

VII Congreso Nacional de Ciencias  
**Exploraciones fuera y dentro del aula**

26 y 27 de agosto, 2005 INBioparque, Santo Domingo de Heredia, Costa Rica

## USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA COMO UNA HERRAMIENTA DE VISUALIZACIÓN Y ANÁLISIS EN LAS CLASES DE CIENCIAS Y ESTUDIOS SOCIALES

Jorge Fallas ([jfallas@racsa.co.cr](mailto:jfallas@racsa.co.cr))

Laboratorio de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica  
Instituto Internacional en Conservación  
y Manejo de Vida Silvestre (ICOMVIS-UNA)  
[www.icomvis.una.ac.cr](http://www.icomvis.una.ac.cr)

### Resumen

EL Sistema de Información Geográfica (SIG) es un área del conocimiento de los Sistemas de Información. Los programas informáticos y las computadoras son los elementos del SIG que permiten almacenar, visualizar y procesar geodatos. Una de las características particulares de dicho sistema es que permite visualizar las relaciones espaciales entre objetos digitales que representan la realidad. El presente taller tiene como objetivo describir ¿qué es un SIG? y cómo puede el docente utilizarlo en sus clases de ciencias y estudios sociales. También se compartirán las lecciones aprendidas de otros docentes de centros de educación en los Estados Unidos en el uso de esta tecnología. Finalmente, se propondrán algunas actividades prácticas que promuevan tanto en el profesorado como en los estudiantes un pensamiento crítico en el marco de un proceso de aprendizaje integral que permite la expresión de múltiples facetas de la inteligencia. Las ciencias y los estudios sociales son dos campos con un gran potencial para el uso de los Sistemas de Información Geográfica. En ambas materias el estudiante y el profesor interactúan con lugares, tiempos, seres vivos y su entorno, eventos naturales (Ej. temblores, lluvias, huracanes) que ocasionan impactos adversos en los seres humanos y sus bienes y la situación ambiental local, regional y mundial. Algunos de estos temas, aunque atractivos, pueden no despertar la atención del estudiante por la ausencia de medios audiovisuales que le permitan interactuar con los contenidos y de esta manera tratar de dar respuesta a sus propias preguntas e inquietudes.

### INTRODUCCIÓN

Los conceptos de espacio y ubicación son elementos inherentes de nuestra vida cotidiana. Por ejemplo, todos los días nos desplazamos desde la casa hasta el sitio de trabajo; para lo cual es necesario conocer a qué distancia y en qué dirección está la oficina con respecto a la casa para determinar el tiempo y ruta a seguir ( y en especial a qué hora debemos levantarnos!!). Por la tarde o noche, si deseamos visitar el supermercado es necesario saber donde estamos y donde está el supermercado. Con frecuencia los turistas preguntan ¿dónde está playa Conchal? o ¿A qué distancia está el Parque Nacional Santa Rosa? Estas preguntas son de naturaleza espacial y en la mayoría de los casos podemos responderlas utilizando nuestro “mapa mental”. Sin embargo ¿qué pasaría si le preguntaran por una dirección en Limón o en Guatemala?. Es muy probable que usted no podría responder pues su “base de datos mental” no posee información sobre dichos sitios. Por otro lado existen preguntas mas complejas como por ejemplo ¿Cuántas Zonas de Vida de Holdridge existen en el Parque

Nacional Guanacaste? ó ¿cuánto bosque existe en Guanacaste? que no pueden responderse sin utilizar mapas de papel y más recientemente mapas digitales y computadoras.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han transformado la percepción estática e "ilustrativa" de los mapas en un elemento activo o inteligente. El SIG es un conjunto de herramientas computacionales que los científicos, gerentes, ingenieros, profesores y ciudadanos utilizan para responder a preguntas de naturaleza espacial. Usted puede comparar el SIG con una calculadora muy poderosa que le permite realizar operaciones espaciales. Esta herramienta está diseñada para facilitar la recolección, almacenamiento, recuperación y procesamiento de datos georeferenciados a gran velocidad y con gran precisión. El SIG goza de gran aceptación en disciplinas tan diversas como las ciencias biológicas y naturales, la medicina, el mercadeo, la ingeniería y la navegación aérea, terrestre y marítima. Hasta 1980 la tecnología era un privilegio de los países desarrollados ó de las empresas transnacionales; sin embargo la revolución de las microcomputadoras trajo consigo una reducción en los precios del equipo y software.

La tecnología y la información son dos características de la sociedad actual que tenderán a acentuarse en el futuro. El acceso a herramientas tecnológicas es esencial para los profesores y estudiantes desde edades muy tempranas. En el presente taller se introduce al profesor(a) al tema de los Sistemas de Información Geográfica y a su utilización como un medio pedagógico en las clases de ciencias y estudios sociales. En el documento se tratan los siguientes temas: ¿Qué es un SIG?; ¿Porqué y para qué utilizar el SIG en la educación secundaria? y finalmente se describen algunas experiencias de centros educativos de países desarrollados. El autor espera que el presente trabajo motive a los educadores(as) a aventurarse en el mundo de los mapas digitales, las imágenes de satélite y las computadoras.

## **¿QUÉ ES UN SIG?**

Un Sistema de Información Geográfica es un conjunto de subsistemas que interactúan de manera integrada y que permiten automatizar, guardar, recuperar, analizar y visualizar geodatos. Un geodato es cualquier elemento de la realidad que posee una posición implícita o explícita. Por ejemplo, si usted cuenta el número de estudiantes por distrito ó caserío, se dice que dicho dato tiene una ubicación implícita; ya que su ubicación está referida al elemento "distrito" ó "caserío". Por el contrario, si usted registra la ubicación de su casa utilizando un receptor del Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en Inglés) entonces se dice que dicho elemento tiene una posición explícita; o sea posee sus propias coordenadas (latitud y longitud).

En el SIG pueden distinguirse los siguientes subsistemas:

- *Equipo/Periféricos*: Este componente incluye las computadoras, impresoras, cámaras digitales, monitores y similares.
- *Datos*: Los datos representan elementos de la realidad; por ejemplo casas, fincas, carreteras, población, embalses, etc.
- *Software*: Estos son los programas especialmente diseñados para el procesamiento de datos georeferenciados. Algunas de las compañías mas conocidas son ESRI ([www.esri.com](http://www.esri.com)), Intergraph ([www.intergraph.com](http://www.intergraph.com)), MapInfo (<http://www.mapinfo.com>) y Autodesk (<http://www.autodesk.es>).
- *Usuarios*: Los usuarios (as) son todas aquellas personas que utilizan el SIG; ya se a nivel personal (por ejemplo cuando se maneja un vehículo) o como parte de una empresa u organización.
- *Ambiente institucional*: Este componente representa a los administradores (Ej. Gerentes, directores, etc.) que toman las decisiones sobre aspectos tales como compra/actualización de equipo y programas; contratación de personal, etc.

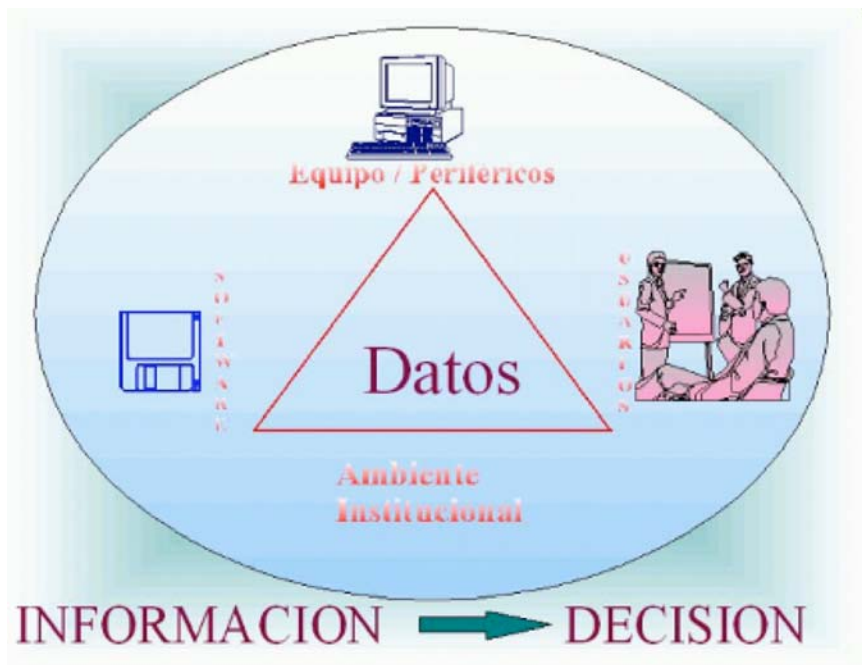


Figura 1: Subsistemas de un Sistema de Información Geográfica

### ¿PARA QUÉ SIRVE UN SIG?

El SIG fue diseñado para responder a preguntas de naturaleza espacial y esto lo diferencia de otras herramientas computacionales como las bases de datos, los procesadores de texto o

los programas de diseño gráfico. De manera genérica se puede pensar que el SIG permite dar respuesta a las siguientes preguntas:

**Localización** : ¿Dónde está ..?

Esta primera pregunta responde a la necesidad básica de todo ser humano de saber donde se encuentra algo. Por ejemplo, ¿donde está el INBIOPARQUE?

**Condición**: ¿Dónde puedo encontrar....?

Esta segunda pregunta requiere del análisis espacial para su respuesta; ya que nos interesa conocer donde se encuentra un lugar que reúne ciertas condiciones. Por ejemplo, donde está la laguna en el INBIOPARQUE?

**Tendencia**: ¿Cuánto ha cambiado el paisaje entre dos fechas?

Para responder a esta pregunta es necesario conocer el estado de un sitio en dos momentos en el tiempo. Por ejemplo, ¿Cuánto bosque se ha regenerado en el Parque Nacional Santa Rosa entre 1975 y 2005; ó ¿cuanto bosque se taló en la Zona Norte entre 1960 y 1970?

**Distribución**: ¿Cuáles son los patrones de distribución espacial?

Esta pregunta es la mas compleja e involucra el uso de datos y productos derivadas de las preguntas anteriores. Por ejemplo, podemos preguntarnos ¿cuál es el patrón espacial de los incendios forestales en Costa Rica y cuáles variables están asociadas a ellos?

**Modelado cartográfico**: ¿Qué pasa si...?

Este tipo de preguntas es típica de situaciones de incertidumbre o sea cuando no se conoce la totalidad de los datos-procesos para tomar una decisión. Por ejemplo, podemos preguntarnos ¿qué pasaría con la agricultura y la biodiversidad de Costa Rica si la temperatura media anual aumentara 2 C en los próximos 10 años; ó ¿cuál sería el impacto de una nueva erupción en el Volcán Irazú?.

En un SIG se pueden distinguir los elementos geométricos y sus atributos o propiedades. Por ejemplo, un punto puede representar una casa, un pozo de agua o fuentes de contaminación. Para cada uno de estos elementos geométricos existe una tabla que contiene los atributos o características de dicho punto. Por ejemplo en el caso de las fuentes de contaminación se podría registrar la propiedad en donde se encuentra, el nombre de su dueño,

el tipo de efluente, su volumen, periodicidad, toxicidad, etc. La mayoría de las compañías que desarrollan software en el área de SIG han creado interfases que le permiten al usuario vincular o asociar sus bases de datos a los elementos geográficos.

El análisis espacial (Ej. medición de distancias, áreas, sobreposición de capas de datos) constituye el corazón de un SIG. El procesamiento y análisis de información espacial es lo que diferencia a un SIG de otros sistemas de información o de diseño asistido por computadora (Ej. AutoCad, MicroStation). Mediante este componente el usuario puede visualizar sus datos, derivar nuevos datos basado en los mapas existentes y en la utilización de modelos matemáticos y /o operadores lógicos. El análisis de información espacial incluye aspectos tales como el cambio de escala, la clasificación de información, el combinar y sobreponer mapas, el determinar zonas de amortiguamiento alrededor de puntos, líneas y polígonos, el cambio de proyección y la corrección de distorsiones geométricas.

### **¿POR QUÉ ES UNA HERRAMIENTA DE ACTUALIDAD?**

Los Sistemas de Información Geográfica han evolucionado a partir de diversas disciplinas y tecnologías tales como los sistemas de diseño asistido por computadora (utilizados frecuentemente por ingenieros y arquitectos), la cartografía automatizada o digital, las bases de datos, la computación, la informática y el diseño gráfico.

Dos aspectos que han dificultado la adopción de dicha tecnología en el ámbito nacional son la ausencia de mecanismos de cooperación e intercambio de experiencias y bases de datos entre usuarios e instituciones y la percepción de que es una tecnología muy cara. Por otra parte, algunos de los factores que han incidido positivamente en la adopción de la tecnología son:

- Aumento considerable en la cantidad, calidad y disponibilidad de datos digitales a nivel mundial. Por ejemplo, es común encontrar bases de datos en Internet, los Institutos Geográficos y los entes gubernamentales.
- Los datos tienen un sistema de referencia implícito (Ej. pueblos, cantones, distritos, municipios) ó explícito (Ej. latitud y longitud). Esto facilita la creación de geobases de datos y de atlas digitales.
- El SIG se ha adoptado como una herramienta de trabajo tanto en organismos gubernamentales como municipales y privados. En nuestros días, se puede encontrar un programa de SIG en casi todas las oficinas estatales, municipales, Universidades y empresas privadas.

- Reducción en el precio de los computadores, el software y sus periféricos. Por ejemplo, la velocidad y capacidad de visualización de las microcomputadoras actuales superan a las computadoras utilizadas en los años 70s.
- Aumento en el número de programas de dominio público.

La adopción de una nueva tecnología se inicia con la toma de conciencia por parte del usuario de su existencia y su posterior deseo de adoptarla como un nuevo elemento de vida cotidiana.

## **SIG Y EDUCACIÓN SECUNDARIA**

El SIG puede utilizarse en educación secundaria como una herramienta para visualizar conceptos y relaciones entre elementos del mundo que nos rodea y de esta manera crear destrezas en ciencias, geografía, química, biología, historia y matemáticas.

Bednarz (1995) identificó cuatro etapas en el proceso de adopción del SIG en la educación secundaria en los Estados Unidos de América: conciencia de existencia de la tecnología, comprensión de la misma, práctica guiada e implementación. En Costa Rica; al igual que en otros países en vías de desarrollo, la mayoría de los educadores se encuentran en la etapa de preconciencia o sea desconocen la existencia del SIG. Los programas que han adoptado con éxito la tecnología SIG en los Estados Unidos comparten las siguientes características:

- Los profesores(as) creían en la tecnología como la forma de ampliar el currículo y apoyar las reformas educativas
- Los profesores(as) formaban parte de los procesos de toma de decisiones
- Se contaba con recursos (tiempo/dinero) para apoyar la formación y entrenamiento de los profesores(as)
- Los educadores(as) estaban abiertos a innovaciones educativas

El SIG propone un método de enseñanza basada en la búsqueda de soluciones, el cual promueve tanto el pensamiento analítico como la creación de síntesis. El método también incrementa el conocimiento del estudiante sobre ubicaciones relativas y absolutas. El componente de análisis espacial está ausente de la mayoría de los programas de geografía y por tanto los estudiantes tienen pocas bases para emprender tareas que involucren habilidades y destrezas en el área de análisis espacial. Los estudiantes podrán ser más creativos utilizando programas de SIG debido a que ya están familiarizados con este ambiente de trabajo (Ej. uso de computadoras). Entre las ventajas del uso del SIG en educación secundaria podemos citar:

- EL SIG provee a los estudiantes de un ambiente gráfico del mundo real que les permite analizar relaciones e interacciones espaciales y llegar a sus propias conclusiones.
- El SIG tiene una influencia positiva en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes. EL patrón de comunicación y los roles tradicionales de estudiante y profesor son modificados. El SIG le ofrece la oportunidad al estudiante de convertirse en el administrador de su propio proyecto.
- El aprendizaje en el área de SIG enfatiza la autoinstrucción en lugar de la lectura y el recitar lo aprendido así como el trabajo en pequeños grupos; la evaluación basada en productos y progreso del trabajo; y la cooperación en lugar de la competencia.
- Las lecciones están basadas en tareas o actividades auténticas, retantes, multidisciplinarias y diversas que enfatizan el conocimiento generativo (el estudiante analiza el mundo que le rodea y a partir de este análisis cambia su perspectiva del mundo. Los estudiantes aprenden mediante el análisis de problemas y no de memorizar hechos; con lo cual se logra una fijación de largo plazo de los conceptos, situaciones y valores.
- Los profesores que se involucran en los programas de SIG desarrollan ciertas actitudes como el establecimiento de redes para la adquisición de datos (a nivel comunal), la implementación pedagógica (con otros profesores) y la asistencia técnica (con otros profesores y profesionales de SIG). Los profesores son activos en su profesión y creen en que es su deber es devolver algo a las comunidades.
- Dada la gran disponibilidad de geodatos digitales, los profesores no seleccionan de antemano el material que utilizará el estudiantes en sus proyecto sino que más bien los ayudan en el proceso de muestreo y selección de los mismos. El método enfatiza el *descubrir* lo que es importante en lugar de *conocer* lo que es valioso.
- La enseñanza en SIG se centra en la resolución de problemas mas que en el aprendizaje de hechos.
- Las materias se integran, los profesores guían y motivan a los estudiantes. El trabajo en equipo es valorado y promovido.
- El estudiante aprende que existen muchos recursos para aprender; no solo el profesor.

La geografía enfatiza los procesos que ocurren en y a través del tiempo y el espacio. EL SIG funciona como un catalítico para visualizar y entender el mundo y la complejidad de los fenómenos geográficos. Mediante el SIG se puede investigar un fenómeno determinado y su relación con otras disciplinas en tiempo y espacio. El SIG prepara a los estudiantes para que

sean actores en la sociedad y en sus futuros lugares de trabajo. Los estudiantes involucrados en proyectos de SIG desarrollan habilidades en áreas tales como el pensamiento creativo, toma de decisiones, resolución de problemas, aprender haciendo, colaboración y autodisciplina en la gestión de tiempo y recursos.

### **RETOS DE LA EDUCACIÓN EN SIG**

- Los educadores(as) deben conocer la herramienta, utilizarla y luego aplicarla a sus programas de clases.
- El SIG es una herramienta flexible, abierta y con múltiples aplicaciones; esto la hace atractiva pero a la vez difícil de dominar por parte de los educadores.
- Los profesores deben crear tanto los conjuntos de datos como las lecciones.
- Los profesores carecen del pensamiento orientado hacia el análisis espacial que la instrucción en SIG requiere.
- EL uso del SIG se sustenta en conocimientos de geografía, matemática, estadística, razonamiento y habilidad de visualizar patrones abstractos; temas en los cuales los profesores podrían tener poco entrenamiento.
- Entre las principales aspectos que pueden incidir negativamente en la implementación de un programa de SIG en secundaria tenemos: tiempo, equipo, entrenamiento de los profesores, dudas sobre la validez del uso de la tecnología, ausencia de apoyo técnico, ausencia de material didáctico apropiado y falta de apoyo por parte de las autoridades del colegio.
- Los aspectos organizacionales, políticos y humanos se convierten en los grandes retos a vencer; en comparación con los aspectos técnicos que pueden resolverse más fácilmente.
- La estructura de la enseñanza, orientada a materias y basada en periodos de 50 minutos, dificulta la puesta en marcha de un programa basado en la resolución de un problema practico, el cual requiere del concurso de varias disciplinas.
- Existe poco reconocimiento y apoyo para los profesores que utilizan y promueven el uso de tecnología en sus medios de trabajo (Ej. software gratuito, descuentos en la compra de equipo de computo, entrenamiento-capacitación, mejora salarial).
- Existe poco material disponible para la implementación de un programa de SIG a nivel de secundaria y es muy probable que no exista del todo en español.



## Conclusiones

- Los Sistemas de Información Geográfica promueven el pensamiento crítico, el análisis y la síntesis, la inteligencia lógica, semántica, tecnológica, numérica, espacial y la emocional; el poder de comunicación y el trabajo en equipo.
- Los factores sociales, educacionales y políticos son mas importantes en la implementación de un SIG a nivel de secundaria que los factores tecnológicos.
- El uso del SIG cambia el método de enseñanza en el aula; los estudiantes son expuestos a situaciones del mundo real y utilizan las mismas herramientas para resolverlos que los profesionales en el gobierno ó la industria.
- La adopción del SIG en secundaria dependerá en gran medida del esfuerzo de algunos profesores mas que por la implementación de una agenda sistemática y nacional.
- Para que los profesores y directores de los colegios adopten el uso del SIG en sus instituciones, el mismo debe percibirse como una herramienta que apoye el proceso enseñanza-aprendizaje y además debe ser compatible con la filosofía, valores y creencias de los profesores.
- La adopción y promoción del uso de SIG es más efectiva cuando los profesores se comprometen con el uso y adopción de la tecnología que cuando la adopción obedece a una directriz del director de la institución.
- Algunos rasgos en los profesores que favorecen la adopción del SIG son: poseen experiencia en el uso de computadoras, tienen una actitud positiva hacia los cambios en los modelos de trabajo y tienen habilidades para comunicarse con otras personas y formar redes humanas.
- Para asegurar el éxito en la adopción de un programa de SIG deben existir lecciones y material que el docente pueda utilizar en la preparación de sus propias lecciones.

## BIBLIOGRAFIA

Alibrandi, M., & Palmer-Moloney, J. 2001. Making a place for technology in teacher education with Geographic Information Systems (GIS). Contemporary Issues in Technology and Teacher Education [En línea], [www.citejournal.org/vol1/iss4/currentissues/socialstudies/article1.htm](http://www.citejournal.org/vol1/iss4/currentissues/socialstudies/article1.htm)

Baker, T.R.: The Effects of Geographical Information Systems (GIS) Technologies on Students' Attitudes, Self-efficacy, and Achievement in Middle School Science Classrooms. Doctoral Dissertation. Department of Teaching and the Faculty of the Graduate School of the University of Kansas, U.S.A. (2002) En línea <http://tbaker.com/publications.htm>

Bednarz, Sarah W. 1995. Researching new standards: GIS and K-12 geography. GIS/LIS '95 Conference Proceedings. Nashville, Tennessee, pp. 44-52.

Coppock, J.T. and Rhind, D.W. 1991. The history of GIS. En. Maguire D.J. ; Goodchild, M.F. and Rhind, D.W. (eds). Geographical Information Systems: principles and applications. Longman, London, pp.21-43.  
Fitzpatrick, Charlie. 1997. Can young students use GIS? ArcNews 19(3): 33. Fall.

Friebertshauser, Reinhold. 1997. Higher learning: GIS in nontraditional curriculums. Geo Info Systems 7(4): 18-26. April.

Fundación Omar Dengo. sf. El Programa de Informática Educativa del Ministerio de Educación Pública y la Fundación Omar Dengo (PIE MEP-FOD): Un aporte al desarrollo de Costa Rica.  
<http://www.mineducacion.gov.co/eventos/archivos/costarica.htm> (consulta 15 agosto 2005)

Johansson, Tino . 2003. GIS in Teacher Education – Facilitating GIS Applications in Secondary School Geography. Department of Geography P.O.Box 64 FIN-00014 University of Helsinki. [En línea],  
<http://www.scangis.org/scangis2003/papers/20.pdf>

Kerski, Joseph J. 1999. A Nationwide Analysis of the Implementation of GIS in High School Education.  
<http://gis.esri.com/library/userconf/proc99/proceed/papers/pap202/p202.htm>

Kerski, J.J. 2001. The Implementation and Effectiveness of GIS in Secondary Education. International Research in Geographic and Environmental Education. Fall 2001.

Maguire, D. J. 1991. An overview and definition of GIS. En: Maguire, D. J. Goodchild, M.F. and Rhind, D.W. (ed). Geographic Information Systems. Principles and Applications. Vol.1: Principles. pp.9-20. Longman Scientific and Technical, New York.

Mason, C., Berson, M., Diem, R., Hicks, D., Lee, J., & Dralle, T.(2000). Guidelines for using technology to prepare social studies teachers. Contemporary Issues in Technology and Teacher Education [En línea ],  
<http://www.citejournal.org/vol1/iss1/currentissues/socialstudies/article1>

Rodríguez Joaquín A. 2002. Convergencia entre gestión del conocimiento y sistemas de información geográfica. Insert Altran Group. [http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id\\_articulo=30](http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=30)

THE BIG THOMPSON WATERSHED PROJECT (2000).  
[http://www.cnr.colostate.edu/avprojects/00proj/bigt\\_wq/web\\_docs/index.html](http://www.cnr.colostate.edu/avprojects/00proj/bigt_wq/web_docs/index.html)

AFRICA LAND-USE PROJECT (2000)

[http://www.cnr.colostate.edu/avprojects/00proj/af\\_lu/web\\_docs/index.html](http://www.cnr.colostate.edu/avprojects/00proj/af_lu/web_docs/index.html)

NATURAL HAZARDS IN AFRICA (1998)

[http://www.cnr.colostate.edu/avprojects/98proj/afr\\_haz/web\\_docs/index.html](http://www.cnr.colostate.edu/avprojects/98proj/afr_haz/web_docs/index.html)

[LAND USE PLANNING AND GROWTH IN FORT COLLINS: PATTERNS AND PROCESSES](#) (1998)

<http://www.esri.com/industries/k-12/index.html>

Software de dominio público

- ArcExplorer [www.esri.com](http://www.esri.com), <http://www.esri.com/software/arcexplorer/index.html>
- MapWindow GIS <http://www.mapwindow.com/>
- TatukGIS Viewer [www.tatukgis.com](http://www.tatukgis.com)
- Shape Viewer <http://www.ecostats.com/software/shapeviewer/shapeviewer.htm>