

CLASIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE MATERIALES: VARIACIÓN ANUAL DEL HIELO ANTÁRTICO

Images classification and landcover quantification: Annual changes of antarctic ice field

M. Teresa Sasal (*) y José L. Soler (**)

RESUMEN:

Descripción de una actividad práctica para alumnos de bachillerato, que usa imágenes de satélite para:

- Simular manualmente el proceso de clasificación que realizan los programas informáticos de tratamiento de imágenes, para obtener mapas temáticos.
- Estimar la superficie afectada por un fenómeno geológico; en este caso, la variación del tamaño de la banquisa antártica a lo largo de un año.

ABSTRACT:

Description of a practical activity for upper secondary school level, that uses remote sensing images to:

- Emulate manually the classification process that does the processing images' software, to obtain thematic maps.
- Estimate the affected area by a geologic event; in that case, the size variation of Antarctic ice field along one year.

Palabras clave: Teledetección; bachillerato; actividad práctica; clasificación de imágenes; banquisa antártica.

Keywords: Remote sensing; high school; practical activity; images classification; antarctic ice field.

INTRODUCCIÓN

En la línea de los trabajos elaborados en los últimos años por los autores (Sasal et al., 1996), que desarrollan actividades educativas para aplicar la técnica de la Teledetección en la enseñanza secundaria¹, la práctica de laboratorio que se presenta usa imágenes satelitales como una útil herramienta para aumentar el conocimiento de nuestro planeta (Vauzelle, 1990).

Objetivos

El objetivo general es el de que el alumnado adquiera unos conocimientos, tanto conceptuales como de adquisición de habilidades, sobre la Tierra y algunos de los métodos que pueden ser usados para su estudio. En concreto:

Aprendizaje del concepto de clasificación de imágenes, mediante una simulación manual del mismo proceso que realizan los programas informáticos, como método para facilitar su comprensión. Como resultado, el alumnado adquiere una mayor capacidad de interpretación de las imágenes satélite y unos criterios propios y bien fundamentados sobre la validez de las clasificaciones de las imágenes y sus limitaciones.

Conocimiento de métodos para cuantificar las diferentes coberturas de la superficie terrestre, su gran simplicidad de cálculo y los errores en que se puede incurrir en su aplicación, por ejemplo, la confusión entre superficie medida sobre la

imagen –que es una superficie proyectada– con superficie real.

Medición de las variaciones estacionales de la banquisa antártica. Estimación del grado de error obtenido.

Nivel: Alumnos de Bachillerato o COU.

Conocimientos previos

Nociones generales sobre las imágenes satélite: En qué consisten. Cuál es el proceso para obtenerlas.

La radiaciones de microondas; ventajas e inconvenientes que presenta su uso frente a los otros tipos de radiaciones usados en la obtención de imágenes digitales.

Los movimientos terrestres y sus consecuencias sobre la variación estacional de los climas. A menudo, los profesores de secundaria nos encontramos con alumnos que tienen el preconceito erróneo de que en verano la tierra está en el punto de su órbita más cercano al sol, y en invierno en el más alejado. Este error está muy arraigado, y es por tanto difícil de eliminar.

Las imágenes de satélite del hemisferio sur permiten comprobar las diferencias de fecha en que se producen las estaciones respecto al hemisferio norte. Esta observación da pie a abrir un debate que puede ayudar en gran medida a la corrección del error antes citado.

(*) Institut de Batxillerat Santa Eulalia, Pça. Pío XII, s/n, 08103 - L'Hospitalet (Barcelona) e-mail: tsasal@pie.xtec.es

(**) Institut de Batxillerat Maragall, C/ Provenza 187, 08036 - Barcelona e-mail: jsoler@pie.xtec.es

(1) Este artículo comparte los aspectos metodológicos desarrollados en el trabajo de estos mismos autores publicado en el número 5.2 de nuestra revista.

Material necesario

1 - Un conjunto de imágenes digitales, formando una serie multitemporal que recoja la variación de algún suceso geológico.

La gran pregunta de todos los interesados en la teledetección es, ¿dónde obtener imágenes?. Se dan dos casos posibles:

I - Imágenes completas originales (grandes territorios, multicanales, sin manipulación...). No hay que hacerse muchas ilusiones, ya que prácticamente no se encuentran en ningún sitio si no es pagando, porque son productos de gran interés comercial. Otra cosa es aprovechar las migajas de la mesa de los ricos y limitarnos a trabajar con:

II - Fragmentos de imágenes, adecuadas para aprendizaje y prácticas, o imágenes manipuladas (composiciones en falsos colores,...), que sirven únicamente para análisis visuales. Se pueden obtener a través de Internet (Soler et al., 1997) en diferentes direcciones (NASA, ESA, NOAA,...).

2 - Programas informáticos adecuados al tratamiento de imágenes de satélite.

Las opciones que necesariamente debe ofrecer el programa elegido son:

- Mostrar una imagen.
- Explorar una imagen con un cursor y proporcionar coordenadas y valor de un pixel determinado.
- Visualizar dos imágenes simultáneamente.
- Calcular y representar gráficamente el histograma de la imagen (frecuencia de cada uno de los valores de que está formada).
- Obtener subimágenes (fragmentación de la imagen original).
- Operaciones entre imágenes (resta).
- Crear mapas temáticos mediante clasificación manual de las imágenes.
- Cálculo del número de píxeles que pertenecen a una clase o a un conjunto de ellas.

Para PC, existen algunos muy útiles y de libre difusión en entornos educativos, como Bilko, Win-Bilko, Imdisp y Multispec, que se pueden conseguir



Figura 1. Imagen captada por el canal 4 del satélite NOAA del Canal del Norte; aparecen costas de Irlanda y de Escocia. El recuadro indica la porción usada en la práctica de simulación manual.

via FTP a través de Internet (Soler et al., 1997). Algunos trabajan sobre Windows y otros sobre MS-DOS.

Desgraciadamente, ninguno de los programas antes citados posee todas estas herramientas, por lo que se hace necesario recurrir a más de uno para lograr todos los objetivos propuestos.

3. Recursos bibliográficos (atlas, ...), para contrastar los datos obtenidos.

Utilización

La actividad se realiza en un aula informática de PCs. Los alumnos, divididos en grupos, disponen de una documentación que consta de: una introducción al tema, breve explicación de los conceptos teóricos que se desarrollan, una descripción técnica de las imágenes y un guión de trabajo, que detalla las actividades a realizar y plantea preguntas para ser contestadas.

Existe un material equivalente para el profesor, en el que además se intercalan los resultados comentados y alguna otra aclaración periférica a las preguntas planteadas a los alumnos.

En el desarrollo de la actividad se alterna la explicación teórica de conceptos por parte del profesor; el desarrollo de las actividades propuestas por el guión de trabajo y la presentación y discusión de los resultados obtenidos.

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

Simulación manual de la clasificación

Se requiere una imagen monocanal simple de fácil interpretación visual y con las poblaciones separadas por zonas de valores con pocos píxeles. Hemos escogido una termografía de una parte de Gran Bretaña y de Irlanda, captada por el sensor NOAA (Fig. 1). Presenta dos clases de valores claramente diferenciados, tierra y mar, con una zona amplia de valores que los separan de pequeño número de píxeles.

Hace falta preparar una tabla con los valores de los píxeles de un fragmento de la imagen, de 20x20 píxeles, y que contenga tierra y mar. (Fig. 2). Esta tabla se usará para que los alumnos hagan un histograma de frecuencias de valores de píxeles, y lo segmenten manualmente en dos clases, simulando los procesos que el ordenador realiza automáticamente.

La actividad consiste en:

1. Definir una serie de clases para agrupar los valores (10-19, 20-29,...). La agrupación en clases permite obtener un histograma representativo a partir de un número de píxeles relativamente pequeño.

2. Hacer recuento de valores y llenar las clases previstas. Se puede dividir el alumnado en grupos de trabajo, de manera que cada uno de ellos haga el recuento de una porción de la tabla. Sumar los parciales de cada grupo de trabajo para obtener los valores totales de cada clase. Una rápida verificación de errores consiste en sumar el número de píxeles de todas las clases y ver si coincide con el total de la tabla.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|
| 32 | 30 | 30 | 30 | 30 | 28 | 28 | 29 | 41 | 41 | 52 | 52 | 60 | 82 | 82 | 73 | 73 | 41 | 31 | 31 |
| 26 | 33 | 33 | 38 | 38 | 40 | 40 | 39 | 42 | 42 | 50 | 50 | 65 | 86 | 86 | 50 | 50 | 35 | 33 | 33 |
| 33 | 37 | 37 | 37 | 37 | 35 | 35 | 35 | 37 | 37 | 40 | 40 | 71 | 92 | 92 | 54 | 54 | 29 | 27 | 27 |
| 48 | 47 | 47 | 38 | 38 | 32 | 32 | 32 | 33 | 33 | 38 | 38 | 87 | 118 | 118 | 93 | 93 | 47 | 28 | 28 |
| 46 | 45 | 45 | 35 | 35 | 40 | 40 | 40 | 45 | 53 | 53 | 81 | 81 | 86 | 73 | 73 | 85 | 74 | 35 | 35 |
| 46 | 47 | 47 | 42 | 42 | 48 | 48 | 81 | 101 | 101 | 71 | 71 | 46 | 44 | 44 | 59 | 59 | 86 | 81 | 81 |
| 45 | 48 | 48 | 45 | 45 | 60 | 60 | 109 | 99 | 99 | 47 | 47 | 41 | 41 | 41 | 43 | 43 | 73 | 92 | 92 |
| 43 | 46 | 46 | 39 | 39 | 60 | 60 | 106 | 94 | 94 | 45 | 45 | 39 | 38 | 38 | 34 | 34 | 53 | 89 | 89 |
| 43 | 42 | 42 | 43 | 43 | 55 | 55 | 95 | 116 | 116 | 71 | 71 | 39 | 36 | 36 | 31 | 31 | 38 | 58 | 58 |
| 49 | 43 | 43 | 46 | 46 | 58 | 58 | 89 | 123 | 123 | 89 | 89 | 47 | 40 | 40 | 33 | 33 | 34 | 48 | 48 |
| 92 | 80 | 80 | 59 | 59 | 58 | 58 | 81 | 126 | 126 | 119 | 119 | 66 | 49 | 49 | 36 | 36 | 35 | 46 | 46 |
| 136 | 118 | 118 | 73 | 73 | 55 | 55 | 80 | 130 | 130 | 137 | 137 | 101 | 72 | 72 | 55 | 55 | 46 | 53 | 53 |
| 130 | 133 | 133 | 128 | 128 | 97 | 97 | 87 | 130 | 130 | 146 | 146 | 144 | 135 | 135 | 100 | 100 | 53 | 47 | 47 |
| 128 | 134 | 134 | 136 | 136 | 130 | 130 | 122 | 139 | 139 | 149 | 149 | 151 | 130 | 130 | 82 | 82 | 52 | 46 | 46 |
| 124 | 131 | 131 | 136 | 136 | 141 | 141 | 143 | 147 | 147 | 149 | 149 | 143 | 104 | 104 | 63 | 63 | 51 | 51 | 51 |
| 127 | 131 | 131 | 134 | 134 | 138 | 138 | 142 | 146 | 146 | 144 | 144 | 126 | 80 | 80 | 58 | 58 | 52 | 48 | 48 |
| 127 | 130 | 130 | 133 | 133 | 134 | 134 | 128 | 128 | 115 | 115 | 129 | 105 | 105 | 64 | 64 | 50 | 53 | 53 | 53 |
| 127 | 128 | 128 | 130 | 130 | 132 | 132 | 133 | 113 | 113 | 92 | 92 | 123 | 99 | 99 | 52 | 52 | 46 | 56 | 56 |
| 125 | 128 | 128 | 129 | 129 | 132 | 132 | 134 | 118 | 118 | 94 | 94 | 114 | 84 | 84 | 41 | 41 | 45 | 47 | 47 |
| 126 | 127 | 127 | 127 | 127 | 128 | 128 | 132 | 132 | 132 | 133 | 133 | 132 | 101 | 101 | 73 | 73 | 52 | 37 | 37 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

Figura 2. Documento de trabajo del alumno, con tabla de 20 x 20 que contiene los valores de los píxels de la zona de trabajo. En la serie de casillas de la parte inferior se representa el histograma de frecuencias resultante

3. Dibujar el histograma. Comprobar su distribución bimodal. Identificar las zonas correspondientes a tierra y a mar, teniendo en cuenta que en los canales térmicos la escala suele estar invertida: valores bajos corresponden a temperaturas elevadas, y altos a temperaturas bajas.

4. Cada grupo decide un punto de corte en la zona del histograma entre los dos máximos, simplificando el conjunto de valores a dos clases. Colorear las casillas de la tabla según su pertenencia a una de las dos clases (Fig 3). El resultado es un mapa de costas.

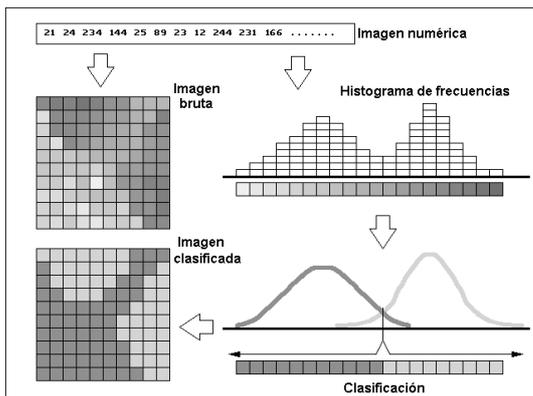
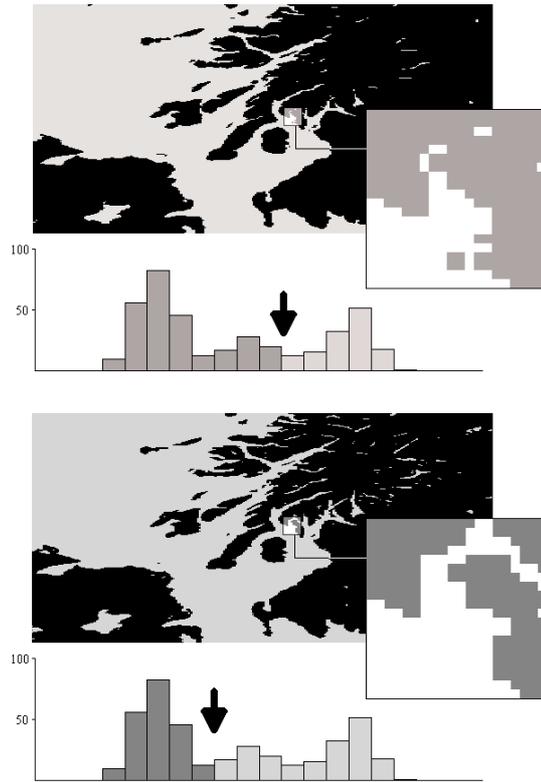


Figura 3. Cada material está representado por una gama de valores distribuidos alrededor de un valor. El análisis del histograma, permite identificar las diferentes poblaciones de valores que corresponden a distintos materiales. Una clasificación consiste en asignar colores contrastados a diferentes píxels según el material que contienen, deducido a partir de su valor

5. Comparar los resultados, ligeramente diferentes, según el punto de corte elegido (Fig. 4 y 5). Analizar como afecta a la posición de la línea de



Figuras 4 y 5. Dos ejemplos de clasificación de la subimagen de trabajo, con su histograma y el punto de separación escogido para delimitar tierra y mar. Como fondo se muestra la imagen completa, a la que se ha aplicado la misma clasificación.

costa. Un punto de corte más alto, provoca que algunos píxels de agua pueden aparecer como tierra, mientras que ocurre lo contrario si el punto de corte es bajo. En realidad, los píxels de la zona intermedia corresponden a los llamados "míxels", que son píxels en que se mezclan los dos tipos de cubiertas, y que por tanto dan una respuesta intermedia entre las características de los dos materiales (Fig. 6).

6. Repetir todo el proceso de clasificación en el ordenador sobre el mismo fragmento de la imagen usado para el proceso manual. Comparar los resultados con el mapa anterior. La distribución de tierra y mar en la subimagen debe ser idéntico al obtenido manualmente. Repetir la clasificación para la imagen completa, aplicando el mismo punto de corte. Comparar los resultados para los distintos grupos de trabajo (Fig. 4 y 5).

Esta actividad se realiza sobre un histograma unidimensional, que corresponde a un canal. Si se dispone de dos canales, el histograma resulta una superficie alabeada, que permite una mejor separación de clases próximas, y así sucesivamente para cada nuevo canal adicional.

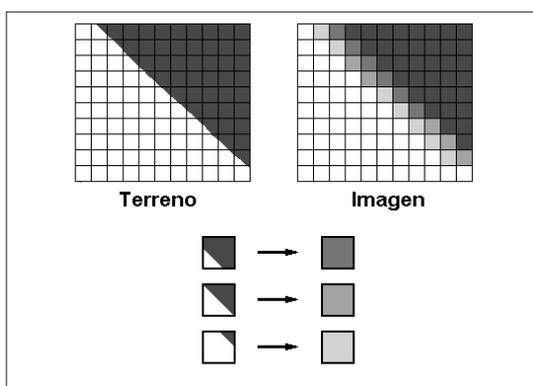


Figura 6. Un píxel es un píxel que representa una unidad de terreno con contenido heterogéneo. Su valor digital en la imagen depende del porcentaje de superficie ocupada por cada material.

Cuantificación de superficies: variación estacional del hielo antártico

Es necesaria una imagen multitemporal que permita diferenciar fácilmente el fenómeno a estudiar, que puede ser cualquiera: variación de la superficie innivada durante el invierno, flujos de coladas en erupciones volcánicas, inundaciones, cambios en un litoral (desaparición de playas debido a tormentas, variación del nivel del mar debido a las mareas, ...), extracción de áridos, canteras ...

En este caso se usa una serie de doce imágenes mensuales consecutivas, del continente antártico (Viehoff, 1992). Han sido captadas por un sensor de microondas, por lo que están libres de nubes.

Las microondas (ondas radar) usadas en teledetección no son radiaciones emitidas por el sol, sino por la misma plataforma que transporta los sensores. Para generarlas, se necesita una fuente de energía, lo que limita su vida útil. Por otro lado, una de las ventajas de su uso es que no dependen de la iluminación solar, ni por tanto de la hora del día. Otra de sus características es que penetran a través de las nubes; por ello los sensores de microondas pueden trabajar en todo momento, independientemente de la posición del sol y de las condiciones atmosféricas. Esto resulta especialmente útil para el estudio de la Antártida, que muy a menudo se encuentra cubierta de nubes.

Etapas de trabajo:

1. Comparar la extensión de los hielos de la banquisa en los diferentes meses, visualizándolas de dos en dos. Los píxeles diferentes en las dos imágenes implican cambios en el hielo.

2. Determinar visualmente qué mes tiene un máximo de banquisa y cual un mínimo. Resulta un momento adecuado para realizar una discusión sobre la época en que se producen el verano y invierno australes (Fig. 7 y Fig. 8).

3. Analizar una imagen concreta. Obtener y analizar su histograma (Fig. 9 y Fig. 10). Identificar los materiales que se pueden diferenciar. El continente ha sido cubierto por una máscara, por lo que

todos sus píxeles presentan un mismo valor, el 168. Además, se diferencian fácilmente mar y hielo, ya que el mar tiene una respuesta muy baja (valores entre 0 y 20), mientras que la del hielo es alta (superiores a 50).

4. Cuantificar la extensión del continente. A partir del histograma, podemos saber que el número de píxeles con el valor 168 es de 5.506. Sabiendo que el tamaño de un píxel es de 50 x 50 km (2.500 km²), se obtiene un resultado de 5506 x 2500, 13.765.000 km².

5. Consultar fuentes bibliográficas para conocer la superficie real de la Antártida. Comparar dicho

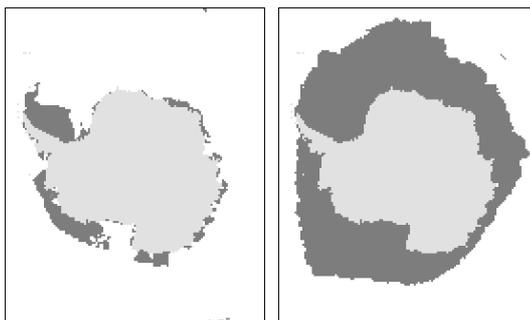


Figura 7. Imagen microondas de la Antártida en febrero, mes que presenta el mínimo de hielos.

Figura 8. Imagen microondas de la Antártida en septiembre, mes que presenta el máximo de hielos.

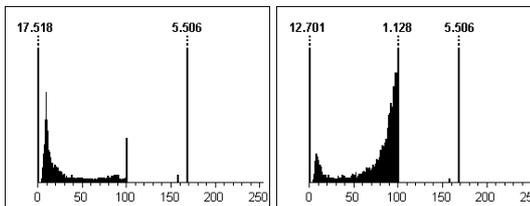


Figura 9. Histograma de la Fig. 7, truncado para frecuencias superiores a 500. La clase de valor 168 corresponde al continente enmascarado, el pico de valores cercanos a 100, a la banquisa y los valores inferiores a 30, al mar.

Figura 10. Histograma de la Fig. 8, a la misma escala que el de la figura 9. El cambio más visible respecto a febrero es la disminución del pico cercano a cero, que se han transformado en píxeles de banquisa (aumento del pico cercano a cien).

valor real con el obtenido a partir de la imagen. Hacer una estimación del error en %. La superficie real es de 13.176.727 km². La diferencia es atribuible a que las plataformas de hielo de Ross, Ronne y Amery han sido enmascaradas como pertenecientes al continente. El error sería de un 4,4 %, obtenido: 100 x absoluto (valor esperado-valor obtenido)/valor esperado.

6. Para saber la variación de extensión de la banquisa a lo largo de un año, hay que obtener la imagen diferencia entre la de mayor extensión (septiembre) y la de menor (febrero) (Fig. 11). Es una



Figura 11. Imagen diferencia clasificada, obtenida al restar punto a punto la imagen de febrero de la de septiembre.

operación en que se obtiene una nueva imagen restando uno a uno entre sí los píxeles de las dos imágenes con las que se opera. En la nueva imagen, los valores de los píxeles son: altos, los que presentaban un valor más alto en setiembre que en febrero; cero, los que no han cambiado de uno a otro mes, entre ellos el continente y el mar; e inferior a cero, los que tenían un valor más alto en febrero que en setiembre (que se asignan a cero en la nueva imagen, pues una imagen no puede tener valores negativos).

7. Cuantificar la zona de cambios en la imagen diferencia. Los píxeles de valor superior a cero corresponden al aumento de la banquisa. Para hacer el cálculo, basta obtener el total de píxeles de valor superior a cero y multiplicar dicho valor por la superficie de un píxel. Son el 29,3 % de los píxeles, es decir, 778.208 píxeles, que equivalen a 19.4552.0000 km². Si suponemos que el error para los dos cálculos realizados es el mismo, se puede determinar un valor máximo y mínimo para el crecimiento de la banquisa.

En este caso, al trabajar sobre la banquisa, no es necesario realizar ningún cálculo posterior, ya que no existe relieve, por lo que la superficie medida sobre la imagen coincide con la superficie real. En otro tipo de casos, por ejemplo la nieve en las montañas, hay que tener en cuenta este aspecto y, de ser posible, realizar una corrección a partir de la pendiente para cada punto de la imagen.

CONCLUSIONES

La realización de esta actividad, en especial la parte de la simulación manual, ayuda a una mejor comprensión por los alumnos de los métodos informáticos de tratamiento de imágenes y facilita la lectura e interpretación de imágenes de satélite.

La realización de sencillos cálculos de estimación de superficies hace que las imágenes adquieran una nueva dimensión, pasando de constituir únicamente algo que se interpreta visualmente, a un instrumento a partir del que obtener datos concretos sobre la superficie terrestre.

BIBLIOGRAFIA

- Pinilla, C. (1995). *Elementos de Teledetección*. Rama. Madrid.
- Sasal, M. T. y Soler, J.L.(1996). Teledetecció, crèdit pel nou batxillerat. En: *Sinera en disc (CD-ROM de recursos educatius)*. Programa de Informàtica Educativa, Generalitat de Catalunya. Barcelona.
- Scanvic, J.I. (1989). *Teledetección aplicada*. Paraninfo. Madrid.
- Soler, J.L. y Sasal, M. T. (1997). *Página web sobre teledetección en enseñanza secundaria*: <http://www.xtec.es/recursos/tdetecc/index.htm>. Programa d'Informàtica Educativa. Barcelona.
- Vauzelle, M. (1990). Télédétection et enseignement secondaire: quelques réflexions. En: *Télédétection spatiale*. Cépaduès. Toulouse.
- Viehoff, T. (1992). Temporal and spatial variations in sea ice concentration in the southern ocean. En: *Applications of marine and coastal image data from Satellite, Airborne and In-situ Sensors*. Marinf, 3, 65-74. Unesco. ■