

9-9-2017

Introducción a los SIG para futuras aplicaciones ambientales

Néstor Alfonso Mancipe Muñoz

Mayerling Sanabria Buitrago

Universidad de La Salle, Bogotá, msanabria@unisalle.edu.co

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/edunisalle_medioambiente

Recommended Citation

Mancipe Muñoz, Néstor Alfonso and Sanabria Buitrago, Mayerling, "Introducción a los SIG para futuras aplicaciones ambientales" (2017). *Medioambiente*. 4.

https://ciencia.lasalle.edu.co/edunisalle_medioambiente/4

This Libro is brought to you for free and open access by the Catálogo General at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Medioambiente by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

AC 121

Introducción a los SIG

para futuras aplicaciones ambientales

Néstor Alonso Mancipe Muñoz
Mayerling Sanabria Buitrago

ISSN: 1900-6187

© Primera edición: septiembre de 2017

Oficina de Publicaciones

Sede Chapinero, Cra. 5 # 59A-44

Bogotá, Colombia

PBX: 3 48 8000 exts.: 1224 y 1225

publicaciones@lasalle.edu.co

<http://www.lasalle.edu.co>

Dirección editorial

Guillermo Alberto González Triana

Coordinación editorial

Andrea del Pilar Sierra Gómez

Corrección de estilo

John Fredy Guzmán V.

Diagramación

Martha Cadena

Carátula

Andrea Julieth Castellanos

Impresión

Xpress Estudio Gráfico y Digital S. A.

Agradecimientos

Agradecemos a los estudiantes del semillero SIGMMA por su apoyo en el diseño y la verificación de las guías incluidas en la obra:

Diana Carolina Araque Tamayo

Juan David Bastidas Sánchez

María Paula Bravo Orozco

Ruddy Vanessa Celis Cáceres

Jaime Andrés Gámez Falla

Francy Piracoca Perilla

Sergio David Moreno Rincón

Karen Andrea Osorio Useche

CONTENIDO

Introducción	9
Los SIG en aplicaciones ambientales	10
Capítulo I. Información conceptual	13
Elementos de un dato geográfico	15
Funciones de un SIG	16
<i>Captura</i>	17
<i>Almacenamiento</i>	17
<i>Análisis</i>	19
<i>Visualización de productos</i>	20
Generalidades de la herramienta ArcGIS®	21
Programa para las prácticas de esta guía	22
<i>Tipos de licencia</i>	22
<i>Interfaces</i>	23
<i>Extensiones</i>	24
Capítulo II. Guías prácticas sobre ArcGIS®	25
Instalación de archivos	25
Ejercicio 1: explorar los conceptos de SIG	26
<i>Paso 1: iniciar ArcMap</i>	26
<i>Paso 2: examinar algunas capas de entidades y su organización</i>	27
<i>Paso 3: identificar las relaciones entre las características geográficas</i>	29
<i>Paso 4: información descriptiva asociada con una capa</i>	30
<i>Paso 5: identificar las características específicas</i>	32
<i>Paso 6: seleccionar características geográficas sobre la base de ciertas condiciones</i>	34

Ejercicio 2: visualizar y presentar datos	38
Ejercicio 2A: visualizar datos	38
<i>Paso 1: iniciar las aplicaciones y añadir una capa de polígonos</i>	38
<i>Paso 2: añadir un servicio web WMS</i>	40
<i>Paso 3: añadir una capa de un archivo de forma poligonal</i>	46
<i>Paso 4: cambiar un nombre de capa</i>	48
<i>Paso 5: utilizar la consulta de definición</i>	49
<i>Paso 6: clasificar y simbolizar datos espaciales</i>	51
<i>Paso 7: características de la etiqueta</i>	55
<i>Paso 8: añadir una sombra a las etiquetas</i>	57
<i>Paso 9: crear un archivo de capa</i>	58
<i>Paso 10: crear un diseño plano con ayuda de la vista de composición</i>	59
<i>Paso 11: conjunto de la escala del mapa</i>	60
<i>Paso 12: guardar el documento de mapa</i>	62
<i>Paso 13: salir de ArcMap</i>	62
Ejercicio 2B: presentación de los datos	62
<i>Paso 1: iniciar ArcMap y abrir un mapa existente</i>	63
<i>Paso 2: agregar una leyenda</i>	64
<i>Paso 3: agregar una barra de escala</i>	68
<i>Paso 4: añadir una flecha hacia el norte</i>	71
<i>Paso 5: añadir un título y otro texto de información</i>	72
<i>Paso 6: agregar un borde y una pantalla de fondo a su mapa</i>	73
<i>Paso 7: mantener el equilibrio visual</i>	75
<i>Paso 8: añadir a su disposición mapa a otro documento (opcional)</i>	75
<i>Paso 9: salvar su documento de mapa y salir de ArcMap</i>	76
<i>Reto: añadir un sistema de referencia para su mapa</i>	76
Ejercicio 3: consultar la información de las capas	80
<i>Paso 1: iniciar ArcMap y abrir un documento existente</i>	80
<i>Paso 2: agregar información del mapa</i>	81



<i>Paso 3: identificar una característica</i>	82
<i>Paso 4: encontrar una característica específica</i>	84
<i>Paso 5: tomar medidas</i>	86
<i>Paso 6: hacer una selección por atributos</i>	87
<i>Paso 7: hacer una consulta espacial</i>	88
<i>Paso 8: examinar la selección en las tablas</i>	89
<i>Paso 9: calcular las estadísticas de la selección</i>	90
<i>Paso 10: crear una capa de la selección</i>	91
<i>Paso 11: guardar la capa en otro formato</i>	92
<i>Paso 12: guardar el documento y salir de ArcMap</i>	93
Ejercicio 4: georreferenciar datos	93
<i>Paso 1: reconocer y agrupar la escala del mapa</i>	93
<i>Paso 2: explorar cómo un sistema de proyección puede afectar la distancia</i>	95
<i>Paso 3: observar cómo la proyección de un mapa puede afectar un shape</i>	97
<i>Paso 4: examinar los datos de Bogotá</i>	98
<i>Paso 5: proyectar un shape</i>	98
Referencias	103
Anexo A. Uso de servicios web disponibles en el tema ambiental	105
Obtención de archivos del IDECA	105
Servicios WMS	108
<i>Obtener URL de los servicios WMS en el portal del IDECA</i>	108
<i>Secuencia para cargar el WMS en ArcMap</i>	111
Anexo B. Respuestas a secciones de preguntas	113



ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo I. Información conceptual

Figura 1. Componentes de un SIG	13
Figura 2. Composición de un dato geográfico	15
Figura 3. Funciones de un SIG	16
Figura 4. Representación de información SIG en formato vector y <i>raster</i>	18
Figura 5. Combinación de formatos de información en un SIG	20
Figura 6. Proceso de generación de productos cartográficos en un SIG	21

Capítulo II. Guías prácticas sobre ArcGIS®

Figura 1. Vista inicial de la interfaz ArcMap	26
Figura 2. Vista inicial, ejercicio 1	28
Figura 3. <i>Bookmark</i> del sector de estudio	30
Figura 4. Tabla de atributos de la capa <i>Vias_Candelaria</i>	31
Figura 5. Aplicación del <i>Map Tip</i> sobre la capa de ríos	34
Figura 6. Cuadro de diálogo de selección por atributos	35
Figura 7. Cuadro de diálogo de selección por ubicación	37
Figura 8. Localización del servicio GIS para conectar la <i>ortofoto</i> del IDECA	40
Figura 9. Ventana <i>ArcCatalog</i> para agregar el servicio WMS del IDECA	41
Figura 10. Vista desde <i>ArcCatalog</i> para agregar el servicio WMS	43
Figura 11. Vista desde <i>ArcMap</i> del servicio WMS agregado	43
Figura 12. Ajuste de la simbología de la capa agregada al archivo <i>ArcMap</i>	45
Figura 13. Resultado del ajuste de la simbología	45



Figura 14. Mapa resultante de paso 3, ejercicio 2A	47
Figura 15. Registro de la ventana de propiedades que se activa para cada capa	48
Figura 16. Cuadro de diálogo del <i>Query Builder</i>	50
Figura 17. Ventana de <i>Query Builder</i> con los registros contenidos en la columna “Valoración”	52
Figura 18. Edición de los valores de registro en la visualización de la capa	53
Figura 19. Cuadro de diálogo del <i>Layer properties</i>	54
Figura 20. Propiedades de visualización de registros de la tabla de atributos por capa	56
Figura 21. Edición de simbología del texto para mejora en visualización de etiquetas	58
Figura 22. Propiedades del tamaño del papel y la impresión desde <i>ArcMap</i>	60
Figura 23. Mapa resultante del ejercicio 2B	63
Figura 24. Ajuste desde la tabla de contenido a las propiedades de visualización	64
Figura 25. Leyenda creada desde la opción <i>Legend Wizard</i>	65
Figura 26. Cuadro de diálogo de <i>Legend Properties</i>	66
Figura 27. Leyenda resultante desde la opción <i>Legend Wizard</i>	67
Figura 28. Opciones de <i>Map Connection</i>	68
Figura 29. Cuadro de diálogo de <i>Scale Line Properties – Scale & Units</i>	70
Figura 30. Cuadro de diálogo para <i>Scale Line Properties – Numbers & Marks</i>	71
Figura 31. Propiedades de <i>Background</i> de la salida gráfica por crear	74

Figura 32. Ventana para exportar la salida gráfica a formatos de visualización genéricos	79
Figura 33. Opción <i>Data View</i> activa	80
Figura 34. Ventana de identificador de atributos	83
Figura 35. Ventana de buscador de información atributiva	84
Figura 36. Estructura de la consulta en la ventana <i>Selección por Atributos</i>	87
Figura 37. Ventana <i>Selección por Localización</i>	89
Figura 38. Registro del resumen estadístico	91
Figura 39. Ventana de inicio de <i>ArcMap</i>	94
Figura 40. Selección del área de trabajo	96
Figura 41. Herramienta del <i>ArcToolBox</i> para la proyección	100
Figura 42. Indicador de acción exitosa en la proyección	101
Figura 43. Acceso a la información del mapa de referencia para el Distrito Capital	107
Figura 44. Títulos disponibles para descarga del mapa de referencia del Distrito Capital	108
Figura 45. Directorio de servicios WMS	109
Figura 46. Instalación del servicio WMS en <i>ArcCatalog</i>	109
Figura 47. Ortofoto Bogotá 2014	110
Figura 48. Cobertura de la tierra del distrito capital	110
Figura 49. Redes de salud en Bogotá	111



INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, los sistemas de información geográfica (SIG) se han consolidado como una de las más importantes herramientas de trabajo para investigadores, ingenieros, analistas, planificadores y, en general, cualquier profesional que tenga como labor el manejo de información geográfica.

Actualmente, gran parte de la información estatal colombiana tiene que ver con datos georreferenciados. Por esta razón, en el país la eficaz y ágil toma de decisiones depende en gran parte del conocimiento, el manejo y la aplicabilidad que se tenga de este tipo de herramientas tecnológicas para el tratamiento de la información geoespacial.

Los SIG ofrecen a la comunidad académica una eficiente tecnología para comprender la realidad y resolver problemas concretos de manejo de territorio. Cuando los profesionales en el campo de las ciencias ambientales hacen uso de los SIG, desarrollan capacidades técnicas y mejoran las habilidades para tomar decisiones tendientes a prevenir o remediar los daños que se puedan generar en el ambiente.

Al desarrollar estas guías, el estudiante adquirirá los conocimientos necesarios para manejar información cartográfica en medios digitales y así optimizar procesos que conduzcan a minimizar el trabajo manual y, en muchos casos, subjetivo. El estudiante aplicará tecnologías de la información actuales que aseguren resultados coherentes y repetibles cuando así se requiera. De igual manera, el estudiante podrá representar los elementos del mundo real en diferentes niveles de información geográfica, a partir de los conceptos básicos de uso de la cartografía digital. Esto le permitirá generar habilidades en análisis espacial, fundamentales para adquirir información ambiental y tomar decisiones.

Estos apuntes de clase están orientados a desarrollar en los estudiantes habilidades de manejo de información geográfica en *software* especializado (ArcGIS®). Por ello, en este tomo se hace una introducción a los sistemas de información geográfica para que en futuras publicaciones, se puedan abordar directamente aplicaciones ambientales en plataformas tipo SIG. El tomo contiene dos capítulos. El primero,

denominado “Información conceptual”, direcciona al lector hacia la fundamentación conceptual de los sistemas de información geográfica, al tiempo que presenta las generalidades del *software* utilizado en estas guías y los diferentes tipos de licencias, interfaces y extensiones para el manejo de información geográfica en ArcGIS®.

El segundo capítulo, “Guías prácticas sobre ArcGIS®”, tiene cuatro módulos. Cada uno de ellos contiene de manera detallada las instrucciones para la formación práctica de los conceptos abordados en el primer capítulo. Cada módulo está organizado para que los estudiantes puedan desarrollar una secuencia de pasos que conduzca a la construcción de conceptos prácticos y la generación de habilidades en el manejo de la herramienta. Además, cada módulo contiene una evaluación asociada al tema tratado, para retroalimentar el proceso de aprendizaje. Esta evaluación podrá ser consultada en el Anexo B, de manera que al estudiante le sea posible contrastar las respuestas a las preguntas indicadas en cada guía.

Con este primer tomo se espera dar inicio a una serie de Apuntes de Clase que orienten a los estudiantes en el uso geoespacial de la información geográfica, que los lleve, a través de análisis intermedios y avanzados, a construir aplicaciones específicas de los SIG en los temas ambientales.

Los SIG en aplicaciones ambientales

Las aplicaciones de los SIG en temas ambientales se pueden observar actualmente en ámbitos académicos, gubernamentales y de consultoría. Aunque los SIG nacieron en 1960, fue hasta 1990 cuando se observó un crecimiento exponencial en su aplicación en diferentes ámbitos, gracias a los avances computacionales (Shami, 2005). La asociación y el uso de SIG en temas ambientales inician con fuerza al comienzo de los años noventa. Por ejemplo, Jack Dangermond creó el Instituto de Investigación de Sistemas Ambientales (ESRI, por sus siglas en inglés), que hoy en día es una de las empresas más prominentes en el mercado comercial de plataformas SIG. ESRI ha desarrollado múltiples herramientas para análisis ambiental basadas en sus plataformas SIG (más



conocida como ArcGIS®), las cuales se relacionan con el ordenamiento del territorio, los recursos naturales y la infraestructura ambiental.

Las aplicaciones más tangibles en temas ambientales están relacionadas con el mapeo, la modelación y la administración de recursos naturales. Aplicaciones SIG en el campo del recurso hídrico permiten simular procesos físicos, químicos y biológicos usando desde modelos determinísticos hasta modelos estadísticos. Allí, las tecnologías SIG brindan grandes ventajas cuando se estudian, por ejemplo, las cuencas hidrográficas, en actividades como la consecución de la segmentación, la identificación de áreas de drenaje, las redes de drenaje, la caracterización de la pendiente y el aspecto del terreno, la configuración de subcuencas y el transporte de la onda del flujo del agua. La obtención de estas actividades ha sido muy difícil mediante métodos convencionales, como mapas impresos e imágenes aéreas, los cuales podían incluir errores manuales, sin mencionar, grandes periodos de tiempo para su consecución (Lyon, 2003).

También se pueden encontrar aplicaciones en los campos de control de plagas, estimación de la biomasa residual, restauración de sistemas forestales, estudio de especies, control de incendios, cambios de uso del suelo, cambio climático asociado al cambio de cobertura, localización de pasivos ambientales, destino y transporte de contaminantes y estudios de impacto ambiental, que es la aplicación más frecuente de los SIG (Marín, 2016).

Nota:

Para el desarrollo de estas guías prácticas es necesario:

- Tener previamente instalado el *software* ArcGIS® versión 10.5 o superior.
- Acceder a las carpetas de ejercicios para lo cual tiene dos opciones:
 - 1) Descargarlas desde el siguiente enlace:
http://www.lasalle.edu.co/Guias_Apuntes_Clase/guias_apuntes_de_clase_introduccion_sig.zip

2) Instalarlas desde el mini CD adjunto al libro.

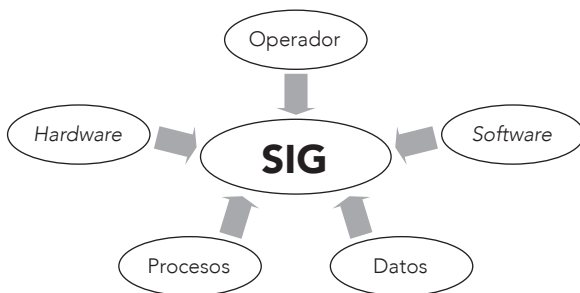
- Tenga en cuenta que para que los archivos carguen de manera correcta, las guías se deben descomprimir y copiar directamente en su unidad de disco duro (por lo general disco C:\) en una carpeta que se llame “GUIAS APUNTES DE CLASE”. El sistema ArcGIS® trabaja con conexiones a los datos, por lo que el cambio de ubicación de la carpeta donde están compilados los ejercicios crearía una interrupción con los vínculos entre los datos y los proyectos cartográficos generados como ejercicios para estas guías prácticas.
- Por otro lado, es importante indicar que los datos utilizados para el desarrollo de las guías han sido tomados del mapa de referencia de Bogotá, el cual está disponible en los servicios web de la Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital (IDECA); para su descarga e instalación, ver Anexo A.



INFORMACIÓN CONCEPTUAL

Definir un sistema de información geográfica (SIG) no es tarea fácil, pues muchos lo asocian al manejo de un programa especializado como ArcGIS®; sin embargo, el concepto va más allá. Para definir un SIG es fundamental integrar los cinco componentes referidos en la figura 1 (ESRI, 2016a):

Figura 1. Componentes de un SIG



Fuente: autores.

1. *El software.* Es fundamental tener un programa de computador especializado para el manejo de información espacial. Actualmente, en Colombia la mayoría de las compañías que manejan datos espaciales utilizan el *software* ArcGIS® de ESRI; sin embargo, existen también plataformas de *software* libre como GvSIG, Jump, Grass, Quantum GIS, Udig, entre otras.
2. *El hardware.* En general, para procesar datos geográficos de cualquier formato es necesario tener un equipo con buena capacidad de memoria y procesador, finalmente, es el *hardware* el que representa el soporte físico del SIG.
3. *Los datos.* Un sistema de información geográfica se diferencia de los demás sistemas de información por sus datos. Las bases de datos que se trabajan en un SIG son de tipo geográfico; es decir, existe una representación espacial de la información contenida en dicha base de datos, la cual puede ser explícita (a través de una coordenada o dirección) o implícita (a partir de un descriptor que represente la posición de un elemento).
4. *Los procedimientos.* Los datos existentes deben servir para generar mayor información, por lo que los procesos son los que definen las operaciones y tareas requeridas para producir nueva información. Es necesario entonces tener una serie de procedimientos sistemáticos habilitados para ser aplicados a los datos y producir conocimiento.
5. *El operador.* El recurso humano es tal vez el componente más importante para que un SIG exista, pues es el que da el engranaje de los componentes técnicos anteriores. El tener la última versión de *software*, el equipo más potente y toda una base de datos actualizada y disponible no garantiza el éxito de los SIG, pues todo depende de la habilidad del usuario. Para este componente es importante definir de manera clara los roles, pues es tan requerido el que administra y analiza los datos como aquel que da soporte a los canales de transmisión de datos.

La interacción de estos cinco componentes podría orientar la definición de los SIG como una combinación de recursos humanos y técnicos que, bajo procedimientos elaborados sobre *software* especializado,



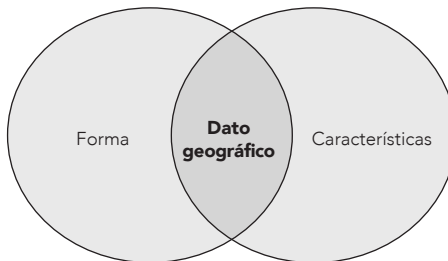
facilita la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado y representación de datos espacialmente referenciados para resolver problemas complejos de planificación y gestión (Centro Nacional para la Información y Análisis Geográfico [NCGIA], 2016).

Es común en cualquier tipo de SIG la ejecución de tareas como organización de datos, sustitución de mapas físicos a digitales, visualización de datos, acoplamiento de mapas temáticos, producción de mapas, incorporación de coordenadas, escalas gráficas y numéricas, textos y leyendas, consulta espacial, propiedades de un determinado objeto o lugar, análisis espacial, evidenciar patrones o establecer relaciones entre los datos, o predecir fenómenos asociados a la información (Peña, 2005). Por ello, los SIG son reconocidos como una herramienta fundamental para la toma de decisiones.

Elementos de un dato geográfico

Por otro lado, los datos espaciales sobre plataformas tipo SIG representan una ventaja adicional a la manipulación de información territorial sobre otros *software* de dibujo asistido a saber: la posibilidad de integrar en un solo archivo la información espacial con la temática o atributiva (Chang, 2004). En otras palabras, un dato geográfico a simple vista permite referir la forma y posición de los elementos que existen sobre un territorio, pero en un SIG es posible asociar directamente aquellas características que diferencian dicho dato (figura 2).

Figura 2. Composición de un dato geográfico



Fuente: autores.

Por tanto, un dato geográfico creado sobre plataforma SIG puede ser definido bajo los siguientes elementos (ESRI, 2016):

1. *Posición absoluta.* Todo elemento espacial es susceptible de tener una coordenada única que determina su localización; identificador único de posición de un elemento (coordenada X, Y).
2. *Posición Relativa.* Representa la ubicación de los elementos respecto a sus vecinos. La distribución de los elementos en un SIG está determinada bajo relaciones de vecindad. Por tanto, un dato geográfico, al ser una entidad espacio-temporal, se relaciona con los demás elementos del SIG bajo posiciones relativas.
3. *Forma.* Representación geométrica de cualquier elemento espacial.
4. *Atributos.* Descriptores asociados a una tabla que determina las características de cada elemento dentro de una capa geográfica.

Funciones de un SIG

Figura 3. Funciones de un SIG



Fuente: autores.



Los SIG son la representación simplificada sobre un computador de los objetos o fenómenos que existen en un espacio territorial; por ello, es posible definir ciertas funciones referidas al soporte tecnológico del SIG y otras al recurso humano que los opera, como se muestra en la figura 3.

Captura

Todo elemento que ocupe un lugar sobre el territorio es susceptible de ser georreferenciado y, por tanto, de ser manipulado en un SIG. En este sentido, las fuentes de información son muy amplias, pero se destacan:

1. *Los mapas análogos.* Cartografía generada en medios impresos¹.
2. *Los datos digitales.* Datos geográficos en diferentes formatos que pueden ser descargados de la web, gracias a servicios geográficos disponibles (Anexo A).
3. *Las coordenadas.* Es posible tener tablas de información que asocien en alguna columna el dato de una coordenada; esta información es susceptible de ser incorporada al SIG.
4. *Los datos de puntos GPS.* Actualmente, los equipos de geoposicionamiento global permiten descargar de manera directa los datos capturados en campo y asociarle a cada punto un descriptor.
5. *Base de datos no espaciales.* Es posible contar con información en tablas que no necesariamente refieran una coordenada, pero donde es posible identificar un descriptor de referencia espacial. Por ejemplo, tablas del DANE con registro de información por vereda, municipio y/o departamento.

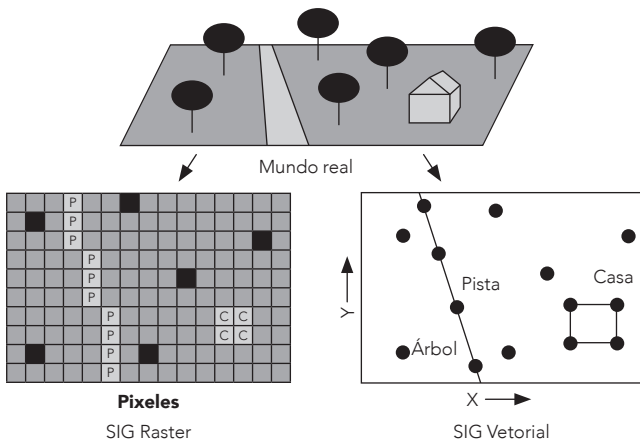
Almacenamiento

Para representar elementos espaciales sobre un computador existen dos formatos de almacenamiento, tal como lo refiere el Plan Ceibal (2012) (figura 4):

1 Los talleres de cartografía social utilizan mucho estas fuentes de información para integrar las comunidades rurales, sobre todo en las decisiones de ordenación de los territorios.

1. **Vector.** Los datos espaciales pueden representarse bajo los modelos vectoriales si son objetos discretos, y su forma está asociada a:
 - a) *Puntos.* Elemento espacial sin dimensión representado por un par de coordenadas.
 - b) *Línea.* Entidades que tienen una dirección y magnitud.
 - c) *Polígono.* Entidades utilizadas para representar superficies. Un polígono es un conjunto de líneas contiguas que forman un contorno.
2. **Raster.** Los formatos *raster* son otra forma de representar el territorio, sobre todo para objetos continuos; es decir, aquellos elementos o fenómenos que se manifiestan en un espacio geográfico que no obedecen propiamente a formas geométricas definidas, sino que su representación es muy dinámica. El ejemplo clásico es la distribución de la temperatura o de la precipitación en un lugar. En este sentido, los formatos *raster* representan un conjunto de celdas uniformes (píxeles) bajo un arreglo matricial, donde los valores de cada píxel definen las unidades espaciales que se reconocen en dicha matriz.

Figura 4. Representación de información SIG en formato vector y *raster*



Fuente: Centro Nacional de Información y Comunicación Educativa (CNICE, 2016).



Análisis

El análisis espacial es la característica número uno de los SIG, pues la capacidad de construir modelos de representación del mundo real en un computador es posible gracias a las posiciones relativas entre los elementos. Dichas posiciones relativas permiten realizar desde operaciones sencillas entre datos (p. e., calcular longitud de una línea, perímetros, áreas y volúmenes) hasta los análisis complejos (como redes de conducción, intersección de polígonos y análisis de modelos digitales del terreno) (Butler, 1988).

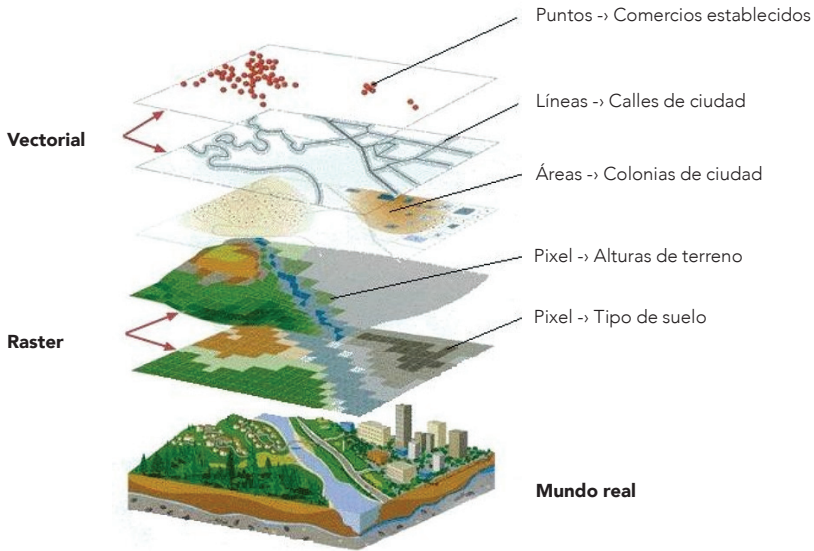
Algunos análisis de información sobre SIG son:

1. *Contigüidad*. Encontrar áreas en una región determinada.
2. *Coincidencia*: Análisis de superposición de puntos, líneas, polígonos y áreas.
3. *Conectividad*. Análisis sobre entidades gráficas que representen redes de conducción, tales como:
 - a) *Enrutamiento*. Cómo se mueve el elemento conducido a lo largo de la red.
 - b) *Radio de acción*. Alcance del movimiento del elemento dentro de la red.
 - c) *Apareamiento de direcciones*. Acople de información de direcciones a las entidades gráficas.
4. *Análisis digital del terreno*. Análisis de la información de superficie para el modelamiento de fenómenos geográficos continuos. Es el caso de los modelos digitales de terreno (DTM), donde la representación de una superficie se da por medio de coordenadas X, Y, Z, lo cual constituye la información básica para el análisis de superficies.
5. *Operación sobre mapas*. Uso de expresiones lógicas y matemáticas para el análisis y modelamiento de atributos geográficos. Estas operaciones son soportadas de acuerdo con el formato de los datos (*raster* o *vector*).
6. *Geometría de coordenadas*. Operaciones geométricas para el manejo de coordenadas terrestres por medio de operadores lógicos y aritméticos. Algunas de esas operaciones son: proyecciones

terrestres, transformaciones geométricas (rotación, traslación, cambios de escala), precisión de coordenadas, corrección de errores, etc.

Manejar un conjunto de elementos espaciales a la vez y sobreponerlos en un mismo visor permite analizar tendencias y determinar factores influyentes en una situación particular. Por tanto, los SIG se convierten en la herramienta por excelencia para organizar y agrupar la información geográfica, con miras a mejorar la toma de decisiones y la planificación de los recursos existentes en un área de interés (figura 5).

Figura 5. Combinación de formatos de información en un SIG



Fuente: Vernon County (s. f.).

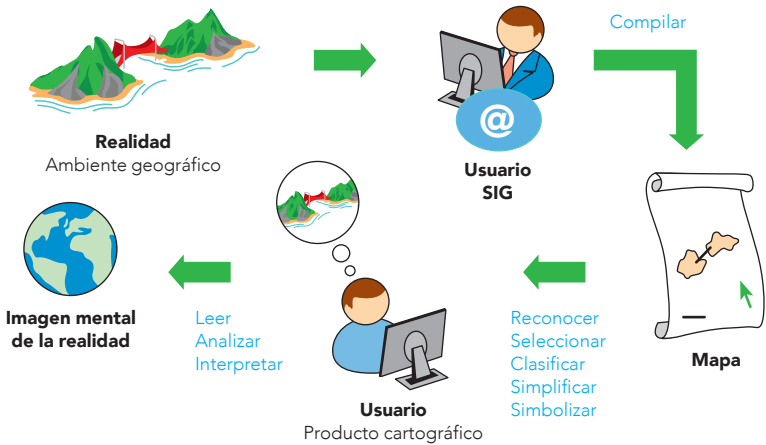
Visualización de productos

Aunque los resultados del SIG pueden ser cartográficos o temáticos (reportes de tablas e información alfanumérica), son los productos visuales los que enfocan los resultados del análisis espacial, pues permiten



ilustrar el resultado de una manera directa y contundente. La comunicación a través de los mapas es más efectiva que lo que puede lograr un reporte o una gráfica, pues le permite al receptor de la información generar una imagen mental clara y espacial de lo que se está presentando (figura 6).

Figura 6. Proceso de generación de productos cartográficos en un SIG



Fuente: autores.

Generalidades de la herramienta ArcGIS®

A pesar de que existen múltiples plataformas gratis o comerciales basadas en SIG, el objetivo de estos apuntes de clase es abordar de manera práctica los conceptos de un SIG desde la herramienta ArcGIS®, desarrollada por ESRI, compañía norteamericana de consultoría en temas de uso del suelo, fundada en 1969. La aplicación de ArcGIS® se ha extendido en las últimas décadas a desarrollar soluciones informáticas para todo tipo de industrias, servicios, problemas o retos que estén de alguna manera relacionados con el concepto SIG. ArcGIS® es el nombre general del catálogo de productos que se pueden operar en computadores de escritorio, portátiles, servidores y equipos móviles. También incluyen productos para desarrolladores y servicios web.

Los productos de ArcGIS® tienen como objetivo integrar, almacenar, editar, analizar y representar información geográfica para divulgar y facilitar la toma de decisiones. A continuación, se explican brevemente los productos ArcGIS®, los tipos de licencias para el producto ArcGIS® de escritorio y las interfaces contenidas en él.

Programa para las prácticas de esta guía

- a) *ArcGIS® para escritorio*. Es el producto más usado de ESRI. Se compone de tres interfaces: *ArcMap*, *ArcCatalog* y *Arctoolbox*. Estas interfaces le permiten al usuario llevar a cabo visualización, geoprocésamiento, análisis y representación de información geográfica.
- b) *ArcGIS® para servidores*. Es un servicio de internet que extiende las funcionalidades de ArcGIS® para escritorio y donde se puede interactuar en un ambiente como el de un navegador de internet. Es posible disponer la información generada en el ArcGIS® para ser consultada en cualquier plataforma y tipo de dispositivo.
- c) *ArcGIS® móvil*. Es una aplicación llamada *ArcPAD*, la cual puede ser manejada desde computadores de bolsillo y tabletas, donde se conjuga el poder de la herramienta con la adquisición de información en campo a través de GPS directamente sobre el SIG.
- d) *ArcGIS® para desarrolladores*. Es una aplicación que permite desarrollar nuevas aplicaciones sobre el ArcGIS® de escritorio o para servidores; su interfaz *ArcEngine* facilita los desarrollos.
- e) *ArcGIS® para la web (en línea)*. Son servicios de internet que pueden ser consultados para descargar o cargar mapas, servicios de geoprocésamiento y programas compartiendo información SIG desde la interfaz *ArcCatalog*.

Tipos de licencia

En la serie de productos ArcGIS® para escritorio están disponibles tres tipos de licenciamientos:

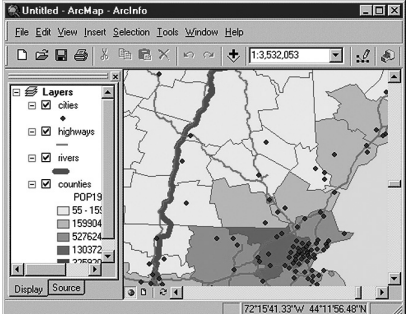


- a) *Básico*. Llamado anteriormente *ArcView*. Provee un acceso limitado de herramientas, lo cual le permite al usuario realizar operaciones básicas de información geográfica.
- b) *Estándar*. Llamado anteriormente *ArcEditor*. Esta versión, a un costo adicional, permite mayor capacidad de edición y manipulación de la información geográfica. Se destaca la edición y operación de formatos tipo *geodatabase* y la conversión de formatos vector a *raster*, y viceversa.
- c) *Avanzado*. Llamado anteriormente *ArcInfo*. A un costo adicional, provee acceso completo a las herramientas de análisis espacial, geoestadístico y topología² de la información para potencializar el análisis y la administración de esta.

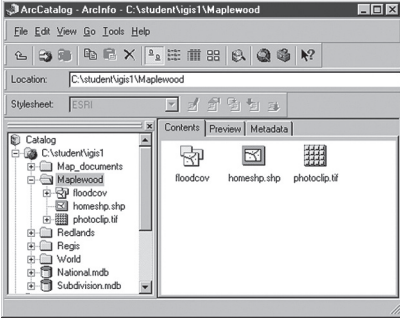
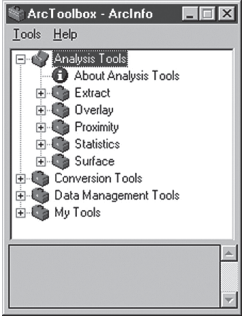
Interfaces

Teniendo en cuenta que los ejercicios prácticos de estos Apuntes de Clase han sido diseñados para ser ejecutados sobre ArcGIS® para escritorio, es importante describir brevemente las interfaces que lo componen (tabla 1).

Tabla 1. Interfaces de ArcGIS® para escritorio

Interfaz	Descripción	Visualización de interfaz
ArcMap	<ul style="list-style-type: none"> • Es la principal interfaz gráfica de ArcGIS® para escritorio. • Se usa para visualizar, editar, crear y analizar información geográfica. • Permite adicionalmente crear mapas. • Consta de dos secciones: la tabla de contenido y el marco de datos. 	 <p>The screenshot shows the ArcMap desktop environment. At the top is a menu bar with options: File, Edit, View, Insert, Selection, Tools, Window, Help. Below the menu is a toolbar with various icons for navigation and editing. The main window is divided into several panes: a 'Layers' pane on the left with a tree view showing 'cities', 'highways', 'rivers', and 'counties' (with a legend for 'POP19' showing categories like '95-15', '159904', '527624', '130572', and '95652'); a central map display area showing a geographical map with these layers overlaid; and a 'Display' pane at the bottom left. The status bar at the bottom right shows coordinates: 72°15'41.33"W 44°11'56.48"N.</p>

2 La topología estudia las propiedades de los cuerpos geométricos para garantizar su continuidad, conectividad, compacidad o metricidad.

Interfaz	Descripción	Visualización de interfaz
ArcCatalog	<ul style="list-style-type: none"> • Es una interfaz que permite explorar, organizar y administrar información SIG y bases de datos para ArcGIS® de escritorio. • Permite visualizar de manera rápida tanto la información geográfica como su correspondiente información tabular. 	
ArcToolbox	<ul style="list-style-type: none"> • Es la interfaz donde se pueden encontrar, manejar y ejecutar funciones (herramientas de geoprocésamiento) contenidas en las extensiones. • Todas las herramientas están contenidas en esta interfaz. • Presenta opciones para generar sus propias herramientas de geoprocésamiento, organizarlas y hasta compartirlas con otros usuarios. 	

Fuente: autores.

Extensiones

Las extensiones son un paquete de funciones (algoritmos) que ejecutan algún geoprocésamiento particular sobre información vector, *raster* o las bases de datos. Se pueden destacar extensiones como análisis espacial, 3D análisis, análisis de redes y análisis geoestadístico. Existen extensiones desarrolladas por ESRI o terceras partes que pueden ser gratis o de venta comercial.

