
CONSORCIO UNIVERSITARIO DE CIENCIA DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica

Acervo de Conocimientos 2006

BORRADOR – SÓLO PARA REVISIÓN

Redactores (2004-06)

David DiBiase, redactor jefe
Pennsylvania State University

Michael DeMers
New Mexico State University

Ann Luck
Pennsylvania State University

Ann Johnson
Environmental Systems Research Institute

Brandon Plewe
Brigham Young University

Karen Kemp
University of Redlands

Elizabeth Wentz
Arizona State University

Grupo de trabajo para la elaboración de Currículos Modelo (1998-2003)

Duane Marble, presidente
Ohio State University

Linda Bischoff
GE Network Systems

Donna Peuquet
Pennsylvania State University

Aileen Buckley
University of Oregon

Jay Sandhu
Environmental Systems Research Institute

Michael DeMers
New Mexico State University

Mandayam Srinivas
California State Polytechnic University at Poma

Ann Johnson
Environmental Systems Research Institute

Karen Kemp
University of Redlands

Farrell Jones
Intergraph

Carolyn Merry
Ohio State University

Elizabeth Wentz
Arizona State University

Richard Wright
San Diego State University

Arthur Getis (ex officio)
San Diego State University

Lyna Wiggins (ex officio)
San Diego State University

Junta Consultiva del Acervo de Conocimientos (2004-2006)

Jochen Albrecht
University of Maryland

Gregory Elmes
West Virginia University

Luc Anselin
University of Illinois

Mark Gahegan
Pennsylvania State University

Richard Aspinall
Arizona State University

Arthur Getis
San Diego State University

Todd Bacastow
Pennsylvania State University

Francis Harvey
University of Minnesota

Kate Beard-Tisdale
University of Maine

Mark Horner
Florida State University

Cindy Brewer
Pennsylvania State University

Kathleen Hornsby
University of Maine

Dan Brown
University of Michigan

Fritz Kessler
Frostburg State University

Aileen Buckley
University of Oregon

Phaedon Kyriakidis
University of California at Santa Barbara

Babs Buttenfield
University of Colorado

Mark Kumler
University of Redlands

Jon Carr
University of Southern Mississippi

Mary Lou Larson
University of Wyoming

Keith Clarke
University of California at Santa Barbara

Marguerite Madden
University of Georgia

Helen Couclelis
University of California at Santa Barbara

Duane Marble
Ohio State University

Tom Cova
University of Utah

Jeremy Mennis
Temple University

William Craig
University of Minnesota

Carolyn Merry
Ohio State University

Jeremy Crampton
Georgia State University

Harvey Miller
University of Utah

Kevin Curtin
University of Texas at Dallas

Harold Moellering
Ohio State University

Jerry Davis
San Francisco State University

Judy Olson
Michigan State University

Catherine Dibble
University of Maryland

Donna Peuquet
Pennsylvania State University

Rob Edsall
Arizona State University

Barbara Poore

United States Geological Survey

Steven Prager
University of Wyoming

Hanan Samet
University of Maryland

Lauren Scott
Environmental Systems Research Institute

Eric Sheppard
University of Minnesota

Terry Slocum
University of Kansas

Mandayam Srinivas
California State Polytechnic University at Pomona

Dan Sui
Texas A&M University

Richard Tanaka
San Jose State University

David Tulloch

Dave Unwin
Birkbeck College

Darlene Wilcox
United States Department of Agriculture

Michael Worboys
University of Maine

Dawn Wright
Oregon State University

Richard Wright
San Diego State University

Yichun Xie
Eastern Michigan University

May Yuan
University of Oklahoma

Junta Consultiva del Acervo de Conocimientos (2004-2006)

Índice

Prólogo	7
I. ¿Qué es la Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica?.....	8
El Dominio de C+T IG.....	8
II. ¿Por qué se necesita un Acervo de Conocimientos de C+T IG?	10
Necesidades de personal	11
Infraestructura educativa de C+T IG	16
Aplicaciones del Acervo de Conocimientos de C+T IG	23
III. ¿Cómo se relaciona el Acervo de Conocimientos con los intentos de planificación del currículum C+T IG?	26
Antiguas preocupaciones en relación con la educación de C+T IG.....	26
Tentativas de desarrollo de currículos a nivel nacional.....	26
IV. Cómo se ha desarrollado el Acervo de Conocimientos?	29
El concepto de Currículos Modelo	29
Formulación del concepto.....	31
V. Acervo de Conocimientos de C+T IG	33
Formato del Acervo de Conocimientos de C+T IG.....	33
CF. Fundamentos conceptuales.....	38
CV. Cartografía y visualización.....	50
DA. Análisis de datos.....	62
DE. Aspectos de diseño.....	77
DM. Modelado de datos.....	87
DN. Manipulación de datos.....	97
GC. Geomática	101
GD. Datos geospaciales	110
GS. C+T IG y sociedad.....	123
OI. Aspectos organizativos e institucionales	131

VI. ¿Adónde se dirige el proyecto de Currículos Modelo del UCGIS?	138
Evolución de la C+T IG.....	138
Evolución de la estructura educativa de la C+T IG	138
Futuros Currículos Modelo considerados como productos y servicios	139
Bibliografía.....	141

Prólogo

Este trabajo es uno de los que se han realizado como parte de la iniciativa de Currículos Modelo de la Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica (C+T IG), actividad de la Comisión de Educación del Consorcio Universitario de la Ciencia de Información Geográfica (UCGIS). Este consorcio se formó en 1994 para prestar una voz coherente a la comunidad de investigadores en Ciencia de la IG. Con esta contribución, el UCGIS espera fomentar una mayor coherencia y efectividad en el seno de la comunidad educativa de C+T IG.

La iniciativa de Currículos Modelo surgió de una serie de ocho Desafíos Educativos en la Asamblea de Verano del UCGIS en Bar Harbor, Maine. Uno de ellos era que “el perfeccionamiento de la educación en la Ciencia de la IG requiere la especificación y evaluación de currículos para una amplia gama de sectores estudiantiles” (Kemp and Wright, 1997, p. 4). En 1998 se formó un Grupo de Trabajo sobre Currículos Modelo, dirigida por Duane Marble. En 2003 este grupo publicó el “Informe Strawman” que presentaba una ambiciosa idea de la reforma curricular para la “undergraduate education” de los EE. UU. en C+T IG. El núcleo de esa idea es el Acervo de Conocimientos, es decir, un inventario global del dominio de conocimientos en la C+T IG. El informe Strawman incluía un borrador inicial del Acervo de Conocimientos en C+T IG. El Grupo de trabajo recomendó que se revisara ampliamente el borrador y expresó la esperanza de que una futura versión revisada fuera “representativa de los puntos de vista de la mayoría de la comunidad C+T IG” (Marble and others, 2003, p. 27).

Este documento presenta una versión elaborada del Acervo de Conocimientos C+T IG que ha sido revisada por un equipo de siete redactores que buscaron el asesoramiento de una Junta Consultiva de 54 miembros. La versión actual incluye más de 350 temas organizados en 79 unidades y diez áreas de conocimiento. Todos los temas se definen teniendo en cuenta objetivos educativos formales, de los cuales pueden derivarse fácilmente las actividades de enseñanza y los instrumentos de evaluación. Antes de la publicación formal como primera edición del Acervo de Conocimientos de C+T IG, se publicó un borrador para ser revisado y comentado desde mediados de noviembre de 2005 hasta el 31 de enero de 2006.

Aunque el ímpetu para el Acervo de Conocimientos fue la muy sentida necesidad de una reforma curricular, la posterior evolución profesional en el área de la C+T IG ha hecho surgir varios usos nuevos e igualmente urgentes. Por ejemplo, en 1998 la certificación profesional y la acreditación académica eran objeto de conjeturas, mientras que en 2005 son una realidad. Es muy probable que éstos y otros acontecimientos vayan a ser provechosos para el campo de C+T IG y para la sociedad si se basan en una contabilización autorizada del dominio de conocimientos de C+T IG. Así pues, la Comisión de Educación del UCGIS decidió publicar esta primera edición del Acervo de Conocimientos de C+T IG como trabajo preliminar, sin tener que esperar hasta que los demás aspectos de la idea de Currículos Modelo se hubieran realizado. Como ocurre en áreas afines que han desarrollado sus propios Conjuntos de Conocimientos, esperamos que ediciones posteriores den cuenta de los cambios en este campo tan dinámico y que aborden los defectos que inevitablemente surjan en el intento.

Este documento contiene seis secciones. La primera trata del dominio de C+T IG, identifica sus subdominios constitutivos y describe las relaciones con áreas afines tales como la Ciencia Informática y la Ciencia de la Información. La Sección II, ¿Por qué es necesario un Acervo de Conocimientos en C+T IG?, se refiere a los problemas de personal que conllevan preocupaciones sobre la educación y formación en C+T IG, examina la “infraestructura educativa” que es responsable de abordar las necesidades de personal en los EE. UU. e identifica las posibles ventajas de un Acervo de Conocimientos. La Sección III sitúa el proyecto de Currículos Modelo y el Acervo de Conocimientos en el contexto de los intentos de desarrollo de un currículo de C+T IG en los EE. UU. La Sección IV, ¿Cómo se ha desarrollado el Acervo de Conocimientos?, describe el concepto de Currículos Modelo y explica cómo ha evolucionado el Acervo de Conocimientos de C+T IG desde el informe Strawman. La Sección V presenta las diez áreas de conocimiento de que consta el Acervo de Conocimientos. Finalmente, la Sección VI especula sobre la evolución futura del dominio de C+T IG y de su infraestructura educativa y sugiere un calendario para las actividades de los Currículos Modelo en el futuro.

En nombre de mis colegas en el equipo de redacción quiero expresar mi agradecimiento a los miembros del Grupo de Trabajo sobre Currículos Modelo, que han dedicado tanto tiempo y han puesto tanto entusiasmo en el servicio de una causa tan valiosa y desafiante. Desde 2003 muchos de estos colegas han continuado siendo redactores, expertos en contenidos y críticos. Los redactores dan las gracias a nuestros patrocinadores, Intergraph, GE Smallworld y especialmente ESRI, que contribuyó con

financiación, ayudando así a costear los gastos de viaje de los voluntarios. Nuestro agradecimiento también a las Academias Nacionales de Ciencia que encargaron algunas investigaciones que se citan en las Secciones II y III, permitiendo gentilmente su publicación aquí. Apreciamos el aliento y cooperación de los administradores de UCGIS, Junta Directiva y Director Ejecutivo.

David DiBiase

Redactor Jefe

Presidente, Comisión de Educación, UCGIS

I. ¿Qué es la Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica?

El Dominio de C+T IG

Desde que las sociedades se organizaron, los gobiernos, los militares, las empresas comerciales y otros intereses dependieron de la información sobre la tierra y la localización y características de la gente y sus recursos. Durante siglos los mapas sirvieron como mecanismo para manejar y comunicar la información geoespacial. En 1960 surgieron sistemas de información geográfica computerizada (SIG) para gestionar y analizar dicha información más eficientemente. Desde entonces ha aumentado la potencia informática, los datos son ahora abundantes y el alcance y complejidad de las cuestiones que los SIG son capaces de abordar se han expandido drásticamente. Las SIG y tecnologías afines se utilizan ampliamente en agencias gubernamentales, empresas privadas, grupos ciudadanos e instituciones de investigación. Al haber crecido la demanda de estas tecnologías, y al haberse diversificado sus aplicaciones, el área que concierne el desarrollo y uso de estas tecnologías ha evolucionado también. Hoy en día el software SIG es tan sólo un componente de un amplio dominio al que vamos a denominar Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica (C+T IG) que consta de tres sub-dominios relacionados entre sí (figura 1)

El primer sub-dominio es la **Ciencia de la Información Geográfica** (CiencialG). La CiencialG evolucionó a partir de la creciente tecnología de SIG y hoy en día es una iniciativa de investigación multidisciplinar que abarca mucho más que cómo crear y usar paquetes específicos de software especializado. La CiencialG aborda la naturaleza de la información geográfica y la aplicación de las tecnologías geoespaciales a cuestiones científicas básicas (Goodchild 1992). Algunas de las disciplinas que contribuyen a la CiencialG (por ejemplo, la geografía) se centran principalmente en la adquisición, manejo, análisis y visualización de datos geoespaciales temporales, mientras que en otras disciplinas estas cuestiones representan una porción especializada de un todo (por ejemplo, investigación de operaciones).

El segundo sub-dominio es la **Tecnología Geoespacial**, conjunto especializado de tecnologías de información que facilitan la adquisición de datos con referencia de localización. Las tecnologías geoespaciales sirven para una gran variedad de usos, adquisición de datos (por ejemplo, fotografía aérea, teledetección, topografía y sistema de posicionamiento global), almacenamiento y manipulación de datos (por ejemplo, SIG registrados y software de gestión de bases de datos), análisis de datos (por ejemplo, software para análisis estadísticos y modelado) y visualización y producción (por ejemplo, software de geovisualización o dispositivos de impresión).

El tercer sub-dominio, **Aplicaciones de C+T IG**, es una colección cada vez más diversa de usos de la tecnología geoespacial en el gobierno, la industria y el medio académico. Sirva como ejemplos el análisis en casi tiempo real de apagones en redes eléctricas, numerosas aplicaciones en servicios de inteligencia y operaciones militares, planificación y operaciones de defensa, investigación del impacto medioambiental de propuestas de presa, selección de las localizaciones óptimas para nuevas empresas, organización de impuestos y expedientes sobre la propiedad y la optimización de rutas de camiones para la recogida de residuos sólidos en áreas urbanas.

La tecnología geoespacial, las aplicaciones y la ciencia de la información especializada que conduce al desarrollo de tecnologías geoespaciales juntas constituyen el dominio de C+T IG.

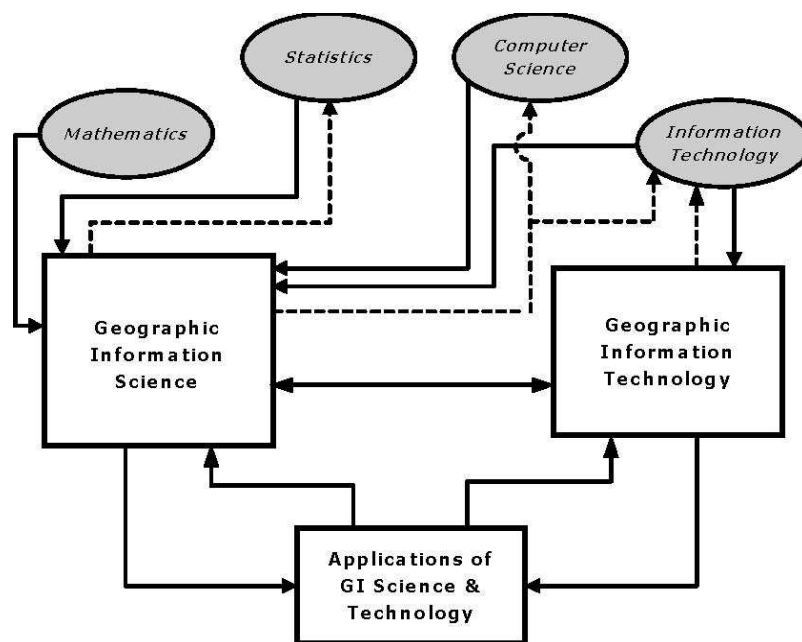


Figura 1: Los tres dominios que constituyen la Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica (C+T IG), en relación con las áreas afines que han construido sus propios Conjuntos de Conocimientos [\[Volver a dibujar\]](#)

Las conexiones de doble sentido ilustradas en la figura 1 entre la Ciencia IG, la tecnología geoespacial y las aplicaciones son significativas. Desde los primeros días de SIG, los usuarios de tecnología en el nivel de aplicación han retado a los creadores de tecnología geoespacial a que proporcionaran soluciones teóricas y herramientas efectivas para poder hacer frente a los complejos problemas del mundo real. Un ejemplo sería el conjunto de problemas que requiere la incorporación explícita de componentes volumétricos y temporales verdaderos al análisis espacial tradicional. Estos feedbacks inducidos por los problemas representan un complemento importante a la cadena tradicional de “ciencia->ingeniería->usuarios”.

Además de los tres sub-dominios que constituyen la C+T IG, la figura 1 también ilustra asociaciones clave de cruce de dominios con áreas externas al dominio C+T IG, incluyendo, aunque no limitadas, a las matemáticas, la estadística, la ciencia informática, la tecnología de la información, el mundo empresarial y las comunicaciones. A la inversa, la C+T IG también ha contribuido a los dominios de varios de estos campos asociados (por ejemplo, la adición de la estadística y econometría espaciales y la geoestadística al campo general de la estadística).

A diferencia de otras áreas de tecnología de la información, incluyendo la Ciencia Informática, la Ciencia de la Información y los Sistemas de Gestión de la Información, no ha habido hasta ahora ningún esfuerzo colectivo por parte de las comunidades de investigadores y educadores para especificar un Acervo de Conocimientos global que definiera el dominio de C+T IG. El Acervo de Conocimientos de C+T IG es un intento de llenar ese vacío. Como los documentos similares que se producen en áreas afines, esperamos que el Acervo de Conocimientos de C+T IG vuelva a revisarse en los años próximos.

II. ¿Por qué se necesita un Acervo de Conocimientos de C+T IG?

Necesidades de personal

Envergadura de la industria geoespacial. No cabe duda de que la industria de la información geoespacial es de gran magnitud y está creciendo. Sin embargo, al no existir una definición estándar de la industria, han sido varios los cálculos de tamaño de la Industria. La firma Daratech de investigación del mercado tecnológico (2004) calcula que las ventas mundiales de software SIG, servicios, datos y hardware llegaron a un total de \$1,84 billones en 2003. Daratech prevé que los ingresos totales van a aumentar aproximadamente el diez por ciento en 2004. El sondeo de la Sociedad Americana de Fotogrametría y Teledetección sobre “la industria de la teledetección e información geoespacial” dio como resultado un cálculo de los ingresos de la industria en 2001 de \$2,4 billones y una previsión de crecimiento de más de \$6 billones para 2012 (Mondello, Hepner y Williamson, 2004). La Administración Nacional de Aeronáutica y Espacio (NASA), en consulta con el Centro de Desarrollo del Grupo de Trabajo Geoespacial en University of Southern Mississippi, calculó que el mercado estadounidense de “tecnología geoespacial” generaría \$30 billones al año para 2005 (“20 billones para teledetección, \$10 billones para servicios de información geográfica) (Gaudet et al., 2003). Esta previsión tan optimista, basada en una concepción expansiva de la industria de la información geoespacial, que incluye la teledetección, SIG y las tecnologías de sistemas de posicionamiento global, ha sido desde entonces adoptada por el Ministerio de Trabajo (MT) de los EE. UU. (Department of Labor, sin fecha).

Magnitud de la mano de obra geoespacial. Debido a las diferentes definiciones, el gran alcance y la rápida evolución de la industria geoespacial, es difícil conseguir información fiable sobre la magnitud y composición de la mano de obra geoespacial (Ohio State University, 2002). Hay sin embargo algunos cálculos. ASPRS imagina que debe haber unas 175.000 personas empleadas en “la industria de teledetección e información geoespacial en EE. UU.” (Mondello, Hepner y Williamson, 2004). ESRI, que junto con Intergraph, da cuenta de casi la mitad del mercado de software SIG mundial, calculó en 2000 que 500.000 personas en los EE.UU. utilizan sus productos software como parte de su trabajo y que unas 50.000 personas trabajan como especialistas SIG a tiempo completo (Phoenix, 2000). Longley y colegas calculan que hay unos cuatro millones de usuarios de SIG en todo el mundo ocupando unos dos millones de puestos (Longley et al, 2005). Cualquiera que sea la magnitud real de la mano de obra de la información geoespacial, todo el mundo parece estar de acuerdo en que hay una escasez de personal cualificado para poder sostener el crecimiento de la industria.

Oferta inadecuada de profesionales geoespaciales. En 1997 la NASA lanzó una Iniciativa de Educación y Formación para el Desarrollo de una Mano de Obra a Nivel Nacional con objeto de abordar “el serio déficit de profesionales y especialistas formados que pudieran utilizar tecnologías geoespaciales en su trabajo” (Gaudet et al., 2003, p. 21). Michael Phoenix, Director de Marketing de Educación Superior en ESRI, calcula que “el déficit de personas con un nivel avanzado de educación SIG es de alrededor de 3.000 a 4.000 [anualmente] sólo en los EE.UU.” (Phoenix 2000, p. 13). El Subsecretario de Trabajo y Formación del MT de los EE. UU. ha señalado, a propósito de los datos del sondeo, que “el 87 por ciento de los proveedores de productos y servicios geoespaciales ... tenían dificultad para llenar los puestos que requerían conocimientos en tecnología espacial” (DeRocco, 2004, p. 2). El MT de los EE. UU. es tan entusiasta sobre la perspectiva de crecimiento en las “ocupaciones relacionadas con profesiones de tecnología geoespacial” (tabla 1) que ha identificado las tecnologías espaciales como una de las doce industrias de “gran crecimiento”. Mencionando “una necesidad inmediata y anticipada de llenar decenas de miles de puestos”, el MT lanzó en 2003 la “Iniciativa del Presidente sobre Formación para Trabajos de Gran Crecimiento” (Department of Labor, sin fecha). Buscando alternativas a los programas tradicionales de cuatro años, la Administración de Educación y Formación del MT está invirtiendo hasta \$250 millones para desarrollar programas de formación en colegios universitarios comunitarios (Department of Labor, sin fecha). Mientras que los conocedores de la industria pueden considerar la concepción que el MT tiene de la industria geoespacial demasiado incluyente (por ejemplo, Sietzen, 2004), no es probable que alguien vaya a dudar del análisis del MT en el sentido de que los temas de mano de obra se han hecho urgentes.

Ocupación

Crecimiento 2000-2010
(previsible)

Cartógrafos y Fotogrametristas	18.5%
Topógrafos	08.1%
Técnicos Topógrafos y Cartógrafos	25.3%
Delineantes Civiles y de Arquitectura	20.8%
Técnicos de Ingeniería Civil	11.9%
Delineantes Mecánicos	15.4%
Delineantes Eléctricos	23.3%
Ingenieros Eléctricos y Electrónicos	10.8%
Técnicos de Ingeniería Mecánica	13.9%
Técnicos de Ingeniería Industrial	10.1%
Técnicos de Ingeniería Ambiental	29.1%
Geocientíficos	18.1%

Tabla 1: "Perspectivas de Trabajos Geoespaciales" del Ministerio de Trabajo de los EE. UU.
(Department of Labor, sin fecha)..

Preparación inadecuada para desempeñar funciones de alta tecnología. La preparación de quienes van a formar parte de la mano de obra a través de la estructura tradicional de los programas de grado de cuatro años preocupa menos frecuentemente que la cantidad de esos trabajadores. Sin embargo, esas preocupaciones existen. Los encuestados por el sondeo ASPRS de la industria no sólo se quejaban de la "escasez de trabajadores formados por los programas educativos", sino también de la falta de la experiencia necesaria ehn el caso de muchos de los graduados" (Mondello, Hepner, and Williamson, 2004, p. 13). Ya que el grado de educación en tecnología geoespacial y los programas de certificado no están acreditados de forma específica, es difícil juzgar de la eficacia de la vía tradicional de manera objetiva. Incluso así una breve revisión de dos críticas puede ser instructiva.

1. **Programas de certificación académica no regulados.** Irónicamente los intentos de responder a la creciente demanda de educación geoespacial especializada y oportunidades de formación por parte de las instituciones de enseñanza superior lleva consigo una serie de preocupaciones. Aproximadamente 120 instituciones de enseñanza superior en los EE. UU. han creado programas de certificación académica que prometen ayudar a los estudiantes a adquirir conocimientos y experiencia en SIG y a ganar los méritos que harán posible que puedan competir para puestos de trabajo y avanzar sus carreras profesionales en la industria geoespacial. Desde luego que la proliferación de programas de certificación académica no es exclusivo de SIG. El Ministerio de Educación de los EE. UU. tiene en su lista más de 2.000 programas de certificación de postgrado para 40-45 millones de personas en los EE. UU. (Irby, 1999). Wikle (1998) señala que los programas de certificación académica en SIG varían mucho en su alcance, su foco de atención y su rigor. Ted Marchese (1999, p.4), durante mucho tiempo

presidente de la Asociación Americana de Educación Superior, ha observado que "...la evolución del mercado postsecundario está rápidamente superando la capacidad de los mecanismos de garantía de cualidad existente como para poder asegurar un ejercicio justo de la profesión". Esto "puede hacer la evaluación de estos programas difícil para estudiantes y empleadores" (Lapidus 2000, p. 7). La falta de estándares y de responsabilidad por los programas de certificación académica llevaron al veterano profesional y educador de SIG Bill Huxhold a quejarse de que "hoy cualquiera puede enseñar cualquier cosa y llamarlo educación en SIG. ... ¿Quién sabe si lo que se ensaña en estos programas es necesario para convertirse en un profesional SIG?" (Huxhold 2000, p. 25)

2. **Programas "undergraduate" insuficientemente rigurosos.** In 1998, Duane Marble publicó una crítica muy influyente del carácter "bajo en su nivel y no técnico" de la educación en SIG en los "undergraduate degree programs" (Marble, 1998, p. 28). Marble opinó que "la educación existente en SIG no consigue dar la base en CienciaIG que es necesaria para satisfacer las necesidades tanto de los usuarios de su tecnología como de la comunidad científica involucrada en investigación y desarrollo básico de esta Ciencia" (Marble 1999, p. 31). A diferencia de los estudiantes en los albores de la educación SIG, cuando el estado primitivo de la tecnología necesitaba experiencia de programación, Marble se quejó de que los estudiantes que siguieron y algunos instructores piensan que todo lo que hay que hacer para convertirse en un profesional de SIG es dominar las funciones estándar del software comercial disponible (*off-the-shelf software – COTS*). Así pues, los graduados ya no están preparados "para hacer contribuciones significativas al desarrollo actual de la tecnología SIG" (Marble, 1998, p. 1). Su opinión es que más que nunca se necesita un conocimiento y experiencia avanzadas en informática y ciencias de la información para llevar a la realidad todo el potencial de la "C+T IG" (ciencia y tecnología de la información geográfica).

Marble identificó una "pirámide" de seis niveles de competencia para los que los "undergraduate degree programs" deben ayudar a los estudiantes a conseguir (figura 2). La conciencia pública de las tecnologías geoespaciales constituye la base de la pirámide. En un nivel por encima de la base hay un número relativamente grande de trabajadores que necesitan preparación para carreras en las que se necesita "la utilización rutinaria" de COTS y tecnologías geoespaciales relacionadas. Un número algo menor de graduados que necesitan trabajar con "aplicaciones de modelado de alto nivel" dentro de COTS tienen que tener conocimientos y habilidades en el análisis espacial, la programación informática y en los sistemas de gestión de bases de datos. De mayor exigencia y más escasas aún son las situaciones de "diseño y creación de aplicaciones" que necesitan de trabajadores que creen aplicaciones de software en lugar de simplemente utilizarlas. Los especialistas responsables de "diseño de sistemas" necesitan experiencia en análisis y técnicas avanzadas incluyendo análisis de sistemas, diseño y desarrollo de bases de datos, diseño de interfaces de usuario y programación. Finalmente el vértice de la pirámide representa un número relativamente pequeño (quizá unos 10.000 o más) de personas cuya sofisticada comprensión de la geografía, el análisis espacial y las ciencias de la informática y de la información les capacita para dirigir equipos de "investigación y creación de software" en empresas de software, agencias gubernamentales y universidades. En opinión de Marble, la base de la pirámide se está expandiendo "de manera explosiva mientras que se ha permitido que los niveles superiores se derrumben" p. 29).

[Insertar figura 2 aquí]

Figure 2: "Pirámide" de niveles de profesionales de la C+T IG (ciencia y tecnología de la información geográfica). Menos personal, aunque más experimentado, se necesita en los niveles superiores de la pirámide (Marble, 1998). [\[Volver a dibujar o copiar con permiso de la revista ArcNews.\]](#)

Para contrarrestar lo que consideró un sistema de "undergraduate education" fracasado, Marble ha propuesto un "examen a fondo de todo el espectro de cursos que se requieren para mantener una educación adecuada en todos los niveles de la pirámide" (1998, p. 29). Su crítica y receta resonaron dentro de la industria de software SIG, que después apoyó las tentativas de definir un nuevo "undergraduate curriculum" que "inmediatamente reestableciera el importante papel de la educación informática en SIG" (1998, p. 29). La iniciativa Currículos Modelo resultante, como también las tentativas

precedentes se revisan en la sección que trata de cómo el Acervo de Conocimientos C+T IG se relaciona con otros intentos de currículos.

Iniciative NASA de Creación de Personal Geoespacial. Los participantes en el taller de “definición de la investigación” en Ohio State University en 2001 observaron que “la casi completa falta de datos de oferta y demanda ... está obstaculizando seriamente el desarrollo y aplicación en este país de la C+T IG [ciencia y tecnología de la información geográfica] ... El Taller recomienda vivamente que se lleven a cabo estudios estadísticos, entre otros, del personal C+T IG en su conjunto tan pronto como sea posible” (OSU, 2002, p. 19). Independientemente, y motivada sobre todo por su preocupación por el personal de la industria de la teledetección en los EE. UU., la NASA encargó en 2001 a un equipo de especialistas en creación de personal de la University of Southern Mississippi para que llevaran a cabo un estudio con el fin de identificar las competencias clave de los profesionales geoespaciales. El Centro de Desarrollo de Personal Geoespacial (después Instituto de Aprendizaje y Actuación en el Lugar de Trabajo - WLPI) organizó talleres que involucraban a representantes de dieciséis empresas punteras, agencias gubernamentales y sociedades profesionales en el campo geoespacial. Utilizando metodologías de grupo en materias específicas y de sistemas de grupo, los investigadores pidieron a los representantes que identificaran las competencias clave y los “roles” que se suponía debían jugar sus empleados o constituyentes. Los doce roles identificados en el estudio aparecen en la tabla 1.

Desarrollo de Aplicaciones	Identificar y desarrollar herramientas e instrumentos para satisfacer las necesidades de los clientes.
Adquisición de datos	Captura de datos geoespaciales y otros relacionados
Coordinación	Facilitación y comunicación entre organizaciones
Análisis e Interpretación de Datos	Procesar datos y extraer información para crear productos, llegar a conclusiones y realizar informes sobre toma de decisiones.
Gestión de Datos	Catalogar, archivar, recuperar y distribuir datos geoespaciales.
Dirección	Aplicar con efectividad y eficiencia el objetivo de la empresa utilizando la experiencia y recursos financieros, técnicos e intelectuales para optimizar el producto final.
Marketing	Identificar los requisitos y necesidades del cliente y comunicar de manera efectiva esas necesidades y requisitos a la organización y promover soluciones geoespaciales.
Dirección de Proyectos	Supervisar los requisitos de la actividad de manera efectiva para producir los resultados descritos a tiempo y conforme al presupuesto.
Análisis de Sistemas	Evaluar los requisitos para producir los resultados deseados a tiempo y conforme al presupuesto.
Gestión de Sistemas	Integrar recursos y desarrollar recursos adicionales para respaldar los requisitos del usuario espacial y temporal.
Formación	Analizar, diseñar y desarrollar intervenciones didácticas y no didácticas para

	transferir conocimiento y poner énfasis en la evaluación de las actuaciones..
Visualización	Traducir los datos y la información a representaciones geoespaciales visuales.

Tabla 1: Los doce papeles que juegan los profesionales de la tecnología geoespacial (Gaudet and others, 2003).

Se definieron los roles como subconjuntos de 39 competencias. Las clasificadas “importantes” por al menos el 50 por ciento de los expertos en roles se consideraron “competencias esenciales”. En la tabla 3 se ilustran las competencias, agrupadas en cuatro categorías. Los autores del estudio concluyen que “para que los profesionales de la tecnología geoespacial tengan éxito en el mercado actual, es crítico comprender que el conocimiento, la pericia y las habilidades que se requieren para sus trabajos incluyen una mezcla de competencias técnicas, empresariales, analíticas e interpersonales” (Gaudet and others, 2003, p. 25).

COMPETENCIAS TÉCNICAS Capacidad para evaluar las relaciones entre tecnologías geoespaciales Cartografía Experiencia en programación informática Aplicaciones ambientales Teoría SIG y aplicaciones Aplicaciones geológicas Herramientas de procesamiento de datos geoespaciales Fotogrametría Teoría de teledetección y aplicaciones Procesamiento de la información espacial Escritura técnica Conocimientos tecnológicos Topología	COMPETENCIAS EMPRESARIALES Capacidad para ver el panorama en su conjunto Comprensión del mundo empresarial Abastecimiento/Apoyo Gestión de cambios Análisis de costes-beneficios Modelo de ética Comprensión de la industria Comprensión legal Comprensión organizativa Análisis de actuaciones y evaluación Visión de futuro
COMPETENCIAS ANALÍTICAS Pensamiento creativo Gestión de los conocimientos Capacidad para crear modelos Capacidad para resolver problemas Capacidad para la investigación Elaboración de sistemas	COMPETENCIAS INTERPERSONALES Entrenamiento Comunicación Gestión de conflictos Capacidad de reacción Comprensión de las reacciones de grupo Capacidad de liderazgo Planteamiento de dudas Capacidad para crear relaciones Conocimiento propio/Autogestión

Tabla2: Las treinta y nueve “competencias” que se requieren para el éxito en una profesión de tecnología geoespacial. Cada rol (tabla 2) requiere un subconjunto de competencias técnicas, analíticas, empresariales e interpersonales. En negrita se indican las competencias “esenciales” (Gaudet and others, 2003).

La recopilación realizada por el Instituto de Aprendizaje y Actuaciones en el Lugar del Trabajo (WLPI) de los roles y competencias geoespaciales no se corresponde con la descripción de los trabajos reales que ofrecen las empresas. Según estudios previos (por ejemplo, Huxhold, 1991; Dramovicz, 1997). Las Descripciones de los Trabajos Modelo para Profesionales SIG de la Asociación de Sistemas de Información Urbana y Regional (Huxhold, 2000) identifica seis títulos genéricos de trabajos con rango para profesionales SIG.: Directores, Coordinadores, Especialistas, Programadores, Analistas y Técnicos. Como los roles representados en la pirámide de Marble, estos seis títulos para puestos de trabajo constituyen una lista en la que cada rol aglutina los conocimientos de todos los roles que están por debajo de él. Por el contrario, los doce roles del WLPI representan categorías nominales sin rango. Esto se deriva en parte de la concepción del WLPI sobre la “industria geoespacial”, que es mucho más amplia y por consiguiente más diversa que las concepciones de la mayoría de los profesionales en práctica y los educadores que trabajan en el campo de C+T IG. Es más, los especialistas en la creación y desarrollo de personal son de la opinión de que “los lugares de trabajo tan rápidamente cambiantes hoy en día requieren que la base para el reclutamiento, selección y compensación del personal sea de su competencia y no el título de un puesto de trabajo. El mejor planteamiento para crear una fuerza de trabajo es centrarse menos en tareas y deberes específicos y más en identificar la competencias que se relacionan con el trabajo” (Gaudet and others, 2003, p. 22). En este documento adoptamos la representación de la pirámide de roles del personal geoespacial más familiar para los profesionales en ejercicio y los educadores. Intentamos también reconciliar esta representación con el planteamiento más amplio en su concepción y más empresarial del WLPI, refiriendo los niveles de la pirámide a los roles y competencias del WLPI.

Muchas organizaciones públicas y privadas están ayudando a personas a tener los conocimientos, la experiencia y los méritos necesarios para contribuir y progresar en el seno de la empresa C+T IG. De forma colectiva puede concebirse esta constelación de organizaciones como una “infraestructura educativa”. La sección siguiente describe esta infraestructura. Se avanza la opinión de que fomentar la sinergia entre sus varios componentes sería un objetivo clave para el Acervo de Conocimientos de C+T IG,

Infraestructura educativa de C+T IG

Como opinan Longley y colegas (2000), se necesitan diversos planteamientos educativos y de formación para preparar a los profesionales en ejercicio en una amplia gama de campos para realizar el potencial de las tecnologías geoespaciales y mejorar la calidad de la vida. Una serie de organizaciones públicas y privadas proporcionan oportunidades educativas formales e informales a profesionales de CT IG a lo largo de sus vidas y así lo harán en el futuro. Estas organizaciones incluyen no sólo instituciones educativas sino también sociedades profesionales, firmas privadas, agencias gubernamentales y medios de comunicación públicos y privados. Además de la planificación, la puesta en práctica y la evaluación de los currículos, estas organizaciones se preocupan de la movilidad de los estudiantes entre instituciones (garantizada por medio de acuerdos), la acreditación de programas académicos, la certificación de las cualificaciones de los profesionales, la selección y progreso profesional continuado de los empleados y el fomento del conocimiento básico de la C+T IG. Un Acervo de Conocimientos producido como resultado del esfuerzo colectivo de una comunidad de investigadores, educadores y profesionales en ejercicio puede proporcionar una base con autoridad para hacer más coherentes estas actividades. Pensamos que la sinergia entre las actividades de estas organizaciones, es un elemento clave para mejorar su efectividad a la hora de abordar las necesidades de personal.

Como la especialidad requiere un gran esfuerzo intelectual y técnico y además está evolucionando rápidamente, las oportunidades educativas en C+T IG deben preverse para toda una vida de aprendizaje. Existen oportunidades para aprender sobre las tecnologías geoespaciales en muchas escuelas primarias y secundarias de los EE. UU. (aunque no en la mayoría), en colegios universitarios comunitarios y en sesiones de formación organizadas por empresas. Para aquéllos cuya situación o circunstancias personales les impiden participar en clases tradicionales, las oportunidades de aprendizaje han ido aumentando a través de entregas asíncronas online y también por medio de textos de estudio. Además, la exposición a las tecnologías geoespaciales que los ciudadanos experimentan a

través de programas de televisión comerciales y educativos, exhibiciones en museos, clubs de “Geocaching” (Geo-Escondite) y otros medios de comunicación y organizaciones populares son vehículos indispensables para fomentar los conocimientos geoespaciales y el interés en las carreras geoespaciales entre el público general. Todas estas oportunidades educativas constituyen lo que se ha llamado una “infraestructura educativa” – “una red de recursos educativos, sociales y culturales” que sustenta el proceso de acumulación por el que los individuos aprenden a lo largo de sus vidas (St. John and Perry 1993, p. 60). A continuación se describen los sectores informal y formal de la infraestructura.

Educación informal. La solución al problema de reclutamiento, preparación y permanencia de trabajadores competentes en tecnología geoespacial comienza con la comprensión pública de la C+T IG y de su contribución a la sociedad. Este reto se relaciona con el problema más general del reclutamiento de la nueva generación de científicos, matemáticos e ingenieros que se necesitan para garantizar la seguridad económica de la nación. También es necesaria la comprensión pública de la ciencia para garantizar una ciudadanía informada, de la que depende una democracia representativa. La educación informal de la ciencia promueve la comprensión pública de la ciencia al dar oportunidades para aprender más allá del aula y al mitigar la pérdida de conocimientos que la mayoría experimentamos después de completar nuestra educación formal (Crane 1994).

El componente informal o “de libre elección” de la infraestructura educativa representa “la fuente principal de información del público sobre la ciencia” (Falk 2001, p. 10). Los expertos en educación científica informal opinan que se deberían dirigir las inversiones en el sentido de aumentar la capacidad de la infraestructura educativa y de fomentar la sinergia entre sus componentes (por ejemplo, Falk, 2001, St John, 1998). Especialmente Bybee (2001, p. 47) piensa que “si la nación ha de lograr una comprensión básica de la ciencia, tendrá que reconocer la importancia de un esfuerzo combinado de las comunidades educativas formal y de libre elección”.

El razonamiento de Bybee vale también para el caso especial de la ciencia de la información geográfica. Por la misma razón que están surgiendo “undergraduate degree programs” en Medicina Forense en respuesta a la popularidad de las series “CSI” en canales de televisión en horas de máxima audiencia, aplicaciones de tecnologías geoespaciales en programas de televisión como los que se han visto recientemente en “The District” y “Numbers” pueden hacer que los jóvenes piensen en carreras de tecnología geoespacial. Con \$1.000.000 de financiación del Ministerio de Trabajo de los EE. UU., una aventura llamada “Kidz Online” está desarrollando una serie de vídeos digitales y otros recursos que pretenden elevar la concienciación sobre las oportunidades profesionales en C+T IG. Los clubs de “Geocaching” (Juego de los tesoros ocultos) captan a miles de entusiastas en toda la nación. ¿Cómo podría utilizarse este vivo interés en la tecnología geoespacial para atraer a futuros científicos de la Información Geográfica? ¿Con qué frecuencia se destacan los resultados de la investigación y aplicaciones geoespaciales en las exposiciones de museos o en programas en los canales de National Geographic o Discovery? La Educación Informal de la Ciencia, de la Fundación Nacional de la Ciencia, apoya tales proyectos de manera limitada y altamente competitiva. Sin embargo, la educación informal sigue siendo el sector más olvidado de la infraestructura educativa geoespacial. Es necesario un sinergismo entre la educación formal e informal para extender la comprensión pública de la ciencia de la información geográfica y para reclutar jóvenes con talento para los estudios de información geográfica y las carreras geoespaciales.

Educación formal. La figura 2 ilustra el aspecto formal de la infraestructura educativa de C+T IG en forma de matriz. Se representan cuatro sectores de educación formal con columnas llamadas *Primary*, *Secondary*, *Undergraduate*, *Graduate* y *Post-graduate + Professional*. Las seis filas representan los niveles de conocimiento y experiencia que componen la pirámide de Marble. Dentro de las celdas de la matriz hay un inventario parcial de los componentes de la infraestructura. A continuación se discuten las competencias cultivadas por los diferentes componentes en cada estado.

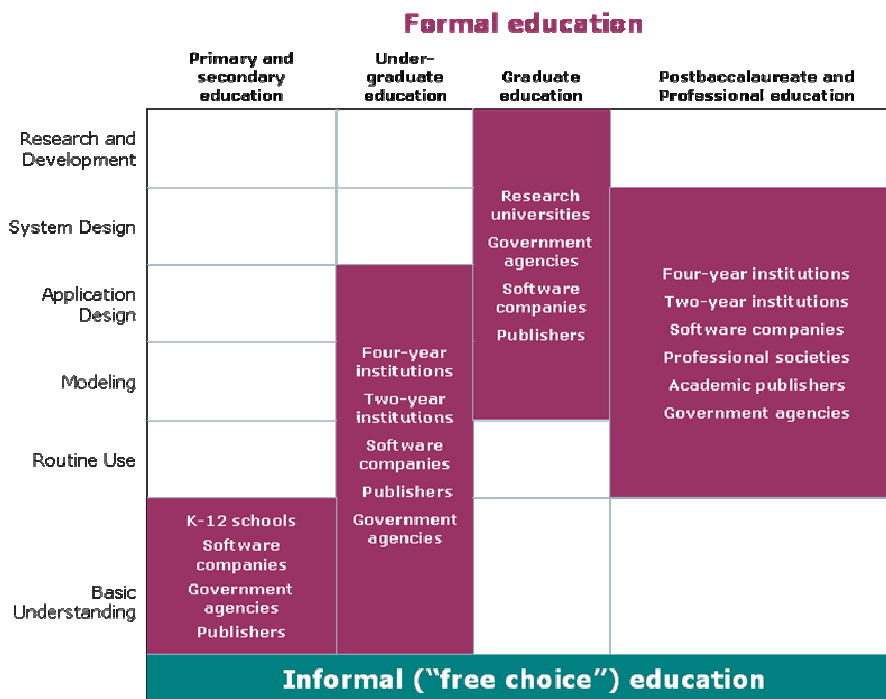


Figure 2: Infraestructura de la educación geoespacial. Las columnas representan los sectores de la educación formal que comprenden una vida entera de aprendizaje. Las filas corresponden a los roles de los profesionales como se representa en la pirámide de Marble. La educación informal dura también toda la vida en paralelo a la educación formal. [Debe revisarse. Quitar la capa informal y ajustar los tramos de los sectores según notas de LW]

Educación formal en primaria y secundaria. Las tecnologías geoespaciales pueden ser herramientas efectivas para facilitar el aprendizaje activo en la educación desde el jardín de infancia hasta los dieciséis años (Audet y Ludwig, 2000). Aunque pueden reconocerse muchas interesantes innovaciones en algunas escuelas, en general la adopción de SIG y tecnologías relacionadas en escuelas primarias y secundarias de los EE. UU. ha sido muy lenta (Bednarz, Downs, and Vender, 2002). Las preocupaciones de los profesores sobre el acceso a la tecnología, los datos, la formación y los materiales curriculares, todo ello combinado con la ausencia de apoyo institucional y de incentivos profesionales, conspiran para impedir esa adopción. Irónicamente estas dificultades persisten a pesar de que se reduce el coste del hardware, se liberalizan las licencias de software educativo y proliferan los materiales curriculares gratuitos o a bajo coste creados por empresas de software, firmas privadas y agencias gubernamentales, al mismo tiempo que se expande la capacidad para conectarse a Internet. El énfasis del gobierno federal en las pruebas que se asocian con la legislación "No Child Left Behind" (NCLB) (Ningún niño atrasado), combinado con la falta de financiación para las iniciativas geográficas bajo la legislación NCLB, también conspiran para desalentar la innovación en los profesores. La publicación del Consejo Nacional de Investigación *Learning to Think Spatially* (Aprendiendo a pensar espacialmente), de 2005, puede promover una nueva ola de adopciones e innovación. El sector de primaria y secundaria, combinado con una educación informal sobre la ciencia sigue siendo un sector crucial, aunque poco desarrollado, para el fomento de la concienciación pública de las tecnologías geoespaciales.

Educación formal en el nivel "undergraduate": instituciones con programas de dos años. Según el Centro Nacional de Estadística en Educación, el 42 por ciento de los 16,5 millones de universitarios no licenciados en los EE. UU. en 1000-2000 se matricularon en más de 2.000 instituciones con programas de dos años (habitualmente conocidos con el nombre de colegios universitarios comunitarios) (Horn, Peter, and Rooney 2002). Los "undergraduates" matriculados en colegios universitarios públicos de dos años tienden a ser mayores que los que se matriculan en instituciones de cuatro años y con más probabilidad estudian a tiempo parcial. También es más probable que quieran conseguir grados de asociado y certificados vocacionales.

El éxito de los colegios universitarios con programas de dos años y el de sus profesores se juzga principalmente por la cantidad de matrículas que tienen. Así pues, los colegios de dos años tienen un poderoso incentivo para responder a la demanda de individuos con la formación adecuada para puestos iniciales de entrada en la industria de la tecnología geoespacial. Sin embargo, una de las características más atractivas de los colegios comunitarios – el bajo coste de la matrícula – significa un reto para las instituciones que desean responder a la demanda de educación y formación en tecnología geoespacial. Los programas de grado con certificación o asociación en tecnología espacial establecidos ya hace mucho tiempo en el Houston Area Community College, Lansing Area Community College, Mesa Community College y otros demuestran la capacidad de las instituciones con base en la comunidad para superar tales obstáculos. Hay apoyo para la creación de nuevos programas de forma competitiva a través del programa de Educación en Tecnología Avanzada de la Fundación Nacional de la Ciencia y, más recientemente a través de la iniciativa de Trabajos de Tecnología de Gran Crecimiento del Ministerio de Trabajo. Las instituciones que prefieren no desarrollar sus propios materiales curriculares pueden obtener materiales con la licencia de empresas comerciales (por ejemplo, SPACESTARS de Digital Quest <http://digitalquest.com/spacestars/>) o a través de algunas instituciones de enseñanza superior (por ejemplo, la Universidad de Mississippi, que ha utilizado fondos de la NASA para promover la creación de 30 cursos online, sin la dirección de un instructor, que autoriza a través de su Instituto para la Educación Avanzada en Ciencias Geoespaciales <http://geoworkforce.olemiss.edu/>). Puesto que los estudiantes de colegios comunitarios tienden a tener más edad y a estudiar a tiempo parcial mientras mantienen un trabajo a tiempo completo, las ofertas de cursos online pueden lograr expandir el acceso y lograr los objetivos educativos.

Los colegios universitarios con programas de dos años están en una posición para preparar a los estudiantes para primeros puestos de trabajo que requieren un uso rutinario de las tecnologías geoespaciales. Con respecto a los roles de tecnología espacial identificados por WLPI, los currículos de dos años que terminan en grados de asociado o en certificaciones deben poder preparar a los estudiantes para trabajos como la adquisición de datos, análisis rudimentario e interpretación de datos, entrenamiento y visualización. Ya existen los incentivos institucionales y las corrientes de financiación necesarias para aumentar substancialmente la capacidad en este sector. Sin embargo, a los programas de asociado y de certificado pueden faltarles el aliento y la profundidad necesaria para preparar los estudiantes para roles de liderazgo en la industria geoespacial. Los programas de uno o dos años que ponen énfasis en el desarrollo de competencias técnicas pueden necesariamente olvidar las competencias analíticas, interpersonales y empresariales que se requieren para el éxito en roles de tecnología geoespacial. Así pues, aunque las inversiones en el sector de dos años de la infraestructura educativa puedan tener éxito en aumentar la cantidad de trabajadores cualificados para primeros trabajos, no es probable que de esta manera se pueda “reconstruir el vértice de la pirámide” de la manera en que Marble y otros piensan que es indispensable. En respuesta a este reto se hace necesaria una educación y formación a nivel de “baccalaureate”, “graduate” y “posbaccalaureate”.

Educación formal para “undergraduates”: instituciones con programas de cuatro años. Hay muy pocas instituciones de enseñanza superior que ofrezcan “baccalaureate degree programs” y que se centren específicamente en SIG, CiencialG o tecnologías geoespaciales *per se*. Berdusco (2003) identificó unas 425 instituciones de enseñanza superior en todo el mundo (alrededor de 260 en los EE. UU.) que ofrecían programas formales de certificado, diploma y grado en SIG y CiencialG. De las 28 universidades estadounidenses en la lista que ofrecen programas en SIG (“undergraduate degree programs”), con la excepción de cuatro, el resto ofrece en efecto grados de B.A (Bachelor in Arts) y B.S (Bachelor in Sciences) en Geografía (19), Ciencia de la Tierra, Ciencia Medioambiental, Recursos Naturales o Ingeniería Forestal, con “concentraciones”, “especializaciones”, “vías” o certificados (undergraduate certificates) en SIG, CiencialG, cartografía y temas relacionados. Por las mismas razones que la mano de obra geoespacial está repartida de manera difusa entre muchas industrias en todos los sectores de empleo, las actividades geoespaciales están típicamente muy ampliamente dispersas y muy mal coordinadas en los campus de los colegios universitarios con programas de cuatro años. Dentro de los programas académicos, los cursos que requieren tecnologías geoespaciales a menudo se posicionan como especialidades técnicas intermedias o avanzadas con prerequisites y límites en el tamaño de las clases que impone barreras a la matriculación.

Los “baccalaureate degree programs” de cuatro años ofrecen oportunidades para enseñar y aprender temas de manera más profunda que los programas de dos años. Los graduados que destacan en “baccalaureate degree programs” rigurosos con especializaciones en tecnologías geoespaciales deben

estar bien preparados para puestos iniciales que requieren la utilización rutinaria de tecnologías geoespaciales y para aplicar técnicas de análisis espacial con objeto de abordar razonablemente problemas sofisticados en una variedad de áreas. Además, los graduados de los programas de cuatro años deben al menos haber comenzado a crear las competencias empresariales e interpersonales necesarias para el progreso en agencias gubernamentales y empresas privadas. Sin embargo, en la práctica demasiados estudiantes que no estuvieron expuestos a las tecnologías geoespaciales en las escuelas primaria y secundaria “descubren” que es demasiado tarde en sus carreras universitarias para estudiarlas en profundidad. Algunos estudiantes con talento pueden dominar los conocimientos técnicos y analíticos que se requieren para la creación de aplicaciones de software individualizadas, pero pocos habrán tenido la oportunidad de dominar la gran cantidad de competencias necesarias para sobresalir en diseño de sistemas o gestión de proyectos. Mientras la infraestructura educativa geoespacial siga siendo tan débil en el nivel de primaria y secundaria y la pericia en tecnología geoespacial siga siendo difusa en los campus universitarios, probablemente no es realista esperar que muchos “undergraduates” vayan a progresar hasta los niveles más altos de la pirámide de Marble.

Educación formal a nivel de “graduate”. Berdusco (2003) identifica 76 programas de grado en SIG y CienG en todo el mundo, 30 de los cuales están en los EE. UU. El número se queda algo corto. El Consorcio Universitario de Ciencia de la Información Geográfica (UCGIS) representa 70 instituciones de enseñanza superior en los EE. UU. que han demostrado tener “una masa crítica de recursos para contribuir significativamente al objetivo de UCGIS”, que incluye el progreso en la investigación multidisciplinar en la CienG (UCGIS, 2005). La mayoría de estas instituciones ofrece uno o más programas de grado M.A. (Master of Arts), M.Sc. (Master in Sciences) y Ph.D. (Doctor) con énfasis en SIG o CienG. No muchas más de diez instituciones ofrecen programas master profesionales especializados (que se discuten en la sección siguiente).

La Ciencia de la Información Geográfica es una disciplina de investigación. Los científicos de la información geográfica lideran trabajos de investigación y desarrollo en firmas de software SIG, agencias gubernamentales y universidades. Son también responsables del reclutamiento, formación y educación de la próxima generación de investigadores que hará progresar las posibilidades de las tecnologías geoespaciales en el futuro. La educación multidisciplinar en CienG de los “graduates”, basada en la investigación, prepara a los estudiantes para dominar las competencias técnica, analítica, empresarial e interpersonal necesarias para desempeñar un papel de liderazgo en la investigación y desarrollo, el análisis de sistemas y el diseño y la creación de aplicaciones (Saalfeld, 1997). La educación graduada puede también impulsar la adopción del análisis espacial y el modelado geográfico entre las diferentes disciplinas que emplean tecnologías geoespaciales.

Los principales “graduate programs” académicos con énfasis en CienG cuentan con el patrocinio de agencias gubernamentales e industria para ofrecer la enseñanza y los estipendios necesarios para atraer y retener a los jóvenes estudiantes más prometedores. Los objetivos clave de UCGIS son identificar las prioridades de la investigación y fomentar el apoyo progresivo y sostenido de la investigación multidisciplinar en las universidades. Este objetivo es también el de la Fundación Nacional de las Ciencias (NSF) para reclutar la nueva generación de científicos, ingenieros y matemáticos que es necesaria para garantizar la competitividad industrial de los EE. UU. a lo largo del siglo XXI. El éxito de programas como el del Departamento de Geografía de la Universidad de Buffalo en atraer becas del NSF IGERT (Formación Integral Graduada de Educación e Investigación de la NSF) demuestra la relevancia y valor de la “graduate education” en la CienG. Un apoyo cada vez mayor para programas como IGERT y para la investigación patrocinada por universidades en general es necesaria para aumentar la capacidad de la educación graduada basada en la investigación, que a su vez es indispensable “reconstruir el vértice de la pirámide”.

Educación formal más allá de los niveles de “undergraduate” y “graduate”. Para muchos trabajadores la educación formal no es ya el prelude a una carrera; es el esfuerzo de toda una vida. Mientras que sus padres podrían haber esperado trabajar para un solo empresario a lo largo de sus carreras, para los graduados que ingresan en el mercado de trabajo hoy en día es más realista esperar una sucesión de carreras con diferentes empresas. Los expertos en la evolución de la mano de obra en EE. UU. se refieren al fenómeno como “job churning” (como la mantequilla que se bate en un recipiente y está en movimiento continuo, así también los puestos de trabajo). Calculan que “un tercio de los puestos de trabajo en los EE. UU. están en movimiento cada año, es decir, se han creado recientemente o muy pronto serán eliminados de la economía” (Kohl, 2000, p. 13). En su conjunto, la población de los EE. UU. ha envejecido, incluyendo su mano de obra. Se espera que en 2006 el grupo de edad entre 35 y 64 años

constituya casi dos terceras partes de todos los trabajadores. La combinación de las tendencias demográficas y la movilidad de los puestos de trabajo ("job churning") ha arrastrado a una clientela de más edad hacia la enseñanza superior. Entre 1970 y 2000 la proporción de estudiantes en los colegios universitarios de 18 a 21 años descendió en un 24 por ciento, de 58,4 por ciento a 44,2 por ciento (Oficina del Censo de los EE.UU., 2001). Hoy en día el "graduate student" "típico" "es mujer, entre 30 y 40 años, casada, con hijos, toma clases a tiempo parcial y tiene un trabajo a tiempo completo" (Kohl, 2000, p. 18).

Se ha criticado la enseñanza superior por su intento de respuesta a estos cambios. Por ejemplo, Kohl opina que "la preocupación de las universidades por los estudiante tradicionales de edad joven junto con su estructura organizativa típicamente fragmentada, a menudo hace difícil concentrarse en las exigencias de aprendizaje de los postbaccalaureate students". (Kohl, 2000, p. 20). Lo mismo podría decirse de la comunidad de la enseñanza superior en C+T IG que quizá haya dedicado una atención desmesurada a los currículos de "baccalaureate". No obstante, la comunidad de la enseñanza superior no tiene olvidado el sector "postgraduate". Reconociendo la frustración del público con la falta de respuesta a los cambios por parte de las universidades, la Comisión Kellogg sobre el futuro de las universidades estatales y de las que tienen fondos suplementarios del gobierno federal ("land-grant universities" o universidades a las que originalmente se cedió terrenos federales con la condición de ofrecer enseñanza sobre agricultura y otras disciplinas afines) opina que "con una población estudiantil de mayor edad y más diversa, necesitamos ofertas educativas más diversificadas. Mientras la gente madura y pasa por carreras sucesivas, tenemos que estar ahí para ayudarles a encontrar nuevas herramientas y nuevos caminos con cursos especiales que estén a su alcance". (Comisión Kellogg, 1999, p. 8). Los programas especializados de certificación académica representan una respuesta a las necesidades de los estudiantes "de toda una vida" en el ámbito geoespacial. Otra respuesta es la creación de programas de educación a distancia en SIG y Ciencia IG (Wright y DiBiase, 2005). Tales programas son muy convenientes para estudiantes mayores que no tienen acceso a ofertas nocturnas o de fines de semana en los campus cercanos y que están muy motivados para ganar créditos que les hagan progresar en sus carreras.

Programas de certificación académica. La certificación es el proceso por el cual las organizaciones conceden créditos a los individuos que demuestran tener ciertas cualificaciones y/o competencias. Las instituciones educativas acreditadas confieren certificados académicos; las sociedades profesionales y las empresastienen programas de certificación académica (que consideramos más abajo en este documento). Wikle (1999, p., 54) indica que los programas de certificación académica "difieren de los programas de grado sobre todo con respecto a sus materias centrales y a su duración. En oposición a los programas de grado que incluyen cursos de educación general, los certificados se concentran en temas específicos y requieren menos tiempo". Los certificados académicos pueden dispensarse solos, como parte de un "baccalaureate degree" o como parte de un "graduate degree". Cuando es parte de un "degree program", el certificado pone énfasis en una parte de la educación y formación distinta del grado que se ha obtenido. Por ejemplo, un grado que se ha obtenido en biología con un certificado SIG querría decir que se tiene conocimientos y experiencia tanto en biología como en SIG.

Phoenix (2005) calcula que cerca de 10.000 estudiantes en todo el mundo se involucran en algún tipo de certificado académico que tiene relación con SIG. Con toda certeza miles de ellos lo hacen en los EE. UU. Sólo una institución, Pennsylvania State University, ha dado más de 600 certificados de competencia en SIG desde 1999 y hoy en día atrae a unos 300 nuevos estudiantes todos los años. En 2000 Phoenix calculó que había más de 200 programas de certificación académica en SIG en los EE. UU. Últimamente la base de datos online de ESRI sobre programas académicos de SIG (ESRI, 2005) lista 246 instituciones con programas de dos y cuatro años que dicen ofrecer certificados SIG, de los cuales 120 están en los EE. UU. Veinticuatro instituciones estadounidenses dicen dar programas de certificación a distancia.

Grados master profesionales. Todos los años unos 400.000 estudiantes estadounidenses consiguen masters en cientos de especialidades diferentes. Ochenta y cinco por ciento de los programas master de los EE. UU. "son lo que se ha venido en llamar grados orientados a la práctica o grados profesionales" (LaPidus, 2000, p. 6). En comparación con los programas académicos de grado, los programas profesionales están más "especializados en lo que se refiere a su centro de atención, a su contenido, ... y despersonalizados puesto que a menudo tratan de formar a los estudiantes de acuerdo con una plantilla predefinida de las competencias profesionales" (LaPidus, 2000, p. 6). Tales programas están

hechos a medida para profesionales adultos y pueden emplear a personas en el ejercicio de su profesión como parte del personal docente. Los mejores programas profesionales “trascienden la competencia profesional y promueven el liderazgo profesional” (LaPidus, 2000, p. 6).

La infraestructura educativa de la C+T IG incluye relativamente pocos programas profesionales de master. Kemp (2005) cuenta sólo veinte instituciones de enseñanza superior que ofrecen programas de master en SIG y CienalG. Tres de ellos son programas de educación a distancia. Phoenix (2004) calcula que en todo el mundo hay solamente unos 500 estudiantes que siguen masters en SIG o CienalG. Refiriéndose tanto a los programas profesionales como a los académicos, Phoenix ha hecho hincapié en el hecho de que “los pocos “graduate programs” existentes en la actualidad no pueden satisfacer las necesidades del mercado” (2000, p. 13). El déficit de programas de master avanzados, orientados a la práctica y confeccionados conforme a las necesidades de profesionales adultos, es una de las más importantes debilidades de la infraestructura educativa de la C+T IG en los EE. UU. El Acervo de Conocimientos de la C+T IG debe ser un recurso útil para las instituciones que planifican tales programas.

Educación y formación en instituciones no acreditadas. En cuanto al número de alumnos, puede que las empresas de software SIG sean los principales proveedores de formación en el campo de la C+T IG. Solamente ESRI matricula unos 20.000 estudiantes al año en muchas ofertas de más de 40 cursos de formación en clases dirigidas por un instructor en cerca de 50 sitios en los EE. UU. La mayoría de los cursos duran unos días. Intergraph, que junto con ESRI cuenta con aproximadamente la mitad del mercado de software SIG (Daratech, 2004), también ofrece unos 24 diferentes cursos de corta duración en su sede de Huntsville, Alabama, en sitios de clientes y en otras seis oficinas de Intergraph en todo el mundo.

ESRI atrae a cerca de 12.000 participantes todos los años en su Conferencia Internacional de Usuarios; las sesiones de formación y los seminarios sobre los avances en los productos de software de ESRI ocupan la mayor parte de la agenda de la conferencia. La conferencia anual GeoSpatial World de Intergraph incluye “programas de certificación” que consisten en una serie de sesiones técnicas y talleres sobre temas diferentes.

Tanto Intergraph como ESRI también proporcionan instrucción online. Intergraph ofrece un curso de “Introducción a SIG”, de 10 semanas, dirigido por un instructor, usando software Web Board de discusión. Los estudiantes matriculados en un programa M.Sc. ofrecido por una institución miembro del consorcio internacional UNIGIS pueden ganar créditos académicos para el curso de Intergraph. El “Virtual Campus” de ESRI ofrece una serie de productos online de educación y formación, incluyendo módulos de progresión individual, sin instructor, grabaciones vídeo y audio digitales de demostraciones y talleres de software y “clases virtuales” con un instructor en las que los estudiantes ganan acceso al software ArcGIS por medio de un servidor de la aplicación Citrix e interactúan con un instructor de ESRI por teléfono y por software de colaboración Microsoft LiveMeeting. Lanzado en 1997, el Virtual Campus es la fuente de formación online mejor conocida en la infraestructura educativa geoespacial. En 2004 más de 230.000 miembros en 189 países se han registrado para visualizar un módulo o seminario de muestra gratuito (Johnson y Boyd, 2005). Las licencias para los sitios educativos de ESRI incluyen el acceso libre por parte de estudiantes y personal docente a muchos módulos. ESRI Press se ha convertido en uno de los editores de vanguardia de libros de texto de SIG y materias afines.

La educación “postbaccalaureate” y la educación profesional constituyen el sector de la infraestructura educativa geoespacial más diverso y de más rápido crecimiento. Abundan los programas de certificación académica. Los programas de master profesional son relativamente escasos, quizá porque el mundo empresarial de C+T IG todavía no se ha consolidado como profesión distintiva. Sin embargo, puesto que los pocos que hay en funcionamiento se han establecido en los últimos cinco años, parece razonable esperar que más programas aparezcan al final de la década. Las empresas comerciales de software dan servicio a muchos miles de personas todos los años con una serie de ofertas orientadas a los productos y sin dar créditos. Como los estudiantes “postgraduate” tienden a ser de más edad, más motivados y con más experiencia que sus compañeros de la enseñanza “undergraduate” y “graduate”, los métodos de enseñanza a distancia llevan en sí la promesa de extender el acceso a los estudiantes que no tienen la libertad de participar en ofertas ligada a sitios específicos. La capacidad de las instituciones acreditadas de enseñanza superior puede ser limitada debido a factores culturales que valoran la selectividad por

encima de la capacidad. Se necesitará un liderazgo académico y quizá incentivos económicos, para hacer que el personal docente acepte programas innovadores que involucren a profesionales en ejercicio como enseñantes. La capacidad de las iniciativas comerciales continuará respondiendo a la demanda y a la capacidad de pago; aunque las empresas de software tratan de evitar de manera cuidadosa la competición con las instituciones de enseñanza superior, esa competición parece inevitable en el futuro. Las tentativas de aumento de la cantidad y calidad de los productos de la infraestructura educativa geoespacial debe incluir la acción sinérgica entre los componentes comerciales y no comerciales del sector “postbaccalaureate” y profesional. La siguiente sección describe los usos posibles del Acervo de Conocimientos de C+T IG que han de fortalecer y catalizar la acción sinérgica entre éstos y otros componentes de la infraestructura educativa.

Aplicaciones del Acervo de Conocimientos de C+T IG

Como ya se ha indicado, la infraestructura educativa de la C+T IG incluye actores varios: sociedades profesionales, proveedores de software comercial y de servicios, agencias gubernamentales, editores académicos e instituciones educativas acreditadas. Un Acervo de Conocimientos de la C+T IG tendrá éxito si es útil para muchos de estos actores y fomenta la sinergia entre ellos. Esta sección describe varios usos del Acervo de Conocimientos que tienen el potencial de fortalecer la infraestructura educativa.

Planificación de currículos. Al incrementarse la demanda de nuevos programas de certificación y de grado, los programadores buscan los recursos que determinen la elección de currículos. Una buena planificación requiere una serie de “hechos críticos”, incluyendo las necesidades de la profesión, las actuaciones en el trabajo y los objetivos educativos, entre otros (Nadler y Nadler, 1998; véase también Dacum.org, 2005). Los miembros del cuerpo docente en áreas afines, Ciencia Informática, Ciencia de la Información y otras pueden recurrir a “currículos modelo” que han sido recopilados, examinados y revisados periódicamente bajo los auspicios de las sociedades profesionales. El elemento esencial de estos modelos es un “Acervo de Conocimientos” que define el dominio de conocimiento de cada disciplina. El Acervo de Conocimientos presentado en este documento define los temas de la C+T IG con respecto a los objetivos educativos formales que pueden aplicarse directamente a los planes de currículo. (En la sección siguiente se discute la relación de la C+T IG con las iniciativas de creación de un currículo a escala nacional).

Acreditación de programas. Acreditación es el proceso por el cual ciertas organizaciones dan validez a las cualificaciones y efectividad de las instituciones y programas educativos. Hay ocho comisiones regionales que acreditan la mayoría de las aproximadamente 4.000 instituciones de enseñanza superior de los EE. UU. (Hamm 1997, Cook, 2001). Más de 60 comisiones acreditan toda una variedad de programas profesionales de postgrado, incluyendo, informática, ingeniería, estructura del terreno y planificación. El modelo tradicional de acreditación consiste en un estudio institucional periódico, seguido de la visita de un panel de examinadores y finalmente un informe de evaluación. También están en uso los modelos alternativos de acreditación que ponen énfasis en los procesos internos más que en los estándares externos (Wergin, 2005).

Los departamentos académicos que no están sujetos a acreditación en un contexto disciplinario son los que ofrecen la mayoría de los cursos y programas de certificación y de grado en relación con SIG. Sin embargo, recientemente la Fundación de Inteligencia Geoespacial de los EE. UU. ha anunciado la formación de una Academia de Inteligencia Geoespacial que “establecerá directrices curriculares, estándares y procesos de acreditación para cursos académicos y programas de certificación” de inteligencia geoespacial” (USGIF, 2005). El Acervo de Conocimientos de la C+T IG deberá ser un valioso recurso para el panel encargado de definir las directrices y estándares de la Academia.

Juicio y valoración de programas. Siempre se espera que la mayoría de programas académicos que no están sujetos a una acreditación disciplinaria lleven a cabo autoevaluaciones periódicas o que inviten a examinadores o juntas consultivas externas para evaluar la calidad de los programas. Los instrumentos de juicio derivados del Acervo de Conocimientos de la C+T IG ayudarán a que se determine el estatus de los programas en relación con un amplio conjunto de objetivos educativos creados por la comunidad. Estas evaluaciones pueden también ayudar a los futuros estudiantes a elegir los programas educativos que se correspondan con sus intereses y la meta de sus carreras. Los estudiantes y graduados recientes pueden usar el Acervo de Conocimientos para valorar su dominio del campo de la C+T IG y para planificar sus estrategias de progreso profesional continuo.

Revisión de currículos. Las instituciones académicas que pueden responder a la demanda de educación en C+T IG y a la aparición de nuevas prioridades de investigación en esta área reclutan nuevos docentes que se especializan en ciencia de la información geográfica. Al aumentar o rotar éstos, se hace necesario examinar y revisar los currículos de C+T IG para que reflejen nuevas áreas de especialización. El Acervo de Conocimientos de la C+T IG será útil para ayudar al personal docente a pensar estratégicamente sobre su crecimiento, la descripción de puestos de trabajo, entrevistas y planificación de currículos revisados.

Articulación de programas. La infraestructura educativa de la C+T IG abarca toda una vida de aprendizaje. La mayoría de los profesionales pasan por muchos sitios, instituciones y puestos de trabajo en el curso de sus carreras. Las instituciones educativas se adaptan a esta movilidad por medio de acuerdos de “articulación” que garantizan que los créditos que se ganan en una institución cuenten para la obtención de programas académicos o de certificación relevantes en otra institución. Puede ser difícil ejecutar estos acuerdos debido a calendarios académicos diferentes, valoración no homologable de créditos académicos y especialmente diferentes títulos de los cursos y sus objetivos. Las instituciones que estén de acuerdo en especificar temas y objetivos para un curso que sean coherentes con el Acervo de Conocimientos de la C+T IG puede serles más fácil ejecutar acuerdos de articulación. Hacer compatible la movilidad y el progreso de la mano de obra de C+T IG es de la máxima importancia para la infraestructura educativa.

Certificación profesional. Certificación es el proceso por el cual las organizaciones dan créditos a individuos que demuestran ciertas cualificaciones y/o competencias. Hay dos organizaciones – la Sociedad Americana de Ingeniería Fotogramétrica y Teledetección (ASPRS) y el Instituto de Certificación de Sistemas de Información Geográfica (GISCI) – que tienen actualmente programas de certificación profesional en el área de la C+T IG. Barnhart (1997) identifica tres tipos de certificación profesional: el basado en el expediente, el basado en las competencias y el basado en el currículo. El programa de la ASPRS ejemplifica la certificación basada en la competencia, con la que “los candidatos deben demostrar su dominio en un conjunto común de conocimientos de su profesión” por medio de un examen. Por el contrario, el programa de certificación profesional de GISCI (GISP) se basa en el expediente y sólo exige a los candidatos que documenten las cualificaciones relevantes en niveles específicos de realización. El Acervo de Conocimientos de la C+T IG proporciona una base para la adjudicación de puntos educativos por parte de los solicitantes al programa GISCI.

Como consecuencia de la Asociación Urbana y Regional de Sistemas de Información (URISA), GISCI comenzó aceptando solicitudes en 2004. La certificación GISP se consigue ganando un número de “puntos de realización” (o logros). Los valores de los puntos dependen de los logros o realizaciones en relación con la educación, la experiencia y las contribuciones a la profesión. Los solicitantes deben aceptar un código ético. No se requiere examen alguno. GISCI dio 535 certificaciones GISP en su primer año y según declara, 907 hasta octubre de 2005. Parece que la certificación profesional basada en el expediente ha encontrado su lugar en la C+T IG.

El comité de URISA que proyectó el programa de certificación de GISCI fue consciente de la opinión de que la certificación SIG necesita tener un gran poder de convocatoria si ha de influir en la práctica profesional (Obermeyer, 1993). El comité adoptó el método de juicio sobre la base de expedientes, como manera de disminuir los obstáculos a la participación, en lo que algunos miembros del comité imaginaron era esencialmente un programa de desarrollo profesional. Aunque la certificación de GISCI hace poco para garantizar la competencia profesional (Somers, 2004), está aparentemente teniendo éxito en crear una comunidad de profesionales en ejercicio que subscriben una estrategia de desarrollo profesional basada en una práctica ética, un aprendizaje continuo y una participación en las organizaciones profesionales. El Acervo de Conocimientos de la C+T IG juega un importante papel garantizando la relevancia de las experiencias educativas formales de los GISPs.

Selección de empleados. Es probable que los directores y personal de recursos humanos responsables del reclutamiento y selección de candidatos a posiciones C+T IG en el gobierno y la industria no posean una experiencia profesional relevante. Existen varios recursos para ayudar a estos profesionales a identificar candidatos cualificados. Las Descripciones de Trabajos Modelo para Profesionales SIG de URISA (Huxhold, 2000) proveen plantillas que describen funciones y cualificaciones típicas. El Modelo de Competencia en Tecnología Geoespacial de WLPI identifica una serie de roles para profesionales, como también los tipos de competencias que demuestran los empleados idóneos. El Acervo de Conocimientos de C+T IG complementa estos recursos definiendo, en términos de objetivos educativos formales, el

dominio de conocimientos que deben poseer los profesionales con una buena educación. De estos objetivos pueden derivarse las descripciones de los trabajos y los protocolos para las entrevistas.

III. ¿Cómo se relaciona el Acervo de Conocimientos con los intentos de planificación del currículum C+T IG?

Antiguas preocupaciones en relación con la educación de C+T IG

Las críticas que se han hecho de la preparación de los graduados no deben implicar que los educadores C+T IG hayan olvidado sus responsabilidades. En efecto, “los instructores SIG en la enseñanza superior han mostrado una preocupación por la enseñanza casi ejemplar” (Unwin, 1997, p. 2). Desde los últimos años de la década de 1970, los educadores en SIG, cartografía y teledetección han propuesto normas directrices para la planificación del currículum (por ejemplo, Marble, 1979,1981; Dahlberg y Jensen, 1986), han publicado numerosos libros de texto (por ejemplo, Burrough, 1982; DeMers, 1996; Longley y colegas, 2005), han creado productos software educativos (por ejemplo, GISTutor, OSU Map-for-the-PC, Map,II), han organizado paneles de discusión, talleres y conferencias internacionales dedicadas a la enseñanza y el aprendizaje (por ejemplo, Goodchild, 1985; Poiker, 1985; Gilmartin y Cowen, 1991; Conferencia SIG en la Enseñanza Superior, 1997), han investigado los títulos de los puestos de trabajo profesionales, los salarios, las cualificaciones y el trabajo recomendado para los cursos (por ejemplo, Huxhold, 1991; Wikle, 1994, Huxhold, 2000^a), han recopilado listas de temas esenciales (por ejemplo, Macey, 1997), han publicado programas de cursos y currículos SIG locales, nacionales e internacionales (por ejemplo, Tobler, 1977; Nyerges y Chrisman, 1989; Unwin et al, 1990; Goodchild y Kemp, 1992; Kemp y Frank, 1996, Foote, 1996), y han demostrado lo apropiado de incluir la CienciaIG en los currículos educativos generales (DiBiase, 1996). A continuación se revisan las tentativas de desarrollo de currículos universitarios a nivel nacional en C+T IG. Ello lleva a una discusión sobre la relación del Acervo de Conocimientos con el Proyecto de Modelo de Currículos de UCGIS en la sección siguiente.

Tentativas de desarrollo de currículos a nivel nacional

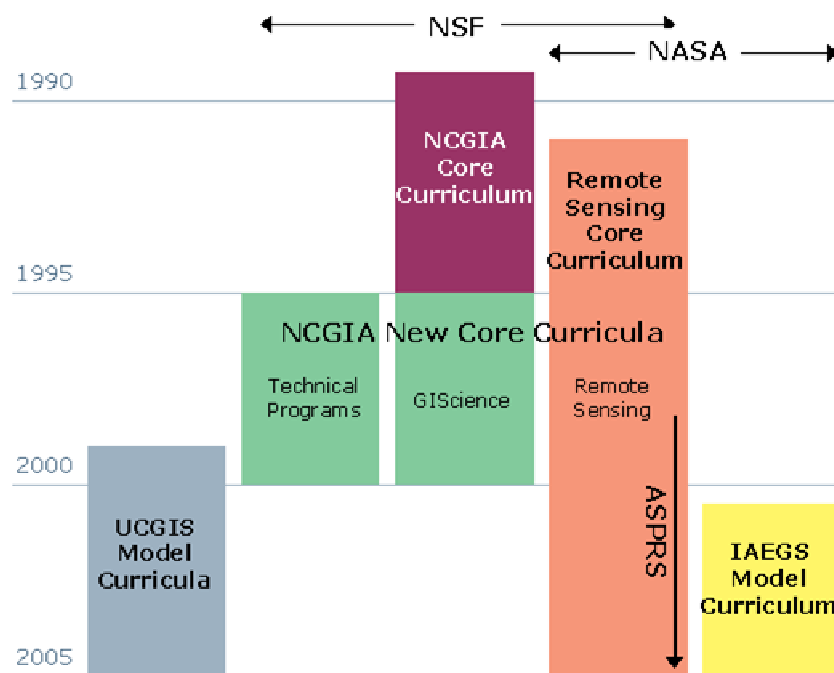


Figura 3: Iniciativas a escala nacional sobre currículum de educación geoespacial en los EE. UU., 1988-2005. [Debe revisarse para que la escala de tiempo se alinee con el eje x]

Currículo esencial (Core Curriculum) SIG del Centro Nacional de Análisis de la Información Geográfica (NCGIA). La solicitud de un NCGIA por parte de la Fundación Nacional de la Ciencia (NSF) en 1987 incluía como una de sus cuatro metas “aumentar el suministro nacional de expertos en SIG y análisis geográfico en las disciplinas participantes” (NSF, 1987). En 1988, poco después de haber ganado el premio de la NSF, el consorcio NCGIA de la Universidad de California en Santa Bárbara, State University of Nueva York en Buffalo y la Universidad de Maine elaboraron y distribuyeron para ser comentada “una descripción detallada de una secuencia de tres cursos de 75 unidades de una hora” (Goodchild y Kemp, 1992, p. 310). Se pidió a cincuenta profesores prominentes y profesionales en ejercicio que prepararan borradores de las unidades. Más de 100 instituciones en todo el mundo acordaron implementar la secuencia resultante de tres cursos (Introducción a SIG, Temas técnicos en SIG y Temas de aplicación en SIG) y compartir los datos de la evaluación con el NCGIA. Se revisaron extensivamente las notas sobre las clases y los ejercicios de laboratorio en respuesta a los comentarios de los usuarios (por ejemplo, Coulson y Waters, 1991), y luego se publicaron en julio de 1990 con el nombre de “NCGIA Core Curriculum”. Este ha sido criticado por su falta de consistencia y repeticiones, contenido, estructura rígida y falta de un mecanismo de actualización (Unwin y Dale, 1990; Jenkins, 1991). No obstante, el proyecto tuvo un impacto significativo. Más de 1.500 instituciones solicitaron la versión impresa original. Fue traducida a varios idiomas y la versión de Internet se visita todavía con frecuencia (véase <http://www.ncgia.ucsb.edu/pubs/core.html>).

“Core Curriculum” de CienalG de la NCGIA. En 1995 la NCGIA anunció su intención de desarrollar un nuevo “Core Curriculum” en CienalG con el propósito de tener en cuenta los progresos en el área desde el “Core Curriculum” original de 1990. El nuevo currículo había de incluir notas de las clases correspondientes a unas 176 unidades de una hora, organizadas en una estructura de “árbol”, con los conceptos geográficos fundamentales como nodos de los cuales nacerían cuatro ramas – Conceptos Geográficos Fundamentales para SIG, Implementación de Conceptos Geográficos en SIG, Tecnología de la Información Geográfica en la Sociedad y Áreas de Aplicación y Estudio de Casos. De acuerdo con la Directora de Redacción, Karen Kemp, “durante un período de unos cuatro años, se encargaron varias unidades nuevas y unas cuantas del “Core Curriculum” original se actualizaron, con lo que el total de unidades en el nuevo currículo aumentó un tercio de las unidades previstas en el nuevo árbol. Aunque se pretendía que el nuevo currículo se convirtiera en un documento vivo con revisiones de la estructura del árbol y adiciones continuas a las unidades existentes, en agosto de 2002 el impulso para un documento de este tipo se ralentizó” (Kemp, 2005). El “New Core Curriculum in GIScience” (actualizado por última vez en 2000) se puede revisar en <http://www.ncgia.ucsb.edu/giscc/>.

“Core Curriculum” de Teledetección. Una de las iniciativas de investigación de la NCGIA (I-12) tuvo por objeto la integración de la teledetección y los sistemas de información geográfica. Ya desde un principio se reconoció la necesidad de materiales educativos que promovieran esa integración. En 1992 se estableció un comité de dirección responsable de guiar la elaboración de un “Core Curriculum” para teledetección. Inicialmente el comité se centró en cuatro cursos: Introducción a la Interpretación de Fotos Aéreas y Fotogrametría, Visión General de la Teledetección del Entorno, Introducción al Procesamiento de Imágenes Digitales y Aplicaciones en Teledetección. Los cuatro cursos originales junto con cuatro posteriores aparecen ahora como “volúmenes” en el sitio Web del proyecto (<http://www.r-s-c-c.org/>). Los materiales parecen libros de texto online más que notas de clases. Los autores de los cursos, que incluyen educadores e investigadores muy bien conocidos, contribuyeron voluntariamente y sin compensación. En 1995 el proyecto obtuvo fondos de la NASA para financiar a estudiantes que formatearan y testaran los volúmenes. En 1997 la Sociedad Americana de Ingeniería Fotogramétrica y Teledetección (ASPRS) acordó apoyar el Proyecto de “Remote Sensing Core Curriculum”(RSCC) hasta 2012. El RSCC está listado en el sitio Web de “Core Curricula” del NCGIA (<http://www.ncgia.ucsb.edu/pubs/core.html>) como complemento no oficial a su “Core Curricula” para Programas Técnicos y CienalG.

Proyecto de Modelos de Currículo del UCGIS (Consortio Universitario de Ciencia de la Información Geográfica). Bajo los auspicios del UCGIS, con el respaldo de las principales empresas de software SIG, Marble y otros organizaron un grupo de trabajo en 1998 para crear currículos en C+T IG para estudiantes no graduados. Se utilizó el plural “currículos” haciendo énfasis en el objetivo de facilitar múltiples caminos curriculares confeccionados de acuerdo con los requisitos de las diversas ocupaciones y áreas de aplicación que dependen de las tecnologías geoespaciales. Sus arquitectos tuvieron la visión de un proceso de amplia base de elaboración continua del currículo, muy parecido a la tentativa conjunta de la Asociación de Maquinaria Informática (ACM) y de la Sociedad IEEE de Ordenadores. Como en

ACM/IEEE *Computing Curricula 2001*, el grupo de trabajo del UCGIS se propuso identificar un amplio conjunto de “áreas de conocimiento” y sus “unidades” y “temas” constituyentes que formaran un “Acervo de Conocimientos” en el dominio de la C+T IG. El grupo de trabajo también tenía como objetivo explorar diversas “áreas de pedagogía”, incluyendo temas y cursos de apoyo, experiencias integradoras, infraestructura de apoyo e implementación y difusión. Como en el caso del RSCC, los colaboradores participaron como voluntarios sin compensación. Siguiendo la terminología de ACM/IEEE, el grupo de trabajo publicó un informe inicial en julio de 2003. En él se especificaban doce áreas de conocimiento y 56 unidades subsidiarias. La especificación final de la primera edición de los Currículos Modelo de C+T IG debía también especificar diferentes caminos que los estudiantes podrían recorrer a través de los currículos, en preparación para una variedad de metas profesionales.

Como se había concebido originalmente, el proyecto de Currículos Modelo era la empresa más ambiciosa de su tipo en el campo de la C+T IG. Marble y colaboradores decidieron servirse de la comunidad de científicos de la información geográfica, técnicos, profesionales en ejercicio y otros individuos interesados que se dedicarían a reformar la infraestructura educativa geoespacial, para así poder satisfacer las necesidades de mano de obra de la industria, las agencias gubernamentales y la sociedad. Para esta idea era crucial el apoyo de los empresarios, administradores de universidades y patrocinadores que hacen posible que participen los miembros de la comunidad. El apoyo económico e institucional necesario para llevar a cabo la idea de los Currículos Modelo no llegaba, a pesar de modestas contribuciones en efectivo por parte de algunas firmas de software SIG. Como señalaron los autores del informe Strawman, “aunque hay muchos individuos que han expresado un gran interés en el trabajo de los Currículos Modelo, se ha hecho difícil superar las reticencias de las organizaciones, académicas en particular, a reconocer que el tiempo que se ha dedicado a esta actividad tiene un valor” (UCGIS, p. 31).

En 2005 el proyecto de Currículos Modelo se reanudó como actividad de la Comisión de Educación del UCGIS. Dirigiendo el trabajo está un equipo de siete redactores que consultan con una Junta Asesora de más de 50 miembros. Los miembros antiguos del grupo de trabajo están representados tanto en el equipo de redacción como en la Junta Asesora. Llegando a la conclusión de que la idea de los Currículos Modelo no podría realizarse a tiempo, la Comisión de Educación (con el asentimiento de la Junta del UCGIS) tomó la determinación de centrarse en la terminación del componente esencial de los Currículos Modelo, es decir, el Acervo de Conocimientos de la C+T IG. (Una exposición completa de la idea de los Currículos Modelo y la evolución del Acervo de Conocimientos desde el informe Strawman aparece en la siguiente sección).

Currículo Modelo del Instituto de Educación Avanzada en Ciencias Geoespaciales (IAEGS). En 2001 la Universidad de Mississippi obtuvo de la NASA un contrato de \$9 millones para crear recursos que aumentaran la capacidad de las instituciones de enseñanza superior para preparar a los estudiantes para carreras en la industria de la teledetección. Para 2005 el IAEGS había creado su propio sistema y materiales de gestión para sus 30 cursos en teledetección y tecnología geoespacial, no dirigidos por un instructor, online, para estudiantes “undergraduate” (<http://geoworkforce.olemiss.edu/>). Con la ayuda de la ASPRS, el IAEGS seleccionó a dieciséis educadores e investigadores destacados para que presentaran su currículo modelo. Se invitó a los futuros autores de los cursos para que presentaran propuestas; los autores seleccionados ganaron \$80.000 cada uno. Los cursos constan de textos, gráficos, animaciones, exámenes interactivos y otros contenidos que se presentan por medio del sistema de IAEGS. La iniciativa se basa en un modelo de empresa novedoso que tiene como objetivo instituciones que desean ofrecer teledetección pero que no tienen los recursos necesarios de personal docente.

Quienes adoptan los cursos pagan cuotas por estudiante y se supone que facilitan puntos de contacto de personal docente localmente.

Aunque estaban destinados para que las instituciones de enseñanza superior dieran las licencias correspondientes, la mayoría de los que al principio adoptaron los cursos de IAEGS fueron agencias gubernamentales y firmas privadas (Luccio, 2005). Queda por ver hasta qué punto los currículos modelo de IAEGS aumentan la productividad de la infraestructura educativa. De cualquier modo, está claro que persiste la necesidad del Acervo de Conocimientos de C+T IG.

IV. ¿Cómo se ha desarrollado el Acervo de Conocimientos?

El concepto de currículos modelo

El Informe Strawman de 2003 del Grupo de Trabajo Currículos Modelo de UCGIS presenta una idea ambiciosa. Presenta una razón y una justificación para una reforma curricular a escala nacional en el sector “undergraduate” de la infraestructura educativa (con implicaciones para otros sectores). Describe los principios rectores y un planteamiento que, siguiendo el modelo de los proyectos de “Core Curriculum” en Informática y Ciencia de la Información, intenta desarrollar Currículos Modelo para C+T IG adaptables y de múltiples vías.

El informe también ofrece un borrador del Acervo de Conocimientos de C+T IG. Los miembros del Grupo de Trabajo de Currículos Modelo anticiparon que sus sucesores se esforzarían por conseguir la aportación necesaria de la comunidad para producir “una versión *“Ironman”* modificada del Acervo de Conocimientos que sería de esperar fuera representativa de los puntos de vista de la mayoría de la amplia comunidad C+T IG” (Marble et al, 2003, p. 27). Además el Grupo de Trabajo apeló a sus sucesores para que se involucraran en una segunda “corriente” de actividad que condujera a la especificación de un conjunto de “caminos que los estudiantes pueden tomar durante la porción no graduada de los currículos de C+T IG”. Los caminos se especificarían “con respecto a (a) un subconjunto cuidadosamente seleccionado de elementos del Acervo de Conocimientos de C+T IG, (b) un nivel de dominio identificado para cada uno de estos elementos y (c) una declaración de los elementos de apoyo adicionales que necesitan ser suministrados a partir de la propia disciplina de los estudiantes y de otras disciplinas” (Marble et al, 2003, p. 27). El Acervo de Conocimientos, las especificaciones de los caminos y el “Plan de Apoyo al Desarrollo de los Currículos” habían de componer los Currículos Modelo de C+T IG. Completando una primera edición del Acervo de Conocimientos, este documento presenta parte de la idea de los Currículos Modelo y crea el marco para progresar en el futuro. Esta sección describe con más detalle los elementos que componen la idea de los Currículos Modelo.

Diseño “de arriba abajo”. La mayoría de los planes de currículos adoptan un planteamiento “de abajo arriba”, en el que un conjunto de temas de clases se combina formando cursos y la colección de cursos se dice que constituye el currículo. Por el contrario, el diseño “de arriba abajo” “empieza con una declaración clara de objetivos educativos amplios, los depura creando una serie de objetivos explícitos y comprobables, concibiendo después estrategias docentes, contenido y métodos de evaluación para cumplir con esos objetivos” (Unwin, 1997, p. 4). Los Currículos Modelo de UCGIS son únicos entre las iniciativas de currículos de C+T IG ya que especifican los temas que constituyen el dominio C+TIG en términos de objetivos educativos formales. El Acervo de Conocimientos de C+T IG facilita un marco para definir el contenido y estructura de los cursos, para identificar los recursos educativos que se necesitan y para evaluar la efectividad de los cursos y lograr los resultados que se pretenden. Esta orientación hacia los resultados refleja lo que Barr y Tagg (1995) han caracterizado como un “cambio de paradigma” en la enseñanza superior de la enseñanza al aprendizaje.

Caminos múltiples a resultados diversos. El punto de partida del proyecto de Currículos Modelo fue el reconocimiento de que la naturaleza multidisciplinaria de la CienciaIG, la tecnología geoespacial y las aplicaciones C+T IG requieren que la infraestructura de la educación C+T IG facilite una gran variedad de resultados. En la figura 3 se ilustran algunos resultados posibles, utilizando símbolos triangulares. Los triángulos implican que cada uno de los resultados especializados consta de varios niveles de competencia, como se describe en el modelo de la pirámide de Marble (Marble, 1998). Un alumno puede adquirir el conocimiento y la experiencia necesarias para conseguir un resultado particular pasando por el Acervo de Conocimientos de C+T IG o por temas en dominios afines o por medio de experiencias integradoras como internados y proyectos importantes. A largo plazo la visión de los Currículos Modelos incluye la especificación de las secuencias de los objetivos educativos que los alumnos deben cumplir al seguir uno de varios caminos que conducen a un conjunto diverso de resultados educativos.

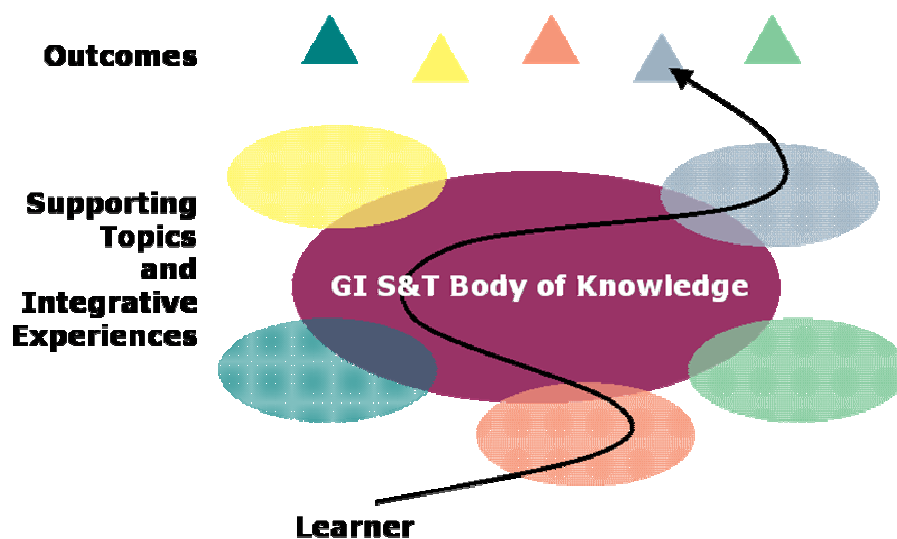


Figura 4: Vista esquemática de un camino educativo a través del Acervo de Conocimientos de C+T IG, temas de apoyo y experiencias integradoras, que conducen a uno de muchos resultados educativos posibles.

Asignaturas troncales comunes. Para ayudar en la utilización del Acervo de Conocimientos, como en el caso de la planificación de currículos, el Grupo de Trabajo decidió destacar un subconjunto de unidades del Acervo de Conocimientos como “common core”. Otros campos, como la Informática y la Ciencia de la Información también destacan unidades troncales. Las unidades troncales en C+T IG debían identificarse por consenso de la comunidad de C+T IG. El Grupo de Trabajo de Currículos Modelo imaginó que todo “graduate” de un programa formal de “undergraduate degree” en C+T IG debería tener “experiencias y lenguaje comunes” debido a su dominio de “un Acervo de Conocimientos consistentes y fundamentales” (Marble et al, p. 13). El Grupo de Trabajo sugirió que deben darse cursos “undergraduate” que contengan módulos troncales como parte de los Currículos Modelo de C+T IG.

Énfasis en la solución de problemas. El informe Strawman destacó la importancia de la capacidad para solucionar problemas. “Es esencial”, escribía el Grupo de Trabajo, que “los programas académicos ... pongan énfasis en los aspectos prácticos del dominio de la C+T IG junto con los teóricos. Hoy en día mucho del conocimiento práctico asociado con la C+T IG existe bajo la forma de prácticas profesionales que existen en la industria. Para trabajar con éxito en ese entorno, se debe exponer a los estudiantes a esas prácticas como parte de su educación. Es más, esas prácticas se extienden más allá del campo específico de C+T IG para abarcar una amplia gama de actividades, incluyendo gestión de proyectos, programación, ética y valores, comunicación oral y escrita y capacidad para trabajar como parte de un equipo.” (Marble et al, p. 13).

Capacidad de adaptación a instituciones diversas. Desde el comienzo el Grupo de Trabajo pensó en currículos adaptables – adaptables a las circunstancias especiales de las instituciones y departamentos académicos como también a alumnos y empresarios. El Informe Strawman menciona específicamente la necesidad de articulación con los programas técnicos ofrecidos por instituciones con programas de dos años.

El alcance de los Currículos Modelo incluye temas de implementación. El Informe Strawman afirma que “el alcance de los currículos modelo debe extenderse a cuestiones de infraestructura como también al contenido educativo de los diversos caminos, a abordar explícitamente cuestiones operativas de implementación, personal docente, instalaciones para laboratorio, biblioteca, etc.” (p. 14).

Participación de la comunidad. El Informe Strawman observa que la industria facilita muchas de las oportunidades de empleo para “graduates” de programas de “baccalaureate” y “postbaccalaureate” en C+T IG. “Para garantizar que los “graduates” están adecuadamente preparados para lo que se exigirá de ellos en esos puestos”, escribió el Grupo de Trabajo, “creemos que es esencial involucrar de forma activa a los profesionales en el diseño, progreso e implementación de los currículos modelo” (Marble et al, p. 14).

Estudio continuo y revisión. “Dado el ritmo [tecnológico y teórico] de nuestra disciplina”, opinan los autores del Informe Strawman, “la idea de actualizar los currículos modelo discutida aquí una vez cada diez años no es viable. Las asociaciones profesionales en la comunidad de C+T IG, junto con el gobierno y la industria, deben establecer un proceso continuo de revisión de los currículos que permita que algunos de sus componentes individuales puedan actualizarse en todo momento” (Marble et al, p. 14). En comparación, el Currículo Modelo de Informática fue revisado cuatro veces desde su primera edición en 1969 y la última en 2001: un nuevo currículo está en estudio en 2005 (ACM, 2005).

Temas “entretejidos”. El Informe Strawman identificó una serie preliminar de “temas entretejidos” – temas que se dan en más de una de las áreas de conocimiento y unidades de que consta el Acervo de Conocimientos. El Grupo de Trabajo observó que los temas entretejidos tienen connotaciones diferentes en distintas áreas de conocimiento. Por ejemplo, “escala de visualización se refiere a la relación entre el mundo real y su representación gráfica, [mientras que] escala en el sentido de estructura de datos puede significar hasta qué punto pueden éstos aumentar (“scale up”) para manejar mayor número de datos” (Marble et al, p. 19). La lista preliminar de temas entretejidos identificados en el Informe Strawman incluía escala, error, incertidumbre, generalización verificación/control de calidad, validación/garantía de calidad, metadatos, interoperabilidad y lenguaje.

Cuestiones pedagógicas y de implementación. Además del Acervo de Conocimientos, se pretendía que los Currículos Modelo de C+T IG incluyeran las siguientes especificaciones:

- Temas y cursos de apoyo ofrecidos por disciplinas dentro de áreas afines que son fuente de conocimientos y técnicas esenciales. Por ejemplo, Jay Sandhu, miembro del Grupo de Trabajo, realizó un trabajo sugiriendo “undergraduate courses” relevantes en informática (Sandhu, 2000).
- Experiencias integradoras, incluyendo internados y proyectos de importancia que ayudan a los estudiantes a ganar experiencia en la solución de problemas por medio de proyectos prácticos. En particular los internados ayudan en el reclutamiento, enriquecen la experiencia educativa orientan en la elección de caminos profesionales y aumentan la estabilidad (Leach 1998; Wentz y Trapido-Lurie 2001).
- Instalaciones, recursos y formación de personal docente necesarios para implementar y mantener los Currículos Modelo en las instituciones de enseñanza superior.
- Estrategias de difusión e implementación sugeridas (Marble et al, 2003, pp. 19-20).

Niveles de competencia. El Grupo de Trabajo de los Currículos Modelo ha reconocido que el nivel de competencia necesario para un tema dado dependerá de los resultados que se pretendan para cada camino curricular. Así pues, es necesario especificar para cada tema una gama de objetivos educativos. El Grupo de Trabajo ha identificado cinco niveles de competencia que corresponden más o menos con los cinco niveles de la pirámide de Marble (véase figura 1 y Marble, 1998).

Formulación del concepto

La segunda etapa del Proyecto de Currículos Modelo comenzó en octubre de 2004 cuando la Junta Directiva de UCGIS autorizó a la Comisión Educativa a reclutar participantes y a solicitar el apoyo financiero necesitado para completar el proyecto. La Comisión Educativa propuso un plan de tres años de trabajo que asumía los mismos niveles de participación voluntaria y modesto apoyo financiero que el Grupo de Trabajo había conseguido. Se reclutó un equipo central de redacción incluyendo cinco educadores de C+T IG de instituciones del UCGIS, un representante de la industria y un proyectista educativo. Cuatro de los redactores habían sido previamente miembros del Grupo de Trabajo de los Currículos Modelo. Se invitó a los restantes miembros del Grupo de Trabajo junto con muchos otros académicos y profesionales de C+T IG a formar parte de una Junta Consultiva cuyos miembros consultarían con los redactores, actuando como expertos y examinadores. En total 54 personas han contribuido a este documento como redactores y/o examinadores (listados inmediatamente después de la primera página). Se han hecho contribuciones adicionales por muchos otros a través de preguntas, comentarios y sugerencias en comunicaciones personales, en conferencias y talleres e indirectamente a través de innumerables referencias consultadas.

A principios de 2005, en respuesta a una petición de apoyo financiero para el proyecto, un patrocinador clave retó a la Comisión Educativa a proponer un plan de trabajo más ambicioso que produjera resultados en el espacio de un año. Al mismo tiempo el equipo de redacción y la Comisión de Educación

reconocieron que se hacía más urgente la necesidad de un Acervo de Conocimientos de C+T IG debido a la reciente evolución de la infraestructura educativa, incluyendo inversiones masivas del gobierno federal en instituciones con programas de dos años (y la consiguiente exigencia de acuerdos de articulación entre instituciones con programas de dos y cuatro años), la súbita popularidad de la certificación profesional de GISCI y la nueva iniciativa de USGIF en acreditación de programas académicos. Por consiguiente, los redactores propusieron al UCGIS y sus patrocinadores un nuevo plan de acción de un año centrado en la terminación y publicación de una primera edición del Acervo de Conocimientos de la C+T IG. Reconociendo que una porción creciente de la clientela de la educación superior en C+T IG participa en programas diferentes de los “undergraduate degrees” de cuatro años, los redactores propusieron trabajar con expertos en contenidos para crear un Acervo de Conocimientos que incluyera los sectores “baccalaureate”, “graduate” y “postbaccalaureate/professional” de la infraestructura educativa de C+T IG.

Los planes para definir los caminos educativos y los materiales de apoyo no fueron abandonados aunque sí pospuestos hasta después de la publicación de este documento.

Los miembros del equipo de redacción se reunieron ocho veces en 2005 (cinco veces presencialmente, tres por teléfono o conferencia Web) con objeto de considerar los comentarios recibidos desde la publicación del Informe Strawman, para identificar aspectos del borrador que necesitaran ser ampliados, para coordinar las revisiones y para planificar y llevar a cabo actividades de dar a conocer el trabajo realizado. Cada uno de los cinco miembros del equipo (DeMers, DiBiase, Johnson, Kemp, y Wentz, que fue sustituida por Plewe durante su ausencia de maternidad) aceptó responsabilidad editorial por dos de las diez áreas de conocimiento que constituyen el Acervo de Conocimientos. Cada redactor solicitó aportaciones de los expertos en la materia sobre objetivos, contenido y estructura de las áreas de conocimiento asignadas. El equipo decidió partir del planteamiento adoptado en el Informe Strawman (y en los Currículos Modelo de Informática y Ciencia de la Información) definiendo cada tema en el Acervo de Conocimientos en términos de objetivos educativos formales (véase sección siguiente). Uno de los redactores (Luck) examinó y editó las diez áreas de conocimiento para que los objetivos educativos fueran coherentes. Dos de los editores (DiBiase y Wentz) contribuyeron a la redacción de la mayoría del texto que resume el Acervo de Conocimientos. Un manuscrito borrador completo fue entregado a los miembros de la Junta Consultiva para su revisión en noviembre de 2005. [Un manuscrito final que fue revisado en respuesta a los comentarios de un crítico se completó en febrero de 2006.]

V. Acervo de Conocimientos de C+T IG

Formato del Acervo de Conocimientos de C+T IG

Para garantizar la interoperabilidad con los documentos correspondientes en Informática, Ciencia de la Información y Gestión de Proyectos, el Acervo de Conocimientos se presenta como una descripción jerárquica con tres niveles llamados “áreas de conocimiento”, “unidades” y “temas” (en la Sección 6 se considera un posible ordenamiento más ambicioso para futuras ediciones).

Áreas de conocimiento. El primer nivel consta de diez áreas de conocimiento que abarcan todo el dominio de C+T IG. El Acervo de Conocimientos es un inventario del dominio, no un conjunto de descripciones de cursos académicos. Ni el orden, que es alfabético, ni su contenido son preceptivos. A diferencia de los Currículos de Informática 2001 (ACM/IEEE 2001), las áreas de conocimiento de la C+T IG no se corresponden con los títulos de los cursos “undergraduate”. Más bien representan agrupaciones más o menos diferenciadas de conocimientos, habilidades y áreas de aplicación que se refieren a todos los sectores de la infraestructura educativa de la C+T IG: “undergraduate”, “graduate” y “postbaccalaureate / professional”. Los títulos, descripciones y composición de estas agrupaciones surgieron de un proceso reiterativo de discusión y revisión que involucró a muchos educadores, investigadores y profesionales durante un período de siete años. Es de esperar que el proceso continúe en ediciones futuras y que en él participen más miembros de la comunidad de C+T IG.

Unidades. Cada área de conocimiento consta de varias unidades constituyentes. Las unidades son conjuntos coherentes de temas que encarnan conceptos representativos, metodología, técnicas y aplicaciones. Comienzan con descripciones breves seguidas de una lista de temas. Las unidades se designan como “troncales” o “electivas”. Las primeras son aquéllas en las que todos los graduados de un programa de grado o de certificación deben ser capaces de demostrar un cierto nivel de competencia. Se espera que el tiempo para cubrir una unidad varíe entre los diferentes caminos educativos que el Grupo de Trabajo de los Currículos Modelo concibió originalmente.

Evolución de las áreas de conocimiento y unidades desde el Informe Strawman. Las dos tablas siguientes ilustran las áreas de conocimiento y las unidades del Informe Strawman de 2003 (tabla 3) y de la primera edición del Acervo de Conocimientos de C+T IG (tabla 4).

CS. Conceptualización del espacio

CS1 Características del espacio

CS2 Pensamiento espacial

CS3 Puntos de vista del espacio geográfico con base en el área y con base en el objeto

CS4 Relaciones espaciales

EA. Análisis exploratorio de datos espaciales

EA1 Funcionalidad analítica SIG

EA2 Estadística especial descriptiva

EA3 Visualización científica

EA4 Extracción de datos

FS. Formalización de las concepciones espaciales

FS1 Efectos de la escala

FS2 Modelado de datos

FS3 Representación de información inexacta

CA. Análisis confirmatorio de datos espaciales

CA1 Estadística espacial

CA2 Geoestadística

CA3 Econometría espacial

CA4 Análisis de superficies

CA5 Modelado de transporte e investigación de operaciones

CA6 Simulación y modelado espacial dinámico

SM. Modelos de datos espaciales y estructuras de datos

SM1 Estructuras básicas de almacenamiento y recuperación

SM2 DBMS y el modelo relacional

SM3 Modelos de datos en mosaico

SM4 Modelos de datos vectoriales

CG. Procesamiento digital de la información geográfica (geomática)

CG1 Incertidumbre

CG2 Aspectos informáticos del modelado dinámico

SM5 Representación/modelos en escalas múltiples	espacial y redes neuronales artificiales
SM6 Modelos basados en objeto	CG3 Conjuntos borrosos
SM7 Representación temporal/modelos	CG4 Algoritmos genéticos y modelos basados en agente
SM8 Operaciones de consulta y lenguajes de consulta	
SM9 Metadatos	CV. Cartografía y visualización
SM10 Intercambio e interoperabilidad de datos	CV1 Conceptualización de visualizaciones espaciales y presentaciones
	CV2 Creación de visualizaciones y presentaciones espaciales
	CV3 Evaluación de visualizaciones y presentaciones espaciales
DE. Aspectos de diseño de C+T IG	
DE1 Modelado científico en un contexto espacial	
DE2 Aplicaciones de C+T IG: I – Diseño conceptual del sistema	
DE3 Aplicaciones de C+T IG: II – Diseño de implementación del sistema	
DA. Adquisición, fuentes y estándares de datos espaciales	OI. Aspectos organizacionales e institucionales de C+T IG
DA1 Teledetección	OI1 Gestión de operaciones SIG e infraestructura
DA2 Recogida de datos de campo	OI2 Estructuras y procedimientos organizacionales
DA3 Diseño de muestras	OI3 Mano de obra en C+T IG
DA4 Calidad de datos	OI4 Aspectos institucionales
DA5 Topografía	
DA6 Fotogrametría	PS. Aspectos profesionales, sociales y legales de C+T IG
DM. Manipulación de datos espaciales	PS1 Aspectos de información y ley
DM1 Conversiones de formatos de datos	PS2 Aspectos de política pública de la información geoespacial
DM2 Generalización y agregación	PS3 Aspectos económicos de la ciencia y tecnología de la información geográfica
DM3 Gestión de transacción de datos espaciotemporales	PS4 Responsabilidad legal y ética de la generación y uso de información
	PS5 Control de la información – Información como propiedad
	PS6 Control de la información – Difusión de la información

Tabla 3: Áreas de conocimiento y unidades que constituyen el Acervo de Conocimientos de la C+T IG en el Informe Strawman (Marble et al, 2003). Obsérvese que las unidades troncales no se han especificado todavía en el Informe Strawman.

CF. Fundamentos conceptuales CF1 Fundamentos filosóficos CF2 Dominios de la información geográfica CF3 Fundamentos cognitivos CF4 Fundamentos geográficos CF5 Fundamentos sociales CF6 Modelos teóricos CF7 Imperfecciones en la información geográfica CV. Cartografía y visualización CV1 Historia y tendencias CV2 Consideraciones sobre datos para cartografía y visualización CV3 Principios de diseño de mapas CV4 Técnicas de representación gráfica CV5 Producción de mapas CV6 Uso de mapas y evaluación DA. Análisis de datos DA1 Fundamentos académicos del análisis de datos geoespaciales DA2 Operaciones y lenguajes de consulta DA3 Operaciones geométricas en objetos espaciales DA4 Modelado de relaciones y patrones DA5 Análisis de superficies DA6 Estadística espacial DA7 Geoestadística DA8 Econometría espacial DA9 Extracción de datos DA10 Análisis de redes DA11 Investigación de operaciones	DN. Manipulación de datos DN1 Conversión de formato de datos DN2 Generalización y agregación DN3 Gestión de transacción de datos geoespaciales GC. Geomática GC1 Historia y tendencias en geomática GC2 Incertidumbre GC3 Aspectos informáticos y redes neuronales artificiales GC4 Conjuntos borrosos GC5 Modelos “cellular automata” (CA) GC6 Heurística GC7 Algoritmos genéticos GC8 Modelos basados en agente GC9 Análisis de actividades GD. Datos geoespaciales GD1 Geometría de la tierra GD2 Sistemas de división de la tierra GD3 Sistemas de coordenadas GD4 Datums GD5 Proyecciones de mapas GD6 Calidad de los datos GD7 Topografía y GPS GD8 Digitación GD9 Recogida de datos en el campo GD10 Inspecciones aéreas y fotogrametría GD11 Teledetección satelital y a bordo de naves GD12 Estándares de datos e infraestructuras GS. C+T IG y sociedad
--	---

Tabla 4: Áreas de conocimiento y unidades contenidas en la primera edición del Acervo de Conocimientos de la Ciencia de la Información Geográfica.

Después de reuniones con los miembros de la Junta Consultiva, el equipo de redacción corrigió las unidades de la versión del Informe Strawman de 2003 de la siguiente manera:

- Las áreas de conocimiento en la versión actual están ahora ordenadas alfabéticamente. Los miembros de la Junta Consultiva revelaron que los lectores tendían a asumir equivocadamente que el orden era preceptivo con respecto a la planificación del currículo.

- El Acervo de Conocimientos actual incluye diez áreas en lugar de doce. Al principio de la segunda etapa del proyecto de Currículos Modelo, los redactores decidieron combinar dos áreas de conocimiento (EA y CA se transformaron en DA) y a dividir las unidades y temas de una (FS) en dos áreas de conocimiento (CF y DM) para mayor claridad y brevedad.
- Se han editado algunas áreas de conocimiento. Conceptualización del espacio se ha convertido en Fundamentos conceptuales, con objeto de ampliar su alcance y consecuentemente se han añadido unidades.
- En varias áreas de conocimiento se han reordenado las unidades, se han añadido y/o elaborado. Estos cambios han sido el resultado de discusiones entre los redactores y los expertos en contenidos.
- Se cambió un área de conocimiento de “PS. Aspectos profesionales, sociales y legales” a “GS. SIG y sociedad.” Este cambio ha sido la consecuencia de las opiniones de los críticos y del reconocimiento de los redactores de que SIG y sociedad – que subsume las unidades y temas incluidos en la anterior área de conocimiento PS – ha surgido como un foco de investigación vital e influyente en la Ciencia IG.
- Al final de cada una de las áreas de conocimiento se han añadido lecturas clave como ayuda a estudiantes e instructores y como manera de revelar la herencia y época intelectuales de la actual edición del Acervo de Conocimientos.

Temas. Las unidades se subdividen en temas. Cada tema representa un único concepto, metodología o técnica. Los temas se definen en relación con uno o más objetivos educativos formales. Los objetivos explícitos ayudan a los educadores a diseñar actividades docentes efectivas e instrumentos de evaluación (Gronlund, 2003).

Un objetivo educativo describe una conducta del estudiante que afecta a un tema. Los objetivos incluyen sustantivos y verbos. Los sustantivos se refieren al nivel de conocimiento necesario para cumplir el objetivo. Los verbos se refieren a los procesos cognitivos involucrados en el cumplimiento del objetivo. La obra *Taxonomy for Learning, Teaching and Assessment*, recientemente ampliada por Anderson, Krathwohl y otros (2001) a partir de la taxonomía original de Bloom y colegas (1956) es un marco bien definido para la categorización de los objetivos educativos que se usa frecuentemente como directriz en la planificación de currículos y diseño de tests. .

En *Taxonomy*, los niveles de conocimiento y los procesos cognitivos se presentan como continuums que pueden yuxtaponerse para formar una tabla (figura ? abajo). La “dimensión del conocimiento” de la tabla de taxonomía incluye cuatro categorías, ordenadas en un orden ascendente de sofisticación: conocimiento de los hechos, conocimiento conceptual, conocimiento de los procedimientos y conocimiento metacognitivo (conciencia del conocimiento propio). La “dimensión del proceso cognitivo” incluye seis categorías, también en orden ascendente: recordar, comprender, aplicar, analizar, evaluar y crear. Por ejemplo, el objetivo “diseñar punto, intersectar y diseñar estrategias de muestreo de áreas para una serie de aplicaciones” conlleva un proceso cognitivo de alto nivel (diseñar, un tipo de creación) y también un conocimiento de conceptos y procedimientos. Para garantizar que el Acervo de Conocimientos sea aplicable en todos los sectores de la infraestructura educativa de ña C+T IG (“undergraduate”, “graduate” y “postbaccalaureate/professional”), los redactores buscaron una gama de objetivos fundamentales, de nivel intermedio y de nivel alto que abarcaran toda la tabla taxonómica. (no se preocuparon de buscar objetivos para el conocimiento metacognitivo, confiando en que los docentes añadirían tales objetivos de forma apropiada según los distintos programas e instituciones).

		Cognitive Process					
		Remember 1.	Understand 2.	Apply 3.	Analyze 4.	Evaluate 5.	Create 6.
Knowledge Type	A. Factual						
	B. Conceptual						
	C. Procedural						
	D. Metacognitive						

Figura 5: Categorías de objetivos educativos buscados por el Acervo de Conocimientos de la C+T IG (según Anderson, Krathwohl, et al, 2001)

Los objetivos educativos describen de manera general los resultados deseados. “Proporcionan la base para planificar las unidades” (Anderson, Krathwohl et al, 2001, p. 17). Difieren de los objetivos docentes. Éstos definen de manera limitada las actividades destinadas a lograr objetivos o a evaluar hasta qué punto se han logrado esos objetivos. Por ejemplo, un objetivo docente siguiendo el ejemplo educativo dado anteriormente (“diseñar punto, intersecar y diseñar estrategias de muestreo de áreas para una serie de aplicaciones”) podría ser “diseñar una estrategia de muestreo de una intersección para un área de estudio en particular e investigar diseño”. En general, los redactores trataron de definir los temas en términos de objetivos educativos relativamente generales. Sin embargo, como se utilizaron los objetivos para definir los temas individuales, éstos son más específicos (y mucho más abundantes) que los objetivos a nivel de unidades del Informe Strawman y de los Acervos de Conocimientos de áreas afines.

CF. Fundamentos conceptuales

La CiencialG está basada en el pensamiento espacial. El objetivo de esta área de conocimiento es reconocer, identificar y apreciar los componentes espaciales y espaciotemporales explícitos del entorno geográfico a un nivel ontológico y epistemológico en preparación para el modelado del entorno con datos geográficos y análisis. Para hacer esto debemos comprender la naturaleza del espacio y del tiempo como contexto para los fenómenos geográficos. Esta área de conocimiento cubre las maneras en las que la visión del entorno geográfico depende de la filosofía, el conocimiento humano, la sociedad y la tarea del momento. Esta área de conocimiento también requiere una comprensión de los conceptos básicos que se originan en la disciplina de la geografía, como escala, patrón, localización y región. En un nivel más avanzado esta área incorpora modelos matemáticos y gráficos que formalizan estos conceptos, tales como la teoría de conjuntos, el álgebra y las redes semánticas.

Debido a su gama tan amplia de principios fundamentales, esta área de conocimiento es la base para las otras áreas de conocimiento. El diseño inteligente y el uso de las tecnologías geoespaciales requiere una comprensión de la naturaleza de la información geográfica, el contexto social y filosófico de la información geográfica y los principios de la geografía que forman el lenguaje de las tareas geográficas. Esta área de conocimiento está muy estrechamente ligada a las áreas de conocimiento DM y DE, ya que los modelos genéricos de datos (como raster y vectores) y los diseños de aplicaciones tienen que basarse en buenos modelos conceptuales.

Los fundamentos de la información geográfica se han desarrollado a lo largo de varias décadas. Los primeros artículos durante la revolución cuantitativa, por ejemplo, Berry (1964) comenzaron a formalizar la estructura de la información utilizada en la investigación geográfica. Durante las décadas de 1970 y 1980, varios investigadores pusieron en duda las presunciones sobre el software SIG y desarrollaron teorías de la información geográfica que rebasaron las capacidades del software. Sin embargo, la mayor parte de nuestro conocimiento en esta área se desarrolló durante los años 90, con el ascenso de la CiencialG como disciplina y las muchas iniciativas conjuntas que tuvieron lugar. Desde 2000, hemos empezado a ver los principios fundamentales incorporados al software comercial, haciéndose así el conocimiento teórico más importante para los profesionales. Sin embargo, quedan todavía muchas cuestiones pendientes sobre la naturaleza de la información geográfica y la investigación continúa.

Se espera que los conceptos en esta área de conocimiento se aprendan de manera gradual. Un curso de introducción podría cubrir solamente unos cuantos temas de manera rápida o superficial, un curso intermedio sobre modelado o análisis de datos podría cubrir varios temas teóricos de aplicación práctica en un entorno orientado hacia la investigación.

La discusión de esta área de conocimiento incluye varios términos que pueden tener significados diferentes. En cuanto a su uso en este documento, dos de ellos requieren definición.

1. Geográfico: Casi cualquier tema o discurso que tenga relación con fenómenos de la tierra, estudiado desde una perspectiva espacial en una escala media (subastronómica y supraarquitectural).
2. Fenómeno: Cualquier tema de discurso geográfico que es percibido como externo al individuo, incluyendo entidades, acontecimientos, procesos, interpretaciones sociales, etc.

CF1 Fundamentos filosóficos

Muchas ramas de la filosofía tienen relevancia para la comprensión de la información geográfica, especialmente la metafísica y la epistemología. Los investigadores y profesionales de la C+T IG han seguido (explícita o inconscientemente) diferentes planteamientos filosóficos en la comprensión de la naturaleza de nuestro trabajo, que influyen en nuestra estructuración, análisis e interpretación de la información geográfica. Por consiguiente, es crucial comprender estos principios para compatibilizar (en lugar de eliminar) las diferencias y poder trabajar juntos.

CF1-1 Metafísica y ontología

Definen teorías comunes sobre qué es “real”, tales como realismo, idealismo, relativismo y realismo experimental.

Comparan y contrastan la capacidad de varias teorías para explicar los casos difíciles.

Justifican cualquier teoría con la que estén de acuerdo o que parezca ser relevante para una aplicación en particular.

Reconocen los fundamentos filosóficos de los colegas.

Reconcilian los fundamentos filosóficos comunes para permitir el trabajo con diferentes colegas.

Reconocen las influencias de una particular visión del mundo sobre las prácticas SIG.

CF1-2 Epistemología

Define las teorías comunes sobre lo que constituye el conocimiento, incluyendo reflexión-correspondencia, pragmatismo, constructivismo social e imitación.

Compara y contrasta la capacidad de varias teorías para explicar los casos difíciles.

Justifica cualquier marco filosófico con el que estén de acuerdo o que parezca relevante para una aplicación en particular.

Reconoce los fundamentos filosóficos de los colegas.

Reconcilia los fundamentos filosóficos comunes para permitir el trabajo con diferentes colegas.

Reconoce las influencias de la epistemología en las prácticas SIG.

CF2 Dominios de la información geográfica

Los fenómenos geográficos, la información geográfica y las tareas geográficas se describen en términos de espacio, tiempo y propiedad. Existen diferentes teorías sobre la naturaleza y representación formal de estos aspectos, incluyendo dimensiones espaciales, conjuntos y fenomenología. La información sobre cada uno de estos tres “aspectos” se mide y se presenta con respecto a uno de varios marcos de referencia o dominios, incluyendo planteamientos absoluto y relativo. Marcos como el de Berry (1964) y Sinton (1978) influyeron a la hora de mostrar la importancia del espacio, el tiempo y el tema en SIG. Esta unidad está estrechamente ligada a los modelos conceptuales en el área de conocimiento CF6, la creación de modelos de datos en el área de conocimiento DM y la colección de datos en el área de conocimiento GD.

CF2-1 Espacio

- Recitar las diferentes dimensiones (formas) para describir localizaciones en el espacio.
- Diferenciar entre localizaciones absolutas y relativas.
- Diferenciar entre teorías matemáticas y fenomenológicas sobre la naturaleza del espacio.
- Diferenciar entre espacio y localización en el espacio.
- Justificar las discrepancias entre la naturaleza de las localizaciones en el mundo real y su representación (por ejemplo, carreteras volumétricas como líneas).
- Seleccionar metáforas espaciales y modelos de fenómenos apropiados para representación en SIG.

CF2-2 Tiempo

- Diferenciar entre teorías matemáticas y fenomenológicas sobre la naturaleza del tiempo.
- Dar ejemplos de diferentes marcos de referencia: lineales y cíclicos, absolutos y relativos.
- Reconocer el papel que juega el tiempo en Sistemas IG “estáticos”.
- Comparar y contrastar los modelos de una situación dada utilizando una perspectiva continua y discontinua del tiempo.

- Seleccionar los elementos temporales de los fenómenos geográficos que deben representarse en aplicaciones SIG particulares.

CF2-3 Semejanzas, relaciones y metáforas cruzadas entre el espacio y el tiempo.

- Discutir preposiciones que significan relaciones espaciales o temporales pero que se usan para ambos aspectos.
- Comparar y contrastar las características de las dimensiones espaciales y temporales.
- Identificar varios tipos de interacciones geográficas en el espacio y en el tiempo.
- Describir diferentes tipos de movimiento y cambio.

CF2-4 Propiedades

- Definir las cuatro escalas de medición de Stevens
- Reconocer dominios de atributo que no se ajustan a las escalas de Stevens.
- Describir fenómenos geográficos particulares que tengan muchos atributos
- Comparar y contrastar la ontología de las propiedades como anteriores a los objetos con la de las propiedades como dependientes de los objetos.
- Formalizar los valores y dominios de atributos en términos de la Teoría de Conjuntos.
- Caracterizar los dominios de atributos en un SIG, incluyendo continuo y discontinuo, cualitativo y cuantitativo, absoluto y relativo.
- Determinar los usos adecuados de los atributos basados en sus dominios.
- Reconocer situaciones en las que los atributos no captan un significado adecuadamente.
- Desarrollar formas alternativas de representación para situaciones en las que los atributos no captan un significado adecuadamente.

CF2-5 Propiedades en el espacio y el tiempo

- Definir un campo en términos de propiedad, espacio y tiempo.
- Diferenciar ejemplos de varianza continua y discontinua encontrada en campos espaciales, temporales y espaciotemporales.
- Diferenciar varias fuentes de campos, tales como propiedades de una sustancia (por ejemplo, temperatura), conceptos artificiales (por ejemplo, densidad de población) y campos de potencial o influencia (por ejemplo, la gravedad).
- Reconocer las influencias de la escala en la percepción y significado de los campos.
- Evaluar la representación del movimiento como campo de localización sobre tiempo.

CF3 Fundamentos cognitivos

La Geografía cognitiva es el área que estudia la percepción, memoria y conducta humanas en el entorno geográfico. Incorpora ideas de la geografía conductual, la psicología y la filosofía. Aunque hay varias teorías sobre la cognición de los fenómenos geográficos, hay mucho que ya se conoce sobre lo que se

está de acuerdo. Los datos geoespaciales son más útiles e intuitivos cuando se basan en organizaciones cognitivas de la información geoespacial.

CF3-1 Percepción y cognición de los fenómenos geográficos.

- Describir las diferencias entre los fenómenos reales, los modelos conceptuales y la representación de sus datos SIG.
- Comparar y contrastar las ventajas relativas de las teorías simbólica y conexionista de la cognición y memoria humanas.
- Explicar el papel de las metáforas y esquemas de imágenes en nuestra comprensión de los fenómenos y tareas geográficos.

CF3-2 Entidades separadas (discretas)

- Diferenciar los conceptos de entidad y objeto (feature).
- Describir las dificultades inherentes a extender la metáfora de objetos al entorno geográfico.
- Describir los procesos perceptivos (por ejemplo, detección de márgenes) que ayudan a la objetivación cognitiva.
- Comparar y contrastar puntos de vista epistemológicos y ontológicos sobre la “realidad” de las entidades geográficas.
- Identificar fenómenos que son difíciles o imposibles de conceptualizar en términos de identidades.
- Describir el manejo de entidades con bordes indiscretos.
- Evaluar la efectividad de los modelos de datos SIG para representar la identidad, existencia y período de vida de las entidades.
- Identificar, por observación personal o datos de fuente, features discretos de relevancia para una aplicación SIG.

CF3-3 Categorías

- Racionalizar la tendencia cognitiva a simplificar el mundo usando categorías.
- Explicar el papel de las categorías en los modelos conceptuales, el lenguaje común y los procedimientos analíticos.
- Identificar categorías de identidades (por ejemplo, nombres comunes), propiedades (por ejemplo, adjetivos), espacio (por ejemplo, regiones) y tiempo (por ejemplo, eras).
- Gestionar los problemas potenciales asociados con el uso de categorías (por ejemplo, falacias ecológicas).
- Idear taxonomías y ontologías para formalizar sistemas de categorías.
- Describir las contribuciones de la teoría de las categorías a la comprensión de la estructura interna de las categorías.
- Documentar el significado personal, social o institucional de las categorías utilizadas en las aplicaciones SIG.
- Crear o usar estructuras de datos SIG para representar categorías, incluyendo columnas de atributos, capas/temas, formas, etc.
- Utilizar información categórica en el análisis, la cartografía y otros procesos SIG, evitando errores de interpretación comunes.

- Reconciliar definiciones conflictivas (según el sentido común y según la versión oficial) de categorías geoespaciales de entidades, atributos, espacio y tiempo.

CF3-4 Acontecimientos y procesos

- Comparar y contrastar realidades permanentes (entidades) y realidades incidentes (acontecimientos).
- Describir acontecimientos o procesos particulares en términos de identidad, categorías, atributos, localizaciones, etc.
- Comparar y contrastar los conceptos de acontecimiento y proceso.
- Describir la influencia de la granularidad o escala en la conceptualización de acontecimientos y procesos.
- Aplicar o desarrollar sistemas formales para describir procesos espaciotemporales continuos.

CF3-5 Relaciones inherentes/estructurales: mereología, genealogía y redes.

- Describir fenómenos geográficos particulares en términos de su lugar en las jerarquías mereonómicas (partes y entidades compuestas).
- Describir la genealogía (cambio basado en la identidad) de fenómenos geográficos particulares.
- Identificar fenómenos que son mejor conocidos como redes.
- Explicar el papel de las relaciones en los modelos de datos SIG estándar.
- Caracterizar las relaciones entre fenómenos.
- Representar las relaciones estructurales en los datos SIG.
- Explicar los efectos de la escala espacial o temporal en la percepción de la estructura.
- Explicar las contribuciones de la teoría de gráficos al estudio de las estructuras geográficas.

CF3-6 Relaciones incidentales: métricas (distancia/dirección) y topológicas.

- Describir fenómenos geográficos en términos de sus relaciones incidentales (en el espacio y el tiempo) con otros fenómenos.
- Listar las posibles relaciones topológicas en el espacio (por ejemplo, intersección 9) y el tiempo.
- Usar métodos que analicen las relaciones métricas y topológicas.
- Reconocer las contribuciones de la Topología (rama de las matemáticas) al estudio de las relaciones geográficas.

CF3-7 De los conceptos a los datos

- Definir los siguientes términos: datos, información, conocimiento y sabiduría.
- Transformar un modelo conceptual de información para una tarea particular en un modelo de datos.
- Describir las limitaciones de varios almacenes de información para representar información geográfica, incluyendo la mente, los ordenadores, los gráficos, los textos, etc.

CF4 Fundamentos geográficos

Una perspectiva espacial es fundamental para la organización y uso de la información geográfica. La disciplina de la geografía (tanto física como humana) ha contribuido con muchos conceptos, teorías y modelos que incorporan la perspectiva espacial, algunos de los cuales han formado la base para los modelos de datos SIG y para los procedimientos de análisis. Por consiguiente, esta unidad forma un marco conceptual para muchos de los métodos descritos en las áreas de conocimiento de Análisis de Datos y Geomática.

CF4-1 La geografía como base par SIG.

- Definir las propiedades que hacen geográfico un fenómeno.
- Describir algunas ideas de cómo una perspectiva espacial puede contribuir a un tema en particular.
- Justificar la posición elegida sobre si la geografía (como disciplina) debe o no jugar un papel central en la C+T IG.
- Justificar una posición elegida sobre qué disciplinas deben jugar un papel tan importante en la C+T IG como la geografía.
- Discutir los distintos significados literales y connotaciones de los términos espacial, geográfico y geoespacial.

CF4-2 Escala

- Realizar cálculos básicos de escala.
- Diferenciar entre los conceptos de escala (como en escala de un mapa), alcance y resolución.
- Determinar las relaciones matemáticas entre escala, alcance y resolución, incluyendo la Ley Radical de Topfer.
- Identificar fenómenos geográficos, patrones y procesos que sean dependientes de la escala.
- Identificar fenómenos geográficos, patrones y procesos que sean independientes de la escala.
- Comparar y contrastar la naturaleza y comportamiento de fenómenos en la escala “de escritorio” con fenómenos a escalas geográficas.

CF4-3 Sitio y situación

- Diferenciar entre las características de sitio y situación de los fenómenos geográficos.
- Aplicar métodos de análisis establecidos (como se describe en el área de conocimiento de Análisis de Datos) que se basen en los conceptos de sitio y situación (por ejemplo, análisis de localización, análisis de idoneidad).
- Desarrollar métodos de análisis innovadores basados en los principios de sitio y situación.

CF4-4 Distancia

- Justificar una posición elegida sobre si la Primera Ley de Tobler es en realidad una “ley”.
- Llevar a cabo procedimientos de análisis establecidos basados en distancia y proximidad (por ejemplo, buffers, polígonos de Theissen, interpolación).

- Definir el principio de fricción de la distancia y los modelos geográficos basados en él (por ejemplo, modelos de gravedad, modelos de interacción).
- Ejemplificar la ley de Tobler demostrada por diferentes tipos de datos.
- Explicar por qué la ley de Tobler es fundamental para muchas operaciones en SIG.
- Demostrar por qué podemos utilizar unos cuantos puntos de muestra para representar una superficie usando la ley de Tobler.
- Describir los conceptos geográficos de distancia, contigüidad, interacción y vecindad.
- Definir la geoestadística y la autocorrelación en el contexto de la proximidad geográfica.

CF4-5 Lugar

- Explicar cómo el concepto de lugar entraña más que solamente localización.
- Elegir un lugar con significado personal y discutir su importancia.
- Diferenciar entre los elementos significativos de un lugar que puedan o no puedan ser representados fácilmente usando tecnologías geoespaciales.

CF4-6 Distribución espacial

- Encontrar patrones espaciales en la distribución de fenómenos geográficos utilizando la visualización geográfica y otras técnicas.
- Discutir la relación causal entre procesos espaciales y patrones espaciales.
- Ofrecer hipótesis sobre las causas de un patrón en la distribución espacial de un fenómeno.
- Diferenciar entre distribuciones en espacio, tiempo y atributo.
- Identificar técnicas para visualizar, describir y analizar distribuciones en espacio, tiempo y atributo.

CF4-7 Región

- Delimitar las regiones usando las características de sitio y situación y las tecnologías geoespaciales.
- Dar ejemplos de regiones encontradas en diferentes escalas.
- Explicar la relación entre regiones y categorías.
- Diferenciar entre distintos tipos de regiones, incluyendo funcionales, culturales, físicas, administrativas y otras.
- Identificar los tipos de fenómeno que se encuentran habitualmente en los límites de las regiones.
- Explicar por qué las verdaderas regiones de propósitos generales existen raramente.
- Comparar y contrastar las oportunidades y dificultades de usar las regiones para agregar información geográfica (por ejemplo, datos censales).
- Usar métodos de análisis establecidos que se basen en el concepto de región (por ejemplo, ecología rural).

CF4-8 Integración espacial

- Describir las maneras en que una perspectiva espacial nos permite crear una sinergia entre temas diferentes (por ejemplo, clima y economía).
- Describir las limitaciones impuestas a la integración espacial.
- Usar métodos de análisis establecidos que se basen en el concepto de integración espacial (por ejemplo, superposición).

CF5 Fundamentos sociales

La información geográfica está en gran medida estructurada dentro de un contexto social.

CF5-1 Espacios construidos socialmente

- Comparar y contrastar las perspectivas de los cuatro tipos de espacio de Thrift: espacio empírico, espacio de red, de imagen y de lugar.
- Discutir las contribuciones que cada uno de los cuatro tipos de espacio de Thrift hace a la comprensión del fenómeno geográfico.
- Justificar una posición elegida sobre si el espacio es un contenedor preexistente de fenómenos geográficos o una idea social.
- Discutir las ventajas e inconvenientes del uso del espacio empírico (es decir, métrico), como base para SIG y tecnologías relacionadas.

CF5-2 Geografía de sentido común

- Identificar las opiniones de sentido común sobre los fenómenos geográficos que contrastan marcadamente con las teorías y tecnologías establecidas de información geográfica.
- Comunicar de manera efectiva el diseño, los procedimientos y los resultados de los proyectos SIG a audiencias no especializadas (clientes, administradores, público en general).
- Colaborar con expertos no especializados que utilizan SIG para diseñar aplicaciones que se ajustan al entendimiento lógico (de sentido común) de forma apropiada.
- Diferenciar las aplicaciones que pueden hacer uso de los principios de sentido común de la geografía de las que no pueden utilizar esos principios.

CF5-3 Efectos culturales

- Describir las maneras en las que los elementos culturales (por ejemplo, la lengua, la religión, la educación, las tradiciones, la política) pueden influir en la comprensión y uso de la información geográfica.
- Reconocer el impacto de nuestro propio medio social en la visión y percepción geográfica y cómo influye en nuestro uso de SIG.
- Colaborar eficazmente con nuestros colegas de diferentes medios sociales para desarrollar aplicaciones SIG equilibradas.

CF6 Modelos teóricos

Se han sintetizado conceptos de muchas unidades en esta área de conocimiento para crear modelos conceptuales generales de información geográfica. Varios puntos de vista opuestos forman la base de la investigación y software SIG. Cada uno de ellos se adapta bien a ciertos fenómenos y aplicaciones y muy mal a otros. Los intentos para resolver el “debate objeto-campo” han llevado a tratar de crear modelos globales que reconcilien estas diferentes perspectivas.

CF6-1 El punto de vista del objeto (con base en la identidad)

- Explicar el papel de la visión del mundo como objeto en el diseño de los modelos de datos vectoriales basados en capas y en objetos.
- Identificar aplicaciones y fenómenos que se adapten bien al modelado con la visión de objeto.
- Identificar aplicaciones y fenómenos que no estén modelados adecuadamente por la visión de objeto.
- Describir el papel dependiente que la localización, el atributo y el tiempo juegan en la visión de objeto.
- Evaluar la descripción desde el punto de vista del objeto de “campos” como atributos espaciales de entidades (algunas veces amorfos o anónimos).
- Fenómenos de modelo “área gris”, tales como coberturas categóricas (también conocidos como campos discretos), en términos de objetos.

CF6-2 El punto de vista del campo (con base en la localización)

- Explicar el papel del punto de vista del campo en el diseño de modelos de datos en mosaico.
- Identificar aplicaciones y fenómenos que se adapten bien al modelado con la visión de campo.
- Identificar aplicaciones y fenómenos que no estén modelados adecuadamente por la visión del campo.
- Evaluar la descripción desde el punto de vista del campo de “objetos” como transformación de patrones continuos a discretos..
- Fenómenos de modelo “área gris”, tales como coberturas categóricas (también conocidas como campos discretos) en términos de campos.
- Describir las maneras en que el tiempo es modelado en la visión de campo.

CF6-3 El punto de vista del proceso (con base en el tiempo).

- Diferenciar el punto de vista con orientación de proceso de los puntos de vista con base en el estado (objeto y campo) comunes a SIG.
- Identificar aplicaciones y fenómenos que se adapten bien al modelado con la visión de proceso.
- Describir el papel de “actor” que las entidades y los campos juegan en la visión de proceso.

CF6-4 Modelos integrados

- Ilustrar los principales modelos generales, incluyendo la Tríada de Peuquet, la Pirámide de Mennis y los Tres Dominios de Yuan.
- Determinar si existen fenómenos o aplicaciones que no estén adecuadamente representados en un modelo general preexistente.
- Discutir hasta qué punto se pueden implementar estos modelos utilizando las tecnologías actuales.

- Diseñar modelos de datos para aplicaciones específicas basándose en estos modelos generales completos.

CF7 Imperfecciones en la información geográfica

Nuestros modelos (mentales, digitales, visuales, etc.) del entorno geográfico son necesariamente imperfectos. Aunque el principio matemático de homomorfismo (a menudo convertido en operativo, es decir “adecuado para su uso”) tome en consideración los datos imperfectos siempre que produzcan resultados exactos, las imperfecciones son con frecuencia problemáticas. Aunque todavía varíe la terminología, en general se aceptan dos tipos de imperfección: la vaguedad (también conocida como indefinición, imprecisión e indeterminación) causada en general por la excesiva simplificación en los procesos de conceptualización discutidos a lo largo de esta área de conocimiento, y la incertidumbre (o ambigüedad), generalmente resultado de procesos de medición imperfectos (como se discute en las áreas de conocimiento GD (en el contexto de medición), DA y GC (gestión y propagación de imperfecciones) y CV (en el contexto de visualización).

CF7-1 Vaguedad

- Comparar y contrastar los significados de términos relacionados como vago, borroso, impreciso, indefinido, “indiscreto”, indistinto y ambiguo.
- Identificar formas de lenguaje para comunicar la idea de vaguedad.
- Describir los procesos cognitivos que tienden a crear vaguedad.
- Diferenciar aplicaciones en las que la vaguedad es un rasgo aceptable de otras en las que es inaceptable.
- Reconocer hasta qué punto la vaguedad depende de la escala.
- Evaluar la vaguedad en localizaciones, tiempo, atributos y otros aspectos de los fenómenos geográficos.
- Diferenciar entre los siguientes conceptos: vaguedad y ambigüedad, objetos o campos bien y mal definidos o desacuerdo y falta de especificidad.

CF7-2 Modelos matemáticos de vaguedad: conjuntos borrosos y conjuntos bastos.

- Comparar y contrastar los méritos relativos de los conjuntos borrosos, los conjuntos bastos y otros modelos.
- Explicar los problemas inherentes a los conjuntos borrosos.
- Crear funciones apropiadas para modelar fenómenos vagos.

CF7-3 Incertidumbre basada en errores

- Definir los términos relacionados con la incertidumbre, como error, exactitud, incertidumbre, precisión, estocástico y aleatorio.
- Diferenciar incertidumbre en situaciones geoespaciales de vaguedad.
- Reconocer hasta qué punto la importancia de la incertidumbre depende de la escala y la aplicación.
- Reconocer expresiones de incertidumbre en el lenguaje.
- Evaluar las causas de incertidumbre en los datos espaciales.

- Describir un modelo de error estocástico para un fenómeno natural.
- Explicar cómo los conceptos familiares de objetos y campos geográficos afectan la conceptualización de la incertidumbre.

CF7-4 Modelos matemáticos de incertidumbre: probabilidad y estadística.

- Describir los principios básicos de la aleatoriedad y la probabilidad.
- Concebir maneras simples de representar información sobre probabilidades en SIG.
- Reconocer los supuestos que subyacen probabilidad y estadística y las situaciones en las que son herramientas analíticas útiles.
- Calcular estadística descriptiva y geoestadística de datos geográficos.
- Interpretar estadística descriptiva y geoestadística de datos geográficos.

CF: Referencias esenciales

- Allen, J. F. (1983). "Maintaining knowledge about temporal intervals." *Communications of the ACM* 26(11): 832-843.
- Berry, B.J.L. 1964. Approaches to regional analysis: a synthesis. *Annals of the Association of American Geographers* 54: 2-11.
- Couclelis, Helen (1992). People manipulate objects (but cultivate fields): Beyond the raster-vector debate in GIS. In *Theories and methods of spatio-temporal reasoning in geographic space*. eds. A. U. Frank, I. Campari, and U. Formentini, 65-77. Berlin: Springer Verlag.
- Frank, A. (1998). Different types of "times" in GIS, In M. Egenhofer and R. Golledge (Eds.) *Spatial and Temporal Reasoning in Geographic Information Systems*, New York, NY, Oxford University Press: 40-62.
- Guarino, N. (1998). Formal ontology and information systems. *Formal Ontology in Information Systems*, FOIS '98, Trento, Italy, IOS Press.
- Hägerstrand, T. 1970. *What about people in regional science?* Papers, Regional Science Association 24:1-21.
- Lakoff, George (1987). *Women, Fire, and Dangerous Things*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- M. Egenhofer and D. Mark (1995), Naive Geography. In A. Frank and W. Kuhn (eds.), *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 988, Springer-Verlag, September 1995, COSIT '95, Semmering, Austria pp. 1-15.
- Mark, D. M. and S. M. Freundschuh (1995). *Spatial Concepts and Cognitive Models for Geographic Information Use. Cognitive Aspects of Human-Computer Interaction for Geographic Information Systems*. T. L. Nyerges, D. M. Mark, R. Laurini and M. Egenhofer. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers: 21-28.
- Mennis, J. L., D.J. Peuquet, and L. Qian. 2000. A conceptual framework for incorporating cognitive principles into geographical database representation. *International Journal of Geographical Information Science* 14: 501-520.
- Peuquet, D. J. 1994. It's about Time: a Conceptual Framework for the Representation of Temporal Dynamics in Geographic Information Systems. *Annals of the AAG* 84: 441-61.
- Pickles 1995. *Ground Truth*.

- Sinton, D. 1978. The inherent structure of information as a constraint to analysis: Mapped thematic data as a case study. In Dutton, G., ed., *Harvard Papers in GIS #7*. Cambridge, MA: Harvard University.

CV. Cartografía y visualización

La cartografía y la visualización se relacionan principalmente con la representación visual de la información geográfica. Esta área de conocimiento aborda los temas complejos del pensamiento y comunicación efectivas de los datos geospaciales y los resultados del análisis geoespacial. Esta área de conocimiento refleja una gran parte del dominio de la cartografía y la visualización, aunque algunos conceptos y habilidades en estas áreas se pueden encontrar en otras áreas de conocimiento.

CV1 Historia y tendencias

La historia de la cartografía es una interacción de las tecnologías de impresión, de recogida de datos, de diseño, el conocimiento científico del uso de mapas, los dominios de aplicación y las innovaciones creativas de diseño.

CV1-1 Historia de la cartografía

- Describir los métodos de producción utilizados para mapas históricos.
- Describir los métodos cartográficos usados par mapas históricos.
- Discutir la influencia suiza en el diseño y producción de mapas, destacando las contribuciones de Imhof.
- Explicar la influencia de Bertin en las tendencias actuales de la simbolización cartográfica.
- Comparar y contrastar el papel histórico de la realización de mapas en China, Oriente Medio y Grecia.
- Explicar cómo las contribuciones de los primeros realizadores de mapas han afectado las técnicas cartográficas digitales.
- Esbozar el desarrollo de algunas de las principales proyecciones cartográficas (Mercator, Gnomonic, Robinson, etc.)
- Explicar cómo los ordenadores han creado un impacto en el diseño y producción cartográfica.
- Discutir la influencia de Tufte (o su ausencia) en el diseño cartográfico.

CV1-2 Transformaciones tecnológicas en cartografía y visualización

- Explicar cómo las nuevas tecnologías en áreas relacionadas (como el estéereoplotter, las imágenes aéreas y satelitales, GPS y LIDAR, entornos de inmersión y virtuales) han hecho progresar la cartografía y los métodos de visualización.
- Preparar mapas realizados con tecnologías cartográficas y de visualización nuevas.
- Seleccionar tecnologías nuevas en áreas relacionadas que tengan mayores posibilidades de utilización en cartografía y visualización.
- Explicar cómo las innovaciones de software como SYMAP, Surfer y los métodos automatizados para las curvas de nivel han creado un impacto en el diseño de mapas.
- • Describir las limitaciones de los planteamientos tecnológicos de la cartografía.
- Explicar cómo el concepto de “Cart-cubed (C3)” de MacEachren puede usarse para comprender el papel de progreso de la cartografía y la visualización.

CV2 Consideraciones sobre datos para cartografía y visualización

Este tema se refiere a la recopilación y gestión de datos para cartografía y visualización. Ciertas manipulaciones de datos pueden y deben hacerse antes de la simbolización y el etiquetado, aunque no por ello se hagan sin considerar la simbolización y etiquetado que vayan a aplicarse. Los requisitos de simbolización y etiquetado van a conformar la manera en que los datos usados en las representaciones son seleccionados, generalizados, clasificados, proyectados y manipulados. En esta sección se consideran los argumentos para la selección de datos, la consiguiente abstracción por motivos cartográficos y de visualización y la manipulación para la representación. Obsérvese que los temas fundamentales relacionados, tales como proyecciones y dátums se tratan en el área de conocimiento de Datos Geoespaciales (GD) y no aquí. Los procedimientos para implementar las tareas descritas en esta unidad se cubren principalmente en el área de conocimiento de Manipulación de Datos.

CV2-1 Materiales fuente para la cartografía.

- Hacer una lista de los datos que se necesitan para concebir el tema de un mapa.
- Compilar un mapa usando al menos tres fuentes de datos.
- Evaluar la calidad de los datos de un conjunto de datos de una fuente con respecto a su adecuación para una tarea cartográfica dada, incluyendo una evaluación de la resolución de los datos, extensión, vigencia o fecha de compilación y nivel de generalización en la clasificación de atributos.
- Explicar por qué es probable que una fuente de datos de escala más pequeña sea inadecuada para la recopilación de un mapa de mayor escala.
- Describir una situación en la que sería aceptable usar una fuente de datos de pequeña escala para la recopilación de un mapa a mayor escala.
- Determinar la escala consustancial de recopilación de las fuentes de datos gubernamentales.
- Discutir la extensión, clasificación y vigencia de las fuentes de datos gubernamentales y su impacto sobre la cartografía.
- Identificar los tipos de atributos que se necesitarán para mapear una distribución particular para objetos (features) geográficos seleccionados.
- Explicar cómo los datos digitales recopilados a partir de fuentes de mapas (como DLG) influyen en cómo se compilan y usan mapas secundarios.
- Explicar cómo los datos adquiridos de fuentes primarias, como imágenes satelitales y GPS, difieren de los datos recopilados de fuentes de mapas como DLG.
- Explicar cómo se usan las bases de datos de nombres geográficos para la cartografía.

CV2-2 Abstracción de datos: clasificación, selección y generalización

- Explicar por qué la reducción en la escala del mapa a veces lleva a la necesidad de que los objetos (features) mapeados se hagan más pequeños y se muevan.
- Discutir la cuestión de la combinación de datos de diferentes fuentes o para diferentes usos en relación con la cartografía.
- Identificar tareas cartográficas que necesiten cumplir cada uno de estos requisitos: 1) suavización, 2) agregación y 3) desplazamiento.
- Aplicar criterios de selección apropiados para cambiar la visualización de los datos de mapas a una escala más pequeña.
- Demostrar cómo los diferentes esquemas de clasificación (interrupciones naturales, Jenks, etc.) producen mapas muy diferentes a partir de un conjunto único de datos de intervalos o proporciones.

- Discutir las ventajas e inconvenientes de varios métodos de clasificación de datos para mapas de coropletas, incluyendo intervalos iguales, cuantiles, desviaciones estándar medias, interrupciones naturales y métodos “óptimos” para el diseño de mapas únicos y series de mapas.
- Escribir algoritmos para realizar intervalos iguales, cuantiles, desviación estándar media, interrupciones naturales y clasificación “óptima” para mapas de coropletas.
- Discutir las limitaciones que tienen los planteamientos tecnológicos actuales para la generalización por motivos cartográficos.
- Explicar cómo la generalización de un tema de datos puede y debe reflejarse en múltiples temas (por ejemplo, si el río se mueve, los límites, las carreteras y las ciudades también necesitan moverse).
- Explicar cómo las decisiones para la selección y generalización se hacen con miras a la simbolización en cartografía.
- Escribir algoritmos para ejecutar distancias inversas, “kriging” e interpolación picnofiláctica.
- Ilustrar ejemplos específicos de eliminación y simplificación de objetos consecuencia de una fracción representativa decreciente.

CV2-3 Proyecciones como cuestión de diseño de mapas

- Identificar la propiedad de proyección más destacada de varios objetivos cartográficos genéricos (por ejemplo, mapa nacional de coropletas, carta de navegación, mapas de movimiento, etc.)
- Identificar las proyecciones usadas habitualmente para ciertos tipos de mapas.
- Seleccionar las proyecciones más apropiadas para mapas del mundo que se adapten a un conjunto de objetivos para mapas específicos o regiones (por ejemplo, regiones ecuatoriales, de latitud media o polares) y fenómenos con orientaciones direccionales específicas o agregaciones temáticas de área.
- Concebir proyecciones convenientes para ciertos propósitos y localizaciones.
- Concebir una proyección para un objetivo particular y área de interés.
- Determinar los parámetros necesarios para optimizar el patrón de distorsión de escala que se asocia con una proyección dada para un objetivo particular y un área de interés.
- Diagnosticar una elección de proyección inapropiada para un mapa dado y sugerir una alternativa.

CV3 Principios de diseño de mapas

Este tema se refiere a principios básicos de diseño que se usan en cartografía y visualización y a aquellos principios de diseño cartográfico específicos para la visualización de datos geográficos. Se abordan también el diseño de composición de la página y la visualización de los datos.

CV3-1 Fundamentos de diseño de mapas

- Preparar diferentes composiciones de mapas utilizando los mismos componentes (leyendas, barras de escala, flechas de Norte, rejillas y grátícula) para producir mapas con objetivos específicos.

- Describir las diferencias en el diseño que se necesita para un mapa que ha de visualizarse en Internet en oposición a un póster de 150cm x 210cm. Incluir una discusión sobre el efecto de la distancia de visualización, la iluminación y el tipo de medios.
- Preparar mapas diferentes utilizando los mismos datos para diferentes propósitos y para diferente público (por ejemplo, excursionistas expertos e inexpertos).
- Discutir las diferencias entre mapas que utilizan los mismos datos pero que están destinados a diferentes públicos por diferentes razones.
- Criticar el diseño gráfico de varios mapas en términos de equilibrio, legibilidad, claridad, contraste visual, organización de figuras y fondo y organización jerárquica.
- Criticar la composición de varios mapas teniendo en cuenta sus componentes, como por ejemplo la flecha Norte, la barra de escalas y la leyenda.

CV3-2 Conceptos básicos de simbolización

- Identificar las variables visuales y los primitivos gráficos habitualmente usados en los mapas para representar varios objetos (features) geográficos de diferentes dimensiones (es decir, puntos, líneas, regiones, superficies y volúmenes) en todas las escalas de medición de atributos (es decir, nominal, ordinal, de intervalo, de proporción).
- Ilustrar cómo un único objeto geográfico puede representarse por medio de varios primitivos gráficos (por ejemplo, la superficie terrestre como conjunto de puntos de elevación, curvas de nivel, capas hipsométricas o matices y como una superficie sombreada por colinas).
- Listar las variables que se utilizan en la simbolización de los datos de los mapas para su representación visual, táctil, auditiva y dinámica.
- Ilustrar varias técnicas para crear visualizaciones de fenómenos que pueden representarse como puntos, líneas, áreas, superficies y volúmenes (los primitivos gráficos).
- Seleccionar símbolos efectivos para objetos basándose en las dimensiones y atributos de los fenómenos geográficos que se quieren mapear.

CV3-3 Color en cartografía y visualización

- Listar la gama de factores que pueden considerarse en la selección de colores.
- Describir los modelos de color habituales utilizados en cartografía.
- Describir las decisiones de colores que se hacen para varios “workflows” (automatización de procesos empresariales o institucionales).
- Calcular las cantidades principales de CMYK [cyan, magenta, yellow, key (black)] en una selección de colores.
- Calcular las cantidades principales de RGB (red, green, blue) en una selección de colores.
- Puntualizar un conjunto de colores en especificaciones de la CIE [Comisión Internacional de l'Eclairage – Comisión Internacional de la Iluminación] independientes de dispositivo.
- Planificar las pruebas de color convenientes para verificar un trabajo de publicación de mapas.
- Explicar cómo las connotaciones del mundo real (por ejemplo, azul=agua, blanco=nieve) pueden utilizarse para determinar las selecciones de color en los mapas.
- Dar ejemplos de colores para diferentes formas de armonía, concordancia y equilibrio.
- Seleccionar un esquema de color (por ejemplo, aleatorio, espectral, secuencial, divergente) que sea apropiado para un objetivo y variable dados.

- Discutir el papel del "espectro" en la elección de colores que pueden reproducirse en varios dispositivos y medios.

CV3-4 Tipografía en cartografía y visualización.

- Crear un conjunto de problemas cartográficos que puedan usarse para ilustrar las convenciones de etiquetado de punto, línea y área para la colocación de texto en mapas.
- Aplicar la tecnología apropiada para poner etiquetas en un mapa utilizando una base de datos de nombres geográficos.
- Comparar y contrastar los méritos relativos de tener etiquetas dinámicas en oposición a guardarlas como datos de anotación.
- Poner etiquetas en un mapa para nombrar objetos (features) de punto, línea y área.
- Editar la colocación y la ortografía de etiquetas en un mapa.
- Resolver un problema de etiquetado para una colección densa de objetos en un mapa utilizando líneas maestras mínimas.
- Explicar por qué se usa un conjunto de líneas maestras mínimas para el etiquetado de una colección densa de objetos en un mapa.
- Describir el papel de las etiquetas en ayudar a los lectores a comprender la localización de los objetos (por ejemplo, etiqueta a la derecha del punto, la etiqueta sigue la línea que indica su posición, la etiqueta de área ayuda a entender la extensión del objeto y su tipo).
- Explicar cómo las propiedades del texto pueden usarse como variables visuales para representar gráficamente el tipo y atributos de los objetos geográficos.
- Establecer tipo de fuente, tamaño, estilo y color para etiquetas no diferenciadas en un mapa aplicando los principios básicos de diseño tipográfico.
- Describir las resoluciones que deben tomarse en situaciones conflictivas de etiquetado de mapas.
- Explicar cómo etiquetar objetos con límites indeterminados (cañones, océanos, etc.)
- Nombrar las autoridades que se utilizan para confirmar la ortografía de los nombres geográficos para un proyecto específico.
- Comparar y contrastar la solidez y las limitaciones de los métodos usados para la colocación automática de etiquetas.

CV4 Técnicas de representación gráfica

Este tema aborda los métodos básicos de la cartografía y las variaciones de éstos para cartografía y visualización especializadas, como por ejemplo cartografía dinámica e interactiva, mapas en la Web, cartografía y visualización en entornos virtuales y de inmersión, utilizando metáforas para visualizar otras formas de datos (espacialización) y visualización de las incertidumbres.

CV4-1 Métodos cartográficos básicos

- Crear mapas utilizando cada uno de los siguientes métodos: coropletras, dasimétricos, símbolos proporcionados, isolíneas, mapas de puntos, cartogramas y mapas de flujo.
- Comparar y contrastar la solidez y las limitaciones de cada uno de los métodos indicados anteriormente.

- Describir las consideraciones de diseño para cada uno de los métodos indicados anteriormente.
- Elegir los métodos de mapeo más adecuados para cada atributo en un tipo de objeto (feature) dado
- Diseñar leyendas utilizando las convenciones apropiadas para cada método de mapeo.

CV4-2 Representaciones de variables múltiples

- Crear un mapa que visualice variables relacionadas utilizando el mismo método de mapeo (por ejemplo, coropletas de dos variables, densidad de puntos mezclada).
- Crear un mapa que visualice variables relacionadas utilizando diferentes métodos de mapeo (por ejemplo, coropletas y símbolos proporcionales, coropletas y cartograma).
- Diseñar un único símbolo para un conjunto dado de variables relacionadas.
- Diferenciar la interpretación de una serie de tres mapas y un mapa único con variables múltiples, representando cada uno de ellos las mismas tres variables relacionadas.
- Diseñar una serie de mapas para mostrar el cambio en un patrón geográfico con el tiempo.
- Demostrar la relación entre varias variables en una carta de coordenadas paralelas.
- Detectar una fuente externa de variables múltiples utilizando una combinación de mapas y gráficos.

CV4-3 Representaciones dinámicas e interactivas

- Describir un objetivo de mapeo en el que sería apropiado el uso de cada uno de los siguientes: **brushing**, vinculación, representaciones múltiples.
- Crear un mapa interactivo que sea adecuado para un determinado público.
- Crear un mapa animado con la intención de representar un objetivo específico.
- Criticar los elementos interactivos de un mapa online.
- Comparar y contrastar las ventajas relativas de diferentes plataformas de mapas interactivos (por ejemplo, CAVES, GeoWalls).
- Explicar cómo la interactividad influye en la utilización de mapas en visualizaciones animadas.

CV4-4 Mapas con objetivos especiales

- Describir las necesidades de diseño para mapas con objetivos especiales tales como planos de subdivisión, mapas catastrales, planos de drenaje, cartas náuticas y aeronáuticas, mapas geológicos, militares, mapas en malla con volumen y planos 3D de cambio urbano.
- Explicar como las cuestiones legales crean un impacto en el diseño y contenido de mapas tales como los planos de subdivisión, las cartas náuticas y los mapas catastrales.

CV4-5 Representación del terreno

- Describir situaciones en las que son adecuados varios métodos de representación del terreno (por ejemplo, relieve sombreado, curvas de nivel, tintas hipsométricas, diagramas de bloque, perfiles, pendiente, aspecto).
- Describir situaciones en las que no son adecuados varios métodos de representación del terreno.

- Diferenciar representaciones 3D de representaciones 2 ½ D.
- Explicar cómo se pueden usar los perfiles o los **traversales** para representar el terreno.

CV4-6 Cartografía en la Web y visualizaciones

- Discutir las limitaciones y oportunidades de Internet como entorno para la distribución y uso de mapas.
- Describir qué modificaciones son necesarias para aplicar simbología, etiquetado y composición de página a un mapa diseñado para impresión en papel, de manera que pueda verse y utilizarse en la Web.
- Discutir la influencia de la interfaz de usuario en los mapas y visualizaciones en la Web.
- Concebir una página Web que incluya un mapa interactivo.
- Describir las consideraciones para usar mapas en la Web como método para descargar datos.

CV4-7 Entornos virtuales y de inmersión

- Explicar cómo los entornos virtuales y de inmersión se hacen cada vez más complejos cuando pasamos de un entorno de escritorio VRML relativamente no inmersivo a una visualización estereoscópica (por ejemplo, un GeoWall) y a un CAVE totalmente inmersivo.
- Explicar la efectividad de varios paquetes de software VRML en crear un sentido de inmersión.
- Evaluar hasta qué punto un GeoWall o CAVE aumenta la comprensión de los datos espaciales.

CV4-8 Espacialización

- Explicar cómo puede usarse una metáfora espacial para ilustrar la relación entre noticias asociadas con un acontecimiento mundial de importancia.
- Crear una superficie pseudo-topográfica para especificar la relación entre noticias asociadas con un acontecimiento mundial de importancia.

CV4-9 Visualización de datos geográficos temporales

- Crear la secuencia temporal de un proceso.
- Describir cómo el contexto temporal añadido revela (o no) patrones no evidentes en una **cross-section (sección transversal? muestra representativa?)**
- Crear un mapa animado
- Describir cómo un mapa animado revela patrones no evidentes sin animación.
- Demostrar cómo las “variables gráficas” de Bertin pueden extenderse para incluir efectos de animación.

CV4-10 Visualización de la incertidumbre

- Describir una técnica que pueda usarse para representar el valor de cada uno de los componentes de la calidad de los datos (exactitud posicional y de atributos, coherencia lógica y terminación)

- Desarrollar técnicas gráficas que muestren claramente diferentes formas de incertidumbre de un objeto (feature) dado (por ejemplo, incertidumbre sobre la existencia, incertidumbre de la localización de límites, ambigüedad de atributos, límites de transición de una región cultural).
- Esbozar un mapa con un revestimiento de fiabilidad utilizando símbolos adecuados para representaciones de este tipo.
- Usar métodos de visualización dinámica y de múltiples variables para visualizar la incertidumbre de los datos.

CV5 Producción de mapas

Este tema aborda la producción y reproducción de mapas como también los temas de informática que se relacionan con la automatización de esos trabajos.

CV5-1 Cuestiones de informática en cartografía y visualización.

- Explicar cómo el ascenso en la interoperabilidad y en los estándares abiertos ha producido un impacto en la producción de representaciones y visualizaciones cartográficas.
- Explicar cómo las técnicas de optimización están mejorando el diseño automatizado de los mapas.
- Explicar cómo el concepto “modelos cartográficos digitales” unifica una serie de principios para la cartografía informática.
- Describir la estructura y función de las bases de datos de nombres geográficos para su utilización en cartografía.
- Identificar las áreas en cartografía y visualización que han avanzado debido a un enfoque informático y las que no lo han hecho.
- Diferenciar entre SIG y paquetes de software de gráficos para cartografía y para visualización.

CV5-2 Producción de mapas

- Esbozar el proceso de producción digital de los mapas de impresión offset, incluyendo una referencia al objeto (feature) y al color por separado, objeto y composiciones de mapas y resolución (lpi y dpi).
- Comparar y contrastar las cuestiones que surgen cuando se procesa en blanco y negro y en cuatro colores.
- Explicar cómo se garantizan la firmeza y la congruencia del color en la producción de mapas.
- Preparar un archivo de mapas para una presentación RGB en un sitio Web.
- Preparar un archivo de mapas para publicación CMYK en un libro.
- Ilustrar producciones del mismo mapa a diversos niveles, bajos y altos, de dpi.
- Comprender la naturaleza de varias producciones de formatos de mapas ráster (JPG, GIF, TIF) y de mapas vectoriales (PDF, AI).
- Esbozar el objetivo de los métodos de producción avanzados (por ejemplo, pruebas estocásticas, color hexadecimal, gestión del color y perfiles de dispositivos, trapping?, exceso de impresión).
- Comparar y contrastar los formatos de archivo adecuados para la presentación de un mapa en la Web (por ejemplo, PDF y JPEG) con los adecuados para publicación en un contexto de alta resolución (por ejemplo, TIFF, PDF, AI).

- Criticar la integridad tipográfica en los formatos de exportación (por ejemplo, algunos procesos de exportación de archivos que disgregan los caracteres haciendo difícil la posibilidad de búsqueda, el procesamiento de la fuente y la fiabilidad del Procesador de Imágenes Raster (RIP - Raster Image Processor).

CV5-3 Reproducción de mapas

- Esbozar la etapas en litografía.
- Preparar un mapa de colores para distribución en fotocopias blanco y negro.
- Describir los problemas de producción de mapas que podrían discutirse con un editor de mapas.
- Describir las características de calidad de la impresión y las diferencias de precio para una distribución limitada de un mapa de colores.
- Especificar un trabajo de impresión para publicación, incluyendo papel, tinta, lpi, necesidad de pruebas y otras decisiones sobre contratos.
- Comparar y contrastar la calidad de la verificación que puede realizarse a partir de las pruebas y copias láser en color.

CV6 Utilización de mapas y evaluación

La utilización de mapas aborda cómo el usuario utiliza el mapa o la visualización para su lectura, análisis e interpretación. La lectura de mapas es la traducción del gráfico u otra representación de objetos (features) a una imagen mental del entorno. Lleva consigo la identificación de los símbolos del mapa y la interpretación de la simbología para la comprensión de los fenómenos geográficos. El análisis de los mapas permite al lector analizar y comprender la estructura espacial de los objetos y su interrelación en el mapa. La interpretación de mapas permite al lector buscar explicaciones de patrones inhabituales o interesantes observados en varios mapas y tratar de entender las variaciones (algunas veces en el tiempo) entre mapas. La evaluación lleva a una mejor comprensión de la experiencia del usuario con el mapa o la visualización. Esta unidad también examina el impacto de la incertidumbre de los datos en la utilización de mapas y la evaluación de los datos visualizados por parte del usuario.

CV6-1 El poder de los mapas

- Dar ejemplos de mapas que ilustran la naturaleza provocativa, propagandística, política y persuasiva de los mapas y los datos geoespaciales.
- Deconstruir los silencios [omisiones de objetos (features)] en el mapa de un área personalmente bien conocida.
- Construir dos mapas sobre un conflicto o guerra del que se pueda producir uno que apoye el punto de vista de cada una de las dos facciones.
- Demostrar cómo diferentes métodos de clasificación de datos para un único conjunto de datos van a producir mapas que se interpretarán de maneras muy diferentes por el usuario.
- Discutir cómo las decisiones en el diseño de un mapa de carreteras influirán en la experiencia que los visitantes pueden tener del área.

CV6-2 Lectura de mapas

- Hacer coincidir los símbolos en un mapa con las explicaciones correspondientes en la leyenda.

- Discutir las ventajas e inconvenientes de usar símbolos convencionales (por ejemplo, azul es agua, verde es vegetación, cruz roja es un hospital) en un mapa.
- Hacer coincidir las etiquetas con los objetos (features) correspondientes.
- Explicar cómo la anatomía ocular y sus células fotorreceptoras afectan cómo se ven los mapas, en lo que respecta a la atención, la agudeza del enfoque y el color.
- Diseñar mapas apropiados para usuarios con limitaciones visuales.
- Usar símbolos en mapas (puntos, líneas y áreas) con suficiente contraste para que los típicos usuarios puedan distinguirlos.

CV6-3 Interpretación

- Identificar las formas del terreno representadas por conjuntos específicos de curvas de nivel en un mapa topográfico.
- Explicar por qué las formas del terreno se representan por medio de conjuntos específicos de curvas de nivel en un mapa topográfico.
- Comparar y contrastar la propia interpretación del terreno, las características geomórficas y los tipos de colonización humana que se muestran en una serie de mapas topográficos de países diferentes.
- Emitir hipótesis sobre procesos geográficos sintetizando los patrones encontrados en uno o más mapas temáticos o visualizaciones de datos.

CV6-4 Análisis de mapas

- Calcular las distancias en carretera, planimétrica y verdadera, entre dos localizaciones en un mapa topográfico.
- Planificar un tour de orientación de longitud específica que atraviese pendientes de inclinación apropiada y cruce ríos en lugares que se puedan cruzar de acuerdo con el mapa topográfico.
- Comparar y contrastar la medida manual de las áreas de polígonos en un mapa impreso de un SIG con los calculados por el ordenador.
- Evaluar los tipos de distorsión indicados por metadatos de proyección que pueden estar presentes en un mapa.
- Explicar cómo los tipos de distorsión indicados por metadatos de proyección en un mapa van a afectar sus medidas.
- Describir los patrones geográficos encontrados en un mapa temático o visualización de datos.
- Dar ejemplos de mapas que pueden utilizarse para encontrar dirección, distancia, posición, para planear rutas, calcular áreas y volúmenes y describir formas.
- Calcular la pendiente usando un mapa topográfico y un DEM.
- Crear el perfil de una sección transversal a través de un terreno utilizando un mapa topográfico y un DEM.
- Analizar patrones espaciales de emplazamiento de objetos (features) puntuales, lineales y de área en mapas.
- Determinar recuentos de objetos puntuales, lineales y de área en mapas.
- Juzgar visualmente las asociaciones espaciales en mapas.
- Medir el movimiento de un objeto puntual y su difusión en mapas.

- Explicar cómo pueden usarse los mapas en el análisis de terrenos (por ejemplo, determinación de elevaciones, perfiles de superficies, pendientes y gradientes).
- Explicar cómo se pueden usar los mapas para determinar una ruta óptima o seleccionar una instalación

CV6-5 Evaluación y pruebas

- Diferenciar evaluación de pruebas
- Diseñar un protocolo de pruebas para evaluar la capacidad de uso de una simple interfaz gráfica de usuario.
- Discutir las limitaciones en el uso de los estándares USGS de exactitud de mapas para una serie de proyectos que exijan diferentes niveles de precisión (por ejemplo, direcciones para conducir en contraste con planificación de una excavación).
- Comparar y contrastar los peligros de interpretación (por ejemplo, la falacia ecológica, el problema de unidades de área modificables) que son consustanciales a los diferentes tipos de mapas o visualizaciones y a sus datos geográficos subyacentes.
- Evaluar hasta qué punto las suposiciones sobre el comportamiento de los fenómenos geográficos (por ejemplo, la autocorrelación espacial) son necesarias para realizar mediciones y cálculos a partir de un mapa o visualización.
- Evaluar la efectividad de un mapa para su público y objetivo.
- Identificar las elecciones de diseño particulares que hacen un mapa más o menos efectivo.
- Realizar una verificación de campo rigurosa de la precisión de un mapa.
- Identificar varios usos para los que un determinado mapa es o no efectivo.
- Describir las expectativas que un determinado mapas hace de su público.

CV6-6 Impacto de la incertidumbre

- Diferenciar las decisiones que se toman usando un mapa con una capa de fiabilidad de aquéllas que se toman utilizando un par de mapas separando datos y fiabilidad, ambos sacados del mismo conjunto de datos.

CV Referencias esenciales

- Brewer, Cynthia, 2005. *Designing Better Maps*. ESRI Press.
- Campbell, John, 2001, *Map Use & Analysis*, Fourth edition, McGraw-Hill. 384 pp. ISBN: 0073037486
- Dent, Borden D., 1999, *Cartography: Thematic Map Design*, Fifth edition, WCB/McGraw-Hill, 417 pp. ISBN: 0679384950 (Dent's fifth edition is also published under the title: *Cartography with ArcView GIS Software*, ISBN: 0072822023)
- Dorling, Daniel, and David Fairbairn, 1997, *Mapping: Ways of Representing the World*, Prentice Hall. 192 pp. ISBN: 0582289726
- Dykes J, MacEachren AM, Kraak MJ eds (2004) *Exploring Geovisualization*. Amsterdam: Elsevier Brown, Allan, and Wim
- Feringa, 2003, *Colour Basics for GIS Users*, Pearson Education. 171 pp. ISBN: 0130333433

- Fairchild, Mark D., 2005, *Color Appearance Models*, Second edition, John Wiley & Sons. 385 pp. ISBN: 0470012161
- Harley J.B. (1988) "Maps, knowledge and power." In Cosgrove D, Daniels S. eds *Iconography of Landscape: Essays on the Symbolic Representation, Design and Use of Past Environments*, pp. 277-311. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kraak, Menno-Jan, and Ferjan Ormeling, 2003, *Cartography: Visualization of Geospatial Data*, Second edition, Prentice Hall, 216 pp. ISBN: 0130888907
- MacEachren, Alan M., 1995, *How Maps Work: Representation, Visualization, and Design*, Guilford Press. 513 pp. ISBN: 0898625890 (Paperback in 2004, ISBN: 157230040X)
- MacEachren, Alan, 1994. *Some Truth With Maps: A Primer on Symbolization and Design*. Association of American Geographers.
- Monmonier, Mark S., 1996, *How to Lie With Maps*, Second edition, University of Chicago Press. 222 pp. ISBN: 0226534219
- Monmonier, Mark S., 1993, *Mapping It Out : Expository Cartography for the Humanities and Social Sciences*, University of Chicago Press. 316 pp. ISBN: 0226534170
- Muehrcke, Phillip C., Juliana O. Muehrcke, and A. Jon Kimerling, 2001, *Map Use: Reading, Analysis, Interpretation*. Fourth edition (revised), J.P. Publications, Madison. 647 pp. ISBN: 0960297855
- Robinson, Arthur H., Joel L. Morrison, Phillip C. Muehrcke, A. Jon Kimerling, and Stephen C. Guphill, 1995, *Elements of Cartography*, Sixth edition, John Wiley & Sons, 674 pp. ISBN: 0471555797
- Slocum TA, McMaster RB, Kessler FC, Howard HH (2005) *Thematic Cartography and Geographic Visualization*, Second Edition. Upper Saddle River, NJ: Pearson/Prentice Hall
- Tufte, Edward R., 1990. *Envisioning Information*. Graphics Press.
- Tufte, Edward R., 1997. *Visual Explanation: Images and Quantities, Evidence and Narrative*. Graphics Press.
- Tufte, Edward R., 2001, 2nd edition. *The Visual Display of Quantitative Information*. Graphics Press.
- Wood, Denis, 1992. *The Power of Maps*. Guilford Press.

DA. Análisis de datos

Esta área de conocimiento abarca una amplia variedad de operaciones cuyo objetivo es derivar resultados analíticos de los datos geoespaciales. El análisis de datos intenta comprender tanto los efectos de primera magnitud (ambientales) como los de segunda magnitud (interacción). Se incluyen tanto los planteamientos centrados en los datos (exploración de datos geoespaciales) como los centrados en modelos (hipótesis de pruebas y creación de modelos). Las técnicas de datos derivan descripciones resumidas de los datos, evocan ideas sobre sus características, contribuyen a la creación de hipótesis de investigación y conducen a resultados analíticos. El objetivo del análisis enfocado a los modelos es crear y testar modelos de procesos geoespaciales. En general, este análisis es un área de conocimiento avanzado en la que la experiencia previa en análisis exploratorio de datos espaciales constituiría un prerrequisito deseado. En el área de conocimiento de Cartografía y Visualización se cubren las herramientas visuales para el análisis de datos y en el área de conocimiento Fundamentos Conceptuales se introducen muchos de los principios fundamentales que se requieren para las técnicas de análisis de datos del terreno.

DA1 Fundamentos académicos del análisis de datos geoespaciales.

El análisis geoespacial tiene bases en muy diferentes disciplinas. Por consiguiente, existen muchas escuelas de opinión o de planteamientos analíticos que incluyen el análisis y el modelado espacial, la geoestadística, la econometría y la estadística espacial, el análisis cualitativo, el álgebra de mapas y el análisis de redes. Todos ellos se comparan y contrastan en esta sección. Los conceptos espaciales fundamentales que apuntalan los que se cubren aquí se incluyen en el área de conocimiento de Fundamentos Conceptuales.

DA1-1 Fundamentos académicos

- Explicar los orígenes del término “Revolución Cuantitativa” en geografía.
- Identificar las disciplinas académicas en las que ha evolucionado el análisis geoespacial.
- Diferenciar el análisis de datos geoespaciales del análisis de datos no espaciales.
- Diferenciar el análisis de exploración de los datos geoespaciales del análisis de confirmación de los mismos.

DA1-2 Planteamientos analíticos

- Esbozar las tareas necesarias para completar los cinco pasos del proceso analítico para un problema espacial determinado.
- Explicar qué se añade al análisis espacial para transformarlo en análisis espaciotemporal.
- Comparar y contrastar el análisis espacial estadístico, el análisis de datos espaciales y el modelado espacial.
- Comparar y contrastar la estadística espacial y el álgebra de mapas como dos tipos muy diferentes de análisis de datos.

DA2 Operaciones y lenguajes de consulta

Examina las operaciones específicas que se usan en SIG y de qué manera se utilizan para el análisis geoespacial. Incluye algunas tareas analíticas que requieren un diálogo complejo de muchas operaciones individuales. Además del uso apropiado, también se pone énfasis en cómo estas operaciones funcionan algorítmicamente (es decir, dentro de la “caja negra” de la Tecnología IG).

DA2-1 Teoría de conjuntos

- Describir la teoría de conjuntos
- Explicar cómo la teoría de conjuntos se relaciona con las consultas espaciales
- Realizar una consulta lógica (teórica de conjuntos) utilizando software SIG
- Explicar cómo la teoría lógica se relaciona con la teoría de conjuntos

DA2-2 Relaciones espaciales y operaciones de consulta que se dan exclusivamente en el contexto espacial.

- Dar ejemplos de relaciones espaciales (y temporales)
- Diferenciar entre relaciones absolutas y relaciones relativas

DA2-3 Álgebra de mapas

- Diferenciar entre álgebra de mapas y álgebra de matrices utilizando ejemplos reales.
- Explicar el concepto de posición de las celdas de rejilla en el espacio geográfico tal como se aplica al álgebra de mapas.

DA2-4 Relaciones temporales

- Dar ejemplos de relaciones temporales

DA2-5 SQL y extensions (especial y temporal)

- Explicar la base lógica de SQL, su sintaxis básica y sus operadores

DA3 Operaciones geométricas en objetos espaciales

Para la simple exploración de datos, SIG ofrece muchas técnicas para operaciones geométricas básicas que son de ayuda para extraer el significado de los conjuntos de datos o para derivar datos nuevos para seguir analizando.

DA3-1 Consultas espaciales

- Crear una consulta espacial para extraer todos los objetos puntuales que hay dentro de un polígono.
- Comparar y contrastar consulta de atributo y consulta espacial
- Hacer preguntas que puedan resolverse seleccionando objetos (features) basados en localización o relaciones espaciales.

DA3-2 Distancias y longitudes

- Describir varias medidas diferentes de distancia entre dos puntos (por ejemplo, euclídea, distancia de red, esférica)

- Explicar cómo la matriz de pesos espaciales es una descripción de la distancia.
- Calcular la distancia entre dos lugares usando un SIG cuando los datos se proyectan en diferentes proyecciones
- Explicar cualquier diferencia en la distancia medida entre dos lugares cuando los datos se proyectan en un SIG en proyecciones diferentes.
- Calcular la dimension fractal de una línea sinuosa
- Explicar por qué el cálculo de la dimensión fractal de una línea sinuosa tiene importantes implicaciones para la medición de su longitud

DA3-3 Dirección

- Comparar y contrastar cómo se determina y se expresa en datos raster o vectoriales la dirección
- Definir 'dirección' y su medición con diferentes medidas angulares
- Explicar cualquier diferencia en la dirección medida entre dos lugares cuando los datos se proyectan en un SIG en diferentes proyecciones

DA3-4 Buffers

- Comparar y contrastar las definiciones raster y vector de los buffers
- Explicar porqué un buffer es un contorno en una superficie de distancia

DA3-5 Forma

- Calcular diferentes índices de formas para un conjunto de datos de un polígono.
- Comparar y contrastar diferentes índices de forma, incluyendo ejemplos de aplicaciones a las que cada uno de ellos podría aplicarse.
- Desarrollar un algoritmo para determinar el esqueleto de polígonos
- Dar ejemplos de situaciones en las que el centroide de un polígono queda fuera de sus límites.
- Desarrollar un método para describir la forma de un agregado de puntos de valores similares usando el concepto de casco convexo

DA3-6 Área

- Desarrollar un algoritmo para averiguar el área de un polígono utilizando las coordenadas de sus vértices
- Demostrar cómo el área de una región representada en un conjunto de datos raster va a variar según resolución y orientación

DA3-7 Superposición

- Demostrar cómo las operaciones geométricas de intersección, buffer, punto en polígono y superposición pueden implementarse en SIG
- Comparar y contrastar el concepto de superposición tal como se implementa en los dominios raster y vector
- Formalizar la operación llamada superposición de mapas utilizando la lógica booleana

- Demostrar por qué el registro de conjuntos de datos es crítica para el éxito de cualquier operación de superposición de mapas
- Explicar lo que significa el término “refuerzo planar”
- Explicar por qué el proceso “disolver y fusionar” sigue con frecuencia a las operaciones de superposición

DA4 Relaciones y patrones de modelado

La mayoría de los análisis de datos geospaciales requieren que el usuario especifique cómo conceptualiza las relaciones espaciales. Hay una serie de posibilidades: colapso de la distancia, binario (banda fija de distancia), zona de indiferencia (concepto de umbrales), tiempo o distancia funcionales basándose en aspectos como la interacción espacial, la contigüidad, el tiempo/distancia conceptual, el tiempo de viaje, vecindad y regiones. Algunas relaciones espaciales se revelan a través de una comprensión de los procesos y patrones espaciales. Otras se determinan examinando el cambio a lo largo del tiempo.

DA4-1 Colapso de la distancia

- Demostrar la geometría implícita en el clásico colapso de distancia de la “gravedad”.
- Demostrar las formas típicas para las funciones de colapso de la distancia.
- Explicar cómo un semivariograma describe el colapso de la distancia.

DA4-2 Proximidad, contigüidad y conectividad

- Explicar el modelo de intersección 9 para las relaciones espaciales
- Demostrar como la proximidad, la contigüidad y la conectividad pueden registrarse en anotación matricial.
- Calcular varias medidas de contigüidad en un conjunto de datos de polígono
- Listar las diferentes maneras en que puede determinarse la conectividad en un raster y en un conjunto de datos de polígono.
- Crear polígonos de proximidad (polígonos de Theissen o Voronoi) en conjuntos de datos puntuales

DA4-3 Vecindades

- Esbozar algunos métodos que puedan utilizarse para establecer vecindades de semejanza que no se solapen en conjuntos de datos raster.
- Utilizar algoritmos de pseudocódigo para calcular estadísticas de vecindad (mínimo, máximo, flujo local) usando una ventana móvil en conjuntos de datos raster.
- Explicar cómo la gama de operaciones de álgebra de mapas (local, focal, zonal y global) se relacionan con el concepto de vecindades.

DA4-4 Interacción espacial

- Explicar la relación entre el modelo de gravedad y los modelos de interacción espacial.

- Exponer la formalización clásica del modelo de interacción.
- Explicar porqué el modelo de gravedad no es la única manera de modelar la interacción espacial haciendo referencia a aspectos dinámicos, caóticos, complejos o imprevisibles.

DA4-5 Procesos espaciales y sus patrones

- Diferenciar entre procesos y patrones
- Demostrar cómo los patrones son realizaciones de procesos
- Describir un modelo de proceso simple que genere un conjunto de patrones espaciales.
- Explicar como el modelado de difusión puede usarse para producir y explicar patrones espaciales.

DA4-6 Análisis de patrones

- Medir los patrones evidentes en conjuntos de datos puntuales.
- Describir los patrones evidentes en conjuntos de datos
- Explicar cómo los métodos de medición de patrones puntuales con base en la distancia pueden derivarse de una matriz de distancia.
- Explicar cómo los polígonos de proximidad (por ejemplo, polígonos de Thiessen) pueden utilizarse para describir patrones puntuales.
- Indicar cómo el planteamiento de usar polígonos de proximidad para describir patrones puntuales podría abordar algunos de los fallos de métodos más tradicionales.
- Demostrar cómo los conceptos de análisis de patrones puntuales puede extenderse a comprobar si existe una asociación entre ellos.
- Calcular la estadística de fragmentación utilizando un paquete de software estándar como FRAGSTATS.

DA4-7 “Kernels” y cálculo de densidad

- Explicar cómo los “kernels” se usan para calcular la densidad de objetos
- Esbozar la técnica de visualización del cálculo de la densidad
- Explicar porqué y cómo el cálculo de la densidad transforma los datos puntuales en una representación de campo.
- Crear mapas de densidad desde conjuntos de datos puntuales usando “kernels” y técnica de cálculo de la densidad

DA4-8 Análisis de agregados espaciales

- Realizar un análisis de detección de agregados
- Discutir los méritos del análisis de patrones puntuales en la detección de agregados.
- Demostrar la extensión de los conceptos del análisis de patrones puntuales para tratar con agregados en el espacio-tiempo.

DA4-9 Espacialización

- Llevar a cabo un simple análisis jerárquico de agregados para clasificar objetos de área en regiones estadísticamente similares.
- Realizar escalas multidimensionales y análisis de los componentes principales para reducir el número de dimensiones de un problema.
- Demostrar cómo la semejanza de datos espaciales puede equivaler a proximidad en distancia geográfica.

DA5 Análisis de superficies

Hay una amplia gama de fenómenos que pueden estudiarse usando un conjunto de técnicas y herramientas diseñadas para ayudar a la comprensión de las características de los datos de superficie continua o aspectos relativos dentro de tales datos. Las aplicaciones de estas técnicas utilizando datos de terreno abarcan una amplia gama de transportes por tierra, flujos y tareas de ubicación.

DA5-1 Cálculo de pendiente y ladera

- Explicar cómo pendiente y ladera pueden representarse como un campo vectorial, dado como primera derivada de la altura.
- Explicar los diferentes métodos para calcular la pendiente a partir de un DEM.
- Diseñar un algoritmo que calcule pendiente y ladera a partir de un modelo TIN.

DA5-2 Interpolación de superficies

- Escribir un pseudocódigo que produzca curvas de nivel repetibles a partir de conjuntos de datos puntuales utilizando polígonos de proximidad, promedios espaciales o ponderación de distancias inversas.
- Interpolarse a mano un conjunto de datos puntuales para producir representaciones de superficie.
- Diferenciar entre análisis de superficie (tendencias) e interpolación espacial determinista.
- Implementar un análisis de tendencias utilizando la función que se suministra en un SIG o cualquier programa estándar para análisis estadístico.

DA5-3 Intervisibilidad

- Definir intervisibilidad
- Escribir un algoritmo para determinar el área visible desde localizaciones específicas en superficies especificadas por DEM.
- Realizar análisis de ubicación usando visibilidad especificada, pendiente y otros factores.

DA5-4 Superficies de fricción

- Explicar cómo las superficies de fricción se aumentan por el uso de impedancia y barreras.
 - Aplicar los principios de las superficies de fricción en el cálculo de las vías de menos coste.
-

DA6 Estadística espacial

Se usan los métodos estadísticos tradicionales para describir la tendencia central, la dispersión y otras características de los datos. Además de esos métodos, las técnicas especializadas se adecuan particularmente bien para extraer información de los datos geoespaciales. El campo de la estadística espacial forma la columna vertebral para verificar las hipótesis sobre la naturaleza del patrón, la dependencia espacial y la heterogeneidad. Las técnicas son exclusivas de la CienciaG y se usan ampliamente en el análisis espacial exploratorio y confirmatorio.

DA6-1 Procesos estocásticos

- Justificar el planteamiento estocástico del análisis estadístico espacial.
- Dar ejemplos de procesos deterministas y espaciales estocásticos.
- Describir las dos suposiciones básicas del proceso aleatorio independiente.
- Esbozar la lógica de la derivación de resultados esperados a largo plazo del proceso aleatorio independiente utilizando cuentas cuadráticas como ejemplo.
- Diferenciar entre procesos isotrópicos y anisotrópicos
- Discutir la teoría que lleva a la suposición de inmovilidad intrínseca
- Dar ejemplos de no-inmovilidad que impliquen efectos de primero y segundo orden.

DA6-2 Muestreo especial para análisis estadístico

- Diseñar un esquema de muestreo que ayude a detectar cuándo van a ocurrir agregados espacio-tiempo de acontecimientos.
- Describir esquemas de muestreo para calcular con exactitud la media de un conjunto de datos.
- Diferenciar entre esquemas de muestreo basados en modelo y basados en diseño.

DA6-3 Métodos gráficos para determinar relaciones

- Describir las características estadísticas de un conjunto de datos utilizando una serie de gráficos y trazados (incluyendo diagramas de dispersión, histogramas, diagramas de cajas y q-q plots (¿? No encontrado en ninguna parte)).
- Seleccionar los métodos estadísticos apropiados para el análisis de conjuntos de datos usando métodos gráficos.

DA6-4 La matriz de pesos espaciales

- Explicar cómo se calculan los diferentes tipos de matrices de pesos espaciales.
- Identificar lo apropiado de diferentes tipos de matrices de pesos espaciales para diferentes problemas estadísticos y econométricos espaciales
- Concebir una matriz de pesos espaciales para patrones de rejilla, punto y área.

DA6-5 Medidas globales de asociación espacial

- Explicar cómo una estadística basada en la combinación de todos los datos espaciales y en la devolución de uno o dos valores únicos como resumen pueden ser útiles para comprender tendencias espaciales amplias.

- Calcular I de Moran y C de Geary para patrones de datos de atributo medidos en escalas de intervalo/ratio.
- Justificar, calcular y testar la importancia de la estadística para un patrón de objetos.
- Calcular las medidas de dispersión global y clasificación de conjuntos de datos puntuales usando estadística de distancia de vecindad.
- Explicar cómo la función K de Ripley ilustra los cambios de clasificación o dispersión cuando uno cambia la distancia de su análisis.
- Calcular la función K
- Explicar cómo la función K proporciona una medida de dispersión dependiente de escala.
- Describir cómo la inmovilidad afecta los índices globales y locales de asociación espacial.

DA6-6 Medidas locales de asociación espacial

- Comparar y contrastar la estadística global y local y sus usos.
- Calcular la estadística G
- Descomponer I de Moran y C de Geary en medidas locales de asociación espacial.
- Explicar cómo una matriz de pesos puede usarse para convertir cualquier estadística clásica en una medida local de asociación espacial
- Describir el efecto de la inmovilidad en los índices global y local de asociación espacial.

DA6-7 Valores extremos

- Diferenciar entre valores extremos que son “meteduras de pata” (errores) y los que son “travesuras” (casos inhabituales)
- Explicar porqué es importante examinar cuidadosamente los valores extremos en los resultados de los análisis.
- Explicar cómo las siguientes técnicas pueden usarse para examinar los valores extremos: tabulación, histogramas, diagramas de cajas, análisis de correlación, diagramas de dispersión, Local de Anselin, estadística I de Moran.
- Explicar cómo los valores extremos afectan el resultado de los análisis.

DA7 Geoestadística

La geoestadística puede considerarse como un subdominio de la estadística espacial aunque aquí se trata como unidad separada en vista de su creciente popularidad – especialmente en las ciencias físicas, utilizando variables geoespaciales continuas, como niveles de precipitación en una región. La estructura fundamental de la geoestadística se basa en la naturaleza de variogramas y su uso para predicciones espaciales (“kriging”).

DA7-1 Principios de la construcción de variogramas

- Construir squared semi-difference cloud*s, diagramas de dispersión-h (?) y semivariogramas.
- Describir las relaciones entre semivariogramas y correlogramas estandarizados e índices de Geary y Moran de asociación geoespacial.

- Explicar cómo **indicator covariances** (covariancias de(l) indicador?) se asocian con **joint count statistics** (?)
- Demostrar cómo los variogramas reaccionan a la no inmovilidad espacial

DA7-2 Modelado de variogramas

- Esbozar cómo los semivariogramas que resumen la dependencia espacial de los datos geográficos pueden utilizarse para desarrollar un modelo para esta variación.
- Describir cada uno de los modelos de variograma usados habitualmente.
- Describir las condiciones con las que cada uno de los modelos de variograma usados habitualmente serían más apropiados.
- Identificar los parámetros de los modelos de variograma (**nugget=pepita, simiente, semilla, huesito?probablemente no se traduce, sill=alféizar, umbral?probablemente no se traduce**)
- Utilizar el método de mínimos cuadrados ponderados y los métodos de máxima probabilidad para adaptar los modelos de variograma a los conjuntos de datos.

DA7-3 Principios de “kriging”

- Describir la relación entre variograma y “kriging”
- Explicar porqué es importante tener un buen modelo del variograma en el “kriging”
- Llevar a cabo un análisis geoestadístico desde la descripción de los datos hasta el mapa final de errores
- Explicar la base lógica que se usaría para determinar si se debe usar un (**factor de?**) ponderación de la distancia inversa, análisis de tendencias de superficies o interpolación geoestadística utilizando “kriging” al interpolar superficies específicas.
- Explicar porqué “kriging” puede adaptarse mejor en algunas aplicaciones que otros métodos de interpolación.

DA7-4 Variantes de “kriging”

- Comparar y contrastar el “kriging” universal el “co-kriging”, el “kriging” factorial y el “kriging” indicador.
- Aplicar “kriging” universal a conjuntos de datos.
- Interpretar los resultados finales después de aplicar “kriging” universal a los conjuntos de datos.
- Explicar cómo el “kriging” universal está relacionado con la regresión espacial.
- Describir qué quiere decir “co-kriging”, “kriging” disyuntivo y “kriging” universal.

DA8 Econometría especial

Como la geoestadística, la econometría espacial es un vasto subdominio de la estadística espacial. Muchos problemas de las ciencias sociales pueden expresarse en términos de análisis de regresión espacial. El cálculo de los parámetros de los modelos espaciales auto-regresivos es la razón de la existencia del campo de la econometría espacial que se centra en el análisis con múltiples variables en el contexto espacial.

DA8-1 Principios de econometría espacial

- Explicar cómo la dependencia espacial y la heterogeneidad espacial violan los supuestos de Gauss-Markov que se utilizan en modelos de regresión usados en la econometría tradicional, lo que conduce al desarrollo de procedimientos de cálculo alternativos tales como la econometría espacial.
- Demostrar cómo la auto-correlación entre los residuos de la regresión en conjuntos de datos específicos y los modelos resultantes son una indicación de que se han omitido de los modelos importantes variables espaciales.
- Describir los tipos generales de modelos econométricos espaciales.
- Demostrar cómo la matriz de pesos es fundamental en los modelos econométricos espaciales.
- Demostrar cómo se pueden usar variables de **spatially lagged, trend surface (superficie con demora en el espacio?)** o variables espaciales de imitación para crear las variables de componentes espaciales que faltan del análisis estándar de regresión.

DA8-2 Filtrado espacial y re-muestreo.

- Explicar cómo la correlación espacial puede ocurrir como un efecto secundario del esquema de agregación espacial.
- Explicar cómo la disolución de conglomerados con valores similares puede resolver el problema de la correlación espacial.
- Demostrar cómo se puede “quitar” la auto-correlación espacial por re-muestreo.
- Explicar cómo la técnica Getis de filtrado espacial incorpora variables de componentes espaciales en el análisis de regresión OLS para remediar la especificación errónea y el problema de residuos espacialmente auto-correlacionados.
- Describir la relación entre “kriging” factorial y filtrado espacial.

DA8-3 Modelos espaciales auto-regresivos

- Demostrar cómo los modelos espaciales auto-regresivos pueden calcularse utilizando algoritmos de optimización a una y dos variables maximizando la función de probabilidad.
- Llevar a cabo un análisis espacial econométrico para testar la dependencia espacial en los residuos de los modelos de cuadrados mínimos y de los modelos SAR.
- Implementar un procedimiento de cálculo de máxima probabilidad para determinar parámetros econométricos espaciales esenciales.

DA8-4 Expansión espacial

- Explicar cómo el hecho de permitir que los parámetros del modelo varíen con la localización espacial de los datos de muestra, puede usarse para que pueda tener cabida la heterogeneidad espacial.
- Describir las características del método de expansión espacial.

DA8-5 Regresión ponderada geográficamente (GWR)

- Explicar los principios de regresión ponderada geográficamente
- Realizar un análisis utilizando la técnica de regresión ponderada geográficamente.
- Discutir lo apropiado de la técnica de regresión ponderada geográficamente bajo diferentes condiciones.

- Comparar y contrastar GWR y “kriging” universal usando vecindades móviles.
-

DA9 Inspección de datos

Se han desarrollado algoritmos para escanear y buscar en enormemente grandes colecciones para encontrar patrones en el seno de los datos. Esta excavación de datos y técnicas de descubrimiento de conocimientos se han extendido al caso espacial.

DA9-1 Problemas de las bases de datos espaciales grandes

- Describir algunas cuestiones relacionadas con las dificultades de manejar bases de datos espaciales grandes, en particular, la heterogeneidad espacial.
- Explicar cómo reconocer datos contaminados en conjuntos de gran magnitud.
- Explicar cómo los resultados del análisis pueden verse afectados por datos falsos.

DA9-2 Planteamientos para la inspección de datos

- Identificar los patrones en el espacio y el tiempo utilizando la animación en el caso de la leucemia infantil de la Máquina de Análisis Geográfico (GAM) de Openshaw.
- Implementar un algoritmo de inspección de datos.
- Demostrar cómo se puede utilizar el análisis de conglomerados como herramienta para la inspección de datos.

DA9-3 Descubrimiento de conocimientos

- Explicar cómo las técnicas de inspección de datos pueden usarse para el descubrimiento de conocimientos.
- Explicar cómo las técnicas estadísticas espaciales se usan en la inspección de datos espaciales

DA9-4 Reconocimiento y armonización de patrones

- Explicar los principios de reconocimiento de patrones.
- Realizar análisis de reconocimiento de bordes en imágenes de teledetección.
- Explicar el resultado de un análisis AI (por ejemplo, reconocimiento de bordes), incluyendo una discusión de lo que el hombre no vio y el ordenador sí y viceversa.

DA9-5 Aprendizaje por máquinas

- Comparar y contrastar estrategias de aprendizaje supervisadas y no supervisadas.
 - Diferenciar entre aprendizaje por máquinas, inspección de datos y reconocimiento de patrones.
-

DA10 Análisis de redes

El análisis de redes abarca una amplia gama de procedimientos, técnicas y métodos que tienen en cuenta el examen de fenómenos que se pueden modelar en forma de conjuntos de bordes y vértices

conectados. Tales conjuntos se denominan redes o gráficos y la base matemática para su análisis se conoce con el nombre de teoría gráfica. La teoría gráfica contiene medidas descriptivas e índices de redes (tales como conectividad, contigüidad, capacidad y flujo) como también métodos para probar sus propiedades. Durante mucho tiempo se han reconocido la redes como una manera eficaz de modelar muchos tipos de datos geográficos, incluyendo redes de transporte, redes fluviales y redes de servicio (eléctricas, de cable, alcantarillado y agua, etc.) por nombrar sólo algunas de ellas. La estructura de los datos que permiten el análisis de las redes se cubre en DM4.

DA10-1 Definición de las redes

- Definir los siguientes términos con referencia a una red: bucles, múltiples bordes, grado de un vértice, paseo, senda, camino, ciclo, ciclo fundamental.
- Demostrar cómo una red es un conjunto conectado de bordes y vértices.
- Hacer una lista de definiciones de redes que sean pertinentes para aplicaciones o industrias específicas.
- Crear una tabla de contigüidad a partir de una red de muestra.
- Explicar cómo se puede escribir un gráfico como matriz de contigüidad y cómo ello se puede utilizar para calcular los caminos topológicos más cortos en el gráfico.
- Crear una matriz de incidencia a partir de una red de muestra.
- Explicar cómo un gráfico (red) puede ser dirigido(a) o no dirigido(a).
- Discutir algunas de las dificultades de aplicar el concepto estándar de proceso-patrón a líneas y redes.

DA10-2 Medidas teóricas (descriptivas) de redes

- Demostrar cómo se pueden medir las redes utilizando una serie de elementos en una red, las distancias a lo largo de los bordes de la red y el nivel de conectividad de la red.
- Explicar el concepto de diámetro de una red.
- Calcular el número aproximado de ciclos fundamentales en un gráfico.
- Calcular los índices alfa, beta y gamma de conectividad de la red.
- Calcular el Índice de Desvío y la medida de densidad para una red determinada.

DA10-3 Camino más corto/menos costoso

- Calcular el camino más corto con el algoritmo de Dijkstra.
- Describir algunas variantes del algoritmo de Dijkstra que son incluso más efectivas.
- Demostrar cómo los algoritmos K de camino más corto pueden implementarse para encontrar muchos caminos alternativos eficientes a lo largo de la red.

DA10-4 Modelado del flujo

- Demostrar cómo se asigna capacidad a los bordes en una red utilizando la estructura de datos apropiada.
- Explicar cómo el concepto de capacidad representa un límite superior en la cantidad de flujo a través de la red.

- Describir situaciones prácticas en las que el flujo se conserva cuando se dividen o se juntan los nodos de la red.
- Aplicar un algoritmo para calcular el flujo máximo desde un grifo a una pila, utilizando los bordes de la red, sujeta a restricciones de capacidad en los arcos y conservación del flujo.

DA10-5 El problema clásico de transporte

- Dar un ejemplo del problema clásico de transporte.
- Demostrar cómo el problema clásico de transporte puede estructurarse como un programa lineal.
- Implementar el método “Transportation Simplex” para determinar la solución óptima.
- Explicar porqué, si la oferta es igual que la demanda, siempre habrá una solución factible para el problema clásico del transporte.

DA10-6 Otros problemas clásicos de red.

- Elaborar una lista de diferentes problemas clásicos a los que se aplica el análisis de red (por ejemplo, el problema del vendedor viajante)
- Explicar porqué se usan generalmente soluciones heurísticas para abordar la naturaleza compleja de estos problemas y la dificultad para resolverlos de una manera óptima.

DA10-7 Modelado de accesibilidad

- Elaborar una lista de maneras para definir accesibilidad en una red.
- Describir métodos para medir diferentes tipos de accesibilidad en una red.

DA11 Investigación de operaciones

Una gran variedad de técnicas de optimización pueden hoy en día resolverse dentro del paradigma de la CienciaIG. Nuevos modelos y herramientas complejas de software permiten solucionar rutas de transporte, localización de instalaciones y muchos otros problemas de modelado de localizaciones.

DA11-1 Modelado de investigación de operaciones y principios de modelado de localización

- Explicar los principios de modelado de la investigación de operaciones y modelado de localización.
- Explicar, utilizando la noción de complejidad combinatoria, porqué algunos problemas de localización son muy difíciles de resolver.
- Explicar la noción de espacio de solución.
- Explicar cómo los modelos de optimización pueden usarse para generar modelos de opciones alternativas para ser presentados a los responsables de tomar las decisiones pertinentes.

DA11-2 Programación lineal

- Describir la estructura de los programas lineales.

- Explicar el papel de las funciones objetivas en la programación lineal.
- Implementar programas lineales para problemas de asignación especial.
- Explicar el papel de las funciones de restricción utilizando el método gráfico.
- Explicar el papel de las funciones restrictivas usando el método simplex.

DA11-3 Programación de enteros

- Diferenciar entre un programa lineal y un programa de enteros.
- Explicar porqué los programas de enteros son más difíciles de solucionar que los programas lineales.

DA11-4 Modelado de asignación de localizaciones; problemas de p-mediana.

- Describir la estructura de las matrices de origen-destino
- Desarrollar un modelo de asignación de localización.
- Evaluar el resultado de modelos de asignación de localización utilizando técnicas de análisis espacial.
- Explicar la noción de demanda y servicio.
- ain the notion of demand and service
- Comparar y contrastar modelos de cobertura, dispersión y p-mediana.
- Localizar, utilizando software de asignación de localización, instalaciones de servicios que satisfagan ciertas restricciones.

DA Referencias esenciales

- Bailey, T.C. and A.C. Gatrell (1995) *Interactive Spatial Data Analysis* (Harlow: Longman).
- Chrisman, N (1995) *Beyond Stevens: A revised approach to measurement for geographic information*. Paper presented at AUTOCARTO 12, Charlotte, NC (available at <http://faculty.washington.edu/chrisman/Present/BeySt.html>, visited 23/12/01)
- Cressie, N. (1991) *Statistics for Spatial Data* (Chichester, England: John Wiley).
- Diggle, P. (1983) *Statistical Analysis of Spatial Point Patterns* (London: Academic Press).
- Fotheringham, S., C. Brunsdon and M. Charlton (1999) *Quantitative Geography: Perspectives on Spatial Data Analysis* (London: Sage).
- Kansky, K. (1963) Structure of transportation networks: relationships between network geography and regional characteristics, University of Chicago, Department of Geography, Research Papers 84.
- Mitchell, A. (1999) *The ESRI guide to GIS analysis, Volume 1: Geographic Patterns and Relationships* (Redlands, CA: ESRI Press).
- Mitchell, A. (2005) *The ESRI guide to GIS analysis, Volume 2: Spatial Measurements and Statistics* (Redlands, CA: ESRI Press).
- O'Sullivan, D. and D. Unwin (2003) *Geographic Information Analysis* (Wiley)

- Ripley, B. D. (1981) *Spatial Statistics* (Chichester, England: John Wiley).
- Ripley, B. D. (1988) *Statistical Inference for Spatial Processes* (Cambridge: Cambridge University Press).
- Thomas, R. W. and R. J. Huggett (1980) *Modeling in Geography: A Mathematical Approach* (London: Harper and Row).
- Tomlin, C.D. (1990) *Geographic Information Systems and Cartographic Modeling* (Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall)
- Wilson, A. G. (1974) *Urban and Regional Models in Geography and Planning* (London: Wiley).
- Worboys, M. F. (1992) A generic model for planar spatial objects, *International Journal of Geographical Information Systems*, 6, 353–372.
- Worboys, M. F. (1995) *Geographic Information Systems: A Computing Perspective* (London: Taylor and Francis).

DE. Aspectos de diseño

El diseño adecuado y su validación y verificación son componentes críticos de trabajo en todas la áreas que se relacionan con la C+T IG. Los fracasos en el diseño pueden invalidar los mejores intentos de los miembros de la comunidad de la CiencialG para aplicar los conceptos y la tecnología de ésta a la solución de los problemas del mundo real. Aunque comparten muchas de las cuestiones con el análisis de sistemas en general, los elementos espaciales únicos y complejos de la información geoespacial imponen retos adicionales significantes. En la CiencialG se requieren metodologías de diseño viables en la creación y prueba de herramientas, lo cual caracteriza la Tecnología IG, y de manera más diáfana cuando se trata de la aplicación de esta ciencia a los problemas concretos del mundo real. El núcleo de esta área de conocimiento es el diseño de aplicaciones y bases de datos para una necesidad particular; el diseño de modelos y herramientas para objetivos generales (por ejemplo, como parte del software SIG) se cubre en el área de conocimiento de Modelado de Datos. En el contexto de las implementaciones específicas, las actividades de diseño se dividen en tres clases generales:

1. El diseño de aplicaciones aborda el desarrollo del proceso de automatización del trabajo, los procedimientos y las herramientas software a medida para el uso de tecnologías espaciales, y métodos para llevar a cabo tareas rutinarias y únicas que son intrínsecamente geográficas.
2. El diseño de modelos analíticos incorpora métodos para la creación de modelos matemáticos efectivos y otros modelos de situaciones y procesos espaciales. El diseño del modelo analítico está frecuentemente influido por decisiones que se toman en relación con modelos y estructuras de datos.
3. El diseño de las bases de datos incumbe la organización óptima de los datos espaciales necesarios en un entorno digital para poder mantener eficazmente una aplicación o proyecto determinado.

Esta área de conocimiento está estrechamente relacionada con el área de conocimiento Modelado de Datos (DM); aquí el centro está en el diseño de modelos para una aplicación específica o base de datos, mientras que el foco de DM está en los modelos generales de datos, como raster y vector, que están ya en el software SIG y que se usan en una amplia variedad de aplicaciones. Varias unidades en el área de conocimiento Datos Geoespaciales (GD), están en DE, especialmente los que discuten la recogida de datos de acuerdo con diseños que se discuten aquí. Esta área de conocimiento también está estrechamente relacionada con el área de conocimiento Organizaciones e Instituciones (OI), que discute varias cuestiones de gestión de sistemas en organizaciones después de haber sido diseñados e implementados. Más allá de C+T IG, esta área de conocimiento tiene fuertes vínculos con la tecnología de la información en el área del diseño de bases de datos y en la gestión empresarial (área de planificación de recursos). Algunos de los métodos del diseño de sistemas geoespaciales son idénticos a los establecidos en el diseño de sistemas de información, mientras que otros son exclusivos. El examen crítico de los casos con éxito y sin él en el pasado es una herramienta válida para llegar a dominar el diseño, tanto en educación como en el trabajo profesional y debe tomarse en cuenta en toda esta sección.

DE1 Aplicaciones como modelos

Las aplicaciones geoespaciales, tales como SIG, constan de datos y procedimientos (automatizados o manuales) que intentan representar fenómenos y procesos del mundo real. Aunque necesariamente imperfectas, estas aplicaciones deben ser homomórficas (en un sentido matemático) con el mundo, es decir, deben ser lo suficientemente parecidas para que se obtengan los mismos resultados. Estas aplicaciones se crean en diferentes situaciones, desde sistemas que se desarrollan para resolver un problema único hasta bases de datos empresariales permanentes.

DE1-1 Uso de modelos para representar información y procesos

- Definir homomorfismo como propiedad matemática.
- Describir las maneras en que un modelo representa fielmente la realidad y las maneras en que no lo hace.

- Evaluar los sistemas existentes para determinar si son representaciones adecuadas.
- Prever la calidad de datos necesaria para que una nueva aplicación tenga éxito.
- Reconocer las ventajas e inconvenientes del uso de modelos para estudiar y gestionar el mundo en contraposición a experimentar directamente en él.

DE1-2 Componentes de modelos: datos, estructuras, procedimientos.

- Diferenciar las cuatro partes principales de un modelo.
- Identificar la composición de los modelos existentes.
- Explicar la importancia del contexto en el uso efectivo de modelos.
- Describir la elaboración de un mapa desde componentes del mundo (y su concepción) a los componentes de un modelo, relacionando este tema con el área de conocimiento Fundamentos Conceptuales.

DE1-3 El alcance del diseño C+T IG

- Diferenciar entre aplicaciones específicas de proyectos y sistemas empresariales.
- Identificar tareas que están estructuradas, semiestructuradas y no estructuradas.
- Clasificar aplicaciones para investigación científica o para apoyo a decisiones en el área de gestión de recursos.

DE1-4 El ámbito del diseño en C+T IG

- Diferenciar entre modelos de datos generales (véase área de conocimiento Modelado de Datos) y modelos de datos específicos (tratados aquí).
- Diferenciar entre diseño de aplicación, diseño de bases de datos y diseño de modelos analíticos.

DE1-5 El proceso de diseño de C+T IG

- Describir los planteamientos principales de diseño de sistemas geoespaciales.
- Comparar y contrastar los méritos relativos de los procesos de diseño motivados por casos de uso y los centrados en la arquitectura
- Analizar casos pasados para identificar las mejores prácticas de diseño e implementación.

DE2 Definición del proyecto

La primera parte del proceso de diseño de sistemas IG es reconocer y expresar claramente la necesidad de la tecnología geoespacial de llevar a cabo tareas geográficas. Una planificación adecuada requiere el apoyo y el compromiso de futuros usuarios y responsables. Un análisis detallado de los usuarios, sus tareas y sus necesidades producirá un plan más fácil de implementar con mejores resultados.

DE2-1 Definición del problema

- Crear unos estatutos o hipótesis que definan y justifiquen la misión de un SIG para resolver los problemas existentes.

- Identificar las tareas geográficas para las que ciertas tecnologías geoespaciales no son adecuadas o suficientes.
- Conseguir apoyo entre los directivos para diseñar y/o crear un SIG.
- Definir una empresa SIG en términos de objetivos y metas institucionales.
- Reconocer los retos que suponen implementar o utilizar tecnologías geoespaciales.

DE2-2 Planificación del diseño

- Definir las tablas de Gantt y PERT.
- Identificar los individuos necesarios para diseñar un SIG de manera efectiva.
- Colaborar eficazmente con un grupo de personas en un equipo de diseño.
- Crear un programa para el diseño e implementación de un SIG.
- Justificar los fondos necesarios para el proceso de diseño de un SIG.
- Utilizar herramientas y técnicas de gestión de proyectos para dirigir el proceso de diseño.

DE2-3 Evaluación de aplicaciones/usuarios

- Identificar los usuarios de tecnología geoespacial en una empresa en un momento dado y en un futuro.
- Diferenciar los conceptos de eficiencia y efectividad en los requisitos de las solicitudes.
- Reconocer las tareas y la información geográficas ya existentes en una empresa.
- Clasificar los usuarios potenciales como eventuales o profesionales, precoces en su adopción de métodos o reacios.
- Educar a los posibles usuarios sobre el valor de la tecnología geoespacial.
- Evaluar el potencial de uso de la tecnología geoespacial para mejorar la eficiencia y/o efectividad de las actividades en curso.
- Identificar las nuevas tareas o informaciones geográficas que coinciden con los objetivos y metas institucionales.

DE2-4 Análisis de los requisitos

- Describir la necesidad de analizar los requisitos haciendo énfasis en los usuarios.
- Desarrollar casos de uso para posibles aplicaciones usando las técnicas establecidas con usuarios potenciales, tales como cuestionarios, entrevistas, grupos especiales y creación de aplicaciones conjuntas.
- Documentar las tareas existentes y posibles en un futuro en términos de volumen de trabajo y flujo informativo.
- Crear informes sobre requisitos para aplicaciones individuales potenciales en términos de datos, procedimientos y producción.
- Evaluar la importancia relativa e inmediatez de posibles aplicaciones.
- Fusionar las necesidades de los usuarios y tareas individuales con las necesidades globales de la empresa.

- Diferenciar entre las responsabilidades del sistema propuesto y las propias del usuario.
- Ilustrar cómo puede usarse un análisis empresarial para identificar los requisitos durante la implementación de un SIG.
- Describir cómo se pueden integrar los datos espaciales y C+T IG en las etapas de trabajo.
- Evaluar cómo las fuentes externas de datos espaciales pueden incorporarse en el proceso empresarial.

DE2-5 Cuestiones sociales, políticas y culturales

- Reconocer las limitaciones u oportunidades de una aplicación en el contexto social o cultural.
- Comparar y contrastar las necesidades, limitaciones y oportunidades de diferentes tipos de instituciones, como corporaciones, organizaciones no lucrativas, agencias gubernamentales e instituciones educativas.

DE3 Planificación de recursos

Para diseñar y crear un sistema de información geográfica se deben garantizar los recursos necesarios (por ejemplo, mano de obra, capital y tiempo). Estos recursos son necesarios para una serie de elementos del sistema, diseño, adquisición de software, mano de obra, hardware e instalaciones. La tarea crucial es la de determinar si el proyecto merece los recursos. Aquí nos centramos en los costes iniciales; el presupuesto de gestión y el diseño de la infraestructura de gestión se discuten en el área de conocimiento de Aspectos Organizativos e Institucionales, temas que deben dominarse para completar con éxito este proceso.

DE3-1 Análisis de viabilidad

- Hacer lista de los costes y beneficios (financieros e intangibles) de implementar tecnología geoespacial para una aplicación determinada o para toda una institución.
- Comparar y contrastar los méritos relativos de subcontratar el análisis de viabilidad y los procesos de diseño del sistema o de llevarlos a cabo dentro de la propia empresa.
- Identificar los obstáculos principales en el éxito de una propuesta de SIG.
- Evaluar las posibles soluciones para los principales obstáculos que se interponen en el camino del éxito de una propuesta SIG.
- Hacer lista de algunos de los temas que deben abordarse como justificación del uso de tecnología geoespacial (es decir, relación de beneficios y costes de inversión, automatización del trabajo, compartir conocimientos, etc.)
- Decidir si debe usarse la tecnología geoespacial para una determinada tarea.
- Justificar las recomendaciones de viabilidad a los responsables de tomar las decisiones.

DE3-2 Sistemas software

- Describir las principales arquitecturas de software geoespacial disponibles actualmente, incluyendo aplicaciones SIG de sobremesa, a través de servidor, Internet y aplicaciones a medida del usuario a base de componentes.

- Describir software no espacial que puede usarse en aplicaciones geoespaciales, tales como bases de datos, servicios Web y entornos de programación.
- Comparar y contrastar las principales fuentes de software geoespacial, incluyendo las empresas comerciales de todas las categorías y las opciones de código fuente abierto.
- Hacer lista de la principal funcionalidad necesaria del software estándar en stock basándose en un informe de requisitos.
- Identificar las opciones de software que satisfacen las necesidades de funcionalidad para una tarea o empresa determinada.
- Evaluar las opciones de software que satisfacen las necesidades de funcionalidad para una tarea o empresa determinada.

DE3-3 Costes de datos

- Identificar las posibles fuentes de datos (libres o comerciales) que se necesitan para una aplicación o empresa determinada (véase GD12, GS5 y OI6).
- Calcular el coste de adquisición de los datos necesarios a partir de fuentes básicas (por ejemplo, percepción remota, GPS) de acuerdo con los principios básicos del área de conocimiento GD.
- Juzgar de los méritos relativos de obtener datos gratuitos, de comprarlos, de crearlos con una subcontrata o de producirlos y gestionarlos domésticamente en el caso de una aplicación o empresa determinada

DE3-4 Mano de obra y gestión

- Identificar los puestos necesarios para diseñar e implementar un SIG.
- Discutir las ventajas e inconvenientes de subcontratar elementos de la implementación de un sistema IG, como por ejemplo, entrada de datos.
- Evaluar la mano de obra que se ha necesitado en casos anteriores para crear una nueva empresa geoespacial.
- Crear un presupuesto de los costes de mano de obra que se anticipen, incluyendo salarios, beneficios, formación y otros gastos.

DE3-5 Capital: instalaciones y equipos

- Identificar el hardware y el espacio necesario para la implementación de un SIG.
- Formular hipótesis sobre cómo las necesidades de capital para SIG pueden cambiar en el futuro.
- Comparar y contrastar los méritos relativos de incluir los SIG dentro de instalaciones de tecnología de la información o de sistemas de gestión de la información o bien mantenerlos separadamente.
- Colaborar de manera efectiva con unidades diferentes en una institución para desarrollar hardware eficiente y soluciones de espacio.

DE3-6 Financiación

- Identificar posibles fuentes de financiación (interna y externa) para un proyecto o empresa SIG.
- Analizar los intentos anteriores de obtener financiación para identificar las técnicas que conducen al éxito y las que no.

- Crear propuestas y presentaciones para garantizar la financiación.
-

DE4 Diseño de bases de datos

El diseño efectivo de bases de datos geoespaciales debe seguir los métodos y principios establecidos de modelado y diseño de bases de datos creados en informática. El método básico es un proceso de tres pasos, que generalmente se llaman modelos conceptual, lógico y físico, método que transforma la aplicación desde tener una orientación humana a tener una orientación mecánica. Existen varios estándares y herramientas software que asisten en el proceso de diseño de bases de datos. Esta unidad cuenta en gran medida con los conceptos desarrollados en el área de conocimiento de Fundamentos Conceptuales y con los modelos de datos para objetivos generales desarrollados en el área de conocimiento de Modelado de Datos.

DE4-1 Herramientas de modelado

- Comparar y contrastar los méritos relativos de varias herramientas textuales y gráficas para el modelado de datos, incluyendo diagramas E-R, UML y XML.
- Crear modelos de datos conceptuales, lógicos y físicos utilizando herramientas de software automatizadas.
- Crear diagramas E-R y UML de diseños de bases de datos.

DE4-2 Modelo conceptual

- Definir entidades y relaciones de la manera en que se usan en los modelos de datos conceptuales
- Describir hasta qué punto los atributos necesitan ser modelados en la fase de modelado conceptual
- Explicar los objetivos de la fase de modelado conceptual.
- Descomponer un caso de uso de una aplicación en sus componentes conceptuales.
- Crear un diagrama de modelo conceptual necesario para una aplicación geoespacial o una base de datos de una empresa.
- Diseñar modelos conceptuales específicos para aplicaciones que estén de acuerdo con el modelo cognitivo general.

DE4-3 Modelo lógico

- Diferenciar entre modelos conceptuales y lógicos en lo que respecta a nivel de detalle, limitaciones y cantidad de información incluida.
- Definir la cardinalidad de las relaciones
- Explicar los diferentes tipos de cardinalidad encontrada en las bases de datos.
- Distinguir entre las relaciones fortuitas y estructurales (referencia CF3-5 y CF3-6) que se encuentran en un modelo conceptual.
- Determinar qué relaciones hay que almacenar explícitamente en la base de datos.

- Evaluar los diferentes modelos de datos generales habituales en C+T IG para un determinado proyecto (como se puede ver en el área de conocimiento DM) y seleccionar las soluciones más apropiadas.
- Crear modelos lógicos basados en modelos conceptuales y modelos de datos generales utilizando UML u otras herramientas.

DE4-4 Modelo de datos físicos

- Diferenciar entre modelos lógicos y físicos en lo que respecta a nivel de detalle, limitaciones y cantidad de información incluida.
- Reconocer las limitaciones y oportunidades de una elección determinada de software para implementar un modelo lógico.
- Crear diagramas de modelos físicos utilizando UML u otras herramientas, basándose en diagramas de modelos lógicos y requisitos de software.
- Crear un documento completo de diseño preparado para ser implementado.

DE5 Diseño de modelos analíticos

Diseño de procedimientos y datos SIG para la implementación de modelos matemáticos, geográficos, estadísticos y otros modelos analíticos.

DE5-1 Componentes operativos comunes en el modelo conceptual.

- Identificar los componentes operativos comunes en el modelo conceptual.

DE5-2 Relaciones de modelado

- Identificar relaciones en un modelo conceptual que puedan derivarse por análisis en lugar de estar almacenadas explícitamente.

DE5-3 Integración de modelos científicos con modelos SIG

- Hacer hipótesis sobre un procedimiento de modelado para integrar una restricción en el orden espacial con un modelo matemático de optimización.
- Definir una restricción en el orden espacial a un modelo matemático de optimización.

DE5-4 Procedimientos comunes de análisis

- Evaluar los procedimientos comunes de análisis (por ejemplo, análisis de idoneidad, análisis de coste-beneficios) para uso en una aplicación determinada (referencia DA).

DE5-5 Diseño de procedimientos

- Comparar y contrastar los méritos relativos de diferentes herramientas y métodos para el diseño de procedimientos, incluyendo organigramas y pseudocódigos.
- Comparar y contrastar los méritos relativos de diseños con orientación de objeto y diseños procedimentales para tareas de modelado.

DE6 Diseño de aplicaciones

Desarrollo de software construido según especificaciones para uso de tecnologías geoespaciales en tareas geográficas. Tipos de procedimientos: estructurado en oposición a no estructurado, rutinario en oposición a exclusivo; varios planteamientos para implementar aplicaciones, incluyendo automatización del trabajo y software construido según especificaciones; realización de diseños apropiados para el usuario. Se deben incluir planteamientos de procedimiento y con orientación de objeto al desarrollo de software. El dominio de esta unidad va a requerir el dominio de las porciones esenciales del Acervo de Conocimientos de Informática, especialmente la programación de alto nivel.

DE6-1 Análisis y diseño de la automatización del proceso empresarial

- Comparar y contrastar diferentes métodos para modelar la automatización del proceso empresarial, incluyendo relatos, organigramas y UML.
- Diferenciar entre tareas estructuradas y no estructuradas.
- Discutir hasta qué punto se pueden automatizar las tareas estructuradas y no estructuradas.
- Comparar y contrastar los méritos relativos de diferentes métodos de diseño de software, incluyendo diseños de procedimiento tradicional, diseño con orientación de objeto, Proceso Racional Unificado, Programación Extrema y Proceso Unificado de Desarrollo de Software.
- Transformar las automatizaciones de procesos empresariales tradicionales en automatizaciones computerizadas aprovechando las tecnologías geoespaciales de manera apropiada.

DE6-2 Interfaces de usuario

- Diseñar una interfaz software a nivel de aplicación o de usuario basándose en los requisitos de éste.
- Crear componentes de interfaz de usuario en los entornos de desarrollo disponibles.

DE6-3 Entornos de desarrollo para aplicaciones geoespaciales.

- Comparar y contrastar los méritos relativos de los entornos disponibles para aplicaciones geoespaciales, incluyendo un lenguaje de “scripting” (por ejemplo, VBA), herramientas de modelado gráfico, componentes geoespaciales en entornos estándar y desarrollo a partir de cero en entornos estándar.
- Desarrollar una aplicación geoespacial usando el entorno más apropiado.

DE6-4 Herramientas computerizadas de ingeniería software (Computer-Aided Software Engineering - CASE)

- Utilizar herramientas CASE para diseñar software geoespacial.
- Evaluar las herramientas CASE disponibles para ver si son adecuadas para una tarea determinada.

DE7 Implementación del sistema

Una vez que se ha creado el diseño, es el momento de crear el sistema. Esta fase generalmente requiere la mayoría de los recursos de todo el proyecto, de manera que es crucial que se haga correctamente. Esta unidad conduce directamente a OI2 (Gestión de las operaciones del SIG e infraestructura), que cubre el mantenimiento permanente de un sistema. El desarrollo de la mano de obra también es una parte importante de la implementación del sistema. Se discute en la unidad OI4: Temas de mano de obra de C+T IG.

DE7-1 Planificación de la implementación

- Discutir la importancia de planear la implementación en lugar de improvisar sobre la marcha.
- Crear un programa de implementación de un sistema geoespacial basado en un diseño completo.
- Crear un presupuesto de recursos que se requieren para implementar el sistema (referencia DE3).

DE7-2 Tareas de implementación

- Explicar la base lógica para pilotar y tipificar nuevos sistemas.
- Construir una estructura de bases de datos efectiva en un SIG seleccionado o software de base de datos basado en un modelo físico.
- Adquirir datos a partir de fuentes primarias y secundarias.
- Transferir datos desde fuentes primarias y secundarias a la base de datos, como se describe en el área de conocimiento de Datos Geoespaciales.
- Crear programas y scripts a medida basados en un diseño de aplicación.

DE7-3 Examen del sistema System Testing

- Describir los objetivos del examen alfa y beta.
- Implementar los procedimientos de examen establecidos en los sistemas prototipo
- Usar los resultados del examen con el fin de preparar un sistema para despliegue y desarrollo.

DE7-4 Desarrollo del sistema

- Programar las fases para el desarrollo de un sistema a nivel empresarial.
- Integrar las aplicaciones geoespaciales con otros sistemas de información empresarial.

DE Referencias esenciales

- Somers, R. (1997). "Overcoming GIS implementation problems." *Geo Info Systems* 7(9): 43-45.
- Wiley, L. (1997). "Think evolution, not revolution, for effective GIS implementation." *GIS World* 10(4): 48-51.
- Arctur, D. and Zeiler, M., (2004), *Designing Geodatabases: Case Studies in GIS Data Modeling*, Redlands, CA, ESRI Press, 250 pp.

- Eichelberger, P. (1993). "Maturing GIS: Anecdotes, examples, and lessons." *Geo Info Systems* 3(5): 29-38.
- Gilfoyle, I. (2004). *Geographic Information Management in Local Government*, London, Taylor & Francis, 226 pp.
- Huxhold, W.E., and Levinsohn, A.G., (1995), *Managing Geographic Information System Projects*, New York, Oxford University Press.
- Langran, G. (1993). "Issues of implementing a spatiotemporal system." *Int. J. Geographical Info. Sys.* 7(4): 305-314.
- Masser, I., and Onsrud, H. (Eds.), (1993), *Diffusion and Use of Geographic Information Technologies*, Deventer, Kluwer.
- Obermeyer, N.J., and Pinto, J.K., (1994). *Managing Geographic Information Systems*, New York, The Guilford Press, 226 pp.
- Somers, R. (1994). "Management strategies: Is a GIS department the answer?" *Geo Info Systems* 4(6): 29-32.
- Thrall, G. I. and M. Ruiz (1994). "A history of implementing an urban GIS, Part One: Design, tribulations, and failure." *Geo Info Systems* 4(7): 50-52, 52-55, 58.
- Wager, T. K. (1996). "GIS and environmental model integration." *Geo Info Systems* 6(6): 38-40.
- Zeiler, M., (2000), *Modeling Our World: The ESRI Guide to Geodatabase Design*, Redlands, CA, ESRI Press, 200 pp
- Tomlinson, R.F. and Tomlinson, R. (2003). *Thinking About GIS: Geographic Information System Planning for Managers*. ESRI Press.
- Kruchten, P. (2004). *The Rational Unified Process: An Introduction* (3rd Edition). Addison-Wesley Professional.
- Fowler, M. (2003). *UML Distilled: A Brief Guide to the Standard Object Modeling Language* (3rd Edition). Addison-Wesley Pub. Co.

DM. Modelado de datos

Esta área de conocimiento trata de la representación de la realidad espacial y espaciotemporal formalizada a través de modelos de datos y del paso de éstos a estructuras de datos capaces de ser implementadas en un entorno informático (por ejemplo, en un SIG). Ejemplos de tipos de modelos de datos espaciales son discretos (basados en objeto), continuos (basados en localización), dinámicos y probables. En esta área de conocimiento se incluyen el Sistema de Gestión de las Bases de Datos (DBMS) y el Modelo Relacional y su aplicación para los datos espaciales y también la noción de que aunque no todos los modelos de datos tienen que representarse en un entorno informático, son complementarios en una base de datos compartida. Las estructuras de los datos representan la implementación operativa de los modelos de datos en un entorno informático.

DM1 Estructuras básicas de almacenamiento y recuperación

Trata de los mecanismos incorporados en las estructuras de los datos para facilitar su búsqueda y su recuperación. Éstos son principios genéricos y se trataría más bien de una revisión, en un contexto espacial, de material aprendido en un curso básico de informática.

DM1-1 Estructuras básicas de archivos (listas simples, listas con vínculos, colecciones, árboles, listas secuenciales ordenadas, índices directos e indirectos, acceso, indicadores, "hashing").

- Resumir la terminología de la estructura básica de archivo (por ejemplo, documentos, campo, padre/hijo, etc.)
- Ilustrar ejemplos de almacenamiento y recuperación básicos (por ejemplo, objetos como documentos, campo, padre/hijo, etc.)
- Comparar y contrastar métodos de búsqueda y recuperación con acceso directo e indirecto.
- Ilustrar cómo se logra el acceso a los datos
- Explicar con las propias palabras del estudiante las estructuras básicas de los datos, cuándo son apropiadas, su solidez y sus puntos débiles.
- Explicar cómo almacenar y recuperar en el caso de cada una de las estructuras básicas de datos.
- Analizar la relativa eficiencia de las operaciones en cada una de las estructuras básicas de los datos.

DM1-2 Estructuras jerárquicas (términos básicos: nodo, padre/hijo; "B-trees")

- Diferenciar entre modelos de datos, estructuras de datos y estructuras de archivo.
- Comparar y contrastar la complejidad y eficiencia de los compromisos que se imponen al usar diferentes estructuras básicas de archivo.

DM2 Sistemas de Gestión de las Bases de Datos (DBMS) y modelo relacional

Esta unidad trata del uso de Sistemas de Gestión de Bases de Datos en un contexto geográfico y del papel de los Sistemas de Gestión de las Bases de Datos Relacionales.

DM2-1 Evolución de DBMS y SIG

- Demostrar cómo los DBMS se usan actualmente junto con SIG.

- Explicar porqué algunos de los más antiguos DBMS tienen hoy en día un uso limitado dentro de SIG.

DM2-2 DBMS jerárquicos y de red. Hierarchical

- DBMS jerárquicos de diagrama
- DBMS de red de diagrama
- Comparar y contrastar DBMS relacional, jerárquico y de red.
- Describir el planteamiento de modelo georrelacional (o arquitectura dual) en el caso del DBMS de SIG.

DM2-3 DBMS relacional y SQL

- Demostrar cómo una búsqueda y operaciones relacionales conjuntas proporcionan resultados para una consulta SIG típica y otras simples operaciones utilizando el DBMS relacional dentro de una aplicación software de SIG.
- Definir los términos básicos de los sistemas de gestión de bases de datos relacionales (por ejemplo, tupla, tabla, clave extranjera, SQL, unión relacional, etc.)
- Ilustrar las definiciones de los términos básicos de los sistemas de gestión de las bases de datos relacionales.
- Discutir el papel de la traslación normal.
- Discutir la eficiencia y coste de las reglas normales.
- Formular una consulta SQL usando software SIG y un sistema asociado de gestión de bases de datos.
- Implementar una consulta SQL usando software SIG y un sistema asociado de gestión de bases de datos.
- Describir el planteamiento de modelado de datos con el diagrama entidad-relación.
- Explicar cómo los diagramas de entidad-relación se trasladan a tablas relacionales.
- Describir los problemas asociados al no seguir la primera y segunda formas normales (incluyendo confusión de datos y dificultades de recuperación).

DM2-4 Usos y limitaciones del DBMS estándar

- Diferenciar entre estructuras de bases de datos de red, jerárquicas y relacionales y sus usos/limitaciones en el almacenamiento y procesamiento de datos geográficos.

DM2-5 Tentativas de extensión del modelo relacional para incluir el contexto geográfico.

- Hacer una lista anotada de referencias indicando los intentos actuales de extensión del modelo relacional para incluir el contexto geográfico.
- Explicar porqué es necesaria la extensión del modelo RDBMS.
- Evaluar al menos una de las tentativas para extender el modelo RDBMS con el fin de incluir el contexto geográfico (por ejemplo, relacional de objeto en oposición a relacional convencional).
- Explicar porqué los primeros intentos de almacenar datos geográficos en tablas relacionales estándar fracasó en los años 80.

DM3 Modelos de datos en mosaico

Aquí se considera la clase de modelo de datos basados en el terreno, que cuantifica el espacio en un mosaico regular o irregular. Esta unidad, como las cuatro siguientes, trata de los modelos de datos conceptuales y de las estructuras de datos informáticos. Se examinan y comparan ejemplos específicos sobre la base de la idoneidad para varios tipos de problemas con respecto a factores específicos como la sencillez y eficiencia algorítmica. Los fundamentos teóricos para una visión de la información geográfica enfocada al terreno se cubren en el área de conocimiento Fundamentos Conceptuales, especialmente CF2-5 y CF6-2.

DM3-1 Mosaicos regulares

- Explicar qué quiere decir visión de localización y visión de terreno (que cuantifica el espacio en mosaicos regulares o irregulares).
- Evaluar los méritos relativos de los puntos de vista del terreno en oposición a los puntos de vista de localización del espacio geográfico.
- Explicar porqué todavía están en uso ambos puntos de vista.
- Explicar cómo los datos basados en localización pueden representarse como un campo.

DM3-2 El modelo de rejilla

- Distinguir entre un mosaico y una rejilla.
- Ilustrar un mosaico regular, uno irregular y una rejilla.

DM3-3 El ráster como tipo de rejilla/mosaico rectangular

- Comparar y contrastar el ráster con otros tipos de mosaicos regulares para el almacenamiento de datos geográficos.
- Comparar y contrastar el ráster con otros tipos de mosaicos regulares para el análisis de datos geográficos.

DM3-4 Soporte y sus implicaciones

- Ilustrar el impacto de la resolución de la celda de la rejilla [soporte] en la naturaleza de la información representada usando software SIG.
- Demostrar el impacto de la resolución de la celda de la rejilla en la naturaleza de la información representada usando software SIG.
- Evaluar las implicaciones de cambiar la resolución de la celda de la rejilla en los resultados de aplicaciones analíticas usando software SIG.
- Describir las reglas comunes para asignar a una celda un valor para la medición de atributos diferentes (escalas).

DM3-5 Métodos de compresión de la rejilla

- Ilustrar los métodos existentes para comprimir datos en rejilla.

- Evaluar los méritos relativos de los métodos de compresión de la rejilla para almacenamiento.
- Evaluar los méritos relativos de los métodos de compresión de la rejilla para modelado.
- Explicar cómo se usan “wavelets” para comprimir los datos ráster.
- Definir los métodos de compresión con pérdida.

DM3-6 El modelo hexagonal

- Ilustrar el modelo hexagonal
- Dar ejemplos de usos (en el pasado y potenciales en el futuro) del modelo hexagonal.
- Explicar las limitaciones del modelo de rejilla comparándolo con el modelo hexagonal.

DM3-7 El modelo TIN (mosaicos irregulares)

- Ilustrar la naturaleza del modelo TIN.
- Demostrar el uso del modelo TIN utilizando al menos tres tipos diferentes de superficies estadísticas en una aplicación de software SIG.
- Describir las condiciones bajo las cuales un TIN podría resultar más práctico que un GRID.

DM4 Modelos de datos vectoriales (ejemplos e implementaciones)

Aquí se considera el modelo de datos basado en el punto de vista del objeto, que representa entidades espaciotemporales discretas delineando puntos, líneas, límites y nodos como conjuntos de valores de coordenadas. Hay ejemplos históricos específicos que se consideran prototipos. Éstos también se comparan sobre la base de su idoneidad para varios tipos de problemas con respecto a factores específicos como la sencillez y eficiencia algorítmica.

DM4-1 El modelo espagueti

- Ilustrar el modelo espagueti abordando específicamente su traslación uno a uno de los elementos gráficos.
- Explicar por qué el modelo espagueti se usa todavía en algunas situaciones.

DM4-2 El modelo topológico

- Ilustrar qué se entiende por topología.
- Explicar las ventajas e inconvenientes de los modelos de datos topológicos.
- Ilustrar la relación entre una estructura topológica y una estructura de base de datos relacional.
- Ejemplificar el concepto de reforzamiento planar (por ejemplo, triángulos TIN).
- Describir las limitaciones que tiene la integridad de los modelos topológicos de nodo, arco y área (NAA).
- Explicar por qué los modelos topológicos de nodo, arco y área (NAA) han perdido apoyo en SIG comercial.

DM4-3 Estructuras de árbol y de red

- Explicar cómo los modelos de datos vectoriales de árbol y de red funcionan en una base de datos dada, poniendo atención especial en el almacenamiento y la búsqueda de datos espaciales.
- Discutir las raíces históricas de la creación de DIME y TIGER por la Oficina del Censo como cimientos para el desarrollo de las estructuras de los datos topológicos.
- Explicar cómo el concepto de “Red Geométrica” divide las funciones de red en dos partes: visualización de la geometría de red y atributos y captación de la conectividad lógica de la red.
- Demostrar cómo se pueden usar ponderaciones en las redes para representar coste, tiempo, distancia o muchas otras medidas.
- Demostrar cómo se pueden determinar ponderaciones complejas por el Método Analítico de Jerarquía.
- Demostrar cómo la estructura de datos estrella, que frecuentemente se emplea cuando se almacena digitalmente información de red, viola la convención tradicional sobre gestión de las bases de datos relacionales.

DM4-4 Modelos clásicos de datos vectoriales

- Ilustrar el modelo de datos GBF/DIME
- Explicar qué hace a Polyvrt un modelo de datos vectoriales jerárquico.
- Discutir las ventajas y los inconvenientes de PolyVrt
- Describir la relación entre las estructuras GBF/DIME y TIGER, la base lógica de su diseño y sus usos principales previstos, poniendo atención especial en el rol de la teoría de gráficos al establecer la diferencia entre los archivos GBF/DIME y TIGER.
- Describir el código de la cadena Freeman-Huffman
- Dar ejemplos de uso de los códigos de cadena Freeman-Huffman.
- Describir la relación de los códigos de cadena Freeman-Huffman con el modelo ráster.

DM4-5 Referenciación lineal

- Explicar cómo se puede usar una red como base de referencia en oposición a los sistemas más comunes de coordenadas rectangulares.
- Construir una estructura de datos que contenga geometría puntual o lineal para eventos recogidos en la base de datos, que se referencian por su posición a lo largo de un objeto (feature) lineal.
- Demostrar cómo las localizaciones referenciadas linealmente son con frecuencia mucho más intuitivas y fáciles de encontrar en el mundo real que las coordenadas geográficas.
- Explicar cómo la referenciación lineal permite que se visualicen y analicen los atributos que no corresponden de manera precisa con la segmentación subyacente de los objetos de la red.

DM5 Representación/modelos en múltiples escalas (ejemplos e implementaciones)

Aquí se consideran los modelos de datos jerárquicos para manejar datos en múltiples escalas espaciales y conceptuales. Se abordan las cuestiones que se relacionan con la progresión irregular o regular de la

escala espacial en tales representaciones, particularmente en relación con las escalas de fuentes de datos preexistentes (incluyendo documentos cartográficos de archivo). Se pone énfasis en las capacidades/limitaciones de cada uno de ellos sobre la base de la sencillez, eficiencia y efectividad para el análisis geográfico.

DM5-1 El modelo “quadtree”

- Ilustrar el modelo “quadtree”.
- Describir las ventajas e inconvenientes del modelo “quadtree” para la representación y modelado de bases de datos geográficos.
- Explicar cómo se puede utilizar un “quadtree” para almacenar y recuperar datos ráster o vectoriales.

DM5-2 Variantes de “quadtree” (“hex-tree”, pirámide, “r-tree”)

- Dar ejemplos de opciones para el modelo de datos “quadtree” y sus extensiones.
- Describir las ventajas e inconvenientes de varias opciones para el modelo de datos “quadtree” y sus extensiones.

DM5-3 Técnicas (indicadores, planteamiento de Morton).

- Describir las ventajas especiales del planteamiento de Morton en relación con la representación de los datos geográficos.

DM6 Modelos orientados en objetos y basados en objetos (ejemplos e implementaciones)

Aquí se examinan los métodos y estrategias recientes para representar la información de forma más humana y natural, que vaya más allá de los modelos vectoriales tradicionales para representar una visión basada en objetos. Esta unidad trata de los modelos de datos conceptuales y de las estructuras de datos informáticos. Aquí la ontología es importante para los modelos basados en objetos. Un modelo de datos conceptual construido según especificaciones incluye términos y conceptos importantes de un dominio de aplicación, por ejemplo, los diferentes modelos de datos específicos de ESRI, Arc Hydro, Unetram, etc. Los fundamentos teóricos del punto de vista de la información geográfica que se centra en objetos se cubren en el área de conocimiento de Fundamentos Conceptuales, especialmente CF3-2 y CF6-1.

DM6-1 Categorización de objetos en el espacio geográfico

- Explicar exactamente qué se entiende por propiedades geográficas que pueden representarse por un tipo dado de modelo (por ejemplo, los modelos de bases de geodatos de ESRI).

DM6-2 Representación con orientación de objetos en oposición a programación con orientación de objetos. Distinguir entre representación y programación en un entorno con orientación de objetos.

- Ilustrar el entorno con orientación de objetos.
- Deconstruir una sub-rutina breve con orientación de objetos.

DM6-3 Herencia

- Describir el principio de herencia desde el punto de vista de categorización humana y cognitiva.
- Explicar cómo puede implementarse el principio de herencia utilizando una programación orientada a los objetos.
- Comparar y contrastar la representación del conocimiento jerárquico humano (padre/hijo) y una representación equivalente del conocimiento en un entorno de programación orientado a los objetos.

DM6-4 Combinación y generalización de objetos

- Explicar cómo las propiedades de la orientación hacia objetos permite combinar y generalizar éstos.

DM6-5 Ejemplos recientes de representaciones basadas en objetos y representaciones vectoriales de datos geográficos.

- Comparar y contrastar ejemplos recientes de representaciones basadas en objetos con un ejemplo de una representación basada en vectores.
- Distinguir entre topología de vectores y topología de objetos.
- Describir las ventajas de la topología de vectores y la topología de objetos.

DM6-6 Tentativas de estandarización con utilización o incorporación de un enfoque de orientación hacia los objetos.

- Explicar porqué las tentativas de estandarización están incorporando un planteamiento de orientación hacia los objetos para la representación de datos geográficos.
- Convertir un esquema XML a un depósito vacío de base de geodatos usando un asistente del esquema en una aplicación de software SIG y rellenando la base de geodatos vacía con datos.
- Evaluar la utilidad de los conjuntos de datos sobre objetos (features) que resultan de la conversión de un esquema XML a un depósito vacío de base de geodatos usando un asistente del esquema en una aplicación de software SIG y rellenando la base de geodatos vacía con datos.
- Discutir el rol de la ontología y la semántica en los planteamientos de representación de geodatos basados en estándares.

DM7 Representación/modelos temporales

Aquí se considera cómo las representaciones geoespaciales conceptuales y los modelos de datos pueden extenderse a la dimensión temporal y porqué ello es importante. Se examinan cuestiones específicas sobre la dimensión temporal en la representación del espacio-tiempo y porqué ello se considera actualmente un difícil problema de investigación. Para los ejemplos desarrollados hasta la fecha se pone énfasis en las capacidades/limitaciones de cada uno sobre la base de la sencillez, la eficiencia y la efectividad en el análisis geoespacial. En el área de conocimiento Fundamentos Conceptuales, especialmente CF2-2, CF3-4 y CF6-3 se encuentran varios marcos conceptuales para el papel del tiempo en la información geográfica.

DM7-1 Tentativas al respecto en DBMS temporales

- Describir extensiones SQL para incluir tiempo.

DM7-2 Ejemplos de modelos de espacio-tiempo.

- Dar ejemplos de modelos de espacio-tiempo existentes.
- Describir las ventajas e inconvenientes de los modelos espacio-tiempo existentes.
- Distinguir entre incertidumbre para los modelos de espacio y de espacio-tiempo.

DM7-3 Implicaciones para las bases de datos geográficos de representación múltiple.

- Utilizar dos modelos diferentes de espacio-tiempo para caracterizar un escenario dado, como por ejemplo el viaje diario para ir a trabajar.

DM8 Metadatos

Aquí se considera la documentación que describe los datos, su importancia, su uso y las tentativas actuales de estandarización de los datos geoespaciales. Se pone énfasis en qué documentación sobre datos debe captarse durante el proceso de construcción de la base de datos y cómo debe representarse en ésta. También se pone énfasis en qué metadatos deben esperarse como parte de los productos de los datos distribuidos. En GD12-5, Infraestructura de Datos Espaciales, se incluye más información sobre el concepto de metadatos en el contexto más amplio de una organización.

DM8-1 Metadatos – definiciones, importancia y usos

- Definir los metadatos
- Explicar porqué son importantes los metadatos
- Explicar cómo metadatos ausentes, incompletos o incorrectos pueden ser el origen de problemas.
- Crear los metadatos para un conjunto de datos.
- Analizar la utilidad de los metadatos para un conjunto determinado de datos.

DM8-2 Cómo deben representarse los metadatos.

- Describir qué metadatos cabe esperar en cualquier conjunto de datos.
- Describir qué metadatos cabe esperar en conjuntos de datos de distribución general.
- Formular metadatos para una producción gráfica que habría de distribuirse al público general.
- Formular metadatos para un análisis geoestadístico que habría de publicarse para una audiencia con experiencia.
- Componer declaraciones sobre la integridad de los datos para un análisis geoestadístico o espacial con vistas a su inclusión en la producción gráfica.

DM8-3 El uso de metadatos en la gestión de datos

- Diseñar un escenario en donde se espera que se mantengan grandes volúmenes de datos de exactitud variable para una amplia gama de posibles contextos de modelado (por ejemplo, un museo espacial).

- Evaluar la importancia de metadatos de calidad para una serie de escenarios de modelado (por ejemplo, allí donde es vital mantener el secreto).

DM8-4 Recursos de metadatos e intentos de estandarización

- Hacer una lista de recursos importantes para crear metadatos.
- Describir algunos de los intentos de estandarización a nivel federal.
- Emplear uno de los servicios públicos de metadatos disponibles.

DM9 Intercambio de datos e interoperabilidad

Aquí se examina la conversión de datos de un modelo/estructura a otro, como también la combinación de capacidades de más de un sistema de software, las dificultades que se encuentran en el intercambio de datos y las ventajas e inconvenientes de la estandarización. Este tema se centra en los problemas del intercambio de datos de un SIG a otro y el uso de productos digitales estándar, como también en la noción de almacenes de datos. Esta unidad también examina cuestiones relativas al uso de software de aplicaciones informáticas dentro de los distintos contextos diferentes de software sin necesidad de reprogramación (es decir, un planteamiento de software modular). También en esta unidad se cubren las tentativas específicas de varias organizaciones nacionales e internacionales.

DM9-1 Almacén de datos en oposición a base de datos

- Comparar y contrastar el concepto de base de datos y almacén de datos.
- Discutir el uso adecuado de un almacén de datos en oposición a una base de datos.
- Distinguir entre el mecanismo de recuperación de los almacenes de datos y el de las bases de datos.

DM9-2 El valor de ser “abierto”

- Discutir las ventajas e inconvenientes de los estándares de datos y la estandarización para una serie de situaciones SIG diferentes, desde entornos simples, únicos, a corto plazo, complejos, a largo plazo y entornos garantizados con múltiples usuarios.
- Describir tentativas de estandarización por parte de diferentes organizaciones nacionales e internacionales.

DM9-3 Cuestiones de conversión de modelos/estructuras de datos.

- Identificar las dificultades conceptuales y prácticas asociadas con la conversión de modelos/estructuras de datos
- Citar uno o dos mecanismos de conversión de modelos/estructuras de datos [por ejemplo, diagrama VISIO [E-R] – importar a ESRI como UML (universal model language).

DM9-4 Evolución de los estándares de bases de datos y software

- Dar ejemplos de problemas asociados con la integración de datos como resultado de la falta de estándares para las bases de datos y/o el software (ello puede comportar la obtención de bases de datos o software viejos).

- Describir la utilidad y los problemas que acarrea la representación de datos confidenciales en un foro abierto, como por ejemplo en un supuesto de representación de datos confidenciales por medio de mapas en la Web.

DM9-6 Open GIS Consortium (OGC)

- Explicar el objetivo del OGC.
- Describir el trabajo actual del OGC.

DM Referencias esenciales

- Aho, A.V., J.D. Ullman, and J.E. Hopcroft, 1983. *Data Structures and Algorithms*, Addison-Wesley Series in Computer Science and Information Processing.
- DeMers, M.N., 2001. *GIS Modeling in Raster*, New York, John Wiley & Sons, Inc.
- Huang, B. and H. Lin, 1999. Design of a query language for accessing spatial analysis in the web environment, *Geoinformatica* 3 (2): 165-183.
- Langetepe, E. and G. Zachmann, 2005. *Geometric Structures for Computer Graphics*. A.K. Peters Ltd.
- Mao, X. and H. Peng, 2005. Database-based storage for spatial data, *Journal of Geomatics* 30, #3:8-9.
- Tomlin, C.D., 1990. *Geographic Information Systems and Cartographic Modeling*, New York, Prentice Hall.
- Wachowitz, Monica, 1999. *Object Oriented Design for Temporal GIS*, London, Taylor and Francis.
- Wise, Stephen, 2002. *GIS Basics*, CRC Press.

DN. Manipulación de datos

A diferencia del “computer aided drafting” (CAD) y los sistemas cartográficos computerizados, SIG es un sistema más bien cíclico que lineal. Ello requiere que muchas operaciones de recuperación de datos – que a menudo implican cambios colaterales en la proyección, sistemas de rejilla, formas de los datos y formatos – se lleven a cabo durante el proceso de modelado para el cual se había diseñado el SIG. Se hacen necesarias muchas manipulaciones no analíticas para adaptar el poder analítico del SIG. Las manipulaciones de los datos espaciales y espaciotemporales implican tres tipos generales de operación:

1. su transformación a formatos que faciliten el análisis posterior.
2. generalización y agregación que afecten la exactitud e integridad de los datos que se usen para el análisis.
3. gestión de la transacción que permita seguir el rastro de los cambios, la realización de versiones y la actualización, todo ello sin pérdida alguna de los datos originales.

A menudo los usuarios necesitan decidir cuándo y cómo involucrarse en la manipulación de los datos. Para un análisis espacial efectivo es necesario tener la capacidad de cambiar entre sistemas basados en celdas de rejilla y sistemas vectoriales sin pérdida substancial de datos. Es más, el saber cómo ciertos tipos de datos responden a cambios en formato, organización, escala, resolución y calidad es de suma importancia para la capacidad de llevar a cabo el modelado y el análisis espacial. Como en el caso del modelado, es sumamente importante saber cómo manejar la propagación y el seguimiento de errores en la propia etapa de manipulación de los datos (Burrough and McDonnell 1998). Por ejemplo, se ha documentado que el simple cambio de las proyecciones a menudo va a tener como consecuencia un movimiento substancial de las coordenadas absolutas.

DN1 Conversión de formato de datos

En otras áreas de conocimiento se han identificado diferentes formas de estructuras de datos, modelos, proyecciones y otras formas de representación de datos geoespaciales. Estas diferencias crean grandes oportunidades y también limitaciones para el análisis y el modelado. La capacidad para cambiar de un formato a otro, de la mejor manera para que se produzca la menor pérdida posible, puede aumentar la capacidad de análisis y visualización de los datos espaciotemporales.

DN1-1 Conversiones vector a ráster y ráster a vector.

- Explicar cómo tiene lugar el proceso de conversión vector/ráster/vector de imágenes gráficas y algoritmos y cómo se obtienen los resultados.
- Convertir de formato vector a ráster y a la inversa utilizando software SIG.
- Ilustrar el impacto de las conversiones vector/ráster/vector en la calidad de un conjunto de datos.
- Crear conjuntos de datos en mosaico a partir de muestras de puntos o isolíneas utilizando las operaciones de interpolación apropiadas para la situación particular.

DN1-2 Impacto de la conversión en la utilización práctica y la visualización

- Comparar y contrastar el impacto de diferentes formas de conversión, incluyendo cómo afectan a los componentes espaciales.

DN1-3 Cuestiones de exactitud en localizaciones y atributos

- Dar ejemplos de situaciones en que se precisen cambios en la proyección.
- Describir el impacto de los cambios de proyección en la exactitud del conjunto de datos.

- Demostrar cómo las transformaciones múltiples (por ejemplo, cambios múltiples de una a otra proyección) pueden tener un gran impacto en la precisión de localización de la base de datos. Para ello, utilizar software SIG.

DN1-4 Cambios de proyección: hacia delante y hacia atrás

- Ilustrar el flujo de transformaciones desde la aportación y el almacenamiento hasta la producción.

DN1-5 Algoritmos apropiados y cuestiones de pérdida de datos.

- Dar prioridad a un conjunto de algoritmos diseñados para realizar conversiones vector/raster/vector basados en la necesidad de reducir la pérdida de datos.

DN2 Generalización y agregación

Los mapas y otros datos geoespaciales a menudo llegan a SIG en formatos preprocesados dependiendo de cómo se recogieron, empaquetaron, clasificaron y agregaron. Aquí surgen cuestiones de precisión e incertidumbre, pero sobre todo, y desde el punto de vista de esta unidad, tienen un impacto importante en el modelado SIG. La generalización es una parte importante de la cartografía (y por consiguiente se discute conceptualmente en CV2-2), pero también es una transformación habitual en muchos procedimientos SIG.

DN2-1 Planteamientos de generalización de puntos, líneas y áreas

- Diseñar un experimento que permita evaluar el impacto de los planteamientos tradicionales de generalización cartográfica en la calidad de los conjuntos de datos digitales creados a partir de originales análogos.

DN2-2 Niveles de medición de datos geoespaciales (por ejemplo, nominal, ordinal, etc.) y su relación con el modelado espacial.

- Dar ejemplos de casos en los que los niveles de gestión de los datos origine dificultades para una selección de operaciones SIG (por ejemplo, multiplicación de números que representen categorías nominales).
- Ejemplificar una situación en la que los niveles de medición de los datos puedan estar comprometidos por la reclasificación del proceso de agregación de datos.

DN2-3 Agregación de los atributos de las entidades espaciales

- Esbozar el proceso por el cual se usa software SIG para cambiar categorías agregando atributos.
- Esbozar el proceso por el cual se usa software SIG para cambiar categorías agregando entidades espaciales.
- Comparar y contrastar las ventajas e inconvenientes de cambiar categorías con software SIG agregando atributos y de cambiar categorías con software SIG agregando entidades espaciales.

DN2-4 Impacto de la generalización y de la agregación en la estructura y operación de modelos espaciales.

- Demostrar las relaciones en parejas entre escala, generalización, resolución, extensión y cada uno de los conjuntos básicos de modelado espacial (por ejemplo, consultas, mediciones, superposición etc.), usando una combinación de diagramas de dispersión y la producción realizada por SIG.

DN3 Gestión de las transacciones de datos geoespaciales

En muchas circunstancias, como por ejemplo en el caso de datos relacionados con tierras, las entidades espaciales así como sus atributos experimentan cambios frecuentes y a menudo importantes. La catalogación completa de estos cambios requiere que las condiciones iniciales, las nuevas y cualquier cambio intermedio y métodos de cambio se cataloguen de manera explícita. En resumen, la base de datos geoespaciales necesita contener una historia archivada del cambio.

DN3-1 Establecimiento de la condición inicial (punto de partida) de la base de datos

- Demostrar la importancia de una base de datos limpia y relativamente libre de errores (junto con un marco geodésico apropiado) usando software SIG.

DN3-2 Identificación de la naturaleza de los movimientos de cambio y de los requisitos del usuario para supervisar cambios en la base de datos.

- Ejemplificar escenarios en los que hubiera que realizar una serie de cambios periódicos en una base de datos SIG real.
- Explicar cómo habría que establecer los criterios para supervisar los cambios periódicos en una base de datos SIG real.

DN3-3 Establecer y estructurar el componente de cambio de la base de datos

- Definir reglas para los cambios de modelado en las bases de datos espaciales.

DN3-4 Conformidad de la información de cambios en la base de datos

- Crear una prueba de fiabilidad de la información sobre los cambios (por ejemplo, una prueba que evalúe si el cambio en una base de datos sobre usos del suelo tiene sentido o si existen contradicciones categóricas y/o matemáticas).
- Realizar una prueba de fiabilidad para la información sobre cambios.

DN3-5 Estructuración de consultas sobre sistemas dinámicos

- Producir consultas viables para escenarios de cambio usando software SIG o SQL.
- Describir los algoritmos existentes diseñados para realizar consultas dinámicas (por ejemplo, "CHANGE Avenue Script").

DN3-5 Problemas de gestión de datos de cambio "on-line" (casi tiempo real) en oposición a cambio "off-line".

- Demostrar cómo tanto la importancia del tiempo como la seguridad de los datos podrían determinar si se detecta el cambio "on-line" u "off-line" en un escenario dado.

- Dar ejemplos de cómo la ausencia de un bibliotecario de datos para gestionar éstos puede tener consecuencias desastrosas en el conjunto de datos resultante.

DN Key readings

- Burrough, Peter and McDonnell, Rachel (1998) *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press.
- Date, C.J., 2003, *An Introduction to Database Systems*, 8th Edition, New Jersey, Addison Wesley.
- Groff, J.R., and P.N. Weinberg, 2002. *SQL: The Complete Reference*, 2nd Edition, McGraw-Hill Osborne Media.
- Kropla, Bill, 2005. *Beginning MapServer: Open Source GIS Development*, Apress.
- Masser, I., 1991. *Handling geographical information*. London, Longman/Wiley.
- McMaster, R., 1992. *Map generalization in digital cartography*, Association of American Geographers, Resource publication.
- Snyder, J.P., W.R. Tobler, Oihe H. Yang, J.P. Snyder, Q.H. Yang, 2000. *Map Projection Transformation: Principles and Applications*, CRC Press.
- Usery, E.L., S. Ruhl, M. Bearden, M.P. Finn, J.D. Cox, and T. Beard, 2003. "Projecting global datasets to achieve equal areas," *Cartography and Geographic Information Science* 30, no.1 :69-79.
- Yuan, M., B. Battenfield, M. Gehagen, H. Miller, 2004. Geospatial Data Mining and Knowledge Discovery. Chapter 14 in R. B. McMaster and E. L. Usery (eds.), *A Research Agenda for Geographic Information Science*, Boca Raton, Florida: CRC Press, 365-388.

GC. Geomática

Esta área de conocimiento pone énfasis en la aplicación de métodos informáticos al estudio de las geociencias y se centra en una serie de métodos diseñados para modelar y analizar una gama de problemas extraordinariamente complejos, no lineales, frecuentemente no susceptibles de ser determinados previamente. El desarrollo continuado de nuevos tipos de análisis ha ayudado a la Geomática. Incluyen una serie de técnicas, incluyendo “cellular automata”, redes neuronales, modelos con base en agentes y conjuntos borrosos. Un estudio de dos o tres de estas técnicas podría ocupar a un estudiante durante tres a seis meses. En su mayor parte estos métodos son avanzados y deben reservarse para los “senior undergraduates” y los estudiantes “graduate”. En el área de conocimiento DA se incluyen técnicas de análisis menos complejas desde el punto de vista informático.

GC1 Historia y tendencias en geomática

Las técnicas objeto de esta área de conocimiento suelen requerir la aplicación intensiva de métodos informáticos y sólo se ha podido acceder a su estudio con el advenimiento de las modernas capacidades informáticas y con los métodos de aprendizaje que proporcionan máquinas muy sofisticadas. Los progresos continuados y tendencias en esta área pueden facilitar nuevos caminos para la C+T IG.

GC1-1 Visión histórica de conjunto

- Resumir la evolución de las técnicas geomáticas y los progresos relacionados de la tecnología informática que han contribuido a la capacidad para llevar a cabo procesos cada vez más complejos en la C+T IG.

GC1-2 Tendencias en el futuro

- Identificar temas y técnicas que se puedan abordar al incrementarse las capacidades informáticas.
- Describir temas de C+T IG que puedan abordarse por medio de las nuevas técnicas geomáticas.

GC2 Incertidumbre

Los ordenadores cuentan con la especificación de modelos geoespaciales cada vez más complejos. El trabajo asociado a ellos está sujeto a un cierto grado de incertidumbre, debido a la naturaleza de la aportación de los datos como por la naturaleza de las técnicas de cálculo para la producción del modelo. Los parámetros pueden variar mucho. La seña de identidad de un buen científico es comprender la naturaleza de la incertidumbre en la especificación de los problemas y en los resultados. La Unidad 7 en el área de conocimiento Fundamentos Conceptuales trata de las raíces teóricas de la incertidumbre. Esta unidad se centra en el papel de la incertidumbre en el uso de la información geográfica.

GC2-1 Error

- Comparar y contrastar cómo los errores sistemáticos y aleatorios afectan la medición de distancias.
- Describir las causas de al menos cinco tipos diferentes de errores (por ejemplo, posicional, atributo, temporal, contradicciones y falta de acabado).

GC2-2 Problemas de escala y división en zonas

- Describir Problemas de Unidad de Área Modificable (Modifiable Areal Unit Problem - MAUP) asociados con la agregación de datos recogidos en diferentes escalas y su efecto en la autocorrelación geoespacial.

- Describir MAUP y su efecto en la correlación, la regresión y la clasificación.

GC2-3 Propagación del error en el modelado geoespacial

- Comparar y contrastar las técnicas de propagación de errores (por ejemplo, Taylor, Monte Carlo, etc.)
- Explicar cómo algunas operaciones pueden exacerbar el error mientras que otras lo disminuyen (por ejemplo, filtro medio).

GC2-4 Teoría de la propagación de errores

- Describir modelos estocásticos de error.
- Dar ejemplos de modelos estocásticos de error usados en la Ciencia IG.

GC2-5 Problemas de vigencia, fuente y escala

- Describir el problema de combinación asociado con la agregación de datos recogidos en diferentes momentos, de diferentes fuentes, en diferentes escalas y con diferentes requisitos de precisión.

GC3 Aspectos informáticos y neuroinformáticos

Aprovechando el procesamiento paralelo, los superordenadores y otros dispositivos de alto rendimiento, el análisis geoespacial puede llevarse a un nuevo nivel de comprensión, detalle y diversidad. Las técnicas y análisis de redes neuronales son particularmente convenientes para problemas complejos de clasificación geoespacial (por ejemplo, los asociados con imágenes de percepción remota con muchas variables, problemas de predicción o cálculo de la salida de una pila de drenaje a partir de un indicador de la corriente y datos de precipitaciones. I

GC3-1 Informática de alto rendimiento

- Describir cómo la potencia de los superordenadores y sus redes ha extendido los métodos analíticos que pueden usarse para C+T IG
- Dar ejemplos de cómo la potencia de los superordenadores y sus redes ha extendido los métodos analíticos que pueden usarse para C+T IG

GC3-2 Inteligencia informática

- Ejemplificar el potencial de aprendizaje de las máquinas para expandir la ejecución de funciones especializadas de análisis geoespacial.
- Identificar herramientas de inteligencia artificial.
- Describir métodos de inteligencia informática que pueden aplicarse a la C+T IG
- Describir un espacio hipotético que incluya búsquedas para soluciones óptimas dentro de ese espacio.

GC3-3 No linealidad y distribuciones no gaussianas

- Definir distribuciones no lineales y no gaussianas en un entorno de datos geoespaciales.
- Dar ejemplos de distribuciones no lineales y no gaussianas en un entorno de datos geoespaciales.

GC3-4 Reconocimiento de patrones

- Ejemplificar el uso del reconocimiento de patrones para identificar un punto, una línea y un borde.
- Describir el uso del reconocimiento de patrones basándose en relaciones temporales de objetos y espacio (el análisis de un crimen sería un ejemplo).

GC3-5 Clasificación de datos geoespaciales

- Comparar y contrastar los supuestos y la realización de los planteamientos (paramétricos y no paramétricos) de clasificación de datos con múltiples variables.
- Describir tres algoritmos que se usan habitualmente para clasificar datos geoespaciales.
- Explicar el efecto de incluir la contigüidad geoespacial como criterio explícito de clasificación de vecindad.
- Comparar y contrastar los resultados del planteamiento neuronal con los obtenidos utilizando la clasificación más tradicional de máxima probabilidad (disponible en la mayoría de los sistemas de percepción remota).

GC3-6 Redes neuronales “feed-forward” multicapa (redes de percepción multicapa en las que la descarga de todas las neuronas se transmite a las siguientes capas pero no a las precedentes, de manera que no existen ciclos de “feedback”)

- Describir la arquitectura y componentes de una red neuronal “feed-forward”.
- Distinguir entre “feed-forward” y arquitecturas recurrentes.
- Comparar y contrastar los resultados de la clasificación cuando la arquitectura de la red y los parámetros iniciales se han cambiado.
- Analizar la estabilidad de la red haciendo múltiples ejecuciones con los mismos datos y arquitectura.

GC3-7 Algoritmos de espacio-escala

- Describir cómo se pueden o se deben usar los algoritmos de espacio-escala.

GC3-8 Aprendizaje de reglas

- Describir cómo una red neuronal puede utilizar reglas para aprender de los datos que se aportan.

GC3-9 Esquemas de redes neuronales

- Evaluar el éxito de los esquemas de redes neuronales.
- Implementar un esquema de clasificación de redes neuronales para un conjunto de datos complejo.

- Estimar el valor relativo de las redes neuronales o de métodos alternativos inductivos de aprendizaje por máquinas, tales como opciones de decisión en casos hipotéticos o reales.

GC4 Conjuntos borrosos

El campo de los conjuntos borrosos arroja luz sobre la manera de ver el mundo y los datos. No todos los esquemas de clasificación tienen que considerarse bien definidos, en el sentido de ser definitivos. Las técnicas de la lógica y los conjuntos borrosos permiten un análisis geoespacial con un enfoque más matizado del análisis de los datos. En CF7-1 y CF7-2 se discuten el concepto de vaguedad y la teoría asociada de los conjuntos borrosos; aquí el tema principal es la aplicación de esos conceptos al modelado y al análisis.

GC4-1 Lógica borrosa

- Describir cómo se usan las funciones lineales para hacer borrosos los datos de entrada (es decir, valores de dominio cartográfico a variables lingüísticas).
- Explicar porqué la lógica borrosa más bien que los modelos del álgebra booleana pueden resultar útiles para representar límites reales en el mundo entre diferentes especies.
- Apoyar o rechazar la cita de Lotfi Zadeh: “Al aumentar la complejidad, las afirmaciones precisas pierden significado y las afirmaciones significativas pierden precisión” (mathworks.com) aplicada a la C+T IG.

GC4-2 Medidas borrosas

- Describir las medidas borrosas
- Explicar cómo/porqué pueden usarse las medidas borrosas en geomática.

GC4-3 Operadores de agregación borrosa

- Comparar y contrastar las operaciones booleana y de lógica borrosa.
- Describir los operadores de agregación borrosa.
- Dar un ejemplo de uso de operadores de agregación borrosa.
- Comparar y contrastar varios operadores de agregación borrosa, incluyendo los de intersección y unión.
- Describir cómo un planteamiento del análisis de superposición de mapas puede ser diferente si los límites de las regiones son “borrosos” y no nítidos.

GC4-4 Estandarización

- Desarrollar un criterio de estandarización que revise los valores en una declaración de pertenencia a un conjunto borroso.

GC4-5 Esquemas de ponderación

- Evaluar un esquema de ponderación borrosa en términos de incertidumbre y propagación de errores.

GC4-6 Evaluación siguiendo múltiples criterios y combinación lineal ponderada.

- Describir la implementación de un esquema ordenado de ponderación en una agregación con criterios múltiples.
 - Calibrar un modelo de combinación lineal ajustando los pesos y utilizando un conjunto de datos de prueba.
-

GC5 Modelos de autómatas celulares (CA)

Los autómatas celulares son modelos informáticos en un espacio con celdas que emplean reglas simples aplicables a todo el dominio, lo que puede producir patrones y comportamientos complejos.

GC5-1 Estructura de modelos CA

- Describir como CA pueden representar una región geográfica.
- Explicar cómo el uso de CA para representar una región geográfica está relacionado con la manera en que se interconectan los diferentes lugares de una región.
- Analizar las ventajas y limitaciones de las representaciones geoespaciales CA

GC5-2 Reglas de transición de CA

- Describir las reglas clásicas de transición de CA.
- Describir cómo las reglas del Juego de la Vida tienen como consecuencia un patrón en evolución continua.
- Explicar dos procesos geográficos que podrían representarse de manera efectiva usando CA.
- Explicar dos procesos geográficos que no podrían representarse de manera efectiva usando CA.
- Describir cómo se manejan en CA las reglas locales y globales de transición.

GC5-3 Simulación y calibración de CA

- Describir el reto de calibrar los modelos CA.
- Describir las fuentes de error de los modelos CA.
- Explicar cómo se implementan los conceptos temporales en los modelos CA.

GC5-4 Integración de CA y otros métodos geomáticos

- Comparar y contrastar el análisis de un proceso usando un CA y el análisis del mismo proceso en un SIG utilizando álgebra de mapas y operaciones ráster similares.
- Explicar la contribución potencial de integrar la inspección de datos en modelos CA.
- Valorar la posible mejora de integrar modelos basados en agente para superar las limitaciones de rejilla fija de los modelos CA.

GC5-5 Aplicaciones de CA típicas

- Ejemplificar simulaciones CA del crecimiento urbano.

- Ejemplificar simulaciones CA de incendios.
 - Ejemplificar simulaciones CA de desarrollo inmobiliario
-

GC6 Heurística

Entre las técnicas recientes de inteligencia artificial están las que se relacionan con la heurística, incluyendo los algoritmos genéticos. La evolución de la vida es en gran medida un proceso de continuos intentos y errores. La adaptación y “la supervivencia de los más aptos” es esencial en esta área de conocimiento. Los algoritmos que imitan la evolución se han aplicado ahora a los fenómenos geoespaciales tales como la localización de hábitats óptimos. Hace falta una gran pericia en programación informática para realizar estos procesos de manera efectiva.

GC6-1 Heurística avara de intercambio

- Demostrar cómo implementar un proceso heurístico avaro.

GC6-2 Heurística de intercambio

- Describir el proceso por el cual un elemento dentro de una solución aleatoria se intercambia y, si mejora la solución se acepta y si no, se rechaza y se intenta otro elemento hasta que no se produce ninguna mejora en el valor de la función objetiva.

GC6-3 Intercambio con probabilidad

- Explicar cómo el proceso de superación de los óptimos locales puede basarse en una función de probabilidad

GC6-4 Templado simulado (“annealing”)

- Esbozar la base lógica y la utilidad del templado simulado.

GC6-5 Relajación de Lagrange

- Describir cómo la relajación de Lagrange puede facilitar soluciones aproximadas a problemas complejos.
-

GC7 Algoritmos genéticos (GA)

En esta unidad se incluye: métodos de búsqueda global, híbridos, mutaciones, competición y selección. También se incluyen maneras de crear reglas para representar procesos de evolución y para codificar modelos basados en agente.

GC7-1 GA y soluciones globales

- Describir la dificultad de encontrar soluciones globales a problemas con muchos óptimos locales.
- Explicar cómo GA puede usar criterios de aptitud y mutaciones cruzadas para buscar una solución óptima global a un problema.

GC7-2 GA y soluciones

- Comparar y contrastar la efectividad de criterios de búsqueda múltiple para encontrar la solución óptima con un simple planteamiento avaro de “escalada”
- Explicar cómo los algoritmos evolutivos pueden usarse para buscar soluciones.

GC7-3 GA y genoma artificial

- Crear un genoma artificial que pueda utilizarse en un algoritmo genético para resolver un problema específico.
- Implementar un algoritmo genético simple para la optimización del patrón geoespacial (como por ejemplo encontrar **coms (?)** de puntos de enfermedad)
- Explicar cómo describir un conglomerado de manera que pudiera representarse en un genoma.

GC8 Modelos con base en agente

Muchos patrones y dinámicas geográficas están formados por sistemas de actores interactivos que tienen características y/o comportamientos heterogéneos e interactúan con un entorno heterogéneo. Los modelos basados en agente están contruidos con programación orientada al objeto para representar estos actores y sus interacciones. Estos modelos pueden usarse como laboratorios para explorar patrones y procesos sociales y geoespaciales.

GC8-1 Estructura de los modelos basados en agente

- Describir cómo los modelos basados en agente utilizan programación orientada al objeto con conceptos de herencia y resumen para representar el comportamiento de actores heterogéneos, interactivos y adaptativos.
- Comparar y contrastar los planteamientos de los modelos basados en agente y los autómatas celulares para modelar los procesos espaciales.

GC8-2 Especificación de los modelos basados en agente

- Explicar cómo los comportamientos del agente pueden utilizarse para representar los efectos que los actores tienen entre sí y en su entorno.
- Generar múltiples y diferentes tipos de agents en un sistema dado.
- Describir cómo múltiples y diferentes tipos de agentes en un sistema dado se comportan e interactúan recíprocamente y con su entorno.
- Describir cómo parámetros múltiples (por ejemplo, número y variabilidad de agentes, etc.) pueden establecerse en un modelo basado en agente para cambiar el comportamiento del modelo.

GC8-3 Agentes adaptativos

- Explicar los efectos de la adaptación del agente en el contexto de un modelo específico basado en agente.
- Describir diferentes maneras de representar los efectos de la adaptación del agente en el contexto de un modelo específico basado en agente.

GC8-4 Experimentos de simulación

- Describir cómo las mediciones en la salida de un modelo pueden usarse para describir su comportamiento.
- Describir cómo diferentes parámetros en un modelo basado en agente pueden modificarse para evaluar la gama de comportamientos posibles con una especificación del modelo.

GC8-5 Codificación de modelos basados en agente

- Implementar un modelo simple basado en agente.
 - Llevar a cabo experimentos simples con un modelo basado en agente.
-

GC9 Análisis de la actividad

Simulación “de abajo arriba” desde la perspectiva de la actividad en la que una persona (y/o vehículo) en el espacio y el tiempo, los patrones de actividad y las trayectorias de espacio y tiempo creadas por estos patrones de actividad con los consiguientes fenómenos, como atascos de tráfico y uso del suelo, cambian. Se requiere conocimiento sobre modelado basado en agente, autómatas celulares, bases de datos de objetos móviles, sistemas de posicionamiento global y otras tecnologías de localización.

GC9-1 Título??

- Explicar cómo una simulación desde una perspectiva de actividad puede usarse en el transporte.
 - Conducir un experimento usando técnicas de simulación desde una perspectiva de actividad.
-

GC Referencias esenciales

- Axelrod, Robert and Tesfatsion, Leigh. “A Guide for Newcomers to Agent-Based Modeling in the Social Sciences”, forthcoming in Leigh Tesfatsion and Kenneth L. Judd (Eds.), *Handbook of Computational Economics, Vol. 2: Agent-Based Computational Economics Handbooks in Economics Series*, North-Holland, Amsterdam, 2006, to appear.
- Batty, M. 1976. *Urban modeling: Algorithms, calibrations, predictions*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Batty, M.. 2005a. Cities and complexity: Understanding cities through cellular automata, agent-based models, and fractals. Cambridge, MA: MIT Press.
- Batty, M.. 2005b. Agents, cells, and cities: New representational models for simulating multiscale urban dynamics. *Environment and Planning A* 37: 1373 – 1394.
- Collier, N., T. Howe, and M. North, M. 2003. Onward and upward: The transition to Repast 2.0. *Proceedings of the First Annual North American Association for Computational Social and Organizational Science Conference*. Electronic Proceedings, Pittsburgh, PA: 241-268; <http://repast.sourceforge.net/> (accessed August 9th, 2005).
- DeCanio, Stephen J., Catherine Dibble, and Keyvan Amir-Atefi (2000) *The Importance of Organizational Structure for the Adoption of Innovations Management Science*, October 2000, 46(10): 1285-1299

- Dibble, Catherine (2001) Beyond Data: Handling Spatial and Analytical Contexts with Genetics Based Machine Learning. Chapter 3 in: *Spatial Evolutionary Modeling*, Roman Krzanowski and Jonathan Raper, Editors, Oxford University Press, 2001
- Epstein, J. M. 1999. Agent-based computational models and generative social science. *Complexity* 4: 41 – 601.
- Flake, Gary William. *The Computational Beauty of Nature* (MIT Press, Cambridge, MA, 1998).
- Li, A., M. Linderman, J. Qi, A. Shortridge, and J. Liu. 2005. Exploring complexity in a human-environment system: An agent-based spatial model for multidisciplinary and multiscale interaction. *Annals of the Association of American Geographers* 95: 54-79.
- Macmillan, W. D. (1997), Computing and the science of geography: the postmodern turn and the geocomputational twist. *Proc. 2nd International Conference on GeoComputation* (Ed. Pascoe, R. T.), University of Otago, New Zealand, pp. 1-11.
- Openshaw, S. and Abrahart, R. J. (1996), Geocomputation. *Proc. 1st International Conference on GeoComputation* (Ed. Abrahart, R. J.), University of Leeds, UK, pp. 665-666.
- Parker D. C., S. M. Manson, M. A. Janssen, M. J. Hoffmann, and P. Deadman. 2003. Multi-agent systems for the simulation of land-use and land-cover change: A review. *Annals of the Association of American Geographers* 93: 314-337.
- Parker, D. C., Manson, S. M., Janssen, M. A., Hoffman, M. J., and Deadman P., 2003, Multi-agent systems for the simulation of land-use and land-cover change: a review. *Annals of the American Institute of Geographers*, 93, 314-337.
- Srblijinovic, Armano; Drazen Penzar; Petra Rodik; Kruno Kardov (2003). "An Agent-Based Model of Ethnic Mobilisation" *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 6(1), available on line at <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/6/1/1.html>

GD. Datos geospaciales

Geospatial data represent measurements of the locations and attributes of phenomena at or near Earth's surface. Information is data made meaningful in the context of a question or problem. Information is rendered from data by analytical methods. Information quality and value depends to a large extent on the quality and currency of data. Geospatial data may have spatial, temporal, and attribute (descriptive) components as well as associated metadata. Data may be acquired from primary or secondary data sources. Examples of primary data sources include surveying, remote sensing (including aerial and satellite imaging), the global positioning system (GPS), work logs (e.g., police traffic crash reports), environmental monitoring stations and field surveys. Secondary geospatial or geospatial-temporal data can be acquired by digitizing and scanning analog maps, as well as from other sources, such as governmental agencies.

The legitimacy of geographic information science as a discrete field has been claimed in terms of the unique properties of geospatial data. In a paper in which he coined the term GIScience, Goodchild (1992) identified several such properties, including:

1. Geospatial data represent spatial locations and non-spatial attributes measured at certain times.
2. The Earth's surface is highly complex in shape and continuous in extent.
3. Geospatial data tend to be spatially autocorrelated.

It used to be said that data accounted for the largest portion of the geospatial project costs. Now practitioners and their clients reasonably expect certain kinds of data to be freely or cheaply available via the World Wide Web. Federal, state, regional, and local government agencies, as well as commercial geospatial data producers, operate clearinghouses that provide access to geospatial data. The U.S. Geological Survey envisions a "National Map" that is nationwide in coverage and updated continuously. Although geospatial data are much more abundant now than they were ten years ago, data quality issues persist. Good data are expensive to produce and to maintain. Proprietary interests impede data accessibility, especially beyond the U.S., where the notion of data as a public good is uncommon. Standards for geospatial data and metadata are needed to facilitate effective search, retrieval, evaluation, integration with existing data, and appropriate uses. National and international organizations such as the Federal Geographic Data Committee (FGDC) and International Organization for Standards (ISO) develop and promulgate such standards.

GD1 Earth geometry

Accurate geospatial data are based upon an accurate model of the shape of the Earth's surface. Earth's shape is complex and difficult to measure. Approximations of the Earth's shape are used to minimize both positioning error and complexity.

GD1-1 Approximating the Earth's shape: Geoid

- Explain the concept of an equipotential gravity surface (i.e., a geoid)
- Explain how geoids are modeled

GD1-2 Approximating the geoid: Spheres and ellipsoids

- Explain why spheres and ellipsoids are used to approximate geoids
- Describe the circumstances under which it is acceptable to use a sphere rather than an ellipsoid
- Explain the difference between regional ellipsoids (e.g., Clarke 1866) and global ellipsoids (e.g., WGS 84)
- Define the WGS 84 ellipsoid in terms of equatorial radius and flattening
- Illustrate the distinction between a geoid surface, an ellipsoid surface, and the terrain surface

- Describe early efforts to measure the Earth's size and shape
-

GD2 Land partitioning systems

Parcel-based geospatial reference systems used at the time of settlement left a lasting imprint on the pattern of development in many areas of the U.S.

GD2-1 Unsystematic methods

- State a metes and bounds land description of a property parcel delineated in a land survey drawing
- Compare the typical spatial arrangements of land parcels characteristic of early English, Spanish, and French settlements in the U.S.

GD2-2 Systematic methods

- Describe the New England Town partitioning system
 - Describe the historical context of the United States Public Land Survey System (USPLS)
 - Illustrate how the location of a 40-acre quarter-quarter section is specified in USPLS
 - Differentiate the USPLS from the geographic coordinate system
 - Describe the impact of USPLS on the U.S. landscape
-

GD3 Coordinate systems

Point-based geospatial reference systems are used to measure, and to specify, the locations and extent of features on or near the surface of the Earth (or other bodies). Two kinds of point-based vector coordinates exist: "absolute" coordinates, including Cartesian, polar, rectangular, rhombic, among others, and "incremental" coordinates, such as Delta X,Y and Starburst.

GD3-1 Geographic coordinate system

- Illustrate the angular measurements represented by latitude and longitude coordinates
- Locate on a globe the positions represented by latitude and longitude coordinates
- Write an algorithm that accurately performs forward and reverse conversions of latitude and longitude coordinates from degrees, minutes, seconds format to decimal degrees
- Mathematically express the relationship between cartesian coordinates and polar coordinates
- Calculate the uncertainty of a ground position defined by latitude and longitude coordinates specified in decimal degrees to a given number of decimal places

GD3-2 Plane coordinate systems

- Explain why plane coordinates are sometimes preferable to geographic coordinates
- Universal Transverse Mercator (UTM): Explain what UTM eastings and northings represent
- UTM: Associate UTM coordinates and zone specifications with corresponding position on a world map or globe

- UTM: Identify the map projection(s) upon which UTM coordinate systems are based, and explain the relationship between the projection(s) and the coordinate system grid
- UTM: Discuss the magnitude and cause of error associated with UTM coordinates
- UTM: Differentiate the characteristics and uses of the UTM coordinate system from the Military Grid Reference System (MGRS) and the World Geographic Reference System (GEOREF)
- State Plane Coordinates system (SPC): Explain what SPC eastings and northings represent
- SPC: Associate SPC coordinates and zone specifications with corresponding position on a U.S. map or globe
- SPC: Identify the map projection(s) upon which SPC coordinate systems are based, and explain the relationship between the projection(s) and the coordinate system grid
- SPC: Discuss the magnitude and cause of error associated with SPC coordinates
- UK National Grid: Associate National Grid coordinates with corresponding position on a U.K. map
- Recommend the most appropriate coordinate system for applications at different spatial extents and justify the recommendation
- Critique the U.S. Geological Survey's choice of UTM as the standard coordinate system for the National Map

GD3-3 Linear referencing systems

- Identify the characteristics that all linear referencing systems have in common
- Explain why linear referencing systems are useful
- Identify several different linear referencing methods (e.g., mileposts, reference posts, link and node) and compare them to planar grid systems
- Discuss dynamic segmentation as a process for transforming between linear and planar coordinate systems
- Discuss the magnitude and cause of error generated in the transformation from linear to planar coordinate systems
- Explain how the datum associated with a linear referencing system differs from a horizontal or vertical datum

GD4 Datums

“Horizontal” datums define the geometric relationship between a coordinate system grid and the Earth’s surface, where the Earth’s surface is approximated by an ellipsoid or other figure. “Vertical” datums are elevation reference surfaces such as mean sea level.

GD4-1 Horizontal datums

- Define “horizontal datum” in terms of the relationship between a coordinate system and the Earth’s surface
- Outline the historical development of horizontal datums
- Explain the difference between NAD 27 and NAD 83 in terms of ellipsoids
- Explain why all GPS data are originally referenced to the WGS 84 datum

- Using a conversion routine maintained by the U.S. National Geodetic Survey, determine the impact of a datum transformation from NAD 27 to NAD 83 for a given location
- Explain the difference in coordinate specifications for the same position when referenced to NAD 27 and NAD 83.
- Explain the methodology employed by the U.S. National Geodetic Survey to transform control points from NAD 27 to NAD 83
- Use GIS software to perform a datum transformation
- Describe appropriate applications of the various datum conversion method options available in a GIS software package
- Perform a Molodenski transformation manually

GD4-2 Vertical datum

- Outline the historical development of vertical datums
- Explain how a vertical datum is established
- Differentiate between NAVD 29 and NAVD 88
- Illustrate the difference between a vertical datum and a geoid
- Illustrate the relationship among the concepts ellipsoidal (or geodetic) height, geoidal height, and orthometric elevation (See also GD7-1)

GD5 Map projections

Map projections are mathematical formulae used to transform spherical coordinate grids into plane coordinate grids. Inverse projections transform plane coordinates to geographic. Plane coordinate systems are thus based upon map projections. Because transformation from a spherical grid to a flat grid inevitably distorts the geometry of the grid, and because different projection formulae produce different distortion patterns, knowledgeable selection of appropriate map projections for particular uses is critical. Selection criteria for small-scale thematic mapping are considered in Knowledge Area CV: Cartography and Visualization Unit 2, while procedures for transforming data between projections is considered in Unit 1 of the Data Manipulation Knowledge Area

GD5-1 Map projection properties

- Identify and define the four geometric properties of the globe that may be preserved or lost in projected coordinates
- Explain what Tissot's indicatrix represents
- Interpret a given a projected graticule, continent outlines, and indicatrices at each graticule intersection in terms of geometric properties preserved and distorted
- Explain why some coordinate systems are sometimes called "projected coordinate systems"
- Explain the rationale for the selection of the geometric property that is preserved in map projections used as the basis of the UTM and SPC systems
- Recommend the map projection property that would be preferred for various mapping applications, including parcel mapping, route mapping, etc., and justify your recommendations

GD5-2 Map projection classes

- Explain the concept “developable surface”
- Classify various map projection types by the three main classes of map projections based on developable surfaces
- Classify various map projection types by four classes of map projections based on properties preserved
- Illustrate distortion patterns associated with a given graticule
- Explain the concept of a “compromise” projection

GD5-3 Map projection parameters

- Define key terms such as “standard line” and projection “case”
- Explain how the concepts of the tangent and secant cases relate to the concept of standard line.
- Identify the parameter by which a projection may be re-centered upon an area of interest
- Identify the parameter by which the aspect of a map projection may be changed
- Use GIS software to produce a graticule that matches a target graticule.
- Implement a given map projection formulae in a software program that reads geographic coordinates as input and produces projected (x, y) coordinates as output.

GD5-4 Georegistration

- Explain the role and selection criteria for “ground control points” (GCPs) in the georegistration of aerial imagery
- Identify and explain an equation used to perform image-to-map registration
- Identify and explain an equation used to perform image-to-image registration
- Differentiate rectification and orthorectification
- Use GIS software to transform a given dataset to a specified coordinate system, projection, and datum
- Differentiate between polynomial transformations (including linear) and rubbersheeting

GD6 Data quality

The ultimate standard of quality is the degree to which a geospatial data set is fit for use in a particular application. That standard varies from one application to another. In general, however, the key criteria are how much uncertainty is present in a data set and how much is acceptable. Aspects of data quality include accuracy, resolution, and precision. Concepts of data quality, error, and uncertainty are also covered in Knowledge Areas CF (in a theoretical context) and GC (in the context of analysis); the focus here is on the measurement and assessment of data quality.

GD6-1 Geometric accuracy

- State the geometric accuracies associated with the various orders of the U.S. horizontal geodetic control network
- Explain how geometric accuracies associated with the various orders of the U.S. horizontal geodetic control network are assured

- State the approximate number and spacing of control points in each order of the horizontal geodetic control network
- Explain the factors that influence the geometric accuracy of data produced with Global Positioning System (GPS) receivers
- Explain the concept of dilution of precision
- Describe the impact of the concept of dilution of precision on the uncertainty of GPS positioning
- Explain the principle of differential correction in relation to the global positioning system
- Apply the National Map Accuracy Standard to calculate the accuracy associated with a 1:24,000-scale USGS topographic map
- Compare the National Map Accuracy Standard with the ASPRS Coordinate Standard
- In contrast to the National Map Accuracy Standard, explain how the spatial accuracy of a digital road centerlines data set may be evaluated and documented
- Explain the formula for calculating root mean square error
- Compare the concepts of geometric accuracy and topological fidelity
- Describe how geometric accuracy should be documented in terms of the FGDC metadata standard

GD6-2 Thematic accuracy

- Explain the distinction between thematic accuracy, geometric accuracy, and topological fidelity
- Describe the different measurement levels on which thematic accuracy is based
- Describe the component measures and the utility of a misclassification matrix
- Discuss how measures of spatial autocorrelation may be used to evaluate thematic accuracy
- Outline the SDTS and ISO TC211 standards for thematic accuracy

GD6-3 Resolution

- Illustrate and explain the distinction between “resolution,” “precision,” and “accuracy”
- Discuss the implications of the sampling theorem ($\lambda = 0.5 \delta$) to the concept of resolution
- Explain the distinction between accuracy and spatial resolution
- Differentiate among the spatial resolution, spectral resolution, and radiometric resolution of a remote sensing instrument
- Explain how resampling affects the resolution of image data
- Discuss the advantages and potential problems associated with the use of Minimum Mapping Unit (MMU) as a measure of the level of detail in land use, land cover, and soils maps
- Illustrate the distinctions between spatial resolution, thematic resolution, and temporal resolution

GD6-4 Precision

- In terms of ground area, calculate the uncertainty associated with decimal coordinates specified to three, four, and five decimal places

GD7 Land surveying and GPS

In the U.S., land surveyors are licensed by state governments to produce geospatial data that conforms to legal accuracy standards. Such standards pertain to property demarcation, construction engineering, and other applications. Land surveyors and geodesists also create and maintain the control networks upon which highly accurate positioning depends. GPS is supplanting electro-optical methods for point positioning in surveying, mapping, and navigation.

GD7-1 Survey theory and electro-optical methods

- Apply coordinate geometry to calculate positions in a coordinate system grid based on control point locations and measured angles and distances
- Explain how electronic distance measurement instruments work
- Define the concepts ellipsoidal (or geodetic) height, geoidal height, and orthometric elevation
- Illustrate the relationship between the concepts of ellipsoidal (or geodetic) height, geoidal height, and orthometric elevation
- Given the elevation of a control point above a vertical datum, calculate the elevation of a second point by differential leveling

GD7-2 Land records

- Distinguish between topological fidelity and geometric accuracy in the context of a plat map
- Evaluate the difference in accuracy requirements for deeds systems versus registration systems
- Exemplify and compare deed descriptions in terms of how accurately they convey the geometry of a parcel
- Distinguish between GIS, LIS, and CAD/CAM in the context of land records management

GD7-3 Global Positioning System

- Explain how GPS receivers calculate coordinate data
- Perform differential correction of GPS data using reference data from a CORS station
- List, define, and rank the sources of error associated with GPS positioning
- Explain the relevance of the concept of trilateration to both GPS positioning and control surveying
- Specify the features of a GPS receiver that is able to achieve geometric accuracies of less than one centimeter without post-processing
- Discuss the relationship of GPS to the Global Satellite Navigation System

GD8 Digitizing

Encoding vector points, lines, and polygons by tracing map sheets on digitizing tablets has diminished in importance since the early years of GI S&T, but remains a useful technique for incorporating historical geographies and local knowledge. “Heads-up” digitizing using digital imagery as a backdrop on-screen is a standard technique for editing and updating GIS databases. See also GD5-4 about georegistering imagery and maps before digitizing them.

GD8-1 Tablet digitizing

- Digitize and georegister a specified vector feature set to a given geometric accuracy and topological fidelity thresholds using a given map sheet, digitizing tablet, and data entry software.

GD8-2 On-screen digitizing

- Outline a workflow that can be used to train a new employee to update a county road centerlines database using digital aerial imagery and standard GIS editing tools.

GD8-3 Scanning and automated vectorization techniques

- Outline the process of scanning and vectorizing features depicted on a printed map sheet using a given GIS software product, emphasizing issues that require manual intervention

GD9 Field data collection

Field data collection involves the in situ measurements of physical and demographic phenomena occurring at or near the earth's surface at particular locations and times.

GD9-1 Sample size selection

- Determine the minimum number and distribution of point samples for a given study area and as given statistical test of thematic accuracy
- Assess the practicality of statistically reliable sampling in a given situation
- Determine minimum homogeneous ground area for particular scale and analysis
- Describe how spatial autocorrelation influences selection of sample size and sample statistics

GD9-2 Spatial sample types

- Design point, transect, and area sampling strategies for given applications
- Differentiate among random, systematic, stratified random, and stratified systematic unaligned sampling strategies
- Differentiate between situations in which one would use stratified random sampling and systematic sampling

GD9-3 Sample intervals

- Identify the fundamental principle of the sampling theorem for specifying a sampling rate or interval
- Identify some fundamental temporal patterns that might arise in oceanography
- Discuss what sampling intervals should be used to investigate some of the fundamental temporal patterns that might arise in oceanography
- Propose a sampling strategy considering a variable range in autocorrelation distances for a variable

GD9-4 Field data technologies

- Identify the measurement framework that applies to moving object tracking

- Considering the measurement framework applied to moving object tracking, identify which of the dimensions of location, attribute, and time is fixed, which is controlled, and which is measured
- Describe a real or hypothetical application of a sensor network in field data collection
- Outline a combination of positioning techniques can be used to support location-based services in a given environment

GD9-5 Automation techniques for field data collection

- Explain the advantage of real-time kinematic GPS in field data collection
- Describe an application of hand-held computing for field data collection

GD10 Aerial surveys and photogrammetry

Since the 1940s aerial imagery has been the primary source of detailed geospatial data for extensive study areas. Photogrammetry is the profession concerned with producing precise measurements from aerial imagery.

GD10-1 Nature of aerial image data

- Explain the phenomenon that is recorded in an aerial image
- Compare and contrast digital imaging and photographic imaging
- Explain the significance of “bit depth” in aerial imaging
- Differentiate oblique and vertical aerial imagery
- Describe the location and geometric characteristics of the “principal point” of an aerial image
- Recognize the distortions and implications of relief displacement and radial distortion in an aerial image
- Transform aerial imagery to correct distortions
- Calculate the nominal scale of a vertical aerial image

GD10-2 Platforms and sensors

- Compare common sensors—including LIDAR, and airborne panchromatic and multispectral cameras and scanners—in terms of spatial resolution, spectral sensitivity, ground coverage, and temporal resolution

GD10-3 Aerial image interpretation

- Describe the elements of image interpretation
- Delineate land use/land cover classes on a vertical aerial image

GD10-4 Stereoscopy and orthophotography

- Explain the relevance of the concept “parallax” in stereoscopic aerial imagery
- Outline the sequence of tasks involved in generating an orthoimage from a vertical aerial photograph

- Evaluate the advantages and disadvantages of photogrammetric methods and LIDAR for production of terrain elevation data
- Specify the technical components of an aerotriangulation system

GD10-5 Mission planning

- Plan an aerial imagery mission in response to a given RFP and map of a study area, taking into consideration vertical and horizontal control, atmospheric conditions, time of year, and time of day

GD11 Satellite and shipboard remote sensing

Satellite-based sensors enable frequent mapping and analysis of very large areas. Many sensing instruments are able to measure electromagnetic energy at multiple wavelengths, including those beyond the visible band. Satellite remote sensing is a key source for regional- and global-scale land use and land cover mapping, environmental resource management, mineral exploration, and global change research. Shipboard sensors employ acoustic energy to determine seafloor depth or to create imagery of the seafloor or water column.

GD11-1 Nature of multispectral image data

- Explain the concepts of spatial resolution, radiometric resolution, and spectral sensitivity
- Draw and explain a diagram that depicts the key bands of the electromagnetic spectrum in relation to the magnitude of electromagnetic energy emitted and/or reflected by the Sun and Earth across the spectrum
- Draw and explain a diagram that depicts the bands in the electromagnetic spectrum at which Earth's atmosphere is sufficiently transparent to allow high-altitude remote sensing

GD11-2 Platforms and sensors

- Compare common sensors by spatial resolution, spectral sensitivity, ground coverage, and temporal resolution [e.g., AVHRR, MODIS (intermediate resolution ~500 m, high temporal) Landsat, commercial high resolution (Ikonos and Quickbird); LIDAR and microwave (Radarsat, SIR-A & -B); hyperspectral (AVRIS, Hyperion)]
- Differentiate “push-broom” and “cross-track” scanning technologies
- Explain the principle of multibeam bathymetric mapping
- Evaluate the advantages and disadvantages of airborne remote sensing versus satellite remote sensing
- Evaluate the advantages and disadvantages of acoustic remote sensing versus airborne or satellite remote sensing for seafloor mapping
- Select the most appropriate remotely sensed data source for a given analytical task, study area, budget, and availability.

GD11-3 Algorithms and processing

- Differentiate supervised classification from unsupervised classification
- Produce pseudocode for common unsupervised classification algorithms including chain method, ISODATA method, and clasificación

- Perform a manual unsupervised classification given a two-dimensional array of reflectance values and ranges of reflectance values associated with a given number of land cover categories.
- Calculate a set of filtered reflectance values for a given array of reflectance values and a digital image filtering algorithm
- Describe a situation in which filtered data is more useful than the original unfiltered data
- Describe the sequence of tasks involved in the geometric correction of the AVHRR Global Land Dataset
- Compare object-based segmentation classification with pixel-based methods
- Explain how to enhance contrast of reflectance values conglomerated within a narrow band of wavelengths
- Describe an application of hyperspectral image data

GD11-4 Ground verification and accuracy assessment

- Explain how U.S. Geological Survey scientists and contractors assess the accuracy of the National Land Cover Dataset
- Evaluate the thematic accuracy of a given soils map

GD11-5 Applications and settings

- Outline a plausible workflow used by MDA Federal (formerly EarthSat) to create the high-resolution GEOCOVER global imagery and GEOCOVER-LC global land cover datasets.
- Outline a plausible workflow for habitat mapping, such as the benthic habitat mapping in the main Hawaiian Islands as part of the NOAA Biogeography program.
- Describe how sea surface temperatures are mapped
- Explain how sea surface temperature maps are used to predict El Niño events

GD12 Data standards and infrastructures

Governments and businesses alike invest large sums to produce the geospatial data on which much of their operations depend. To maximize returns on these investments, organizations seek to minimize redundancies and facilitate reuse of data resources. One way to achieve efficiencies is to standardize the methods by which organizations encode, structure, document, and exchange geospatial data. See also DM9 about metadata, OI 5 about data sharing, and GS6/OI6 about coordination initiatives.

GD12-1 Metadata principles

- Define “metadata” in the context of the geospatial data set
- Explain the ways in which metadata increases the value of geospatial data
- Compare and contrast the primary U.S. and international bodies and standards concerned with geospatial metadata
- Outline the elements of the U.S. geospatial metadata standard
- Interpret the elements of an existing metadata document
- Create a geospatial metadata document for a digital database you created (perhaps by vector digitizing as described in GD8-1)

- Explain why metadata production should be integrated into the data production and database development workflows, rather than as an ancillary activity
- Describe the functions that gazetteers support

GD12-2 Content standards

- Differentiate between a controlled vocabulary and an ontology
- Describe a domain ontology or vocabulary – i.e., land use classification systems, surveyor codes, data dictionaries, place names, or benthic habit classification system –
- Describe how a domain ontology or vocabulary facilitates data sharing
- Define “thesaurus” as it pertains to geospatial metadata
- Describe the primary focus of the following content standards: FGDC, Dublin Core Metadata Initiative, and ISO 19115
- Differentiate between a content standard and a profile
- Describe some of the profiles created for the FGDC standard

GD12-3 Exchange specifications

- Explain the purpose, history, and status of the Spatial Data Transfer Standard (SDTS)
- Describe the characteristics of the Geography Markup Language (GML)
- Identify different levels of information integration
- Identify the level of integration at which the Geography Markup Language (GML) operates
- Describe the geospatial elements of Earth science data exchange specifications, such as the Ecological Metadata Language (EML), Earth Science Markup Language (ESML), and Climate Science Modeling Language (CSML)

GD12-4 Transport protocols

- Explain the relevance of transport protocols to GI S&T
- Describe the characteristics of the Simple Object Access Protocol (SOAP)
- Describe the characteristics of the Z39.50 protocol
- Describe the characteristics of the Open Digital Libraries (ODL) protocol
- Describe the characteristics of the Open Digital Resource Description Framework (RDF) protocol
- Describe the characteristics of the Open Data Access Protocol (OpenDAP)
- Describe the characteristics of the Web Ontology Language (OWL)
- Describe the characteristics of the Global Change Master Directory (GCMD)

GD12-5 Spatial Data Infrastructures

- Explain the vision, history, and status of the U.S. National Spatial Data Infrastructure
- Explain the vision, history, and status of the U.S. National Map
- Compare U.S. initiatives to the European Geographic Information Infrastructure

- Explain the vision, history, and status of the Global Spatial Data Infrastructure

GD Key readings

- Burrough, Peter and McDonnell, Rachel (1998) *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press.
- Chrisman, Nicholas (2002) *Exploring Geographic Information Systems* (2nd Ed.) New York: Wiley.
- Conglaton, Russell and Green, Kass (1998) Assessing the Accuracy of Remotely Sense Data: Principles and Practices.
- Goodchild, Michael (1992) Geographical Information Science. *International Journal of Geographic Information Systems* 6:1, 31-45.
- Jensen, John (2004) *Introductory Digital Image Processing* (3rd Ed.) Prentice Hall.
- Lillesand, Thomas and Kiefer, Ralph (2003) *Remote Sensing and Image Interpretation* (5th Ed.), New York: Wiley.
- Longley, Paul, Goodchild, Michael, Maguire, David, and Rhind, David (1999) *Geographical Information Systems*, (Volumes 1 and 2), 2nd Ed. Chichester: Wiley.
- Muehrcke, Phillip and Muehrcke, Juliana O. (2001), *Map Use*, 4th Revised Ed. JP Publications.
- Van Sickle, Jan (2001) *GPS for Land Surveyors*. New York: Taylor & Francis.
- Walford, Nigel (2002) *Geographical Data: Characteristics and Sources*. Chichester: Wiley.
- Moellering, Harold (Ed.) (2005) *World Spatial Metadata Standards*. Elsevier.
- Wolf and Ghilani (2006) *Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics* (11th Ed.) Prentice Hall.

GS. C+T IG y sociedad

Geographic Information Science and Technology exists to serve the needs of society, but it is not a panacea. The history of its development is the sum of fragmented efforts, still not fully integrated. Its potential benefits are often constrained by several factors.

Institutional and economic factors limit access to data, technology, and expertise by some of those who need it to make better decisions. Organizations invest in GI S&T when estimated benefits outweigh estimated costs, but evaluating costs and benefits is difficult and too often leads to nothing being done. For some individuals and groups, costs are prohibitive even though potential benefits are compelling.

Laws sometimes protect us, but too often constrain what is possible. Legal regimes determine who can claim the exclusive right to hold and use geospatial data, the conditions under which others may have access to the data, and what subsequent uses are permitted. Political struggles arise from conflicting proprietary and public interests about who benefits from geospatial information, and how the power to allocate the use of this information is, or should be, distributed among members of a society. The need to choose among conflicting interests sometimes poses ethical dilemmas for GI S&T professionals.

Various local and national organizations exist to address these issues and promote the wise use of geospatial technology. The success of these organizations in helping to fulfill the potential of GI S&T to improve the quality of life depends upon the participation and cooperation of GI S&T professionals and the public.

Because so many public agencies and private organizations rely upon GI S&T for planning, decision-making, and management, GI S&T increasingly affects and directs daily life. Critical approaches to understanding the role of GIS in society equip practitioners to employ GI S&T reflectively. The critical approach specifically questions the assumptions and premises that underlie the economic, legal, and political regimes and institutional structures within which GI S&T is implemented

GS1 Legal aspects of geospatial information and technology

Legal problems can arise when geospatial information is used for land management. Geospatial professionals may be liable for harm that results from flawed data or the misuse of data. Understanding of contract law and liability standards is essential to mitigate risks associated with the provision of geospatial information products and services.

GS1-1 The legal regime

- Discuss ways in which the geospatial profession is regulated under the U.S. legal regime
- Contrast and contrast the relationship of the geospatial profession and the U.S. legal regime with similar relationships in other countries

GS1-2 Contract law and geospatial information

- Differentiate “contracts for service” from “contracts of service”
- Identify the liability implications associated with contracts
- Discuss potential legal problems associated with licensing geospatial information

GS1-3 Liability and geospatial information

- Describe the nature of tort law generally and nuisance law specifically
- Differentiate among contract liability, tort liability, and statutory liability
- Describe cases of liability claims associated with misuse of geospatial information, erroneous information, and loss of proprietary interests
- Describe strategies for managing liability risk, including disclaimers and data quality standards

GS1-4 Privacy and geospatial information

- Discuss the status of the concept of “privacy” in the U.S. legal regime
 - Explain how data aggregation is used to protect personal privacy in data produced by the U.S. Census Bureau
 - Explain how conversion of land records data from analog to digital form increases risk to personal privacy
 - Compare and contrast geographic information technologies that are privacy-invasive, privacy-enhancing, and privacy-sympathetic
 - Explain the argument that human tracking systems enable “geoslavery”
-

GS2 Economic aspects of geospatial information and technology

Investments in geospatial information systems must be justified. Quantifying the value of information, and of information systems, however, is not a straightforward matter.

GS2-1 Economics and the role of information

- Discuss the general role of information in economics
- Describe the role of economics in public and private production
- Describe the role of economics in the use of geospatial information

GS2-2 Valuing and measuring benefits

- Distinguish between operational, organizational, and societal activities that rely upon geospatial information
- Describe the potential benefits of geospatial information in terms of efficiency, effectiveness, and equity
- Identify practical problems in defining and measuring the value of geospatial information in land or other business decisions
- Compare and contrast the evaluation of benefits at different scales (e.g., national, regional /state, local)

GS2-3 Models of benefits

- Describe recent models of the benefits of GI S&T applications
- Discuss the extent to which external costs and benefits enhance the economic case for GIS
- Outline the elements of a business case that justifies an organizations' investment in an enterprise geospatial information infrastructure

GS2-4 Agency, organizational, and individual perspectives

- Describe perspectives on the nature and scope of system benefits among agency officials, organizational personnel, and citizens

GS2-5 Measuring costs

- Outline the categories of costs that an organization should anticipate as it plans to design and implement a GIS
- Explain how the saying “developing data is the largest single cost of implementing GIS” could be true for an organization that is already collecting data as part of its regular operations
- Outline sources of additional costs associated with development of an enterprise GIS
- Describe some non-fiduciary barriers to GIS implementation
- Summarize what the literature suggests as means for overcoming some of the non-fiduciary barriers to GIS implementation

GS3 Public use of geospatial information

Government represents the largest sector of the geospatial industry. Government agencies at local, state, and federal levels depend on geospatial data for many activities, including public policy formulation. Public participation in GIS offers the potential to strengthen democratic societies by engaging local knowledge.

GS3-1 Major uses of geospatial information and of land information

- Describe common uses of geospatial information in governance, including ethical, security, aesthetic/scientific, and management uses

GS3-2 The role of land information in land administration

- Identify the sources of geospatial and other data and information in the allocation of land and its resources
- Explain the role of geospatial and other data and information in the allocation of land and its resources
- Describe the kinds of land information that local governments create and maintain routinely, highlighting those kinds of data that are amenable to management and analysis with GIS
- Describe the roles of federal government in the creation, dissemination, and use of geospatial data about land resources.
- Describe the extent to which federal government activities complement or conflict with land information administered by state and local governmental agencies and private organizations
- Explain how geospatial information might be used in a taking of private property through a government’s exercise of its right of eminent domain
- Explain how geospatial information may be used to justify a taking of private property for a different private use of greater economic value

GS3-3 Public participation in legislating and administering

- Describe the administrative process that involves interested parties in land use, resource allocation, and other planning decisions
- Describe Arnstein’s Ladder of Participation
- Identify the point on Arnstein’s Ladder of Participation at which citizens begin to have a chance to affect various actors and agencies involved in land use decisions

- Differentiate among universal/deliberative, pluralist/representative, and participatory models of citizen participation in governance
- Differentiate grassroots participation and community-initiated GIS from the broader field of public participation GIS
- Defend or refute the contention that grassroots participation and community-initiated GIS accentuate the development of alternative ways of conceptualizing geographic information and the adaptation of new geographic technologies

GS3-4 Individual, group, and societal perspectives

- Propose a strategy for soliciting “local knowledge” about a given land management issue
- Describe the problem of distilling the spatial aspect of local knowledge
- Explain how, and how well, local knowledge may be represented in a GIS
- Exemplify a case in which local knowledge played a role in land use, resource allocation, and other planning decisions
- Speculate on how local knowledge concerning a decision to locate a controversial land use (e.g., retail megastore, strip mall, strip mine, or halfway house) may vary by community
- Explain how citizen participation improves local government planning processes and outcomes

GS4 Control of geospatial information

The nature of information in general, and the characteristics of geospatial information in particular, make it an unusual and difficult subject for a legal regime that seeks to establish and enforce the type of exclusive control associated with other commodities. Geospatial information is in many ways unlike the kinds of works that intellectual property rights were intended to protect. Still, organizations can, and do, assert proprietary interests in geospatial information. Perspectives on geospatial information as property vary between the public and private sectors and between different countries.

GS4-1 Property regimes

- Explain the legal concept “property regime”
- Describe organizations’ and governments’ incentives to treat geospatial information as property
- Describe the difficulties involved in making information into a legally controlled object
- Argue for, and against, the treatment of the characteristics of geospatial information as a commodity
- Outline arguments for and against the notion of information as a public good
- Compare and contrast the U.S. federal government’s policy regarding rights to geospatial data with similar policies in other countries
- Compare and contrast the consequences of different national policies about rights to geospatial data in terms of the real costs of spatial data, its coverage, accuracy, uncertainty, reliability, validity and maintenance

GS4-2 Mechanisms of control of geospatial information

- Distinguish among the various intellectual property rights, including copyright, patent, trademark, business methods, and other rights

- Differentiate geospatial information from other “works” protected under copyright law
- Explain how maps may be protected under U.S. copyright law
- Explain how databases may be protected under U.S. copyright law
- Describe advantages and disadvantages of “open” alternatives to copyright protection, such as the Creative Commons
- Outline the intellectual property protection clause of a contract that a local government uses to license geospatial data to a community group

GS4-3 Enforcing control of geospatial information

- Explain the concept of “fair use” with regard to geospatial information
- Identify types of copyright infringement
- Describe defenses against various claims of copyright infringement
- Discuss ways in which copyright infringements may be remedied

GS5 Dissemination of geospatial information

Geospatial data are abundant, but access to data varies with the nature of the data, who wishes to acquire it and for what purpose, under what conditions, and at what price. Legal relations between public and private organizations and individuals govern data access.

GS5-1 Incentives and barriers to sharing geospatial information

- Describe political, economic, administrative, and other social forces in agencies, organizations, and citizens that inhibit or promote sharing of geospatial and other data

GS5-2 Data sharing among public and private agencies, organizations, and individuals

- Describe formal and informal arrangements that promote geospatial data sharing (FGDC, ESDI, memoranda of agreements, informal access arrangements, targeted funding support, etc.)
- Discuss the political dimensions of data sharing and exchange

GS5-3 Legal mechanisms for sharing geospatial information

- Describe contracts, licenses, and other mechanisms for sharing general data
- Outline the terms of a licensing agreement with a local engineering consulting firm that a manager of a county government GIS office would employ if charged to recoup revenue through sale and licensure of county data

GS5-4 Balancing security and open access to geospatial information (See also OI1 and OI4)

- Identify forces that influence confidentiality and open access in the institutional and economic circumstances that exist for organizations and agencies
- Describe the practices driven by the forces that influence confidentiality and open access in the institutional and economic circumstances that exist for organizations and agencies

GS6 Ethical aspects of geospatial information and technology

Ethics provide a logical framework for making “good” decisions. Most professional organizations develop codes of ethics to help their members do the right thing, preserve their good reputation in the community, and help their members develop as a community.

GS6-1 Ethics and geospatial information

- Describe a variety of philosophical frameworks upon which codes of professional ethics may be based
- Discuss the ethical implications of a local government’s decision to charge fees for its data
- Exemplify a scenario in which you would find it necessary to report misconduct by a colleague or friend
- Describe the individuals or groups to which GI S&T professionals have ethical obligations

GS6-2 Codes of ethics for geospatial professionals

- Compare and contrast the ethical guidelines promoted by the GIS Certification Institute (GISCI) and the American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS)
- Describe the sanctions imposed by ASPRS and GISCI on individuals whose professional actions violate the Codes of Ethics
- Explain how one or more obligations in the GIS Code of Ethics may conflict with organizations’ propriety interests
- Propose a resolution to a conflict between an obligation in the GIS Code of Ethics and organizations’ propriety interests

GS7 Critical GIS

Critical GIS refers to research, education, and practice informed by various perspectives – including, but not limited to, the critical history of GIS, feminist GIS, post-colonial GIS, post-structuralist GIS, public participation GIS, qualitative GIS, the social construction of GIS, and society and GIS.

GS7-1 Critical approaches

- Explain what is meant by a “critical approach”
- Defend or refute the contention that critical approaches are necessarily antagonistic to the status quo
- Describe current GIS applications that build upon a critical perspective
- Defend or refute the contention that critical studies have an identifiable influence on the development of the information society in general and in GIScience in particular

GS7-2 Critical perspectives on public and private organizations, agencies, and individuals

- Describe the acquisition, representation, and use of spatial information in one federal agency (private firm, local authority) from the perspectives of a taxpayer, a community organization, and a member of a minority group
- Defend or refute the contention that GIS is “socially constructed”

- Discuss the role of scale in the social construction of GIS
- Explain how a tax assessor's office adoption of GI S&T may affect power relations with citizens and other stakeholders
- Explain the argument that GIS is a hegemonic technology in light of the ways it is capable of representing reality
- Describe the extent to which contemporary GI S&T supports diverse ways of understanding the world
- Defend or refute the argument that GI S&T is disadvantageous for women

GS7-3 The relationship between efficiency, equity & ethics

- Assess the extent to which the economic and societal (efficiency) determinants and consequences of the use of spatial information is counterbalanced by attention to ethical, privacy, and equity implications
- Describe the use of GIS from a political ecology point of view (e.g., consider the use of GIS for resource identification, conservation, and allocation by an NGO in Sub-Saharan Africa)
- Discuss Mayo's argument that technology adoption combines of the "push of technology" and the "pull of society" constrained by technical and social gates that limit which technologies are adopted
- Describe situations in which Mayo's idealized argument about technology adoption may not apply
- Describe ways in which GIS contributes to increased opportunity within society, while at the same time contributing to the digital divide

GS Key readings

- Cho, George (2005) *Geographic Information Science: Mastering the Legal Issues*. Chichester, England: John Wiley and Sons.
- Craig, William J., Harris, Trevor M., and Weiner, Daniel (Eds) (2002) *Community Participation and Geographic Information Systems*. Taylor and Francis.
- Curry, Michael (1998) *Digital Places: Living With Geographic Information Technologies*, Routledge, London
- Foresman, Timothy (1998) *The History of Geographic Information Systems*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Elmes, Gregory, and others (2004) *GIS and Society: Interrelation, Integration, and Transformation*. In McMaster, Robert, and Uery, Lynn (Eds), *A Research Agenda for Geographic Information Science*. Pp 287-312. CRC Press, Boca Raton, FL
- Gillespie, S.R., ed. (2000) *Determining, Measuring, and Analyzing the Benefits of GIS*, Park Ridge IL: Urban and Regional Information Systems Association.
- Mayo, J.S. (1985) The Evolution of Information Technologies in Guile, B.R., *Information Technologies and Social Transformation*, Washington D.C.: National Academy Press, pp 7-33.
- Mei-Po Kwan, (2002) Feminist Visualization: Re-envisioning GIS as a Method in Feminist Geographic Research. *Annals of the Association of American Geographers* Vol 92: Issue 4, 645-661

- Onsrud, Harlan J. and Rushton, G. (eds.) (1995), *Sharing Geographic Information*, New Brunswick, NJ: Center for Urban Policy Research.
- Pickles, John, ed. (1995) *Ground Truth: The Social Implications of Geographic Information Systems*, New York, London: The Guilford Press.
- Schuurman, Nadine. (2000) Trouble in the heartland: GIS and its critics in the 1990s. *Progress in Human Geography*, 22, pp. 569-590.
- Sheppard, Eric (2001) GIS: Critical approaches. In N. Smelser and P. Baltes (eds) *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences*. Amsterdam: Elsevier Science.
- Tulloch, D.L. and Epstein, E., (2002) Benefits of Community MPLIS: Efficiency, Effectiveness, and Equity. *Transactions in Geographic Information Systems*, 6 (2): 195-212.
- Tulloch, D.L., Epstein, E.F., Moyer, D.D., Niemann, B.J., Ventura, S.J. and Chenoweth, R., (1998) *GIS and Society: A Working Paper*, Land Information and Computer Graphics Facility, College of Agricultural and Life Sciences, University of Wisconsin-Madison, Madison, WI.

OI. Aspectos organizativos e institucionales

This knowledge area addresses those organizational and institutional aspects of GI S&T activities that go beyond GI S&T to systems design and implementation, including the overall management of those tasks within an organizational context. Many of these subjects are drawn from or are characteristic of non-GI S&T tasks, so the emphasis is upon basic principles and the adaptations required by GIS & T.

The distinctions between GI S&T and GI systems, programs, and projects are important in this knowledge area. In particular, a GI system – such as an enterprise GIS in a local government – is a specific, semi-closed system of hardware and software, people, policies and procedures with defined interfaces and expansion guidelines. One important aspect of the current knowledge area is the ability to recognize, define, and develop such a GI System, program, or project for a specific organization or application or to coordinate activities between organizations. Therefore, in the suggested unit breakdown the terms GI system, program, project and enterprise will be used where appropriate and distinct from GI S&T in general. Some units or topics that are not included here that relate to use of GI S&T (ethical, legal, societal) are part of the GIS and Society knowledge area.

OI1 Historical and future trends in organizational and institutional aspects

Organizations can learn from the experiences (successes and failures) by other similar organizations. Organizations also need to understand the rapid change of technology and needs to continue successful GI S&T. This area includes a trend to move from “Enterprise GIS” toward integrated business applications within, across and between organizations. The impact of these trends is that spatial knowledge is embedded in the information processing of a system versus a “semi-closed system of hardware, software, people and policies.”

OI1-1 Historic overview of OI

- Explain how knowledge of the history of the development of enterprise GIS can aid in an implementation process
- Identify seminal works in the field
- Describe the contributions of seminal works in the field

OI1-2 Future trends for OI

- Identify future trends in computer science and information technology as they relate to GI system designs in organizations
- Assess the impact of technology convergence, such as spatial technologies with Web services, wireless and grid computing
- Utilize resources (conferences, journals, etc.) to keep up to date on ongoing research in the field

OI2 Managing the GI system operations and infrastructure

This unit addresses the main tasks and issues involved in managing GI system implementation and operations within an organization. The emphasis is on understanding basic approaches and models and adapting them appropriately to a specific organization and its GI S&T needs and activities. Perspectives on developing and managing GI system assets and infrastructure are also important. This unit is closely related to DE2 Project Definition, DE3 Resource Planning, and DE7 System Implementation, which cover the initial budgeting and management tasks during the design and implementation of systems

OI2-1 Ongoing system design and revision

- Evaluate the efficiency and effectiveness of an existing enterprise GI System
- List improvements that may be made to the design of an existing GI System

- Evaluate the needs for spatial data sources including currency, accuracy and access, specifically addressing issues related to financial costs, sharing arrangements, online/realtime, and transactional processes
- Develop a plan for user feedback and self-evaluation procedures
- Evaluate internal spatial data sources
- Develop a budget for ongoing re-design and system improvement

OI2-2 Budgeting for geospatial system management

- Describe various approaches to the long-term funding of a GI system in an organization
- Discuss the advantages and disadvantages of maintenance contracts for software, hardware, and data
- Evaluate the adequacy of current investments in capital (facilities, hardware, software) and labor for a GI system
- Justify changes to the investment in an enterprise GI system, including both cutbacks and increased expenses
- Describe methods to evaluate the return on investment (ROI) of a GI system within an organization

OI2-3 Database administration

- Explain how validation and verification processes can be used to maintain database integrity
- Summarize how data access processes can be a factor in development of an enterprise GI System implementation
- Describe how using standards can affect implementation of a GI System
- Describe effective methods to get stakeholders to create, adopt, or develop and maintain metadata for shared datasets

OI2-4 System management

- Illustrate how system management includes understanding people
- Illustrate how the way people do their jobs can affect system management
- Describe methods of articulating user needs to internal technical support staff

OI2-5 User support

- Illustrate how the failure of successfully engaging user support can affect the outcome of a GI system implementation project
- Develop a plan to provide user support to aid in the implementation process

OI2-6 Integrating GI S&T with an organization's existing IT infrastructure and business processes

- Describe the issues that have to be considered with relation to personnel, hardware and software with integration

- Exemplify the issues that have to be considered with relation to personnel, hardware and software with integration

OI3 Organizational structures and procedures

GI S&T implementation and use within an organization often involves a variety of participants, stakeholders, users and applications. Organizational structures and procedures address methods for developing, managing, and coordinating these multi-purpose, multi-user GI systems and programs. Although topics refer to structures, the related procedures are equally important

OI3-1 Organizational models for GI system management

- Explain how GI S&T can be an integrating technology
- Analyze how using GI S&T as an integrating technology affects different models of management
- Describe how GI S & T can be used in the decision-making process in organizations dealing with natural resource management, business management, public management or operations management
- Differentiate an enterprise system from a department-centered GI system
- Illustrate what functions support or service center can provide to an organization using GI S&T

OI3-2 Organizational models for coordinating GI systems and/or program participants and stakeholders

- Describe the stages of two different models of implementing a GI system within an organization
- Describe different organizational models for coordinating GI S&T participants and stakeholders
- Compare centralized, federated, and distributed models for managing information infrastructures
- Describe the roles and relationships of GI S&T support staff
- Exemplify how to make GI S&T relevant to top management

OI4 GI S&T workforce themes

This unit addresses GI S&T staff and workforce issues within an organization, particularly as they relate to ensuring that GI S&T is appropriately used and supported. Broader GI S&T workforce and professional issues are addressed in Knowledge Area GS.

OI4-1 GI S&T staff development

- Outline methods (programs or processes) that provide effective staff development opportunities for GI S&T
- Describe issues that may hinder implementation and continued successful operation of a GI system if effective methods of staff development are not included in the process

OI4-2 GI S&T positions

- Explain why it has been difficult for many agencies and organizations to define positions and roles for GI S&T professionals

OI4-3 GI S&T training and education

- Find or create training resources
- Identify the particular skills necessary for users to perform tasks
- Teach necessary skills for users to successfully perform tasks
- Illustrate methods that are effective in providing opportunities for education and training when implementing a GIS in a small city
- Compare and contrast training methods utilized in a non-profit to those employed in a local government agency

OI4-4 Incorporating GI S&T into existing job classifications

- Explain how resistance to change and the need to standardize operations when trying to incorporate GI S&T can effect inclusion into existing job classifications
- Select two effective methods of overcoming resistance to change
- Illustrate how methods for overcoming resistance to change can aid implementation of a GI S&T

OI5 Institutional aspects

Institutional aspects related to GI S&T activities within an organization. Additional institutional aspects are covered in Knowledge Area GS (ethical, legal and societal).

OI5-1 Spatial data infrastructures

- Explain how clearing houses, metadata, and standards can help facilitate spatial data sharing
- Explain how privacy and commoditization of data impacts spatial data infrastructures

OI5-2 Adoption of standards

- Explain how resistance to change affects the adoption of standards in an organization coordinating a GI System
- Compare and contrast the impact of time for developing consensus-based standards with immediate operational needs
- Explain how a business case analysis can be used to justify the expense of implementing consensus-based standards
- Identify standards that are used in GI S&T

OI5-3 Technology transfer

- Explain how an understanding of other organizations use of current and proposed technology can aid in implementing a GI system

OI5-4 Spatial data sharing among organizations

- Describe methods used by organizations to facilitate data sharing
- Describe the barriers to information sharing

OI5-5 Balancing data access, security, and privacy (see also GS Knowledge Area)

- Exemplify areas where post-9/11 changes in policies have restricted or expanded data access
- Assess the affect of restricting data in the context of the availability of alternate sources of data

OI5-6 Implications of distributed GI S&T

- Describe the advantages and disadvantages to an organization in using GIS portal information from other organizations
- Describe how interorganization GIS portals may impact issues related to social equity, privacy and data access
- Discuss how distributed GI S&T may affect the nature of organizations and relationships among institutions.
- Suggest the possible societal and ethical implications of distributed GI S&T.

OI6 Coordinating organizations

A number of organizations exist to coordinate, inform, and support the activities of professionals and organizations involved in GI S&T. Practitioners should be familiar with the missions, histories, constituencies, modes of operation, products, and levels of success of these organizations.

OI6-1 Inter-institutional organizations (including governmental, non-governmental and private)

- Discuss the mission, history, constituencies, and activities of the FGDC
- Discuss the mission, history, constituencies, and activities of governmental entities such as the BLM, USGS, USFS, and NELS as they related to support of professionals and organizations involved in GI S&T
- Identify National Science Foundation programs that support GI S&T research and education
- Discuss the mission, history, constituencies, and activities of the National Academies of Science Mapping Science Committee.
- Discuss the mission, history, constituencies, and activities of UCGIS, NCGIA, AGILE and EUGISES
- Discuss the mission, history, constituencies, and activities of GeoSpatial One Stop
- Discuss the mission, history, constituencies, and activities of the USGS and its National Map vision
- Outline the principle concepts and goals of the “digital earth” vision articulated in 1998 by Vice President Al Gore
- Describe the various realizations of Gore’s “digital earth” vision at the beginning of the 21st century

OI6-2 State and regional coordinating bodies

- Discuss the mission, history, constituencies, and activities of your state GIS Council and related formal and informal bodies
- Discuss the mission, history, constituencies, and activities of NSGIC

- Describe how state GIS councils can be used in enterprise GI S&T implementation processes
- Discuss how informal and formal regional bodies (e.g., Metro GIS) can help support GI S&T in an organization

OI16-3 Professional organizations

- Compare and contrast the missions, histories, constituencies, and activities of professional organizations including AAG, ACSM, ASPRS, GITA, MAPPS, and URISA
- Discuss the mission, history, constituencies, and activities of the GIS Certification Institute
- Identify conferences that are related to GI S&T hosted by professional organizations

OI16-4 Publications

- Describe the leading trade journals serving the GI S&T community
- Describe the leading academic journals serving the GI S&T community
- Identify journals and trade magazines that are useful to entities implementing GI S&T
- Select association and for-profit journals that are useful to entities managing enterprise GI systems

OI16-5 The geospatial community

- Discuss the value or impact of participation in societies, conferences, and informal communities to entities managing enterprise GI systems
- Describe possible benefits to an organization by participating in a given society that is related to GI S&T

OI16-6 The geospatial industry

- Describe the U.S. market for GI S&T software, hardware, and services
- Discuss the mission, history, constituencies and activities of user conferences hosted by software vendors
- Discuss the roles traditionally performed by software vendors in developing professionals in GI S&T
- Discuss the history of major geospatial-centric companies, including software, hardware, and data vendors

OI Key readings

- Birkin, M., G. Clarke, M. Clarke and A. Wilson. Intelligent GIS: Locations Decisions and Strategic Planning, in: *International Planning Studies*, Taylor & Francis Group, V. 5, No. 1, Feb. 1, 2000.
- Carr, T. R., (2003). Geographic information systems in the public sector. *Public Information Technology: policy and management issues*, Idea Group Publishing, Hershey, PA.
- Gant, Jon and Donald S. Ijams, (2004) Digital Government and geographic information Systems in *Digital government: principles and best practices*, Idea Group Publishing, Hershey, PA.

- McCormick, B. Grant (2003). Developing enterprise GIS for university administration: Organizational and strategic considerations. *New Directions for Institutional Research*, Wiley Periodicals, Inc. Vol. 2003, No. 120, pg. 63-78.
- Nedovic-Budic, Zorica and Jeffrey Pinto, Understanding Interorganizational GIS Activities: A Conceptual Framework, *URISA Journal*, Vol. 11, No. 1, Spring 1999.
- Nedovic-Budic, Zorica. "Geographic Information Science Implications for Urban and Regional Planning." *URISA Journal* 12,2 (Spring 2000) 81-93
- Somers, R. (1998). Developing GIS management strategies for an organization. *Journal of Housing Research*, 9(1), 157-177.
- Tomlinson, Roger - 2005 - Thinking About Gis: Geographic Information System Planning For Managers - ESRI Press

VI. ¿Adónde se dirige el proyecto de Currículos Modelo del UCGIS?

Evolución de la C+T IG

The GI S&T domain (Figure 1) is dynamic. National priorities related to homeland security, emergency management, geospatial intelligence, and health, among others, will continue to drive innovative research and development in GI S&T. The vigor of the Geographic Information Science community is evident in the quantity and quality of its contributions to scholarly publications, in the popularity of its specialist conferences, and in the activities of its professional societies. Meanwhile, civilian applications for GPS and location-based services are creating a mass market for Geospatial Information Technology, even as the demand for innovative technologies and analytical techniques continues to increase among government agencies and private enterprises. Applications of GI S&T are increasing diverse, increasingly critical to organizational missions, and increasingly tightly integrated with organizations' information infrastructures. Applications will continue to drive innovation, to fuel demand for GI S&T products and services, and to pose new ethical challenges for GI S&T professionals and the public. The Body of Knowledge that comprises the GI S&T domain is a moving target.

Evolución de la infraestructura educativa de la C+T IG

The GI S&T education infrastructure will continue to struggle with challenges of recruitment, of capacity, and of effectiveness. Recruiting the next generation of scientists, technologists, and engineers is an urgent priority for the GI S&T domain, as it is in allied fields. The increasing visibility of GI S&T on television, in video games, and on the Internet (e.g., GoogleEarth), combined with the current promotional campaign sponsored by the U.S. Department of Labor, may raise awareness of the excitement and power of GI S&T, and of associated career opportunities. The National Academies of Science report *Learning to Think Spatially* may succeed in raising the profile of GI S&T in primary and secondary school curricula and vocational programs. If so, the numbers of students seeking baccalaureate degrees with specializations in GI S&T may increase. The earlier students are exposed to informal and formal GI S&T education, the more likely they will be prepared to contribute to the GI S&T enterprise at high levels as graduates.

Current federal government investments in two-year institutions seem likely to increase the capacity of the GI S&T education infrastructure to train and re-train GI S&T professionals. At the same time, however, decreasing public support for higher education makes it more difficult for many four-year institutions to respond to the expected increased demand for baccalaureate, graduate, and postbaccalaureate/professional education in GI S&T. While baccalaureate degree programs with specializations in GI S&T seem likely to remain an important mechanism for preparing the future GI S&T workforce, the need to support continuing professional development through practice-oriented certificate and degree programs is also essential. To some extent, the ability of Colleges and Universities to realize new sources of revenue from continuing professional development programs will affect their ability to expand and enrich their core undergraduate programs. Accredited and non-accredited for-profit enterprises seem poised to supply some of the additional capacity that non-profit institutions are unable to provide.

The increasing sophistication of geospatial technologies and applications, and the resulting demands placed upon the GI S&T workforce, pose implications for U.S. national security and competitiveness in global information economy. The next generation of GI S&T scientists, technologists, and engineers will need to possess higher levels of analytical and technical competencies, as well as business and interpersonal competencies, than ever before. Education and training providers of all kinds will be challenged to strengthen both the breadth and depth of their offerings, while also accommodating the needs of older and busier clientele. And as educational outcomes are recognized as critical to society, calls for greater accountability seem sure to follow. The demand for professional certification is already established; demand for more rigorous, standards-based certification may follow. Accreditation of academic programs is currently in the works for geospatial intelligence certificate programs; if successful, it is not unreasonable to expect that similar initiatives will follow in other communities of practice.

In the future, the effectiveness of GI S&T education infrastructure may have less to do with the success of individual programs and institutions, and more to do with successful institutional collaborations. Consortia that enable students and advisors to design individualized curricular pathways that traverse collections of courses offered by multiple institutions – both online and in the classroom – may emerge as one way to increase the capacity and potency of GI S&T education infrastructure. A comparable student exchange initiative, called Erasmus, is already underway in Europe, and alliances like the Worldwide Universities Network have begun to foster “virtual” student-sharing partnerships among institutions based in the U.S., Europe, and beyond.

The Model Curricula vision remains relevant to the evolving GI S&T education infrastructure. A frequently revised GI S&T Body of Knowledge, as well as specifications of the curricular pathways that were envisioned in 2003 Strawman Report, will be needed to help educational institutions respond to needs of the dynamic GI S&T enterprise, and to facilitate relationships that lead to a more integrated and synergistic GI S&T education infrastructure. The following section outlines a series of practicable activities to follow this publication of the first edition of the Body of Knowledge that the editors believe will continue to advance the Model Curricula vision.

Futuros Currículos Modelo considerados como productos y servicios

Program self-assessment A self-assessment instrument for GI S&T certificate and degree programs could be derived from the Body of Knowledge (and with reference to the Geospatial Technology Competency Model for business and interpersonal competencies) in relatively short order. The editors recommend that such an instrument be developed in 2006, and that a sample of educators, trainers, and others who represent a variety of GI S&T application areas, be entrained to perform program assessments by 2007. Assessment results, and implications for the GI S&T curriculum design and the Model Curricula project, might be discussed in a subsequent sponsored workshop that informs improvements to the assessment process. The result of this activity could be a rigorous and transferable methodology for assessing strengths and weaknesses of existing GI S&T programs, for guiding curricular revisions, and for informing faculty hiring procedures. To the extent that is adopted by undergraduate institutions, the methodology has the potential to advance the Model Curricula vision by promoting reflective approaches to GI S&T curriculum development and maintenance.

Resources for professional certification and accreditation initiatives The draft Body of Knowledge presented in the 2003 Strawman Report is currently used to judge the eligibility of educational achievement point claims by applicants to Geographic Information Systems Certification Institute (GISCI). The editors recommend that the UCGIS Education Committee consult with GISCI as soon as possible to revise its procedures with reference to the first edition of the Body of Knowledge. The Body of Knowledge could also serve as a basis for a test (or family of tests) that could be used to increase rigor of certification programs. The Body of Knowledge should also be recommended to ASPRS, for potential use in its Certified Mapping Scientist and Technologist programs, and to USGIF, to inform the accreditation standards and curriculum guidelines it is developing for geospatial intelligence certificate programs.

Exemplar paths The Strawman Report stated that a priority of the Model Curricula project is “to identify in some depth the various paths that individuals can take through the undergraduate portion of the GI S&T curricula” (Marble and others, 2003, p. 27). Given the variety of institutional circumstances in the undergraduate sector of the GI S&T infrastructure, it may not be practical to specify a comprehensive set of paths in a timely fashion. It should be possible, however, to compile a set of exemplar paths based on the experiences of a representative sample of U.S. undergraduate programs. The process might involve selection and recruitment of representative institutions, followed by program self-assessment as sketched above, and should result in an edited volume of essays that describe exemplar pathways leading to a range of educational outcomes. The recommended target date for this publication is 2010.

Second edition of the GI S&T Body of Knowledge A field as dynamic as GI S&T demands frequent revision of its Body of Knowledge. Beginning with release of the complete draft manuscript in November 2005, the editors solicited comments from Advisory Board reviewers as well as from members of the GI S&T community at large. The editors suggest that a new editorial team or Task Force be empanelled within two years to consider methodologies for critique and revision that would lead to a second edition no later than 2012. (A six-year lag is comparable to the average period between the five editions of the Computer Science curricula from 1969-2005.)

Editors of future editions of the Body of Knowledge may wish to reconsider the conventional hierarchical outline structure that the first edition adopted from allied fields. One weakness of the hierarchical outline is

that it tends to mask relationships and reoccurrences of topics in different knowledge areas. The “cross-cutting themes” idea presented in the Strawman Draft was one tactic for dealing with this shortcoming. The field of information visualization offers an intriguing alternative. A more powerful approach may be to construct a formal knowledge domain visualization (Hook and Börner, 2005) that represents not only the topics that comprise the GI S&T domain, but also relationships among topics. Although “knowledge maps” are typically rendered from bibliometric data, it would seem that transformation of community-developed inventory of the domain may be an insightful exercise. Recent research and development by geographic information scientists on the spatialization of non-georeferenced information (e.g., Skupin 2004) and development of tools that foster collaborative knowledge representation (e.g., MacEachren, Gahegan, and Pike, 2004) suggest that mapping may be an apt metaphor to guide future efforts to formalize the content of the GI S&T domain.

Bibliografía

- American Association of Computing Machinery (2005) ACM Curricula Recommendations (<http://www.acm.org/education/curricula.html>) Accessed 10 November 2005.
- Anderson, Lorin W., and Krathwohl, David R. (Eds), Airasian, Peter W., Cruikshank, Kathleen A., Mayer, Richard E., Pintrich, Paul R., Raths, James, and Wittrock, Merlin C. (2001) *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing*. New York: Longman.
- Association for Computing Machinery / IEEE Computing Society (2001) Computing Curricula 2001 <http://www.computer.org/education/cc2001/>
- Audet, Richard H., and Ludwig, Gail S. (2000) *GIS in Schools*. Redlands: ESRI Press.
- Barnhart, Phillip. A. (1997) *The Guide to National Professional Certification Programs* (2nd Ed.) Amherst, MA: HRD Press.
- Barr, Robert B., and John Tagg (1995) From Teaching to Learning—A New Paradigm for Undergraduate Education. *Change* 27, November/December, p. 12.
- Bednarz, Sarah W., Downs, Roger M., and Vender, JoAnn C. (2002) Geography Education. In Gaile, Gary L., and Willmott, Cort J. (Eds) *Geography in America at the Dawn of the 21st Century*. Washington, DC: Association of American Geographers.
- Bennion, Frank, Capper, Barry, and Unwin, David (1997) Professional Development for the Geographic Information Industry. Information and Education Committee, Association for Geographic Information.
- Berdusco, Brian J. (2003) GIS Education from the Necessary Perspectives. Unpublished MSc. thesis, Manchester Metropolitan University <http://www.institute.redlands.edu/kemp/Berdusco.htm>
- Bloom, Benjamin .S. (Ed.), Engelhart, M.D., Furst, E.J., Hill, W.H., Krathwohl, D.R. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: Handbook I: Cognitive Domain*. New York: David McKay.
- Burrough, Peter (1982) Principles of Geographic Information Systems for Land Resources Assessment. Clarendon, Oxford.
- Clarke, Keith, in Rebecca Somers (2000) Defining the GIS Profession and Debating Certification and Regulation. *Geo Info Systems*, May, p. 26.
- Cook, C., 2001, Regional Accrediting Commissions: The Watchdogs of Quality Assurance in Distance Education. *Syllabus*, February, 20, 56-57.
- Coulsen, Michael R.C. and Water, Nigel M. (1991) Teaching the NCGIA Curriculum in Practice: Assessment and Evaluation. *Cartographica* 28(3), pp. 94-102.
- Dahlberg, Richard E. and John R. Jensen (1986) Education for Cartography and Remote Sensing in the Service of an Information Society: The U.S. Case. *The American Cartographer* 13:1, pp. 51-71.
- Dacum.org (2005) DACUM – An Online Resource for Occupational Analysis. <http://www.dacum.org> Accessed 3 November 2005.
- Dalton, M. (1997) Are Competency Models a Waste? *Training and Development*, 51, pp. 46-49.
- Daratech, Inc. (2004) Worldwide GIS Revenue Forecast to Top \$2.02 billion in 2004, Up 9.7% Over 2003. <http://www.daratech.com/press/releases/2004/041019.html> Accessed 14 May 2005
- DeMers, Michael (1996) Fundamentals of Geographic Information Systems. New York: John Wiley and Sons.
- U.S. Department of Labor (no date) Geospatial Industry Snapshot. http://www.doleta.gov/BRG/Indprof/geospatial_profile.cfm
- DeRocco, Emily Stover (2004) Speech at AACC & ACCT National Legislative Summit. February 10, Washington DC. http://www.doleta.gov/whatsnew/Derocco_speeches/AACC%20-%20Legislative.cfm Accessed 16 October 2005.
- DiBiase, David (1996) Rethinking Laboratory Education for an Introductory Course on Geographic Information. *Cartographica* 33:4, pp. 61–72.
- DiBiase, David (2003) On Accreditation and the Peer Review of Geographic Information Science Education. *Journal of the Urban and Regional Information Systems Association* 15:1, pp. 7-14. <http://www.urisa.org/Journal/Vol15No1/Dibiase.pdf> Accessed 29 June 2004.
- Dramowicz, Konrad. (1997) Jobs in Geomatics: The Most Requested Skills, *GIM International* 11, pp. 76-79.
- Eaton, Judith S., Fryshman, Bernard, Hope, Samuel, Scanlon, Elise, and Crow, Steve (2005) Disclosure and Damage: Can Accreditation Provide One Without the Other? *Change* May/June, pp. 42-49.

- Environmental Systems Research Institute (2005) Online Database of Academic GIS Programs. <http://gis.esri.com/university/onlineadb.cfm> Accessed May 30, 2005.
- Falk, John H. (2001). Free-Choice Learning: Framing the Discussion. In Falk, John H. (Ed.), *Free-Choice Science Education: How We Learn Outside of School*. Pp. 3–20. New York: Teachers College Press.
- Foot, Kenneth. (1996) The Geographer's Craft Project. <http://www.colorado.edu/geography/gcraft/contents.html> Accessed 3 November 2005.
- Gaudet, Cyndi., Annulis, Helen, and Carr, John (2001) Workforce Development Models for Geospatial Technology. <http://www.geowdc.usm.edu/research/research.htm>. Accessed 17 November 2001 (University of Southern Mississippi: Geospatial Workforce Development Center).
- Geographic Information Systems Certification Institute (2005) GISCI Program Description. <http://www.gisci.org/certificationprogramdescription.htm> Accessed 30 May 2005.
- Gilmartin, Patricia, and Cowen, David (1991) Educational Essentials for Today's and Tomorrow's Jobs in Cartography and Geographic Information Systems. *Cartography and Geographic Information Systems* 18:4. pp. 262-267.
- Goodchild, Michael (1985) Geographic Information Systems in Undergraduate Geography: A Contemporary Dilemma. *The Operational Geographer* 8, pp. 34-38.
- Goodchild, Michael F. and Kemp, Karen K. (1992) NCGIA Education Activities: The Core Curriculum and Beyond. *International Journal of Geographical Information Systems*, 6:P4, pp. 309-320.
- Gronlund, Norman E. (2003) *Writing Instructional Objectives for Teaching and Assessment*, 7th Ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Hamm, Michael S., 1997, *The Fundamentals of Accreditation* (Washington, DC: American Society of Association Executives).
- Horn, Laura, Peter, Katharin, and Rooney, Kathryn (2002) Profile of Undergraduates in U.S. Postsecondary Institutions: 1999–2000. National Center for Health Statistics (<http://nces.ed.gov/pubs2002/2002168.PDF>) Accessed 26 May 2005.
- Huxhold, William (1991) The GIS Profession: Titles, Pay, Qualifications. *Geo Info Systems* March, pp. 12-22.
- Huxhold, William (Ed.) (2000a) *Model Job Descriptions for GIS Professionals*. Chicago, IL: Urban and Regional Information Systems Association.
- Huxhold, William, in Rebecca Somers (2000b) Defining the GIS Profession and Debating Certification and Regulation. *Geo Info Systems*, May, pp. 22-28.
- Hutchings, Pat (1998) Defining Features and Significant Functions of the Course Portfolio. In Hutchings, Pat (Ed.), *The Course Portfolio: How Faculty Can Examine Their teaching to Advance Practice and Improve Student Learning* (Washington, DC: American Association for Higher Education), pp. 13-18.
- Irby, Alice (1999) Postbaccalaureate Certificates: Higher Education's Growth Market. *Change* March/April, 36-41.
- Jenkins, Alan (1991) Through a Model Darkly: An Educational Postscript. *Cartographica* 28:3, pp. 103-108.
- Johnson, Ann B. and Boyd, Judy M. (2005) Content, Community, and Collaboration at ESRI Virtual Campus: A GIS Company's Perspective on Creating an Online Learning Resource. *Journal of Geography in Higher Education* 29:1, pp. 115-121.
- Kellogg Commission on the Future of State and Land-Grant Universities (1999) *Returning to Our Roots: The Engaged Institution*. Washington, DC: National Association of State Universities and Land-Grant Colleges.
- Kemp, Karen K. and Frank, Andrew U. (1996) Toward Consensus on a European GIS Curriculum: The International Post-Graduate Course on GIS. *International Journal of Geographical Information Systems* 10:4, pp. 477-497.
- Kemp, Karen K. (2005) Personal communication.
- Kemp, Karen K. (2005) GIS Certificate and Masters Programs <http://www.institute.redlands.edu/kemp/certificates.html> Accessed 16 October 2005.
- Kohl, Kay. J. (2000), The Postbaccalaureate Imperative. In Kohl, Kay J. and LaPidus, Jules B. (Eds.) *Postbaccalaureate Futures: New Markets, Resources, Credentials*. The American Council on Education (Phoenix, AZ: Oryx Press), 10-30.
- LaPidus, Jules B. (2000) Postbaccalaureate and Graduate Education: A Dynamic Balance. In Kohl, Kay. J. and Jules B. LaPidus (Eds.), *Postbaccalaureate Futures: New Markets, Resources, Credentials*. The American Council on Education. Phoenix, AZ: Oryx Press, pp. 3-9.

Leach, T. 1998. College internship: an aid to recruitment. *Law and Order* May: 57-59.

Longley, Paul, Goodchild, Michael, Maguire, David, and Rhind, David (2000). *Geographical Information Systems and Science*, Chichester: John Wiley & Sons.

Longley, Paul, Goodchild, Michael, Maguire, David, and Rhind, David (2005). *Geographical Information Systems and Science*, Chichester: John Wiley & Sons (2nd Edition).

Luccio, Mateo (2005) Institute for Advanced Education in Geospatial Sciences. GIS Monitor, June 2. <http://www.gismonitor.com/news/newsletter/archive/060205.php> Accessed 3 November 2005.

Macey, Susan (1997) Identifying Key GIS Concepts—What the Texts Tell Us. International Conference on GIS in Higher Education.

Marble, Duane F. (1979) Integrating Cartographic and Geographic Information Systems Education. *Technical Papers, 39th Annual Meeting of the American Congress on Surveying and Mapping*, Washington, DC: ACSM, pp. 493-499.

Marble, Duane F. (1981) Toward a Conceptual Model for Education in Digital Cartography. *Technical Papers, 41st Annual Meeting of the American Congress on Surveying and Mapping*, Washington, DC: ACSM, pp. 302-310.

Marble, Duane F. (1998) Rebuilding the Top of the Pyramid: Structuring GIS Education to Effectively Support GIS Development and Geographic Research. Keynote address, *GIS in Higher Education*, Washington DC, October 1987. Reprinted in *ArcNews*, 20:1, pp. 1, 28-29.

Marble, Duane F. (1999) Developing a Model, Multipath Curriculum for GIScience. *ArcNews*, 21:2, pp. 1, 31.

Marble, Duane F., and members of the Model Curricula Task Force (2003) Strawman Report: Model Curricula. University Consortium for Geographic Information Science. <http://www.ucgis.org/priorities/education/strawmanreport.htm> Accessed May 30, 2005.

Mondello, Charles, Hepner, George F., and Williamson, Ray A. (2004) 10-Year Industry Forecast, Phases I-III, Study Documentation. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, January, pp. 7-58.

National Science Foundation (1987) Solicitation: National Center for Geographic Information and Analysis. Washington DC: National Science Foundation.

Marchese, Ted (1999) The Certificates Phenomenon. *Change* March/April, 4.

Nadler, Leonard and Zeace Nadler (1998). The Critical Events Model. In Cookson, Peter S., Ed., *Program Planning for the Training and Continuing Education of Adults: North American Perspectives*. Krieger Publishing Company, pp. 56-72

Nyerges, Timothy, and Chrisman, Nicholas R. (1989) A Framework for Model Curricula Development in Cartography and Geographic Information Systems. *Professional Geographer* 41:3, pp. 283-293.

Obermeyer, Nancy O. (1993) Certifying GIS Professionals: Challenges and Alternatives. *URISA Journal* 5:1, pp. 67-75.

Obermeyer, Nancy O. and Onsrud, Harlan (1997) Educational Policy and GIS: Accreditation and Certification. <http://www.ucgis.org/priorities/education/priorities/a&c.htm> Accessed May 30, 2005.

University Consortium for Geographic Information Science.

Ohio State University (2002) Geographic Information Science and Technology in a Changing Society: A Research Definition Workshop. Center for Mapping and School of Natural Resources.

Phoenix, Michael (2000) Geography and the Demand for GIS Education. *Association of American Geographers Newsletter*. June, p. 13.

Phoenix, Michael (2004) Global GIS Education. *GIM International*, February 2004, pp. 35-37.

Phoenix, Michael (2005) Personal communication.

Planning Accreditation Board (no date) Untitled. http://showcase.netins.net/web/pab_fi66. Accessed 4 November 2001.

Poiker, Thomas K. (1985) Geographic Information Systems in the Geographic Curriculum. *The Operational Geographer* 8, pp. 38-41.

Renslow, Michael (2005) Personal communication.

Saalfeld, Alan (1997) Research-Based GIScience Graduate Education. <http://www.ucgis.org/priorities/education/priorities/research.htm> Accessed May 30, 2005.

University Consortium for Geographic Information Science.

Sietzen, Frank (2004) High-Growth Jobs Initiative. *Geospatial Solutions*, June. <http://www.geospatial-online.com/geospatialsolutions/article/articleDetail.jsp?id=96795> Accessed 30 May 2005.

Somers, Rebecca (2002) Certification Progresses, But How Will It Help? *Geospatial Solutions* http://www.findarticles.com/p/articles/mi_hb3122/is_200206/ai_n7783284 Accessed May 30, 2005.

- Somers, Rebecca (2004) Demystifying Certification. *Geospatial Solutions* <http://www.geospatial-online.com/geospatialolutions/article/articleDetail.jsp?id=130793&pageID=1&sk=&date=> Accessed May 30, 2005.
- St. John, Mark (1998) Measuring the Interim Performance of the Regional Educational Laboratory in the Educational Research Development and Dissemination Infrastructure: What are the Benchmarks and Indicators of Success? http://www.inverness-research.org/reports/doe_reglab.html Accessed 16 October 2003.
- St. John, Mark, and Perry, D. (1998). A Framework for Evaluation and Research: Science, Infrastructure and Relationships. In S. Bickell and G. Farnello (Eds.), *Museum Visitor Studies in the 1990s*. London: Science Museum. pp. 59-66.
- Tobler, Waldo R. (1977) Analytical Cartography. *The American Cartographer* 3:1, pp. 21-31.
- UCGIS (2005) Membership Template <http://www.ucgis.org/Membership/applicationtemplate.htm> Accessed May 30, 2005.
- U.S. Geospatial Intelligence Foundation (2004) USGIF Launches Geospatial Intelligence Academy—Accreditation and Professional Development Program is a Community First. Press release, October 14.
- U.S. Geospatial Intelligence Foundation (2005) <http://www.usgif.org/> Accessed May 30, 2005.
- Unwin, David and P. Dale (1990) An Educationalist's View of GIS: Some Educational and Sociological Concerns. *Journal of Geography in Higher Education* 14:2, pp. 166-169.
- Unwin, David J. (1997) Curriculum Design for GIS. *NCGIA Core Curriculum in GIScience*. <http://www.ncgia.ucsb.edu/giscc/units/u159/u159.html>, posted January 8, 1998.
- Unwin, David J. and eight others (1990) A Syllabus for Teaching Geographical Information Systems. *International Journal of Geographical Information Systems* 4:4, pp. 457-465.
- U. S. General Accounting Office, 2001. *Human Capital: Building the Information Technology Workforce to Achieve Results*. Statement of David M. Walker, Comptroller General of the United States to the Committee on Governmental Reform of the U. S. House of Representatives. GAO-01-1007T.
- U.S. Census Bureau (2001) Table A-6. Age Distribution of College Students 14 Years and Over, by Sex: October 1947 to 2000 <http://www.census.gov/population/socdemo/school/tabA-6.xls> Accessed 15 August 2003.
- Wentz, Elizabeth A. and Barbara Trapido-Lurie 2001. Structured Internships in Geographic Information Science Education. *Journal of Geography* 100(4): 140-144.
- Wergin, Jon F. (2005) Higher Education Waking Up to the Importance of Accreditation. *Change* May/June, pp. 35-41.
- Wikle, Thomas A. (1994) Survey Defines Background Coursework for GIS Education. *GIS World* 7:6, pp. 53-55.
- Wikle, Thomas. A. (1998) Continuing Education and Competency Programmes in GIS. *International Journal of Geographical Information Science*, 12:5, pp. 491-507.
- Wikle, Thomas A. (1999) GIS Education through Certification Programs. *URISA Journal* 11:2, pp. 53-60.
- Wright, Dawn. and DiBiase, David (2005). Distance Education in Geographic Information Science: Arena Symposium and an Informal Survey. *Journal of Geography in Higher Education* 29:1; pp. 91-100.