules.

A5.86. En otros casos, tal vez se quiera hacer resaltar las gamas centrales (véase el gráfico A5.26C). Por ejemplo, MacEachren (1994) examina un mapa de Irlanda del Norte (Reino Unido) publicado en Fothergill y Vincent (1985), donde se muestran las proporciones de protestantes y de católicos. En este mapa se destacan los valores en torno al 50%, que indican casi equilibrio entre protestantes y católicos, asignando a las clases del medio un color intenso (amarillo). Las zonas donde hay clara mayoría de católicos o de protestantes se muestran en colores menos intensos (verde y naranja, respectivamente).

3. Cortes naturales

A5.87. Como se ha visto en los ejemplos anteriores, en el caso de las variables que no tienen una distribución muy uniforme la mayoría de los métodos producen

Gráfico A5.26

Asignación de matices de color a las clases, en función de las desviaciones estándares

Gráfico A5.27

Cortes naturales

mapas un tanto engañosos. Muchas veces sucede que se asignan valores similares a clases diferentes, o se agrupan valores muy distintos. Un método lógico para clasificar los datos en cartografía es entonces encontrar un agrupamiento que logre optimizar la asignación, reduciendo al mínimo las diferencias entre los valores dentro de cada categoría y llevando al máximo la variación entre distintos grupos.

A5.88. Se puede alcanzar este objetivo mediante la inspección visual de la distribución de los datos y la ulterior elección de los puntos de corte de las clases. En el gráfico A5.27 se presentan ejemplos de este método. Para la variable TFT, el método es bastante directo, ya que muestra varios cortes claros en la distribución.

A5.89. En el caso de las otras dos variables, el procedimiento es un poco más difícil. Para la densidad de población, la aplicación estricta del método podría resultar en la asignación de todos los valores bajos a la misma categoría y de los valores altos a diversas clases distintas. Esto tendrá que conciliarse con la intención de conservar las variaciones sutiles en las gamas de valores bajos.

A5.90. De manera similar, en el caso de la variable alfabetización, con distribución uniforme, los puntos de corte de las clases no son muy claros, ya que la diferencia de valores entre las observaciones no varía mucho.

A5.91. A pesar de estas dificultades, dado que la clasificación según los cortes naturales considera explícitamente la distribución de los datos, por lo general este método produce representaciones cartográficas fieles y con buen contraste visual.

A5.92. En lugar de recurrir a un criterio algo subjetivo, se puede optar por que la computadora determine los puntos de corte naturales u óptimos. Unos pocos programas informáticos de SIG y de cartografía para computadoras de escritorio incluyen funciones que determinan los cortes naturales en base a una evaluación automatizada de la distribución de los datos (método de clasificación óptima de Jenk). También pueden usarse las funciones de clasificación o de agrupamiento de programas estadísticos.

4. Mapas coropléticos sin intervalos de clases

A5.93. Los mapas denominados coropléticos sin clases no requieren que el cartógrafo elija ningún método de clasificación. Gracias a la tecnología más avanzada de visualización e impresión, las pantallas de las computadoras y las impresoras pueden producir una amplia gama de diferentes matices de colores o de gris. En el caso de un mapa sin clases o de n clases, los valores de los datos determinarían directamente, por ejemplo, el nivel porcentual de gris. Para una variable porcentual se puede seleccionar el nivel de gris correspondiente en una escala desde 0 (blanco) hasta 100 (negro), que se ajuste al valor de cada observación. Pero si el método de reproducción puede producir una cantidad suficiente de matices distinguibles, se recomienda evitar el blanco, ya que generalmente el fondo de la página o de la imagen es de este color.

A5.94. En la práctica, sin embargo, quizás no siempre se obtengan resultados óptimos, porque muchas variables no oscilan gradualmente entre 0 y 100, sino que sus valores se concentran en una gama menor. Entonces, el mapa tendrá solamente matices de gris muy claros o muy oscuros. Una forma de evitar este problema es “estirar” la distribución de los datos: usando el color más claro para el valor más bajo y el más oscuro para el más alto se obtendrán mapas más fáciles de interpretar.

A5.95. Pero, por lo general, hay un límite para la cantidad de matices de gris o de colores que se pueden distinguir con facilidad. Si bien una gama continua puede ser útil para fines analíticos, en los mapas que se usan para presentación es preferible clasificar los valores de los datos en unas pocas categorías.

5. Clasificación externa de los datos

A5.96. En algunos casos el criterio de clasificación está dado externamente. Por ejemplo, para preparar un mapa de pobreza por distrito, se usa un valor umbral dado del ingreso medio —denominado límite o línea de pobreza— debajo del cual se considera que un distrito es pobre. Otro ejemplo es cuando se realizan comparaciones con un mapa ya impreso cuyos datos originales no están disponibles. Para comparar con exactitud mapas de, por ejemplo, la tasa de fecundidad en las provincias de un país, la clasificación debe ser idéntica.

6. Observaciones generales

A5.97. En el presente examen general se demostró que hay muchos métodos para asignar valores de los datos a categorías. Los programas informáticos de cartografía para computadoras de escritorio y de SIG, en su mayoría, operan con intervalos iguales, cuartiles, desviaciones estándares y puntos de corte naturales. Además, todos facultan al usuario para que defina una clasificación de datos que le resulte apropiada.

A5.98. Cada método tiene sus ventajas y sus desventajas, que se indican en el cuadro A5.1. La elección del método adecuado dependerá de la distribución de los datos y del propósito del mapa. Por lo general, siempre se debe evaluar la distribución de los datos utilizando un gráfico estadístico, como los diagramas jerárquicos que se mostraron antes. Esos instrumentos vienen incluidos en algunos programas de SIG.

Cuadro A5.1

Evaluación de diferentes métodos de clasificación

Método de clasificación	Ventajas	Desventajas
Intervalos equivalentes	De fácil aplicación Adecuado para datos con distribución uniforme	No hay relación entre el método de clasificación y la distribución de los datos Como los intervalos son fijos, tal vez se asignen valores similares a diferentes clases, o valores diferentes a la misma clase No es adecuado para distribuciones asimétricas o conjuntos de datos con valores atípicos
Progresión geométrica	De fácil aplicación Adecuado para datos con distribución muy asimétrica (por ejemplo, muchos valores pequeños y pocos valores muy altos)	El usuario debe determinar la progresión geométrica adecuada Como los intervalos son fijos, pueden asignarse valores similares a diferentes clases, o valores diferentes a una misma clase
Cuartiles (igual frecuencia)	Se asegura un buen contraste visual Adecuado para datos con distribución bastante uniforme	Valores similares o idénticos pueden ser asignados a diferentes categorías
Desviaciones estándares	Bueno para mostrar tendencias divergentes centradas en el valor medio Relaciona cada categoría con el valor medio general Adecuado para datos con distribución normal	Las distribuciones asimétricas o los conjuntos de datos con valores atípicos (muy pocos valores muy altos o muy pocos valores muy pequeños) producirán una gran cantidad de categorías (es decir, varias desviaciones estándares por encima o por debajo de la media)
Puntos de corte naturales	Se asignan valores similares a la misma categoría Con frecuencia, la cantidad de categorías se infiere a partir de la cantidad de puntos de corte	Las gamas de clases resultantes pueden ser muy irregulares Requiere un juicio subjetivo (determinación visual) No posibilita la comparación de mapas a lo largo del tiempo
Mapas coropléticos sin clases	No hay que definir puntos de corte de las categorías El matiz de gris o de color se determina directamente por el valor de los datos Subraya la distribución continua de los valores en el conjunto de datos	Casi todos los dispositivos de salida posibilitan solamente una cantidad limitada de matices distinguibles de gris o de color Los mapas con diferencias sutiles de gris o color no pueden reproducirse bien (por ejemplo, fotocopiarlos) No son de fácil aplicación en la mayoría de los programas de cartografía o de SIG

Seguidamente, la cantidad óptima de categorías y los mejores puntos de corte serán bastante evidentes.

A5.99. Cabe mencionar que los puntos de corte naturales no son adecuados si se presentan varios mapas juntos para compararlos; por ejemplo, una serie a lo largo del tiempo de la proporción entre hombres y mujeres por distrito, o mapas de acceso al agua potable de dos provincias en el país. En este caso, los cortes de las clases deben mantenerse constantes. Para ello, hay que elegir un método de clasificación definido por el usuario y basado en una evaluación de todas las series de datos. También se pueden usar a veces mapas de cuartiles, si el objetivo es solamente comparar el orden de las diferentes observaciones a lo largo del tiempo o del espacio, y no los valores de los datos. Por ejemplo, dos mapas de cuartiles podrían destacar el 25% de los distritos con tasas de alfabetización más altas, como se determinaron en el censo más reciente y en el anterior.

D. Elección del color

A5.100. En todos los ejemplos de mapas que se examinan en el presente *Manual*, se ha usado una escala de grises para los símbolos. Las publicaciones en blanco y negro son menos costosas y los mapas que usan la escala de grises pueden fotocoparse en blanco y negro sin desmedro de su legibilidad. Pero, por otra parte, la utilización de colores da al cartógrafo muchas más opciones de diseño. Las impresoras a color, así como las trazadoras a color, siguen bajando de precio constantemente. Además, cada vez será mayor la cantidad de mapas que se presentarán en forma electrónica, en sitios de la Internet o en publicaciones electrónicas. En todos estos medios se pueden utilizar abundantes colores para el diseño de mapas, pero es preciso utilizarlos con prudencia.

A5.101. Cuando hay que definir un modelo para un mapa coroplético, resulta útil conocer la forma en que una computadora interpreta los colores. En una computadora, los colores se definen usando uno de varios modelos. Dos de los más usuales son el modelo de saturación del valor de la tonalidad (*hue-value saturation*) (HVS) y el modelo de rojo, verde y azul (*red-green-blue*) (RGB). El término tonalidad denota lo que generalmente denominamos color, como “rojo” o “azul”. En términos físicos, la tonalidad se refiere al espectro de luz reflejada y varía desde violeta, con una longitud de onda corta, hasta rojo, con la máxima longitud de onda en el espectro visible, pasando por azul, verde, amarillo y anaranjado. A veces, el valor se denomina luminosidad, es decir, la saturación de luminosidad de la tonalidad. Determina la diferencia, por ejemplo, entre un color rosa claro y uno rojo oscuro, ya que ambos tendrían la misma tonalidad. Por último, la saturación es una medida de brillo o intensidad. Un color con menos saturación será más pálido o grisáceo, mientras que un color con un valor elevado de saturación parecerá más puro.

A5.102. En el modelo RGB los colores nuevos se definen por adición combinando diferentes niveles de rojo, verde o azul. Muchas pantallas de computadoras o de televisores utilizan este modelo. Si se combinan niveles iguales de los tres colores, se obtendrán matices de gris. Los niveles más bajos de rojo, verde y azul combinados producen el negro, y los más altos, el blanco.

A5.103. La elección del color depende del nivel de medición de una variable, el tipo de mapa utilizado y el mensaje que el cartógrafo quiere transmitir. En la percepción, es posible diferenciar bien las tonalidades, lo que hace que éstas sean adecuadas para establecer la diferencia entre categorías discretas. Por ejemplo, se pueden hacer contrastar círculos azules con círculos rojos para mostrar distintos tipos de escuelas.

Cuando se eligen las tonalidades para diferenciar los símbolos de un mapa, hay que tener en cuenta el daltonismo. Las personas daltónicas tal vez no puedan distinguir el rojo del verde —la forma más común de daltonismo, que afecta aproximadamente al 1% de los varones— o el azul del amarillo. Algunas personas son incapaces de ver la parte verde del espectro. Por lo general, conviene no basarse en las diferencias entre el rojo y el verde cuando se compone un mapa.

A5.104. Las variables cuyos valores van cambiando continuamente, como la población, el ingreso o las proporciones y porcentajes, se presentan por medio de variables gráficas con un ordenamiento bien definido. Las diferencias en los colores (por ejemplo, desde matices claros hasta oscuros de la misma tonalidad) se asocian fácilmente con las magnitudes de una variable, y los tonos más oscuros se asocian generalmente con los valores más altos. Por ejemplo, los niveles de densidad de población suelen representarse con tonos rojos, desde los muy claros para una densidad baja hasta los oscuros para las zonas con densidad elevada. En el caso de las distribuciones asimétricas, los valores de los colores no guardan una proporción directa con los valores de las categorías de datos. En el ejemplo presentado en la sección anterior, relativo a la variable densidad de población, se usarían numerosos tonos muy claros y apenas diferenciables para los numerosos valores bajos, y un color o un matiz muy oscuro para los pocos valores altos. En lugar de esa solución se utilizan intervalos iguales de valores de color para representar las clases de una progresión geométrica, o similar.

A5.105. Si una clasificación contiene muchas categorías, un cartógrafo podría terminar trabajando con cantidades mayores que las que pueden distinguirse con claridad en una hoja impresa. En este caso pueden combinarse tonalidades adyacentes: una gama de colores denominada parcialmente espectral. Retomando el ejemplo de la densidad de población, podríamos empezar con matices de color amarillo claro, seguir gradualmente con tonos anaranjados, hasta llegar a los rojos oscuros. Lo importante es tener en cuenta que debe haber una progresión bien definida desde colores menos dominantes hasta otros más dominantes. Los mapas con varias tonalidades brillantes y dominantes para valores bajos y altos de una serie continua u ordinal de categorías no transmiten el mensaje con claridad y confunden al observador.

A5.106. Una aplicación en la que resulta apropiado utilizar diferentes tonalidades para una serie continua de datos es la escala de datos divergentes. Por ejemplo, un mapa de migración neta por unidad administrativa tendría categorías que van desde números negativos elevados para las grandes masas de emigración, pasando por cero y llegando hasta números positivos altos que reflejan las grandes masas de inmigración. Para hacer resaltar los valores positivos y negativos altos —las zonas en que la migración afecta de manera más sustancial la dinámica de la población— se puede usar un patrón de colores que vaya, por ejemplo, desde el rojo brillante al rojo claro o rosa, pasando por el blanco para las tasas netas de migración cercanas a cero, y desde azules claros hasta azules fuertes para la inmigración de mayor magnitud.

A5.107. Cabe un último comentario sobre la cartografía de múltiples variables, que da lugar a mostrar dos variables en combinación. Por ejemplo, un mapa podría mostrar una combinación de diferentes niveles de tasas de alfabetización y fecundidad usando una leyenda que es esencialmente una matriz de las combinaciones posibles de las categorías alfabetización y fecundidad. El cartógrafo tiene que encontrar un modelo de color adecuado que, por ejemplo, indicaría las diferencias de alfabetización con tonalidades adyacentes en una gama espectral parcial y mostraría las diferencias de fecundidad mediante variaciones del valor del color. Lamentablemente, estos mapas no son fáciles de interpretar, porque hay que consultar la leyenda continuamente para establecer una correspondencia entre los colores y los valores de

Cuadro A5.2

Elección de matices de gris y de colores

Niveles de medición		Ejemplo	Mapas en blanco y negro	Mapas de color
Nominal	Binario	Acceso a agua potable (sí/no)	Negro en contraste con blanco, o gris claro en contraste con gris oscuro	Colores fuertes y contrastantes de diferentes tonalidades, como azul y rojo o amarillo y verde
	Relativo a las categorías	Idioma predominante (inglés, francés, español, etcétera)	Variaciones de tramas con similar predominio visual	Diferentes tonalidades con niveles similares de valor y saturación que no entrañan orden alguno, por ejemplo, azul, verde, amarillo, violeta
Ordinal		Nivel de instrucción (primario, secundario, etcétera)	Matices de gris ordenados, con diferencias relativamente marcadas entre los niveles de gris. Las diferencias de textura subrayan aún mejor la naturaleza ordinal de los datos	La misma tonalidad o una gama de colores de espectro parcial, con diferencias relativamente grandes entre las categorías, por ejemplo, amarillo claro, anaranjado, rojo mediano, rojo oscuro
Discreto		Tamaño del hogar (1, 2, 3, ..., personas) —pero no el tamaño medio del hogar	Similar al caso de los datos ordinales, pero son aceptables diferencias menores entre los matices de gris	Similar al caso de los datos ordinales, pero son aceptables diferencias menores entre matices de color
Continuo	Secuencial	Tasa de alfabetización (cualquier valor entre 0% y 100)	Gama continua de tonos de gris. El nivel de gris puede ser o no proporcional a los valores de los datos. Son aceptables diferencias sutiles pero distinguibles en los niveles de gris	Gama continua de color dentro de la misma tonalidad o dentro de una gama de colores de espectro parcial. Se aceptan diferencias sutiles en el valor del color
	Divergente	Proporción entre hombres y mujeres (menor que uno = más mujeres que hombres; mayor que uno = más hombres que mujeres)	Hay que usar diferencias de textura o de trama. Los tonos lisos por un lado y las diferentes texturas por el otro pueden producir un buen efecto	Neutro (blanco o gris) en el centro con una gama continua de dos tonalidades diferentes de cada lado. Por ejemplo, desde anaranjado claro hasta oscuro para los valores menores que uno y desde verde claro hasta oscuro para los valores mayores que uno

los datos de las respectivas variables. Por lo general, este tipo de mapa debe evitarse. En la sección F, *infra*, se presentan otros métodos que pueden usarse para presentar la información sobre múltiples variables.

A5.108. Con respecto a los tipos de niveles de medición que ya se analizaron, en el cuadro A5.2 se resumen las directrices para el uso de matices de gris y de colores (véase también Brewer, 1994).

E. Diseño de la leyenda del mapa

A5.109. El nivel de medición puede indicarse en el diseño de la leyenda, que sirve de referencia entre los valores de los datos o gamas de valores y los símbolos gráficos que se usaron. Los programas de cartografía para computadora de escritorio y de SIG incluyen un diseño de leyenda que sirve bien para la mayoría de las aplicaciones. Pero si se quiere un diseño cartográfico más minucioso, es posible modificar el módulo de presentación de los programas reemplazando el diseño prefijado o activado por defecto, o se puede utilizar un programa gráfico externo.

A5.110. En el gráfico A5.28 pueden verse algunos ejemplos. Para los datos sobre las categorías, los recuadros de las leyendas deben mantenerse separados (gráfico A5.28A). De manera similar, se pueden destacar de esta forma las clases que no son contiguas; por ejemplo, hay una separación entre el límite superior de una clase y el inferior de la que le sigue (gráfico A5.28B). Pero en general, hay que evitar el uso de este tipo de leyendas. Los recuadros contiguos de las leyendas destacan la índole continua de las variables, como proporciones o densidades (gráfico A5.28C).

Gráfico A5.28

Diferentes tipos de leyendas para mapas sombreados

La continuidad de los valores de los datos se subraya aún más si el recuadro de cada categoría no tiene borde (gráfico A5.28D). Por último, en el gráfico A5.28E puede verse una clasificación de una variable continua con intervalos de clase irregulares.

A5.111. Las tres últimas leyendas del gráfico A5.28, es decir, C, D y E, muestran puntos de corte y no gamas de datos. Cuando se usan estas gamas para una distribución continua, surge el problema de mostrar un mismo valor para dos categorías: por ejemplo, 0-10, 10-20, 20-30. Se puede resolver este problema usando el símbolo “menor que” para asignar cada valor a una sola categoría: por ejemplo $0 < 10$, $10 < 20$, $20 < 30$. En el caso de las clases abiertas, se puede usar el símbolo “mayor que o igual a”: < 10 , $10 < 20$, ≥ 20 .

A5.112. También se puede integrar la leyenda con un cuadro estadístico que sintetice la distribución de los datos de la variable. Por lo general se usan histogramas, en los cuales los colores de las barras corresponden al color del sombreado (véase el gráfico A5.29A). Si las gamas de las clases no son constantes, las barras pueden tener diferente ancho. Si el programa cartográfico con que se está trabajando no faculta para realizar histogramas, se los puede diseñar en un programa de gráficos o importarlos desde un programa de plantillas de cálculo o de estadística. Para determinar la altura de las barras hay dos opciones. La convencional es usar el número de unidades geográficas cuyos valores caen en cada categoría. Algunos programas informáticos de cartografía para computadoras de escritorio muestran este número en la leyenda. El problema es que las unidades, por ejemplo los distritos, pueden tener cantidades de población muy diferentes. En lugar del número de unidades, se podría determinar la altura de las barras del histograma usando el tamaño de la población subyacente. Para un mapa de la densidad de población, por ejemplo, se utilizará la cantidad de habitan-

Gráfico A5.29

Leyendas que muestran la distribución de datos estadísticos

tes en cada intervalo de densidad. Es evidente que la forma del histograma será muy diferente y hay que indicar claramente en el mapa o en el texto que lo acompaña qué procedimiento se usó.

A5.113. Los programas informáticos de estadística también posibilitan computar gráficos de densidad que muestran la distribución de los datos de forma más continua que un histograma (véase el gráfico A5.29B). La medida de la superficie bajo la curva de densidad es, en total, uno, de manera que la frecuencia aproximada de cada valor puede leerse en el gráfico. Las leyendas de este tipo se han utilizado, por ejemplo, en el *Atlas of United States Mortality* (Atlas de mortalidad de los Estados Unidos) (NCHS, 1997).

F. Mapas que relatan historias

1. Mapas de múltiples variables

A5.114. Con unas pocas excepciones, los ejemplos anteriores mostraron una sola variable por vez, que es el tipo más usual de presentación de los atlas censales. Pero a veces puede ser necesario presentar más de una variable por vez, con fines analíticos o para ilustrar las relaciones entre las variables. En la sección sobre elección del color, se observó que los mapas de múltiples variables que usan un modelo de color complejo para mostrar dos variables en el mismo mapa pueden ser de difícil interpretación. Una solución, ya mencionada, consiste en usar una trama con un color de fondo transparente en un mapa coroplético coloreado. Esta solución es eficaz si la variable superpuesta tiene pocas clases o si es binaria (por ejemplo, presencia o ausencia) (véase el gráfico A5.30).

A5.115. En el análisis de datos estadísticos, se analizan dos variables categorizadas que adquieren solamente unos pocos valores por medio de tabulaciones cruzadas, que también se denominan tablas de contingencia. Las filas y columnas de una tabla de doble entrada muestran las categorías de las dos variables y las casillas

Gráfico A5.30

Combinaciones de símbolos de sombreado liso y rayado para presentar dos variables en el mismo mapa

muestran la cantidad de observaciones que arrojan los valores correspondientes de cada variable. Esto posibilita evaluar las relaciones con rapidez. Por ejemplo, se pueden haber convertido dos variables de un censo de vivienda —porcentaje de hogares con acceso a agua potable y porcentaje de hogares con acceso a electricidad— en dos variables binarias que indican si la mayoría de los hogares del distrito tienen acceso a estos servicios públicos. La tabulación cruzada tendrá el siguiente aspecto:

La mayoría de los hogares ...			
	... tiene acceso a agua potable	... no tiene acceso a agua potable	Total
... tiene acceso a electricidad	55	17	72
... no tiene acceso a electricidad	31	48	79
Total	86	65	151

A5.116. Si se quiere presentar esta información geográficamente, se podría elaborar un mapa con cuatro clases: una para cada una de las casillas en la tabulación cruzada. Pero como ninguna de las cuatro clases tiene un ordenamiento natural, resultará difícil detectar una trama en el mapa. Es mejor traducir directamente el concepto de cuadro de doble entrada al lenguaje cartográfico. En el gráfico A5.31 puede verse un mapa equivalente a un cuadro de doble entrada. Cada mapa indica los distritos que corresponden a la casilla correlativa de la tabla. Esos mapas no requieren una leyenda extensa, ya que el sombreado oscuro destaca claramente los distritos que interesan.

A5.117. Las tendencias son evidentes de inmediato, aun en un mapa pequeño que cubre solamente un tercio de la página. Los distritos en el noroeste, en su mayoría, tienen acceso a agua potable y a electricidad, mientras que la mayoría de los hogares en los distritos del sudeste no tienen acceso a ninguno de los dos servicios. En las tabulaciones cruzadas, las casillas fuera de la diagonal son las más interesantes. En algunos distritos del nordeste, la mayoría de los hogares carece de acceso a agua potable, aunque tiene electricidad. En un grupo de distritos del sudoeste la situación es la opuesta.

Gráfico A5.31

Mapa equivalente a un cuadro de doble entrada

A5.118. Este enfoque también puede aplicarse a tablas más complejas, por ejemplo donde una variable toma tres valores (bajo, mediano y alto) y la otra tiene dos categorías. Los mapas no tienen que ser grandes; incluso cuando hay muchas unidades geográficas —en este ejemplo hay 151 distritos— los mapas pequeños son suficientes, ya que sólo se necesitan dos matices contrastantes de gris o color.

2. Múltiplos pequeños

A5.119. La organización de los datos en varios mapas puede ser otra forma eficaz de presentar información dinámica. En el gráfico A5.32 se muestra el crecimiento de la población a lo largo del tiempo sobre la base de datos de cuatro censos sucesivos. Los mapas de densidad de población muestran dónde ha sido mayor este crecimiento. Para hacer comparaciones entre distintos momentos, los límites de las clases deben ser los mismos en todos los mapas. Esto significa que los planes de clasificación basados en la distribución de los datos (por ejemplo los puntos de corte naturales) no son adecuados. Los mapas de densidad se complementan con tres mapas más pequeños, que muestran las tasas medias de crecimiento anual de la población entre los censos.

A5.120. Presentaciones como las del gráfico A5.32 se denominan “en múltiplos pequeños” (Bertin, 1973; y Tufte, 1983). Se repite el mismo diseño de mapa para cada año o para cada subgrupo de población. Como el diseño es constante en todos los mapas, se pueden interpretar con bastante facilidad. Esto posibilita presentar una densidad de información mayor que la que sería posible de otro modo. Las relaciones entre múltiples variables muchas veces son más claras en los diseños que constan de varios mapas que en mapas compuestos con leyendas acaso más complicadas.

Gráfico A5.32

Múltiplos pequeños – Representación de cambios a lo largo del tiempo

A5.121. Otro ejemplo de un mapa que usa este concepto puede verse en la publicación de las Naciones Unidas *Geographical Information Systems for Population Statistics* (Naciones Unidas, 1997, véase el gráfico 4.8), que muestra la relación entre hombres y mujeres para grupos de edad a intervalos de cinco años en 75 distritos de Nepal. El gráfico está compuesto de 17 mapas pequeños, con una clasificación divergente centrada en una proporción equilibrada entre hombres y mujeres. La versión en color de este mapa muestra el excedente de mujeres en varios tonos de rojo, y el de hombres, en tonos de azul. La versión en blanco y negro usa tonos de gris liso para el excedente de mujeres y una trama de puntos de distinta densidad para el de hombres. Evidentemente, el color mejora la información que se muestra en estos mapas. A pesar de la gran cantidad de información, los mapas pueden interpretarse con bastante facilidad, ya que los grupos de valores similares son muy evidentes. Evidentemente, un cuadro de 1.275 (17 por 75) valores sería considerablemente más difícil de interpretar que la misma información presentada en forma geográfica. En verdad, el gráfico de Nepal muestra algunas tendencias claras que pueden atribuirse a la migración a lo largo del ciclo vital de los hombres en varios distritos.

Anexo VI

Glosario

Ajuste de bordes — Técnica de edición manual o automatizada de SIG que hace corresponder características compartidas, las cuales se digitalizaron a partir de mapas adyacentes. Puede ser necesario, por ejemplo, para conectar caminos o límites de unidades administrativas tras unir mapas digitalizados por separado.

Alcance del mapa — Las coordenadas, en unidades cartográficas, mediante las cuales se define el rectángulo que encierra todas las características de una determinada visualización de un mapa o base de datos de SIG, es decir, las coordenadas x e y máximas y mínimas en una base de datos digitales o en la parte de la base de datos que se muestra en la visualización de un mapa.

Análisis de redes — En una base de datos de SIG, procedimientos para analizar las relaciones entre puntos o direcciones en un conjunto de líneas que pueden representar, por ejemplo, una red vial. Se utiliza para tomar decisiones sobre ubicación y trayectorias, como en el caso de provisión de servicios en emergencias.

Análisis espacial — Conjunto de técnicas utilizadas para obtener información útil a partir de datos geográficamente referenciados. Incluye: integración de los conjuntos de datos geográficos, métodos cualitativos y cuantitativos para evaluar los datos, modelización, interpretación y pronóstico. En un SIG, el análisis espacial se refiere, por lo general, a los métodos de integración de datos, como la superposición de polígonos o los análisis de vecindarios. En un sentido más amplio, incluye, por ejemplo, procedimientos de modelos espaciales (como los de dinámica migratoria) y de estadísticas espaciales (como los modelos de regresión que representan las disposiciones espaciales y las relaciones entre las observaciones).

Ancho de banda — Cantidad o volumen de datos digitales que pueden transferirse por una conexión de comunicaciones.

Anotación — Texto que se usa para dar nombre a las características en un mapa. Puede almacenarse en un SIG y llevarse a los mapas cuando se visualizan o imprimen. A diferencia del texto informativo que aparece en un cuadro de atributos, sólo se utiliza para la visualización cartográfica y no para el análisis.

Archivo de atributos geográficos — Un cuadro de la base de datos que se vincula estrechamente con los objetos espaciales almacenados en un archivo de coordenadas de SIG. También denominado cuadro de atributos geográficos, contiene información específica sobre cada característica, como su identificador, nombre y superficie. En algunos sistemas, el archivo también se llama cuadro de atributos de puntos, líneas o polígonos. Se pueden vincular los datos almacenados en cuadros externos mediante una operación con una base de datos relacional.

Archivo de intercambio de gráficos (GIF) — Formato de archivo de imágenes gráficas elaborado inicialmente para transmitir imágenes por conducto de boletines electrónicos. Este formato, que posibilita comprimir eficazmente el tamaño de los archivos, se utiliza para la mayoría de los gráficos en las páginas de la web.

Archivo de referencia geográfica — Archivo maestro, digital y tabular, donde se enumeran los nombres, los códigos geográficos, y posiblemente los atributos, de todas las entidades geográficas que se aplican a la recopilación de datos para censos y encuestas.

Arco — véase Línea.

Área amplia de trabajo (WAN) — Red informática que conecta computadoras remotas por medio de vínculos o satélites de comunicaciones de alta velocidad.

ASCII — véase Código Estándar Estadounidense para Intercambio de Información.

Atributo — Particularidad de una característica geográfica. Por ejemplo, un campo numérico o textual almacenado en un cuadro de una base de datos relacional que puede vincularse a los objetos geográficos en un SIG. Los atributos de una zona de empadronamiento, por ejemplo, podrían ser el identificador único, la superficie en kilómetros cuadrados, la población total y la cantidad de hogares. A veces se distingue entre atributos geográficos y atributos generales. Los primeros se almacenan en un cuadro de datos estrechamente vinculado con los archivos de coordenadas geográficas y contienen campos como identificadores internos, códigos de características, y superficies. Los atributos generales se almacenan generalmente en cuadros separados que pueden vincularse con el cuadro de atributos geográficos.

Banda — Capa de una imagen multiespectral obtenida mediante teleobservación que muestra las señales medidas en un intervalo definido del espectro electromagnético. Véase también imagen multiespectral.

Base de datos — Colección lógica de información que está interrelacionada y que se maneja y almacena como una unidad, por ejemplo, en un mismo archivo informático. Las expresiones “base de datos” y “conjunto de datos” se utilizan con frecuencia de manera indistinta. Una base de datos de SIG contiene información sobre la ubicación de las características del mundo real y sobre sus particularidades.

Base de datos geográficos — Conjunto lógico de datos sobre características que se refieren a ubicaciones en la superficie terrestre.

Beidou — Sistema propuesto por China como alternativa distinta del GPS, que estará integrado por 35 satélites y ofrecerá servicios con una exactitud de hasta 10 metros.

Binario — Compuesto de dos o referido a dos, como en la expresión variables binarias (por ejemplo, sí/no). También es una forma de codificación informática basada en unidades de información denominadas bits que pueden tener dos valores, uno o cero.

Bit — Dígito binario que puede adquirir un valor de uno o cero.

Bits por segundo — Medida de la velocidad de transferencia en las redes de comunicación digital.

Byte — Grupo de ocho dígitos binarios o bits que los programas informáticos pueden procesar como una unidad. Un *kilobyte* tiene mil *bytes*, un *megabyte*, un millón de *bytes* y un *gigabyte*, mil millones.

Cadena — véase Línea.

Campo — Columna en un cuadro de base de datos.

Canal — Parte del sistema electrónico de un receptor GPS que capta la señal del satélite. Los receptores de multicanal pueden captar y procesar al mismo tiempo señales procedentes de varios satélites.

- Capa** — Conjunto de datos de SIG que contienen características relativas al mismo tema, como caminos o casas. El término capa se refiere a la capacidad que tiene un SIG de superponer y combinar estratos sobre diferentes temas que están referenciados en el mismo sistema de coordenadas. También se denomina cobertura.
- Capa temática** — véase Capa.
- Captación de datos** — Conversión de datos de coordenadas geográficas, a partir de fuentes impresas o de mediciones en el terreno, a un formato que pueda leer una computadora. Generalmente requiere la digitalización o el escaneado de mapas de papel o fotografías aéreas.
- Característica** — Objeto geográfico que se muestra en un mapa o se almacena en una base de datos de SIG. Pueden ser objetos del mundo real naturales o construidos por el hombre (un río, o un asentamiento), o pueden ser objetos conceptuales o definidos (como los límites administrativos).
- Características geográficas discretas** — Entidades individuales que pueden distinguirse fácilmente, como las casas o los caminos, a diferencia de los fenómenos geográficos continuos.
- Carta de navegación** — Mapa diseñado fundamentalmente para guiar la navegación por aire o por agua, por ejemplo, cartas náuticas o aeronáuticas.
- Cartografía** — Arte y ciencia de la creación de una representación bidimensional de alguna parte de la superficie terrestre. Las características representadas pueden ser objetos reales (mapas topográficos), o pueden ser conceptos y características más abstractas (mapas temáticos).
- Cartografía automatizada/Gestión de servicios (AM/FM)** — Aplicaciones de SIG en el sector de obras y servicios públicos que se centran en aspectos técnicos y de mantenimiento.
- Cartograma** — Mapa que se construye ordenando las unidades informantes según el valor de una variable registrada para cada una de éstas. También se denomina cartografía de valor por zona.
- Centro de información** — En el marco de las infraestructuras de datos espaciales del país, es el lugar donde se acumulan y desde donde se difunden datos y metadatos de los SIG.
- Centroide** — Centro matemático de un polígono. En el caso de un polígono irregular, se puede equiparar el centroide al “centro de gravedad”.
- Círculo máximo** — Círculo formado por la intersección de un plano a través del centro de la esfera terrestre. Por ejemplo, todos los meridianos y el Ecuador son círculos máximos. Sobre el globo terráqueo, el camino más corto entre dos puntos se encuentra sobre el círculo máximo que pasa por ambos.
- Clasificación** — Asignación de objetos a grupos definidos por características iguales o similares. En cartografía, es el procedimiento por el cual se asignan símbolos a las características de un mapa que son similares o que tienen valores semejantes. Se utiliza para simplificar un mapa, a fin comunicar el mensaje con más claridad.
- Clave externa** — En los sistemas de gestión de bases de datos relacionales, campo o elemento de un cuadro que contiene un valor que identifica las filas de otro cuadro. Se utiliza cuando se unen dos cuadros, definiendo la relación entre dos elementos de una base de datos relacionales. Es la clave principal del otro cuadro.
- Clave primaria** — Uno o más campos en un cuadro de atributos que identifican de forma inequívoca una instancia, fila o registro específicos.

- Cliente** — Computadora que usa datos o programas almacenados en otra computadora (servidor), muchas veces ubicada a gran distancia.
- Cobertura** — En un SIG, a veces se refiere a un conjunto de datos vectoriales que contienen características geográficas sobre un único tema, como las unidades censales o los caminos.
- Codificación comprimida** — Técnica para compresión de datos de cuadrículas, grillas o imágenes. En lugar de almacenar los valores iguales en casillas adyacentes, el sistema almacena el valor junto a una indicación de la cantidad de veces que éste se repite. Cuando se almacenan objetos discretos en un SIG en cuadrícula, la compresión será grande.
- Código** — Caracteres alfanuméricos utilizados para identificar objetos geográficos. También se emplea para identificar categorías de atributos, como las gamas de densidad de población, las clases de uso de la tierra o las industrias. Véase también código geográfico.
- Código Estándar Estadounidense para Intercambio de Información (American Standard Code for Information Interchange) (ASCII)** — Código informático elaborado con el propósito de facilitar el intercambio de datos alfanuméricos y caracteres especiales entre computadoras y sistemas operativos. Se asigna un código de *bytes* a cada carácter, esto es, un valor entre 0 y 255.
- Código geográfico** — Identificador alfanumérico único que se asigna a una unidad jurídica, administrativa, estadística o informante.
- Coincidencia geográfica** — Dícese de cuando dos o más características geográficas comparten ubicación o límites. Por ejemplo, algunas unidades informantes o estadísticas también pueden ser unidades administrativas.
- Columna** — En un SIG, grupo de casillas o píxeles en una base de datos en forma de grilla o cuadrícula que están alineados verticalmente. En los sistemas de gestión de bases de datos, es un campo o elemento en un cuadro de atributos.
- Comparación de direcciones** — El procedimiento por el cual se compara la información general sobre los atributos con las ubicaciones geográficas en una red vial, utilizando la dirección. Por ejemplo, es posible comparar un registro tabular de direcciones con un mapa digital detallado de las calles para producir una capa de datos puntuales de SIG que muestre la ubicación de cada hogar. Este procedimiento también se denomina a veces geocodificación.
- Compilación de mapas** — Procedimiento por el cual se reúnen, evalúan e interpretan las mediciones y materiales cartográficos a fin de producir un nuevo mapa.
- Composición de mapas** — Disposición de los elementos de un mapa para crear un producto cartográfico que sea visualmente atractivo y represente correctamente los fenómenos.
- Conectividad** — En un SIG topológico, dícese de la situación en que dos o más líneas se unen en un único punto o nodo.
- Conjunto de datos** — Colección lógica de valores o de objetos de una base de datos que se refieren a un mismo tema.
- Contigüidad** — Dícese cuando dos o más características geográficas son adyacentes o aledañas.
- Control** — véase Control geodésico.
- Control de calidad** — Medidas y procedimientos adoptados cuando se elabora una base de datos o un sistema de producción cartográfica, que aseguran que los datos o productos resultantes cumplan con las normas especificadas de exactitud y utilidad.

- Control geodésico** — Red de marcadores de control o de referencia que se han medido con precisión y exactitud y que se utilizan como base para obtener en relación con ellos nuevas mediciones de la ubicación. También se denominan puntos de referencia.
- Conversión de datos** — Transferencia de datos de un formato a otro. Por lo general, se refiere a la transformación de la información existente en un mapa de papel al formato digital. En sentido más amplio, la conversión de datos geográficos también incluye la transferencia de información digital desde un formato de archivo de SIG a otro.
- Coordenada** — Dos o tres números que describen la posición de un punto en dos o tres dimensiones (por ejemplo, x/y o $x/y/z$, donde z indica la altura). Las coordenadas bidimensionales se denominan a veces par de coordenadas; coordenadas tridimensionales, un trío. En las bases de datos de los SIG, las coordenadas representan las ubicaciones correspondientes en la superficie terrestre en relación con otros lugares determinados.
- Cuadrángulo** — Zona rectangular que está limitada por pares de meridianos y paralelos.
- Cuadrícula** — Modelo de datos geográficos que representa la información como un arreglo regular de filas y columnas, similar a una grilla o imagen. Las casillas de una cuadrícula son generalmente, aunque no siempre, cuadradas. Las características poligonales o lineales se representan como grupos de casillas adyacentes con el mismo valor.
- Cuadro** — En los sistemas de gestión de bases de datos, conjunto de datos organizados en filas (registros o instancias) y columnas (campos o elementos). La cantidad de columnas queda fijada, generalmente, cuando se define la estructura del cuadro, mientras que la cantidad de filas es flexible.
- Cuartil** — Clasificación estadística o cartográfica que asigna una misma cantidad de objetos a una cantidad fija de clases. Los sistemas de cuatro clases se denominan cuartiles, de cinco clases, quintiles y de diez clases, percentiles. Por ejemplo, el primero de los cuatro cuartiles de una distribución de datos contendría el 25% de las observaciones, con los valores más bajos.
- Curva de nivel** — Línea que conecta puntos de igual altura en un mapa. Véase también *isolínea*.
- Datos básicos** — véase *Datos marco*.
- Datos de campo** — Información obtenida durante un reconocimiento del terreno para verificar o calibrar la información que se obtuvo de datos obtenidos por teleobservación.
- Datos espaciales** — Información sobre la ubicación, dimensión y forma de las características geográficas, así como sobre sus relaciones. En un SIG, los datos espaciales se clasifican técnicamente como puntos, líneas, superficies y cuadrículas.
- Datos marco** — En el marco de las actividades nacionales de SIG, conjunto de temas o datos geográficos básicos para fines generales, como los límites administrativos, la altitud o la infraestructura de transportes. El objetivo de las iniciativas de infraestructura de datos marco o espaciales nacionales es coordinar la elaboración y la normalización de los conjuntos de datos marco de SIG en un país.
- Datos vectoriales** — Modelo de datos de SIG en el que la ubicación y la forma de los objetos se representan con puntos, líneas y polígonos, principalmente mediante especificación de las coordenadas x e y .
- Datum** — En cartografía, conjunto de parámetros que definen un sistema de coordenadas. Más específicamente, es la referencia o base de las mediciones o cálculos.

Por ejemplo, un datum cartográfico nacional establece el marco de referencia para las actividades cartográficas de un país.

Diccionario de datos — Catálogo de datos que describe los contenidos de una base de datos. Se proporciona información sobre cada campo de los cuadros de atributos, y sobre formatos, definiciones y estructuras de estos cuadros. Un diccionario de datos es un componente esencial de la información sobre metadatos.

Digitalización — Procedimiento por el cual se transforma la información sobre las características geográficas de los mapas de papel para expresarla en un sistema de coordenadas digitales. Habitualmente, se refiere al procedimiento manual de trazado de líneas en un mapa en papel adjunto a un digitalizador con un cursor de tipo ratón que capta las coordenadas y las almacena en una base de datos de SIG.

Digitalización manual — Técnica de digitalización que no emplea un digitalizador. En cambio, se identifican las características en la pantalla con el ratón a partir de una imagen escaneada o a partir de características dibujadas en una lámina transparente (por ejemplo, *mylar*), que se adosa a la pantalla.

Digitalizador — Dispositivo periférico utilizado para captar los datos de las coordenadas de los mapas de papel u otro material cartográfico similar.

Dirección — Número o designación similar asignado a una unidad de vivienda, empresa o cualquier otra estructura. Las direcciones sirven para los envíos postales, pero también son importantes con fines administrativos, por ejemplo para los sistemas de registro civil y para realizar censos.

Diseño asistido por computadora/diseño y dibujo asistidos por computadora (Computer-Aided Design/Computer-Aided Design and Drafting) (CAD/CADD) — Sistema de programas informáticos que proporciona las herramientas para el dibujo y el diseño, específicamente en aplicaciones de ingeniería y arquitectura. Los CAD utilizan sistemas de coordenadas gráficas y, por lo tanto, se asemejan a los sistemas de información geográfica.

Disolución — Función de SIG que borra los límites entre polígonos adyacentes con el mismo valor para un atributo específico. Por ejemplo, los polígonos de las zonas de empadronamiento pueden disolverse conforme al código de sus unidades de supervisión para crear mapas de estas unidades.

Disponibilidad selectiva — Degradación de la exactitud de las señales de un satélite del GPS introducida expresamente por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos.

Ecuador — En cartografía, el paralelo de referencia, es decir, latitud 0° norte y sur.

Elementos de un mapa — Componentes de un mapa temático o topográfico como el título, la leyenda, la escala, la flecha hacia el norte, la cuadrícula, los límites y las líneas nítidas.

Elipsoide — en cartografía, forma tridimensional utilizada para representar la Tierra. El elipsoide terrestre se caracteriza porque hay menos distancia desde el centro hasta los polos (eje semimenor) que desde el centro hasta al Ecuador (eje semimayor). También llamado “esferoide”.

Entidad — Fenómeno del mundo real, de un tipo dado. En los sistemas de gestión de bases de datos, es el conjunto de objetos (por ejemplo, personas o lugares) que tienen los mismos atributos. Se definen durante el diseño conceptual de la base de datos.

Escala — En cartografía, la relación entre la distancia en un mapa y la correlativa en la superficie terrestre. Se enuncia como una relación, por ejemplo 1:100.000, que

significa que un centímetro en el mapa equivale a 100.000 centímetros en la superficie terrestre. Como es una proporción, un mapa en pequeña escala muestra una superficie relativamente grande, mientras que un mapa en gran escala muestra una superficie pequeña. En términos más generales, la escala se refiere al nivel de observación o investigación, que puede variar desde fenómenos en microescala hasta fenómenos en macroescala.

Escaneado — Técnica de captación de datos que obtiene la información en documentos impresos (en papel o *mylar*) y los convierte en una imagen digital por medio de un dispositivo óptico sensible a la luz. Para los datos cartográficos, el escaneado puede usarse como opción al ingreso de datos mediante digitalización. Después de escanear un mapa, los datos se convierten al formato vectorial con ayuda de un programa de conversión cuadrícula-vector o el trazado de puntos y líneas en la pantalla.

Esfera — Cuerpo en forma de globo similar a una pelota. En su aproximación más simple, la Tierra es una esfera, pero en realidad se representa en forma más exacta como un esferoide (véase Elipsoide).

Estación de base — Receptor de GPS cuya ubicación se ha determinado con precisión y exactitud, y que emite y/o recibe información diferencial acerca de los receptores móviles del sistema. Véase también GPS diferencial.

Estructura de datos — Aplicación de un modelo de datos que consiste en estructuras de archivos utilizados para representar diferentes características.

Exactitud — Grado en que una medición o representación concuerda con los valores verdaderos del mundo real. La determinación de los requisitos de exactitud y la elaboración de normas de exactitud figuran entre las primeras etapas de un proyecto de SIG. La exactitud no debe confundirse con la precisión, la cual se refiere a la capacidad de distinguir entre cantidades pequeñas en una medición. Por ejemplo, la ubicación de un punto puede medirse con precisión (digamos, con cinco dígitos decimales significativos) pero sin exactitud (digamos, a varios metros de su verdadera posición en el mundo real).

Exactitud lógica — Expresión utilizada para referirse al grado en que se representan correctamente las relaciones entre características geográficas en un mapa o en una base de datos de SIG (por ejemplo, adyacente a, conectado con). Una base de datos de SIG puede ser lógicamente exacta, aun si su exactitud en cuanto a las ubicaciones es limitada.

Exactitud posicional — Expresión utilizada para denotar el grado de corrección con que se registran las posiciones en un mapa o en una base de datos de SIG, en comparación con su ubicación real en la superficie de la Tierra. En cambio, la exactitud lógica se refiere solamente a la representación correcta de las relaciones entre características geográficas.

Fenómenos geográficos continuos — Variables geográficas que varían sin discontinuidades ni interrupciones distinguibles, por ejemplo, la temperatura o la presión atmosférica, a diferencia de los fenómenos geográficos discretos.

Fila — En un SIG, grupo de casillas o píxeles de una base de datos en forma de grilla o cuadrícula que están alineadas horizontalmente. En los sistemas de gestión de bases de datos, es un registro o instancia de un cuadro de atributos.

Formato de archivos de imagen rotulada (TIFF) — Formato estándar de imagen o archivo en cuadrícula que puede almacenar imágenes en blanco y negro, en escala de grises o de color, comprimidas o no. Los escáneres y otros dispositivos que crean imágenes muchas veces proporcionan sus productos en for-

mato TIFF. En un SIG, Geo-TIFF se define como un archivo de imagen TIFF estándar que describe una imagen obtenida mediante la teleobservación, una ortofotografía digital o un conjunto de datos en cuadrícula. Incluye un archivo asociado con una extensión *.tfw* que contiene información sobre la referencia geográfica de la imagen, el tamaño de la casilla en unidades del mundo real y otra información pertinente.

Formato de datos — Por lo general, denota un conjunto específico, posiblemente bajo licencia, de estructuras de datos dentro de un sistema de programas informáticos.

Formato de intercambio de dibujos (DXF) — Formato de ASCII para describir un gráfico o dibujo, elaborado por Autodesk, Inc. (Sausalito, California). Se desarrolló inicialmente para las aplicaciones de CAD, aunque se ha convertido en una norma estándar para el intercambio de datos de SIG.

Formato de productos vectoriales (VPF) — Formato de SIG en vectores elaborado por la National Map and Imagery Agency de los Estados Unidos (antes Defense Mapping Agency) con la intención de que se convierta en un formato universal de intercambio de datos en forma de vectores.

Fotografía aérea — Técnicas para tomar fotografías desde una plataforma aérea, por lo general una aeronave que vuela a poca altura. También se denomina fotografía vertical u ortofotografía. Las fotos aéreas se usan para la cartografía fotogramétrica porque posibilitan un alto grado de exactitud.

Fotogrametría — Arte y ciencia de extraer mediciones y otro tipo de información a partir de las fotografías. En el marco de la cartografía, son los procedimientos para reunir información sobre características del mundo real a partir de fotografías aéreas o de imágenes satelitales.

Galileo — Sistema que será preparado por la Unión Europea como alternativa del GPS. Constará de 30 satélites y 2 estaciones terrestres. A nivel del usuario, será compatible con el sistema GPS de los Estados Unidos.

Generalización — véase Generalización cartográfica.

Generalización cartográfica — Procedimiento de abstracción de las características del mundo real mediante la reducción de sus detalles para representarlas en un mapa. Entraña selección, clasificación, simplificación y simbolización.

Geocodificación — *a)* Procedimiento por el cual se asignan códigos geográficos a las características en una base de datos digital; *b)* Función de SIG que determina una ubicación puntual sobre la base de una dirección postal. Véase también Comparación de direcciones.

Geoespacial — Término que a veces se utiliza para describir información de índole geográfica o espacial.

Geometría de coordenadas (COGO) — Expresión utilizada por los topógrafos y agrimensores para referirse a las mediciones precisas de las ubicaciones.

Georreferenciamiento — Procedimiento por el cual se determina la relación entre las coordenadas en papel y las del mundo real. Es necesario realizar este procedimiento después de la digitalización, por ejemplo, para convertir las coordenadas en papel medidas en unidades de digitalización (centímetros o pulgadas) al sistema de coordenadas del mundo real que se empleó para dibujar el mapa fuente. Véase también Transformación.

Geo-TIFF — véase Formato de archivos de imagen rotulada.

Grilla — Modelo de datos geográficos que representa la información como un arreglo de casillas cuadradas uniformes. Cada casilla tiene un valor numérico que se

refiere al valor real del fenómeno geográfico en ese lugar (por ejemplo, la densidad de población o la temperatura), o indica una clase o categoría (por ejemplo el identificador de la zona de empadronamiento o el tipo de suelo). Véase también Cuadrícula.

Grupo Mixto de Fotografía de Expertos (Joint Photographic Experts Group) (JPEG)

— Formato de archivos gráficos utilizado, sobre todo, para imágenes fotográficas; posibilita comprimir considerablemente el tamaño del archivo.

Hidrografía — Características relativas a las aguas superficiales, como lagos, ríos, canales, etcétera.

Hipsografía — Características relativas al relieve o la altitud del terreno.

Imagen — Representación de una parte de la superficie terrestre. Una imagen por lo común se produce mediante un dispositivo de observación óptico o electrónico. Por ejemplo, las fotografías aéreas escaneadas o los datos obtenidos mediante la teleobservación suelen denominarse imágenes. En términos de almacenamiento y procesamiento de datos, una imagen es muy similar a una cuadrícula o grilla.

Imagen multiespectral — Conjunto de datos obtenidos mediante teleobservación, que consiste en varias bandas o capas, esencialmente imágenes separadas de la misma zona tomadas al mismo tiempo, cada una de las cuales muestra la señal emitida dentro de un intervalo distinto del espectro electromagnético.

Imagen pancromática — Imagen obtenida mediante la teleobservación, que registra la señal en un intervalo amplio del espectro electromagnético, similar a las fotografías en blanco y negro.

Imagen satelital — Conjunto de datos digitales registrados desde un satélite en órbita terrestre, ya sea fotográficamente o por medio de un escáner en el satélite. En un SIG, esta imagen es similar a un conjunto de datos en forma de cuadrícula o grilla.

Índice espacial — Cuadro o estructura dentro de una base de datos geográficos utilizada por un SIG o un sistema de gestión de bases de datos para acelerar las consultas, las operaciones analíticas y la visualización de las características espaciales.

Información catastral — Registros que describen los derechos e intereses pasados, presentes y futuros en materia de propiedad de la tierra, con fines impositivos y jurídicos. Los mapas catastrales muestran la ubicación geográfica y el tamaño de las parcelas de tierra. En muchos países se utilizan ahora programas de SIG para almacenar la información de los reconocimientos catastrales. También se denomina información sobre la adjudicación de títulos de propiedad de parcelas.

Infraestructura — Sistema de obras públicas de un país, estado o región, incluidos los caminos, las líneas de transmisión y los edificios públicos.

Infraestructura de los datos espaciales — véase Datos marco.

Integración — En un SIG, procedimiento por el cual se compila un conjunto coherente de datos espaciales a partir de fuentes heterogéneas. La integración vertical se refiere a la capacidad de un SIG para combinar diferentes capas de datos que están referenciados en el mismo sistema de coordenadas.

Integración vertical — véase Integración.

Interacción espacial — Interdependencia entre las entidades geográficas. Con frecuencia se refiere a la corriente de bienes, servicios, información o personas entre distintas ubicaciones geográficas. El análisis de la interacción espacial es importante en el estudio de la migración humana.

Internet — Sistema mundial de redes informáticas interconectadas que posibilita la prestación de servicios de comunicación de datos, como conexión remota,

transferencia de archivos, correo electrónico, boletines y grupos de noticias. Es el fundamento de la *World Wide Web* (www).

Interpolación — Procedimiento por el cual se estima el valor de una variable en una determinada ubicación, sobre la base de valores medidos en ubicaciones aledañas. Se utiliza para producir un conjunto completo de datos en forma de grilla a partir de información puntual de muestra, como por ejemplo una superficie de precipitación pluvial a partir de datos provenientes de estaciones pluviométricas.

Interpolación de zonas — Transferencia de un atributo desde un conjunto de zonas informantes a otro conjunto incompatible; por ejemplo, la estimación de los totales de población en regiones ecológicas, sobre la base de un conjunto de datos de SIG de la población por distrito.

Intersección — Función de SIG que se emplea para integrar o combinar topológicamente dos capas de datos espaciales, de modo que sólo se conserven las características ubicadas en la zona que es común a ambas.

Isolínea — Líneas sobre un mapa denominado isorrítmico que conectan puntos de valor constante. El ejemplo más conocido es la isohipsa, que muestra líneas de igual altitud (también denominado “mapa de curvas de nivel”).

Java — Lenguaje de programación que posibilita crear programas ejecutables en múltiples plataformas (es decir, sistemas operativos). Los programas de Java, denominados *applets*, pueden enviarse o recibirse a través de la Internet y ejecutarse en una computadora remota.

Jerarquía geográfica — En el contexto de la cartografía censal, por lo general se refiere a un sistema de zonas insertadas o encajadas que se diseñó con fines administrativos o de reunión de datos. Por ejemplo, un país se divide en provincias, que se dividen en distritos, y así sucesivamente hasta el nivel más bajo, que puede ser la zona de empadronamiento. Véase también Marco geográfico censal.

Latitud — La “coordenada *y*” de un sistema de coordenadas polares en una esfera. Se mide como la distancia angular en grados al norte o sur del Ecuador. Se determina según el paralelo.

Lenguaje estructurado para consultas (SQL) — En los sistemas de gestión de bases de datos relacionales, sintaxis estándar que se utiliza para definir, manipular y extraer los datos.

Leyenda — En cartografía, la información que explica los símbolos utilizados para las características y variables representadas en el mapa. Incluye la lista de símbolos necesaria para interpretar el mapa, por ejemplo, los colores y los correspondientes intervalos de valores de un mapa de densidad de población.

Límite — Línea de contorno que define la extensión de una superficie o los lugares donde se adosan dos zonas. En un SIG, los límites se representan como líneas, que pueden definir un lado de un polígono. Los límites pueden ser visibles o invisibles sobre el terreno, es decir, pueden ser correlativos de ciertas características del mundo real, como caminos o ríos, o pueden estar definidos solamente mediante coordenadas geográficas.

Línea — Objeto unidimensional; tipo de dato geográfico que consiste en una serie de coordenadas *x, y*, donde la primera y la última coordenadas se denominan nodos y las intermedias se denominan vértices. También se conoce como arco o cadena. La parte de una línea entre dos intersecciones con otra línea se denomina segmento de línea o de arco.

Línea en polígono — Operación de SIG donde se combinan características de líneas con las de polígonos para determinar qué líneas caen en qué polígonos. Con esta operación, los atributos de los polígonos pueden agregarse a cada registro correspondiente en el cuadro de atributos de las líneas (por ejemplo, el distrito en que cae una calle), o los atributos en forma de línea pueden resumirse para cada polígono correspondiente (por ejemplo, la longitud total de un camino en un distrito).

Línea incompleta — En digitalización, línea que no se ha extendido hasta el punto donde debería conectarse con otra línea.

Longitud — La “coordenada x ” de un sistema de coordenadas polares en una esfera; se mide como la distancia angular en grados al este u oeste del meridiano de Greenwich.

Mapa — Representación de alguna parte de la superficie terrestre, dibujada sobre una superficie plana, como un papel o la pantalla de una computadora.

Mapa básico — Mapa que muestra las características geográficas fundamentales que pueden usarse como referencia de la ubicación de una característica, como por ejemplo, caminos, límites administrativos y asentamientos. Se utiliza para compilar nuevos datos geográficos, o para referencia cuando se visualiza la información de un mapa temático.

Mapa boceto — Mapa (muchas veces dibujado a mano) que muestra las características principales de una zona dada, pero que puede no ser demasiado exacto en cuanto a posición y, por este motivo, tal vez no represente correctamente las distancias y dimensiones de los objetos. Sin embargo, puede tener un alto grado de exactitud lógica, en el sentido de que representa correctamente las relaciones entre los objetos. También se denomina mapa esquemático o mapa “*cartoon*”.

Mapa coroplético — Mapa estadístico donde los valores registrados para las unidades informantes se asignan primero a una cantidad discreta de gamas de clases o categorías. Luego, las unidades se somborean con colores o tramas, a manera de símbolos para cada categoría.

Mapa de corrientes — Mapa donde se muestran desplazamientos o movimientos, por ejemplo de bienes o de personas, sobre un curso lineal.

Mapa de puntos — Mapa donde las cantidades o densidades se representan por medio de puntos. En general, cada punto representa una cantidad definida de objetos discretos, como personas o ganado. Los puntos pueden ubicarse al azar en las unidades informantes o de modo de reflejar la verdadera distribución subyacente de la variable.

Mapa de referencia — En el marco de la cartografía censal, producto cartográfico (en papel o digital) que muestra alguna porción del marco geográfico del censo, por ejemplo, las unidades de recopilación de datos o de difusión estadística.

Mapa esquemático — véase Mapa boceto.

Mapa planimétrico — Mapa que, a diferencia del topográfico, solamente muestra las ubicaciones de las características, pero no su altitud. Puede mostrar las mismas características que un mapa topográfico, con excepción de las curvas de nivel o de altitud, pero por lo general solamente mostrará características seleccionadas para fines específicos.

Mapa temático — Mapa que presenta un concepto, materia o tópico específico. Puede mostrar información cuantitativa o cualitativa.

- Mapa topográfico** — Mapa que contiene principalmente características del mundo real, como curvas de nivel, ríos, caminos, asentamientos e hitos importantes. Los mapas estándares que producen los organismos nacionales de cartografía normalmente son topográficos.
- Marco geográfico censal** — Unidades geográficas informantes y de recopilación de datos que usa una oficina de censos en las tareas de empadronamiento y tabulación de datos. Incluye la estructura jerárquica del censo y las unidades administrativas, sus designaciones y códigos, y las relaciones entre las diferentes unidades.
- Material fuente** — Datos e información de cualquier tipo utilizados para compilar un mapa o una base de datos de SIG. Pueden incluir observaciones en el terreno, fotografías terrestres o aéreas, imágenes satelitales, bocetos, mapas temáticos, topográficos, hidrográficos, hipsográficos, mapas boceto y dibujos, información tabular y notas escritas que se relacionan con las características geográficas naturales y las construidas por el hombre.
- Mercator Transversal Universal (UTM)** — Proyección cartográfica cilíndrica que se utiliza con frecuencia en mapas en escala grande (es decir, locales).
- Meridiano** — Línea de referencia que se define por su correspondiente longitud, como el meridiano de Greenwich.
- Meridiano central** — Longitud que define el origen de la coordenada x de una proyección cartográfica.
- Meridiano de Greenwich** — Longitud de referencia, es decir 0° este u oeste, que pasa por la ciudad inglesa de Greenwich, en las afueras de Londres.
- Metaarchivo informático de gráficos (Computer Graphics Metafile) (CGM)** — Formato estándar de archivo para intercambiar imágenes o datos vectoriales.
- Metadatos** — Datos sobre los datos. Información que describe el contenido, la calidad, la condición, el formato, la evolución y cualquier otra característica pertinente de un conjunto de datos.
- Modelo de colores** — Procedimiento para representar colores en forma numérica en una computadora. Por ejemplo, en el modelo RGB, los colores se representan como niveles numéricos de rojo, verde y azul. El rojo puro se define como 255,0,0. Otros ejemplos de modelos de color son el de tonalidad y saturación de luminosidad (HLS) y el modelo azul oscuro, solferino y amarillo (CMY).
- Modelo de datos** — Diseño conceptual por un usuario de un conjunto de datos que describe las entidades de la base de datos y las relaciones entre ellas.
- Modelo digital de la altitud (DEM)** — Representación digital de información sobre la altitud de una parte de la superficie terrestre. Generalmente, es un conjunto de datos en forma de cuadrícula, donde los valores de la altitud se almacenan en casillas de una grilla pequeña, pero también pueden usarse formatos vectoriales. A veces se denomina modelo digital del terreno.
- Modelo digital del terreno (DTM)** — véase Modelo digital de la altitud.
- Modelo entidad-relaciones** — Modelo de datos que define las entidades y las relaciones entre ellas, por ejemplo, entre las zonas de empadronamiento y las de supervisión.
- Modificación irregular** — Procedimiento por el cual se modifican de manera no uniforme la forma y ubicación de los objetos de una base de datos de SIG. Se utiliza con frecuencia para pasar una base de datos de un sistema de coordenadas desconocido a otro conocido. Los ajustes se definen especificando una gran cantidad de vínculos desde las ubicaciones del conjunto de datos original hasta los puntos correctos de control o de referencia correlativos en el sistema de coordenadas resultante.

- Multitrayectoria** — Error introducido en las lecturas del GPS como resultado de la reflexión y la dispersión de las señales en estructuras vecinas, como casas o árboles. Es un problema que se presenta principalmente en los reconocimientos de alta precisión.
- Nadir** — En fotografía aérea y teleobservación, punto sobre la superficie terrestre ubicado directamente debajo de una cámara o un sensor.
- Nodo** — Punto inicial o final de una línea, o punto en el que se conectan dos o más líneas.
- Nomenclátor** — Lista de nombres de lugares y sus ubicaciones geográficas (generalmente expresadas en latitud/longitud).
- Norma de transferencia de datos espaciales (SDTS)** — Norma de datos y metadatos que sirve para el intercambio de conjuntos de datos de SIG entre los productores y usuarios, y entre los sistemas informáticos y los formatos de archivo. Se han aplicado, o se han propuesto, muchas normas nacionales e internacionales.
- Normalización** — Procedimiento conceptual en el diseño de una base de datos compleja que elimina la redundancia estableciendo dependencias y relaciones entre las entidades. Reduce las necesidades de almacenamiento y evita la falta de coherencia en la base de datos.
- Normalización de datos** — Procedimiento por el cual se convienen definiciones comunes de los datos, formatos, representaciones y estructuras de todas las capas de datos y sus elementos.
- Normas** — En computación, conjunto de reglas o especificaciones establecidas por alguna autoridad que definen, por ejemplo, los requisitos de exactitud, los formatos de intercambio de datos, o los equipos o programas informáticos.
- Objeto geográfico** — Característica o fenómeno geográfico definido por el usuario que se puede representar en una base de datos geográficos, como por ejemplo las calles, las parcelas, los pozos y los lagos.
- Ortofotografía** — véase Ortofotografía digital.
- Ortofotografía digital** — Imagen digital o fotografía aérea, generalmente de muy alto grado de resolución, que se ha corregido geométricamente. También se la denomina ortoimagen, y combina el detalle de una fotografía aérea con la exactitud geométrica de un mapa topográfico.
- Paralelo estándar** — Latitud que define el origen de la coordenada *y* en una proyección cartográfica.
- Parcela** — Unidad catastral o de propiedad de la tierra.
- Píxel** — Elemento gráfico, similar a una casilla en una imagen, o en un mapa presentado en forma de cuadrícula.
- Placa** — En un SIG, término que a veces se utiliza para referirse a los mapas digitales adyacentes que se almacenan en archivos separados. Pueden tener forma regular (por ejemplo, cuadrada o rectangular) o límites irregulares, como los de un distrito o una provincia. Cuando se almacenan todas las placas en el mismo sistema de referencia geográfica, se pueden unir las placas adyacentes, transitoria o permanentemente.
- Plantilla** — En cartografía, diseño normalizado de elementos periféricos del mapa (bordes, líneas nítidas, flechas hacia el norte), que puede utilizarse para una serie de mapas normalizados. En los sistemas de gestión de bases de datos, es un cuadro vacío con fines múltiples, para el cual sólo se definieron los campos o elementos.

- Polígono** — Objeto bidimensional. Zona que se representa como una serie en secuencia de coordenadas x/y en un SIG en forma de vectores. Las coordenadas definen las líneas que encierran la zona, es decir, la primera y última coordenada de un polígono son idénticas.
- Postscript** — Lenguaje descriptivo flexible de alta resolución que se usa principalmente para enviar información gráfica, como mapas producidos por un SIG, a las impresoras. El formato *postscript* encapsulado (EPS) incluye una pequeña presentación de los gráficos para su vista preliminar en mapas de bits.
- Precisión** — Capacidad de distinguir pequeñas diferencias en las mediciones. En un SIG, la precisión de las coordenadas está determinada por el tipo de datos utilizados para almacenar las coordenadas x e y (por lo general, doble precisión, o 16 *bytes* por cada número).
- Protocolo** — Conjunto de convenciones que determinan el tratamiento, el intercambio y el formato de los datos en un sistema electrónico de comunicaciones; es similar a una norma para los datos, pero se aplica a los procedimientos.
- Protocolo de Control de Transmisión (TCP)** — Uno de los protocolos en que se basa la Internet.
- Protocolo de Internet (IP)** — El conjunto más importante de códigos y convenciones que posibilitan la transferencia de datos digitales por la Internet.
- Protocolo de transferencia de archivos (FTP)** — Conjunto estándar de convenciones para intercambiar archivos de datos en los sistemas de comunicación digital, como la Internet.
- Proyección cartográfica** — Procedimiento matemático para convertir las ubicaciones en la superficie terrestre a un sistema de coordenadas planas. Según la fórmula matemática que se utilice, las proyecciones tendrán diferentes propiedades. Algunas mantienen la forma de la región en la esfera terrestre, otras su superficie, las distancias o los ángulos relativos.
- Proyección conforme** — Proyección cartográfica donde todos los ángulos se conservan correctamente en cada punto.
- Proyección de área equivalente** — Proyección cartográfica donde todas las regiones están en proporción directa a las zonas del mundo real.
- Proyección equidistante** — Proyección cartográfica que mantiene la escala a lo largo de una o más líneas, o desde uno o dos puntos hasta todos los demás puntos del mapa.
- Punto** — Objeto de dimensión cero. En una base de datos geográficos digital, coordenada x, y , que se usa para representar características demasiado pequeñas para mostrarse como líneas o polígonos. Por ejemplo, viviendas, pozos o edificios se representan a menudo por medio de puntos.
- Punto de control** — En un mapa, en una fotografía aérea o en una base de datos digital, punto del que se conocen las coordenadas x, y , y posiblemente, también la altitud (z). Se usa para registrar geográficamente las características del mapa.
- Punto en polígono** — Operación de SIG en la cual los puntos se combinan con los polígonos para determinar qué puntos están dentro de cada polígono. Con esta operación, se pueden agregar atributos de los polígonos a cada registro correspondiente en el cuadro de atributos del punto (por ejemplo, información sobre una zona de servicios de salud para un punto de una muestra de una encuesta), o se pueden resumir los atributos de los puntos para cada polígono correspondiente (por ejemplo, la cantidad de hospitales en cada distrito).

- Radio** — Distancia desde el centro de un círculo hasta su borde externo.
- Rebase** — En digitalización, línea que se ha extendido y excedido el punto donde debería conectarse con otra línea. El segmento que rebasa a veces se denomina libre o colgante.
- Reconocimiento aéreo** — Reconocimiento cartográfico por medio de fotografías aéreas u otra forma de tecnología de teleobservación.
- Rectificación** — Procedimiento por el cual una imagen o grilla se convierte de coordenadas de imagen a coordenadas del mundo real. Generalmente implica la rotación y el establecimiento de una escala para las casillas de la grilla y por ello es necesario tomar nuevamente o interpolar los valores. Es similar a la transformación de los datos en forma de vectores.
- Red de área amplia (WAN)** — Red informática que conecta computadoras ubicadas a grandes distancias entre sí mediante enlaces de comunicación de alta velocidad, o de satélites.
- Red de área local (LAN)** — Red informática que conecta computadoras ubicadas a distancias relativamente cortas entre sí, por ejemplo, dentro del mismo edificio de oficinas.
- Registro** — Procedimiento por el cual se equiparan las características de dos mapas o capas de datos de SIG de modo tal que coincidan los objetos correspondientes. Se basa en una serie de puntos de control en el terreno y se relaciona con la transformación y la modificación irregular.
- Resolución** — Medida del detalle más pequeño que se puede distinguir en un mapa o en una base de datos digital. Determina la exactitud con la que se puede representar un lugar o una forma en un mapa a la escala dada. En los SIG en cuadrícula y en el caso de los datos de imágenes, el término resolución se utiliza a veces para referirse al tamaño de la casilla o del píxel.
- Retícula** — En cartografía, la grilla de longitudes y latitudes que se dibuja sobre un mapa.
- Satélite geoestacionario** — Satélite terrestre que permanece en una posición fija sobre un punto de la superficie terrestre. También se denomina satélite de órbita geosincrónica.
- Segmento de control** — Red mundial de estaciones de seguimiento y control del GPS, que aseguran la exactitud de las señales satelitales.
- Segmento del usuario** — Porción del GPS que incluye todos los tipos de receptores de señales del sistema GPS.
- Segmento espacial** — Parte del sistema mundial de determinación de posición que se encuentra en el espacio, es decir, los 24 satélites del GPS.
- Segundo de arco** — Un segundo de latitud o longitud, o 1/3.600 de grado.
- Separación de los colores** — Procedimiento por el cual se divide un documento gráfico en páginas o archivos independientes para cada uno de cuatro colores (azul oscuro, solferino, amarillo y negro). Es la base de casi todos los procedimientos profesionales de impresión.
- Servidor** — Computadora instalada para proporcionar determinados servicios a otras computadoras (clientes), por ejemplo, un servidor de web es un depósito central de datos, programas o contenidos para la *World Wide Web*.
- Símbolos** — En cartografía, los elementos de diseño utilizados para representar características cartográficas. Son puntos, líneas y polígonos de una determinada forma. La simbolización supone la elección de variables gráficas como forma, tamaño, color, trama y textura.

- Símbolos graduados** — En cartografía temática, dicese de símbolos (como los círculos o cuadrados) utilizados para representar distintas magnitudes de una variable en un punto o en una unidad informante. El tamaño del símbolo es proporcional al valor de la variable.
- Sistema de coordenadas** — Sistema de referencia que se utiliza en un mapa o en una base de datos SIG para especificar una ubicación o posición. Un sistema de coordenadas cartográficas se define por una proyección, un elipsoide de referencia, un meridiano central, uno o más paralelos estándares y los posibles desplazamientos de los valores de las coordenadas x e y .
- Sistema de coordenadas cartesianas** — Sistema de líneas que se intersecan en ángulos rectos en un espacio bidimensional. El sistema proporciona el marco para referenciar ubicaciones con precisión como coordenadas x/y .
- Sistema de coordenadas planas** — Sistema para determinar las ubicaciones en el cual dos grupos de líneas rectas se intersecan perpendicularmente y tienen como punto de origen una de estas intersecciones; véase Sistema de coordenadas cartesianas.
- Sistema de Gestión de Bases de Datos (DBMS)** — programa de computación diseñado para administrar y manipular datos tabulares. Se utiliza para el ingreso, almacenamiento, manipulación, recuperación y consulta de datos. La mayoría de los SIG usan un sistema de gestión relacional para manejar los datos de los atributos.
- Sistema de Gestión de Bases de Datos Relacionales (RDBMS)** — Sistema de gestión de bases de datos que posibilita la unión transitoria o permanente de cuadros de datos sobre la base de un campo común (con una clave primaria o externa). Cada fila, registro o instancia de la base de datos tiene un conjunto fijo de atributos o campos. Cada cuadro tiene una clave primaria que identifica cada registro de manera inequívoca. El cuadro también puede tener una clave externa, que es idéntica a una clave primaria de un cuadro externo. La unión relacional se logra equiparando los valores de la clave externa con los valores correspondientes de la clave primaria del cuadro externo.
- Sistema de información geográfica (SIG)** — Conjunto de equipos y programas informáticos, datos geográficos y personal reunidos para captar, almacenar, recuperar, actualizar, manipular, analizar y presentar información geográficamente referenciada.
- Sistema de reconocimiento del terreno (LIS)** — Expresión que a veces se utiliza para una aplicación de SIG que contiene información sobre una región específica, incluida información catastral, sobre uso de la tierra, sobre la cobertura terrestre, etcétera.
- Sistema Mundial de Determinación de Posición (GPS)** — Sistema de 24 satélites en órbita terrestre que emiten señales que pueden usarse para determinar la posición geográfica exacta sobre la superficie terrestre. Se usa mucho en cartografía, reconocimientos del terreno y navegación. Lo mantiene el Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Véanse también Galileo, GPS diferencial y GLONASS.
- Sistema Mundial de Determinación de Posición Diferencial (GPS diferencial) (DGPS)** — Conjunto de técnicas utilizadas para mejorar la exactitud de las coordenadas captadas por un GPS mediante el cálculo de la señal de error (desviación) captada por un segundo receptor de GPS (la estación de base) para un lugar que se ha determinado con precisión y exactitud. El factor de corrección se aplica a las coordenadas captadas por la unidad móvil, en tiempo real o bien en modalidad de procesamiento posterior (es decir, usando una base de datos

de información de corrección referenciada por tiempo). En algunas partes del mundo, se emite la información de corrección diferencial continuamente desde un conjunto de estaciones de base permanentes.

Sistema Mundial de Navegación Orbital por Satélite (GLONASS) — Homólogo del GPS de los Estados Unidos, conducido por el Ministerio de Defensa de la Federación de Rusia. Es muy similar al estadounidense, pero no está disponible selectivamente. Algunos receptores combinan las señales de ambos sistemas para mejorar la exactitud de las coordenadas.

Sistema Topológicamente Integrado de Referencias y Codificación Geográfica (TIGER) — Formato de datos elaborado por la Oficina de Censos de los Estados Unidos para respaldar programas de censos y encuestas. Los archivos TIGER son conjuntos de datos de SIG en formato interno que contienen conjuntos de direcciones postales siguiendo las líneas de las redes viales y sectores censales y los límites de las áreas censales. El sistema TIGER fue uno de los primeros intentos de crear una base digital de datos censales de SIG para un país.

Superficie — Término empleado con frecuencia para describir datos de SIG en cuadrícula o imagen para describir un fenómeno continuo y que varía gradualmente, como la altitud o la temperatura. Incluso la densidad de población se representa a veces como una superficie en cuadrícula.

Superposición — Combinación de dos capas de datos que se encuentran en el mismo sistema de referencia geográfica. Puede realizarse para visualizar mapas o, si se lo hace físicamente, para crear un nuevo conjunto de datos de SIG (por ejemplo, superposición de polígonos, punto en polígono, o línea en polígono).

Superposición de polígonos — Operación de SIG mediante la cual dos capas de datos en forma de polígono se combinan para crear una nueva capa, que contiene zonas de intersección de ambas capas. El cuadro de atributos de la nueva capa de datos incluye los atributos de los dos conjuntos de datos originales. La superposición es una de las operaciones fundamentales de los SIG, que se utiliza con frecuencia para integrar información proveniente de fuentes heterogéneas, como datos demográficos y datos ambientales.

Teleobservación — Procedimiento por el cual se adquiere información sobre un objeto desde una cierta distancia, es decir, sin contacto físico con él. Generalmente denota la adquisición de imágenes por medio de sensores satelitales o fotografías aéreas.

Tema — En un SIG, conjunto de objetos geográficos que generalmente pertenecen al mismo asunto (por ejemplo, caminos o asentamientos) y que se almacenan en la misma base de datos.

Tipo de datos — Característica de campo de las columnas en un cuadro de atributos, por ejemplo, carácter, coma flotante y entero.

Topología — En un SIG, término que se refiere a las relaciones espaciales entre características geográficas (por ejemplo, puntos, líneas, nodos y polígonos). Una base de datos estructurada en forma topológica no sólo almacena cada característica individual, sino que también almacena la forma en que las características se relacionan con otras de igual o diferente clase. Por ejemplo, además de un conjunto de líneas que representan una red de calles, el sistema almacenará los nodos que definen las intersecciones de las calles, lo que posibilita que el sistema determine las rutas a lo largo de varios segmentos de calle. O bien, un SIG estructurado en forma topológica almacenaría una línea por vez, junto con información sobre los polígonos que se encuentran a la izquierda y a la derecha de la línea, en lugar de almacenar los polígonos como figuras cerradas, caso en el cual se almacena-

rían dos veces los límites entre polígonos aledaños. Esto evita la redundancia y facilita la aplicación de muchas funciones de SIG y de análisis espacial.

Transformación — Conversión de datos espaciales digitales de un sistema de coordenadas a otro mediante traslación, rotación y determinación de una escala. Se utiliza para convertir datos digitalizados de mapas expresados en unidades de digitalización (por ejemplo, centímetros o pulgadas) a las unidades del mundo real, en correspondencia con la proyección cartográfica y el sistema de coordenadas del mapa fuente (por ejemplo, metros o pies). Véase también georreferenciamiento.

Trazador — Unidad periférica de una computadora que puede dibujar un archivo gráfico, similar a una impresora, pero generalmente utilizada para productos de formato más grande.

Unidad administrativa — Zona geográfica en la que se realizan determinadas funciones administrativas y de gobierno. Generalmente se define y establece por medio de disposiciones legislativas.

Unidad cartográfica mínima — Por lo general, el tamaño de la característica más pequeña que se incluirá en un mapa. Dada una escala, también es el tamaño o dimensión en la que un polígono pequeño y compacto se representa como un punto, o un polígono largo y angosto como una línea. Por ejemplo, una ciudad se muestra como un polígono si en la hoja su tamaño es mayor que 3 mm, pero como un punto si es más pequeña.

Unidad de superficie — Sector, natural o artificial, que generalmente se utiliza para compilar y notificar datos agregados, por ejemplo, las zonas con diferentes cubiertas de los suelos, o zonas de empadronamiento.

Unidad gubernamental — véase Unidad administrativa.

Unidades cartográficas — Las unidades de medición en que se guardan las coordenadas en una base de SIG; por ejemplo, centímetros y metros o grados, minutos y segundos.

Unión — En los sistemas de gestión de bases de datos relacionales, procedimiento por el cual se asignan valores de un cuadro de base de datos a otro cuadro, vinculando una clave externa con su instancia principal en el cuadro externo.

Vértice — Una de una serie de coordenadas x , y que define una línea. El primer y el último vértices normalmente se denominan nodos.

World Wide Web (WWW) — Red originalmente ideada por el Laboratorio Europeo de Física de las Partículas (CERN), en Suiza, como sistema para distribuir documentos electrónicos que se componen o apuntan a diferentes archivos de varios formatos ubicados en distintas partes del mundo. Los documentos se crean en el lenguaje HTML, que puede ser interpretado por los buscadores web en una computadora personal. Las ubicaciones de estos documentos HTML se definen por medio de vínculos o direcciones denominados Universal Resource Locators (URL). La WWW ha crecido rápidamente y se ha convertido en un cauce importante para distribuir documentos y datos. Los programas especializados de SIG posibilitan que los diferentes organismos ofrezcan mapas en la WWW. Por ejemplo, un usuario remoto puede diseñar y visualizar un mapa temático utilizando bases de datos de SIG ubicadas en el servidor de un organismo en la web.

Zona — Extensión bidimensional y delimitada de la superficie terrestre, que se representa como un polígono en un SIG.

Zona de amortiguación o zona tampón — Zona o superficie que cubre una distancia especificada alrededor de una característica geográfica (puntos, líneas o polígo-

nos). Las operaciones relativas a las zonas tampón constituyen una de las capacidades fundamentales de los SIG.

Zona de empadronamiento (ZE) — Por lo general, la unidad geográfica más pequeña para la cual se agrega, compila y difunde información censal. Se define por medio de límites demarcados en un mapa boceto o una base de datos de un SIG. Estos límites pueden ser visibles o invisibles en el terreno. También se denomina bloque censal o sector censal.

Pueden encontrarse otros glosarios y diccionarios en Padmanabhan *et al.* (1992), ASCE (1994), McDonnel y Kemp (1995) y Dent (1999). Algunos recursos en línea son los siguientes:

Canada Centre for Remote Sensing

www.ccrs.nrcan.gc.ca/

Geographer's Craft Project (Universidad de Texas)

www.colourado.edu/geography/gcraft/contents.html

GPS World magazine

www.gpsworld.com/gpsworld/static/staticHtml.jsp?id=8000&searchString=glossary

Oficina de Censos de los Estados Unidos

www.census.gov/dmd/www/glossary.html

Perry-Castañeda Library (Universidad de Texas)

www.lib.utexas.edu/Libs/PCL/Map_collection/glossary.html

United States Geological Survey

www.interactive2.usgs.gov/learningweb/explorer/geoglossary.htm

Anexo VII

Direcciones y URL útiles

Programas informáticos de SIG

Autodesk Inc.	San Rafael, CA	Autocad	www.autodesk.com
Bentley Systems Inc.	Huntsville, AL	MicroStation	www.bentley.com
ESRI, Inc.	Redlands, CA	ArcGIS, ArcInfo, ArcView, ArcExplorer, Atlas GIS	www.esri.com
Intergraph	Huntsville, AL	GeoMedia	www.intergraph.com
MapInfo Corp.	Troy, NY	MapInfo GIS	
Microsoft Corp.	Redmond, WA	MapPoint	www.microsoft.com
Oracle Corp.	Redwood Shores, CA	Oracle Spatial	www.oracle.com
Proyecto de programas informáticos de la División de Estadística de las Naciones Unidas	Nueva York, NY	PopMap	www.un.org/Depts/unsd/softproj/index.htm
Siemens	Múnich, Alemania	SICAD Spatial Desktop	www.siemens.com
Smallworld Systems Inc.	Englewood, CO		
PCI Geomatics Group	Richmond Hill, Ontario, Canadá	SPANS and PAMAP	www.pci.on.ca
ThinkSpace Inc.	London, Ontario, Canadá	MFWorks	www.thinkspace.com
Vision* Solutions	Ottawa, Ontario, Canadá	Vision*	

Programas informáticos especializados

Blue Marble Geographics	Gardiner, ME	Instrumentos coordinados de desarrollo de gestión y de SIG	www.bluemarblegeo.com
Caliper Corp.	Newton, MA	Mapitude, GIS+, TransCAD	www.caliper.com
Core Software Technology	Pasadena, CA	TerraSoar (bases de datos geoespaciales distribuidas), ImageNet (distribución de datos geoespaciales en línea)	www.coresw.com
Quantum GIS		Programas informáticos de fuente abierta	http://qgis.org
Thuban		Programas informáticos de fuente abierta	http://thuban.intevation.org
Open EV		Programas informáticos de fuente abierta	http://openev.sourceforge.net

Sistemas de teleobservación y de procesamiento de imágenes

Leica GeoSystems/Erdas	Atlanta, GA	ERDAS Imagine	www.erdas.com
Earth Resource Mapping	San Diego, CA	ER Mapper	www.ermapper.com
Clark Labs	Worcester, MA	Idrisi GIS	www.clarklabs.org
MicroImages Inc.	Lincoln, NE	TNTmips	www.microimages.com
PCI Geomatics Group	Richmond Hill, Ontario, Canadá	EASI/PACE, OrthoEngine	www.pci.on.ca
Research Systems Inc	Boulder, CO	ENVI programas de visualización	www.rsinc.com

Imágenes satelitales de alta resolución y ortofotografía digital

GeoEye	Thornton, CO	Carterra e Ikonos, satélites	www.spaceimaging.com
Digital Globe	Longmont, CO	QuickBird y EarlyBird, satélites	www.digitalglobe.com
Orbital Imaging Corp.	Dulles, VA	Orbimage, satélites	www.orbimage.com
EROS Data Center	Sioux Falls, SD		
SPOT Image		SPOT, satélites	www.spot.com
Maps Geosystems	Múnich, Alemania	Reconocimientos aéreos (África, Oriente Medio)	www.maps-geosystems.com
EarthSat	Rockville, MD	Servicios satelitales y cartográficos	www.earthsat.com

Sistemas mundiales de determinación de posición

Magellan Corp.	Santa Clara, CA		www.magellangps.com
Ashtech	Santa Clara, CA		www.ashtech.com
NovAtel Inc.	Calgary, Alberta, Canadá		www.novatel.ca
Sokkia Corp.	Overland Park, KA		www.sokkia.com
Trimble Navigation Ltd.	Sunnyvale, CA		www.trimble.com
Garmin			

Publicaciones periódicas

<i>GeoWorld, GeoAsia, GeoEurope, GeoInformation Africa, Mapping Awareness, Business Geographics</i>	GeoWorld, Fort Collins, CO		www.geoplace.com
<i>GPS World</i>			www.gpsworld.com
<i>International Journal of Geographical Information Science</i>	Taylor & Francis, Londres, Reino Unido		
<i>GeoInfosystems</i>	Advanstar Pub., Eugene, OR		
<i>Journal of the Urban and Regional Information Systems Association</i>	URISA, Park Ridge, IL		http://www.urisa.org/
<i>ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing</i>			www.itc.nl/isprsjournal

Temas diversos

National Center for Geographic Information and Analysis	Santa Barbara, CA	Centro de investigación de SIG	www.ncgia.ucsb.edu
International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC)	Enschede, Países Bajos	Cursos de capacitación en SIG	http://www.itc.nl/
European Umbrella Organization for Geographic Information (EUROGI)	Países Bajos		www.eurogi.org
U.S. Federal Geographic Data Committee	Reston, VA		www.fgdc.gov
Permanent Committee on GIS Infrastructure for Asia & the Pacific			www.permcom.apgis.gov.au/
Odyssey		Publicaciones de SIG	
ESRI GIS jump station		Vínculos con aplicaciones de SIG alrededor del mundo	
GeoWorld business links			