

## LA ENSEÑANZA DE LA TELEDETECCIÓN EN LAS ACTIVIDADES DE LA AMERICAN SOCIETY FOR PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING

Daniel Civco, Ralph W. Kiefer y Ann Maclean

**RESUMEN:** Este artículo describe el papel de la ASPRS en la enseñanza de la teledetección, fotogrametría y SIG. La forma para llevar a cabo este objetivo es resumir las actividades de cada una de las cinco Divisiones que estructuran la Sociedad, así como aquellas realizadas por los comités nacionales de la ASPRS.

A su vez, este artículo trata de resaltar la necesidad de establecer un conjunto de estándares nacionales para la enseñanza y entrenamiento de la teledetección, sugiriendo el desarrollo de un «Curriculum Nuclear en teledetección», el cual estaría estructurado en tres fases distintas, pero interrelacionadas.

Por otra parte, se sugieren una serie de cursos electivos para ampliar el curriculum nuclear en teledetección. Estos cursos serían superiores a las tres fases en las que se estructura dicho curriculum.

### PERSPECTIVES ON EARTH RESOURCES MAPPING EDUCATION IN THE UNITED STATES

**ABSTRACT:** *This paper describes the education role of ASPRS in remote sensing, photogrammetry and GIS. A summary of Division and National Committees education and training activities is provided.*

*It is enhanced the need to establish National standards for remote sensing education and training. The paper suggests an scenario for a «Remote Sensing Core Curriculum», which is structured in three distinct, yet interrelated, phases. The objective of these courses would be to produce qualified remote sensing specialist. On the other hand, elective courses are suggested to improve this core curriculum. These courses would be above and beyond the three phases that structured the core curriculum.*

### INTRODUCCIÓN

«...si alguien llegara a la cumbre del aire, o saliéndole alas se remontara volando, y divisara las cosas desde allí, levantando la cabeza tal y como la levantan los peces desde el mar para ver las cosas de aquí, en el supuesto de que fuera capaz su naturaleza para asistir esta contemplación, reconocería que aquello es el verdadero cielo, la verdadera luz y la verdadera tierra...» Platón. (Fedón o del Alma, 109d/110c).

Tal vez el espíritu con el que Platón hizo esta afirmación puede haber sido puramente filosófico cuando describe nuestro lugar en el universo, pero esto puede ser interpretado en algún otro sentido literario que transmita la importancia y esencialidad de examinar nuestra tierra desde perspectivas diferentes a las que estamos normalmente acostumbrados. Una afirmación tan profunda como ésta, hecha por un pensador de hace algo más de dos milenios demuestra la visión necesaria para el avance del conocimiento y la mejora de la raza humana. Platón podrá no haberse anticipado a las disciplinas científicas de la teledetección, fotogrametría y sistemas de información geográfica (SIG), pero él profetizó que «debemos elevarnos sobre la tierra y su atmósfera para entender completamente el mundo en que vivimos.»

La teledetección, dentro del contexto de este artículo, puede ser definida como el arte y la ciencia que comprende la detección, identificación, clasificación, delineación, medida y análisis de diversos rasgos y fenómenos terrestres mediante el examen de imágenes adquiridas desde sensores terrestres, aéreos y espaciales usando tanto técnicas de interpretación visual como digital.

Esta definición, antes más amplia que detallada, de la teledetección incluye las disciplinas de fotogrametría aérea y terrestre, procesamiento digital de imágenes y clasificación, análisis de imágenes aéreas y de satélite y adquisición e interpretación fotográfica.

Los SIG son sistemas de información computarizados orientados a la recogida, gestión, almacenamiento y recuperación, actualización, análisis

sis y visualización de datos espacialmente distribuidos para utilizarse en la toma de decisiones. Es importante considerar que el trabajo con los SIG atañen no sólo al hardware y al software, sino también al personal cualificado que requiere para ser operativo.

## **LA AMERICAN SOCIETY FOR PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING**

Creada en 1934, la *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing* (ASPRS) es la principal organización de los EE.UU. que proporciona orientación y servicio a los profesionales en varios niveles de ejercicio (local, regional, estatal, nacional e incluso, internacional). La ASPRS es una organización que se esfuerza por promover el desarrollo de la investigación científica, la cooperación multidisciplinar, la transferencia tecnológica, y la educación a través de sus variados programas en el área de la observación de los recursos terrestres. La mayoría de los servicios y programas de la ASPRS están orientados hacia fotogrametristas, especialistas y aplicadores de la teledetección, y usuarios de SIG en los sectores gubernamentales, industriales y educativos. Dada la amplitud de cobertura de la ASPRS en las disciplinas relacionadas con los recursos terrestres, la Sociedad está estructurada en cinco grandes Divisiones: Aplicaciones de Teledetección, Aplicaciones de Fotogrametría, SIG, Adquisición de Datos Primarios y Práctica Profesional.

Cada una de estas Divisiones tiene sus respectivos y específicos enfoques hacia la educación. Muchas de ellas tienen comités técnicos dedicados exclusivamente en ese tema. Para el conjunto de la Sociedad destaca el Comité Nacional de Educación y una Comisión conjunta con el *American Congress on Surveying and Mapping*

(ACSM). El Comité de Educación de la ASPRS se compone de un Director y, al menos, un representante de cada una de las cinco Divisiones. Este Comité se responsabiliza de los diversos programas y actividades relacionadas con la educación. Para la ASPRS la educación tiene una gran importancia. La Sociedad, como muchas otras organizaciones profesionales, aborda la educación desde distintas direcciones y emplea una variedad de medios, tales como revistas mensuales, manuales, publicaciones especializadas, actas de simposia y congresos técnicos, entre otro material impreso. La Sociedad también subvenciona convenciones semianuales y un gran número de reuniones regionales. También se están poniendo de moda las reuniones de trabajo (*workshops*) y otras formas de soporte pedagógico (ej. videocassettes). Este artículo describe la filosofía y el papel de la ASPRS en la enseñanza de la teledetección y de los SIG por medio de sus actividades pasadas, presentes y futuras.

## **EL PAPEL DE LA ASPRS EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS CARTOGRÁFICAS**

Tal vez la mejor forma de describir la participación de la ASPRS en la enseñanza relacionada con los recursos terrestres sea el resumen de las actividades de cada División, así como aquellas coordinadas por su Comité Nacional.

### **División de Aplicaciones de la Teledetección**

La filosofía de la División de Aplicaciones de la Teledetección (RSAD: *Remote Sensing Applications Division*) se dirige fundamentalmente a la enseñanza continuada de los profesionales en

ejercicio. El enfoque para llevar a cabo esta filosofía es doble: primero, la RSAD subvenciona al menos una sesión técnica en primavera y otoño, las convenciones ASPRS/ACSM sobre un tema específico. Se solicita a las personas de prestigio que presenten artículos cortos y éstos son coordinados de forma que el tema queda cubierto de una forma lógicamente progresiva. Segundo, la RSAD trabaja en estrecha colaboración con el recientemente creado Comité de Talleres de Trabajo de la ASPRS con el propósito de realizar sesiones de un día para la presentación más profunda de temas específicos. Las tecnologías de la teledetección y los SIG están evolucionando rápidamente, y esto implica un reto importante para los profesionales que quieren estar al día de los cambios y nuevos desarrollos. Los talleres se realizan normalmente en conjunción con los congresos de primavera y otoño. Como los talleres tienen usualmente una inscripción limitada, la cobertura detallada de los temas permite a los participantes adquirir una experiencia que no podrían obtener de otra manera. Este comité disemina información sobre oportunidades educativas para individuos interesados en teledetección, y revisa las investigaciones sobre teledetección realizadas en USA.

### **División de Sistemas de Información Geográfica**

La División de SIG (GISD: *Geographic Information System Division*) es la más joven de las cinco Divisiones de la ASPRS. Posee un forum para la discusión y distribución de información concerniente a la aplicación de técnicas y de tecnología relacionadas con el diseño, desarrollo, uso y mantenimiento de bases de datos espaciales, con énfasis en los sistemas de información geográfica y territorial (SIG/SIT). La coordinación es la palabra clave de la filosofía de la

división de SIG que colabora con el Centro Nacional de Información y Análisis Geográfico (NCGIA) en el desarrollo de un curriculum nuclear para SIG. Asimismo contribuye con varias sociedades profesionales -incluida la ASPRS- en la subvención de reuniones de SIG/LIS, puesto que es importante para la GISD trabajar conjuntamente con esos grupos en la mejora de la enseñanza de los SIG y en la transferencia tecnológica. La división rutinariamente subvenciona muchas sesiones técnicas sobre SIG en las reuniones de primavera y otoño de la ASPRS/ACSM y la convención anual de GIS/LIS.

Resulta de especial importancia introducir talleres de trabajo sobre SIG. Aunque esta tecnología se está utilizando cada vez con mayor amplitud y detalle, hay todavía bastante gente que necesita educación y entrenamiento en los conceptos básicos. Conscientes de esto, la GISD junto con el comité de talleres de trabajo de la ASPRS y otros grupos de la Sociedad, ofrecen trabajos prácticos y talleres sobre los fundamentos de los SIG, así como información sobre los temas más avanzados. Adicionalmente, el Comité de Educación, dentro de la División de SIG, desarrolla y presenta seminarios sobre SIG, tecnología de la aplicación e implementación de bases de datos catastrales y está implicada en coordinar otras actividades para el resto de la Sociedad. También el Comité conjunto ASPRS/ACSM GIS/LIS ha recopilado una lista de programas de vídeo y presentaciones relacionadas con SIG. Este esfuerzo refleja la tendencia de la Sociedad, en su conjunto, para hacer público y facilitar el acceso a los recursos educativos para las ciencias cartográficas.

### **División de Aplicaciones Fotogramétricas**

La División de Aplicaciones Fotogramétricas (PAD: *Photogrammetric Applications Division*)

promueve la extensión del uso y la comprensión de la fotogrametría y sus variadas aplicaciones, incluyendo transportes, ingeniería, cartografía topográfica, fotografía terrestre y sistemas fotogramétricos integrados. Los miembros de la División participan en la organización de sesiones técnicas sobre estos temas, invitan a la presentación de artículos en las reuniones de la Sociedad y promueven talleres de trabajo a nivel regional, de capítulo (grupos), así como nacionales. El principio básico en la PAD es una mentalidad abierta y de discusión entre todos los miembros interesados de esta División. La mayoría de sus intereses educativos han sido creados en función de los propósitos derivados de sus miembros. Este acercamiento abierto ha dado lugar a muchos acontecimientos exitosos, tales como el inventario recientemente publicado sobre las oportunidades educativas de la fotogrametría terrestre en Norteamérica (Hintz, 1989). El inventario ayudó a cuantificar cuáles eran los objetivos que los académicos consideraban más importantes a corto plazo y a largo plazo. Otra actividad ha englobado la preparación de un conjunto de datos y de programas de aerotriangulación que está siendo facilitado para ayudar a los educadores necesitados de tal material de entrenamiento. Recientemente han sido formados dos comités entusiastas en el seno de la PAD, los cuales tienen una clara orientación educativa: un grupo de mediciones industriales y otro dedicado a sistemas de posicionamiento global por satélite (G.P.S.). El primer grupo proporciona un forum para discutir sobre las herramientas fotogramétricas, y el segundo permite la recogida y distribución de la información sobre tecnología GPS. En la Convención anual de ASPRS/ACSM de 1990 se celebró una sesión de un día en GPS, que fue subvencionada por este grupo. Finalmente, las metas educativas de la PAD, a largo plazo, pretenden facilitar una mejor comprensión de las nuevas tecnologías que

aparecen rápidamente dentro de la disciplina de la fotogrametría. Estas tecnologías, indudablemente, están ayudando a la fotogrametría a pasar de la era analítica a la digital.

### **División de Adquisición de Datos Primarios**

La División de Adquisición de Datos Primarios (PDAD: *Primary Data Acquisition Division*) tiene por objetivo describir, verificar y promover el conocimiento de las características, funcionamiento y estándares de las plataformas de adquisición de datos, diseño y operación de los sensores, procedimientos para procesar los datos y calidad de los productos de salida. La PDAD aborda los estándares asociados a las disciplinas de teledetección, fotogrametría y SIG. Sus actividades tienen la intención y el propósito de dar soporte a los objetivos de la ASPRS para el avance del conocimiento científico en las ciencias cartográficas, fomentan programas públicos relacionados con ellas y promueven la concienciación y la cooperación que facilitan el intercambio de conocimientos e ideas. La División está involucrada en el desarrollo de sesiones técnicas para los encuentros anuales y semianuales de la Sociedad y participa activamente en la identificación de los requerimientos y necesidades educativas, no sólo para los diseñadores de productos fotogramétricos, teledetección y SIG, sino también para los usuarios (académicos, comerciales y gubernamentales). Para asegurar una aplicación adecuada y económica es esencial poner al corriente a los nuevos usuarios (por ejemplo, planificadores urbanos y regionales) de las limitaciones y posibilidades de los datos y de la información derivada de ellos. Por otra parte, los usuarios pueden hacer mal uso de tales datos o emplearlos equivocadamente en sus análisis de problemas complejos, tales como planeamiento

urbano y evaluación medioambiental. La íntima y compleja interacción entre teledetección, fotogrametría y SIG —especialmente en la era actual de análisis y presentación de datos con apoyo del ordenador— requiere que la PDAD trabaje frecuentemente de cerca con otras divisiones y comités de la Sociedad. Esto se lleva a cabo a través de encuentros estructurados en torno a las funciones de la Sociedad y en grupos técnicos ad hoc. La PDAD está dedicada al principio de que la Sociedad podría asegurar a los productores y usuarios un programa educativo comprehensivo, que permitiera la identificación efectiva, obtención, procesamiento, interpretación y aplicación de estos datos a los recursos terrestres. La PDAD reconoce la necesidad de llevar a cabo un programa de carácter general consistente en clases teóricas, cursos cortos y un curriculum formal, tanto en licenciatura como en postgrado, que se dirija a la teoría, fundamentos y uso de tales datos.

### **División de Práctica Profesional**

La División de Práctica Profesional (PPD: *Professional Practice Division*) representa a todos los miembros de la ASPRS. La División está interesada por los problemas de naturaleza profesional, tales como conducta, cualificaciones, práctica empresarial, relaciones con clientes y certificaciones. Todos los aspectos mencionados anteriormente están íntimamente vinculados con los requerimientos de una preparación continua que todos deben practicar, si quieren estar al día de los progresos técnicos en todas las disciplinas. La PPD está involucrada en el intento de fomentar sociedades profesionales hermanas para promover las oportunidades educativas a los que practican la fotogrametría en ejercicio, especialistas en teledetección y usuarios de SIG. La PPD ha establecido un Comité Nacional de Reconocimiento Fotogramétrico, que establecerá los

requerimientos educativos y de experiencia profesional necesarios para la obtención del Certificado Nacional en Fotogrametría.

Los requerimientos educativos tendrán que estar establecidos de tal manera que no contradigan los estándares establecidos por los estados individuales. La PPD está trabajando con la División de Aplicaciones de Fotogrametría en el *Coordinate Measurements Systems Committee* para determinar los requerimientos de cualificación para los especialistas de este área. Aunque las firmas comerciales en fotogrametría y topografía han establecido sus propios programas para garantizar la calidad, existe la necesidad de establecer similares directrices para los programas de educación superior en ingeniería civil o industrial.

### **Comité de Educación de la ASPRS**

Como se describe en los Estatutos de la Sociedad, el Comité de Educación de la ASPRS está formado, al menos, por un miembro de cada División de la ASPRS y es responsable del Programa de Educación de la Sociedad. Éste participa también en el Comité conjunto de Educación para el desarrollo de recomendaciones y mantenimiento del conocimiento acerca del Programa de Educación Conjunto entre ASPRS/ACSM. De hecho, el Comité de Educación trata de tener, al menos, dos miembros de cada una de las cinco Divisiones de la ASPRS. Y, mientras el número actual de miembros del Comité varía, los representantes son seleccionados de otros grupos de orientación educativa dentro de la Sociedad, e incluso de fuera de ella, tales como el Comité de Asuntos Estudiantiles, el de talleres de trabajo, y otros comités de la ASPRS, varias agencias federales y del sector privado. El plan a largo plazo de la ASPRS define un número de actividades para el Comité de Educación, que incluyen, por ejemplo:

1.-Desarrollo de información base para formular una política a largo plazo y un plan para proporcionar a los miembros servicios de educación continuada.

2.-Elaborar fuentes de información técnica y programas de relaciones públicas para influenciar, aconsejar y guiar a los miembros sobre los niveles de actividad y grupos relacionados con el tema.

3.-Desarrollar y evaluar un plan para la publicación de libros y otros trabajos elaborados por los miembros, que supongan una remuneración tal como derechos de autor.

4.-Incrementar el alcance y la eficacia de los servicios ofrecidos a los miembros estudiantes.

El Director del Comité de Educación de la ASPRS y sus miembros se esfuerzan por desarrollar programas e iniciar actividades que aumenten las oportunidades de aprender la teledetección, la fotogrametría y los SIG dentro y fuera de la Sociedad. Mientras muchos miembros cooperan en diversas las actividades del Comité, un gran número de proyectos son defendidos por individuos. Tal es la naturaleza del Comité de Trabajo Voluntario. Un ejemplo de los trabajos realizados por este Comité en los últimos años ilustran el alcance de las actividades educativas en las que están inmersos:

1.-Organización y patrocinio de una discusión de medio día de duración sobre las necesidades educativas en la comunidad de ciencias cartográficas desde las perspectivas gubernamental, industrial y universitaria tanto nacionales como internacionales (Sesión llevada a cabo en el seno del XVIII Congress of ISPRS).

2.-Publicación de un folleto de orientación profesional titulado: *Mapping Your Future in Photogrammetry, Remote Sensing and GIS*, que ofrece a los estudiantes detalles sobre las oportunidades educativas y de empleo en estos campos.

3.-Con el liderazgo del Director de la ASPRS, el Comité ha establecido el premio *International Education Literature Award*, consistente en dona-

ciones de publicaciones y otro material didáctico para dos instituciones de países en desarrollo.

4.-Contribución de un Apéndice, titulado *Photographic Interpretation Education and Training*, incluido en la segunda edición del Manual de Fotointerpretación de la ASPRS (Kiefer y Civco, 1992).

5.-Publicación del *Annotated Bibliography of Textbooks for Remote Sensing Educators* (Civco, 1991), una revisión de más de treinta libros sobre teledetección visual y cuantitativa.

6.-Desarrollo de un protocolo para la revisión de software de teledetección, fotogrametría y SIG que se publicará en la revista *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*.

7.-Publicación del *Survey of Photogrammetry and Remote Sensing Programs and Courses* en USA y Canadá (Kiefer, 1988), una guía de programas en más de 230 departamentos y en más de 100 instituciones de estudios superiores.

8.-Inventario de software de tratamiento de imágenes de teledetección y SIG disponibles en el dominio educativo; un inventario en marcha sobre funcionalidades, capacidades, requerimientos del sistema y posibilidades de tales programas y una valoración de la aplicabilidad de cada uno en la educación.

El Comité de Educación de la ASPRS sirve de vínculo de unión entre todos los grupos relacionados con la educación dentro de la Sociedad. Él ha sido y continuará siendo un forum, tanto para actividades educativas individuales, como concentradas y de grupo.

## LA NECESIDAD DE UN CURRÍCULO NUCLEAR EN TELEDETECCIÓN

Ha habido una reciente discusión dentro del Comité de Educación de la ASPRS, y de hecho, en la Sociedad en general, sobre el status actual

de la educación en las ciencias cartográficas, y en particular, en teledetección. Aunque ha habido estudios para determinar qué cursos y qué programas en teledetección, fotogrametría (Kiefer, 1988) y SIG (Morgan, 1991) estaban siendo ofrecidos en instituciones académicas, no se ha realizado una evaluación paralela del alcance y contenido de estos cursos. Estudios recientes han revelado que los programas de graduados sobre ciencias de la Tierra, tales como, forestales, recursos naturales, vida silvestre, gestión de parques naturales, geología y otros relacionados con la tierra, el agua y el aire, pueden haber estado recibiendo una educación y entrenamiento inapropiado en las disciplinas, básicas para la teledetección, de fotointerpretación y fotogrametría. En los últimos diez años, un gran número de personas trabajando en gestión ambiental han observado que tales estudiantes están entrenados inadecuadamente y quizás inapropiadamente en la adquisición y uso de fotografías aéreas (Meyer y Werth, 1990). Algo de este declive en la calidad del análisis básico de imágenes aéreas puede atribuirse al creciente uso y educación en sistemas no fotográficos, teledetección espacial y técnicas de análisis no visual. Tal vez el reciente crecimiento de la teledetección espacial y SIG haya causado un cambio desde los aspectos más tradicionales de la teledetección a los de mayor actualidad científica de ella, resultando que muchos graduados tienen carencias en las técnicas básicas de fotointerpretación y fotogrametría (Civco y Kiefer, 1990; Sader et al, 1989). Obviamente los aspectos espaciales e informáticos de la teledetección son importantes, pero enseñarlos a costa de los aspectos más fundamentales es una injusticia para los estudiantes y un detrimento para desenvolverse como un gestor medioambiental cualificado.

En estudios relacionados específicamente con la enseñanza forestal, pero con observaciones que podrían ser aplicadas al completo abanico de

áreas de aplicación de la teledetección, se han realizado notables recomendaciones (Meyer y Werth, 1990; Sader et al, 1989):

- Las Universidades que ofrecen una licenciatura en ciencia forestal o en otra disciplina relacionada con las ciencias de la tierra, deberían requerir un curso en teledetección.

- El contenido de este curso debería estar compuesto por un 30% de fotointerpretación, un 30% de fotogrametría y el resto de aplicaciones.

- Los instructores en teledetección deberían comunicarse y cooperar con gestores del medioambiente en la estructuración del curso para preparar a los estudiantes más efectivamente como profesionales.

Dadas estas observaciones y recomendaciones, tal vez lo más lógico sea sugerir un conjunto de estándares nacionales para la enseñanza y entrenamiento de la teledetección. Estos estándares son determinados y acordados por representantes del mundo académico, profesionales de la gestión ambiental y sociedades profesionales relevantes (tales como ASPRS, ISPRS, ACSM y otras) pudiendo estar encarnados en un curriculum nuclear de licenciatura de teledetección. Por ejemplo el Centro Nacional de Información y Análisis Geográfico (NCGIA) ha desarrollado un curriculum nuclear para la enseñanza y entrenamiento en SIG. El primer borrador del programa, compuesto de tres partes: la introducción a los SIG, cuestiones técnicas en S.I.G. y asuntos relacionados con las aplicaciones de los SIG, fue complementado en el verano de 1989 y se ha sometido a una evaluación extensiva por educadores durante el año académico de 1989-90 (Estes et al, 1990). El curriculum del NCGIA representa un conjunto comprehensivo de material de lectura y laboratorio y es un intento de estandarizar el entrenamiento introductorio y aplicado en SIG (Kemp, 1991). Ante la amplia variedad de contenidos y el aparente éxito del programa de NCGIA, tal vez sea deseable sugerir un curri-

culum nuclear similar para la enseñanza de la teledetección, y de hecho, el currículum de NC-GIA puede servir como modelo para el propósito programa sobre teledetección.

## UN CURRÍCULUM NUCLEAR EN TELEDETECCIÓN

El currículum nuclear en teledetección podría combinar los fundamentos de teledetección, ópticos y no ópticos, con la interpretación, tanto visual como no visual de varios formatos de datos de teledetección, desde aviones y desde satélites (y tal vez de otras plataformas) (fig. 1). Es un requisito imprescindible que los estudiantes y educadores tengan un conocimiento asentado de la radiación electromagnética y de las interacciones energía-materia (Nellis et al, 1989), antes de examinar sensores, plataformas, interpretaciones y aplicaciones. Más tarde, debería haber un conjunto comprensivo o amplio de ejemplos de la aplicación de la teledetección a las situaciones y problemas del mundo real (Jensen, 1989). Siguiendo las directrices de la NC-GIA, esta enseñanza de la teledetección podría

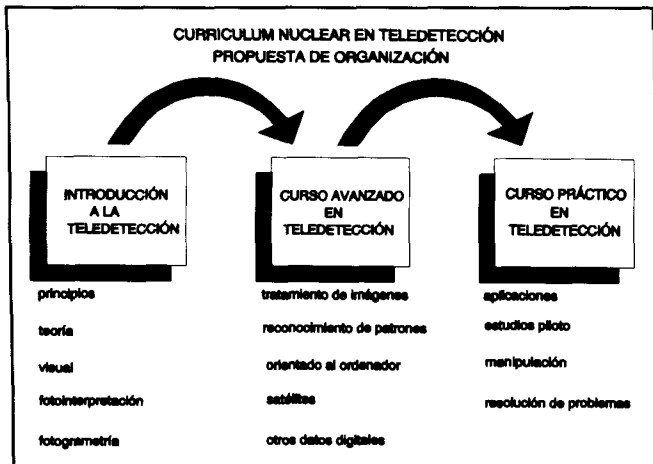


Figura 1. Currículum Nuclear en Teledetección espacial: Un escenario sugerido.

estar dividida en, al menos, tres fases distintas e interrelacionadas. A continuación se presenta una estructura sugerida para estas tres fases.

## PRIMER CURSO: Introducción a la Teledetección

Este curso sería requerido para aquellos estudiantes graduados en estudios superiores relacionados con las ciencias de la Tierra, y proporcionaría una educación y entrenamiento básicos en la teoría, principios, práctica y aplicaciones de la teledetección. Serían enfatizados los campos más tradicionales de la fotointerpretación y fotogrametría, aunque también otros aspectos estarían cubiertos. El objetivo de este curso sería suministrar graduados con el conocimiento y entrenamiento básico para actuar efectivamente como gestores de recursos, e introducirlos en temas que sin duda encontrarán en sus carreras profesionales.

A continuación, los temas sugeridos para el curso de introducción son:

1. Panorámica e historia de la teledetección.
2. Principios de la radiación electromagnética.
3. Interacciones atmosféricas: Dispersión y Absorción.
4. Interacciones energía-materia: propiedades espectrales de la reflectividad.
5. Películas y Filtros de los sensores fotográficos.
6. Principios de la interpretación visual de imágenes.
7. Transferencia óptica de detalle fotográfico.
8. Introducción a la fotogrametría.
9. Geometría horizontal de la fotografía aérea.
10. Geometría vertical de la fotografía aérea.
11. Cartografía Planimétrica.
12. Cartografía Topográfica.
13. Fuentes y adquisición de imágenes de teledetección existentes.



14. Especificaciones para cartografiar un vuelo de fotografía aérea.

15. Sistemas no fotográficos: Barredores térmicos y multiespectrales.

16. Interpretación de imágenes multiespectrales.

17. Sistemas no fotográficos: Radar.

18. Interpretación de imágenes radar.

19. Sistemas de teledetección espacial: LANDSAT

20. Sistemas de teledetección espacial: SPOT.

21. Sistemas de teledetección espacial: Meteorológicos.

22. Aplicaciones a usos del suelo.

23. Otros sistemas de teledetección espacial de los recursos terrestres.

24. Aplicaciones Agrícolas.

25. Aplicaciones sobre Recursos Hídricos.

26. Aplicaciones sobre Oceanografía y Marina.

27. Aplicaciones en Geología.

28. Aplicaciones Forestales.

29. Teledetección Cuantitativa: Procesamiento de imágenes y reconocimiento de patrones.

30. Introducción a los SIG

31. Integración de la teledetección y SIG

Ejercicios de laboratorio diseñados para permitir a los estudiantes la complementación de las clases teóricas y principios que acompañarían las lecturas.

## Segundo Curso: Teledetección Avanzada

Este curso se centraría en la teledetección cuantitativa, principalmente en el análisis digital de imágenes y reconocimiento de patrones. Este curso avanzado expondría a los estudiantes algunos de los enfoques más recientes e innovadores en teledetección.

Al igual que en el curso anterior, es esencial para este curso un componente práctico, aunque es más difícil de establecer debido al costo y en ocasiones, el difícil acceso a los equipos infor-

máticos. Sin embargo, hay actualmente programas para el análisis de imágenes a menor costo y microordenadores de precio bastante asequible. También podría estimularse a las empresas (SPOT; EOSAT...) a proveer conjuntos de datos para la enseñanza que estarían disponibles para todos los profesores y alumnos participantes en tales cursos. Estos datos podrían ser representativos de temas tales como forestales, agrícolas, pastizales, recursos hídricos, geología y otros, y podrían ser selectivamente incorporados en el curso por el instructor para reflejar el énfasis de cada departamento anfitrión y la correspondiente disciplina de aplicación.

A continuación, se sugieren los siguientes temas:

- Revisión de la radiación electromagnética.
- Revisión de las propiedades espectrales de la reflectividad.
- Sensores *Multispectral Scanner* y *Thematic Mapper* del LANDSAT.
- Sensores pancromático y multiespectral HRV del SPOT.
- Características de las imágenes digitales.
- Visualización de imagen multiespectral y expansión del contraste.
- Álgebra lineal elemental para la teledetección cuantitativa.
- Corrección radiométrica y calibración de datos.
- Corrección geométrica de datos digitales.
- Modelos de reconocimiento de patrones.
- Clasificación supervisada.
- Fase de entrenamiento del clasificador.
- Clasificación por paralelógramos.
- Clasificación según distancia euclidiana.
- Clasificación de máxima verosimilitud.
- Clasificación no supervisada: análisis cluster.
- Evaluación de la exactitud o fiabilidad.
- Cartografía del uso y ocupación del suelo.
- Enfoques alternativos para realizar una clasificación de la imagen más aproximada: extrac-

ción y clasificación de objetos homogéneos, clasificadores en árbol, redes neuronales artificiales y otras.

- Transformaciones espaciales: filtrajes de imágenes.
- Transformaciones espaciales: distorsión de imágenes.
- Transformaciones espectrales: cociente de bandas.
- Transformaciones espectrales: componentes principales.
- Transformaciones espectrales: índices de vegetación.
- Teledetección multitemporal.
- Detección de cambios en la ocupación del suelo.
- Generación de productos a partir de imágenes, información del mapa y sumarios de datos.

### Tercer Curso: Estudios Piloto en Teledetección

Este curso, abierto sólo a aquellos estudiantes que han completado las dos primeras partes del curriculum nuclear, se diseñaría sobre los casos piloto de aplicación en la teledetección, y cubriría un amplio abanico de temas y aplicaciones. Esta estructura sería más flexible, y de hecho podría ser modular, permitiendo al instructor adaptarla a sus necesidades. Los materiales docentes, incluyendo diapositivas y transparencias para este curso podrían ser extraídos de las conferencias seleccionadas de los congresos de sociedades profesionales, tales como los encuentros de primavera y otoño de la ASPRS/ACSM o de varios encuentros de la ISPRS. Las lecturas requeridas serían los artículos publicados en las actas de estas convenciones.

El componente de laboratorio de este curso estaría estructurado como un estudio independiente o prácticas para ser llevadas a cabo por

estudiantes individuales o en grupo. Un proyecto de duración semestral o tal vez varios de corta duración, supondrían la identificación de un área-piloto particular, la formulación de objetivos, el diseño de un experimento, la redacción completa del trabajo y la presentación de los resultados. El curriculum nuclear sugeriría un número de temas posibles para el proyecto y directrices para el trabajo en sí.

### OTROS CURSOS

Naturalmente, podrían ser desarrollados o adaptados otros cursos a este curriculum nuclear (fig. 2). Éstos serían más técnicos y altamente especializados, e incluirían temas tales como física de la radiación en teledetección, teledetección óptica, instrumentación de la teledetección, algoritmos de teledetección (estadística multivariada, álgebra lineal y cálculo para las aplicaciones de la teledetección), radiometría de campo y tal vez otros. Sin embargo, estos cursos electivos serían superiores e irían más allá de los tres cursos previamente descritos.

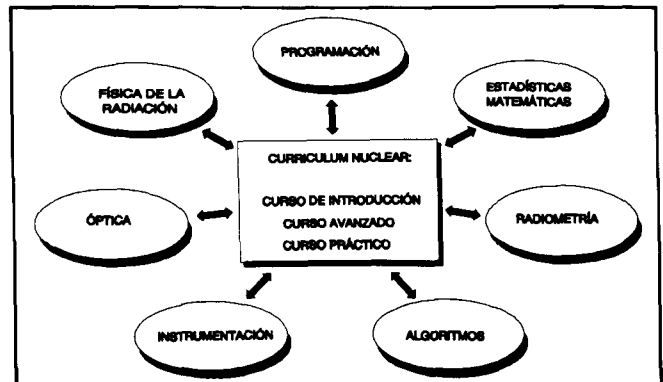


Figura 2. Cursos Electivos después de el Curriculum Nuclear en Teledetección Espacial.

### RESUMEN

Se estima que el curso introductorio de esta propuesta de curriculum nuclear ofrecería a los

estudiantes conocimientos básicos en teledetección y técnicas para permitirles desempeñarse en una variedad de disciplinas sobre gestión de recursos. Los entrenamientos ofrecidos en los otros dos cursos y otros electivos ofrecerían a los estudiantes una teoría más profunda y unos principios tales como herramientas adicionales con las cuales podrían aplicar la tecnología. En conjunto, el curriculum nuclear constituiría la educación y entrenamiento necesarios para producir especialistas cualificados en teledetección.

Una vez ofrecidas las experiencias personales de los autores, como educadores en teledetección y como el director actual y pasado del Comité de Educación de la ASPRS, junto con las preocupaciones expresadas por los colegas en la educación, así como en la Administración y en la empresa privada; parece apropiado sugerir un conjunto de pautas y estándares a nivel nacional para la enseñanza de la teledetección. El propuesto curriculum nuclear representa un esfuerzo inicial para el establecimiento de tal programa nacional. Naturalmente sería necesario un estudio detallado para refinar las directrices del curso y del curriculum para desarrollar el material docente. Para conseguir esto, de forma efectiva, debe estar asegurada la aprobación y el soporte financiero e institucional de las organizaciones profesionales adecuadas y agencias gubernamentales, aunque individuos aislados puedan realizar acciones en este sentido.

## FUTURAS ORIENTACIONES

La *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing* tiene un fuerte compromiso para llevar a cabo y proveer de actividades educativas y material a sus miembros, así como a la gran comunidad de usuarios. A través de los continuos esfuerzos de sus divisiones, estructuradas en los comités ad hoc y sus individuos, la AS-

PRS continuará ofreciendo servicios y programas de calidad a todos los individuos y grupos relacionados con los sistemas de información sobre recursos de la tierra. Para la ASPRS el futuro refleja mucho el pasado. Por ello, mientras los esfuerzos educativos se dirigirán a las tendencias actuales y novedosas en teledetección, fotogrametría y SIG, al tiempo que reflejarán las raíces más tradicionales y fundamentales de estas tecnologías. Como sociedad profesional, es necesario que entendamos completamente como hemos llegado hasta donde estamos, y si estamos triunfando en el objetivo de alcanzar las metas del mañana. La Educación, como Platón dijo, es el fundamento sobre el que se construye el futuro.

## AGRADECIMIENTOS

A los autores les gustaría agradecer en primer lugar a Stanley Morain, presidente de la ASPRS, a Roger Hoffer, vicepresidente de la ASPRS y a William French, director ejecutivo de la ASPRS, por su ánimo y soporte en este artículo. También se agradece las revisiones y comentarios realizados por los miembros del Comité de Educación de la ASPRS, de los jefes de organización y de los representantes de las cinco divisiones de esta Sociedad. Finalmente, este artículo no habría sido posible sin la ayuda de los otros miembros de la Sociedad: Raymond J. Hintz, Roger «SKY» Chamard, Maurice O. Nyquist, y Al Crane. Gracias a todos.

## REFERENCIAS

Civco, D.L. (1991): *Annotated Bibliography of Textbooks for Remote Sensing Educators*. 2nd. Edition, Bethesda, American Society for Photogrammetry and Remote Sensing.

**Cívco, D.L. y R.W. Kiefer** (1990): «Remote Sensing and GIS education in United States: A Perspective from the American Society for Photogrammetry and Remote Sensing», en *Proceedings of the ISPRS Working Group VI/VII on «Education, Training, and Educational Standars for Remote Sensing and GIS»*, Rhodes, Greece.

**Estes, J.E., Star, J. y Goodchild, M.** (1990): «Educational activities in Remote Sensing and GIS at the National Centre for Geographic Information and Analysis », en *Proceedings of the ISPRS Working Group VI/VII on « Education, Training, and Educational Standars for Remote Sensing and GIS »*, Rhodes, Greece.

**Hintz, R.J.** (1989): «A survey of Close-Range Photogrammetric Educational Opportunities in North America», en *Proceedings of the ASPRS/ACSM Fall Convention*, Cleveland, OH., 410-417.

**Jensen, J.R.** (1989): Remote Sensing education: presente realities and future potentials», en Nellis, M.D., Lougeay, R. y Lulla, K., *Current Trends in Remote Sensing Education*, Hong-Kong, Geocarto International Centre, 81-86.

**Kemp, K.** (1991): « Materials for Teaching GIS ».

en *Workshop held on October 29, 1991 at GIS/LIS '90*, Atlanta, GA.

**Kiefer, R.W.** (1988): «Survey of Photogrammetry and Remote Sensing Programs and Courses in the United States and Canada». *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing*, Bethesda, MD. (in press).

**Meyer, M. y L. Werth.** (1990): «Satellite Data: Management Panacea or Potential Problem», *Journal of Forestry*, vol. 9, 10-13.

**Morgan, J.** (1991): «Directory of Colleges and Universities Offering GIS Courses». American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Bethesda, MD.

**Nellis, M.D., R. Lougeay, y K. Lulla.** (1989): «Interfacing Remote Sensing Research and Instruction: Current Trends in Remote Sensing Education», en Nellis, M.D., Lougeay, R. y Lulla, K., *Current Trends in Remote Sensing Education*, Hong-Kong, Geocarto International Centre, 1-3.

**Sader, S.A., R.M. Hoffer, y E.W. Johnson.** (1989): «The Status of Remote Sensing Education». *Journal of Forestry*, vol. 10, 25-30.