

GEOMÁTICA: INTEGRACIÓN TECNOLÓGICA PARA ESTUDIOS URBANOS

por:
Víctor Herrera González

Recibido el 09 de abril de 2004
Aprobado el 18 de mayo de 2004

GEOMÁTICA: INTEGRACIÓN TECNOLÓGICA PARA ESTUDIOS URBANOS

Dr. Víctor Herrera González

Departamento de Ingeniería Geográfica
Universidad de Santiago de Chile
Alameda 3363 – Estación Central-Santiago
Fono-fax: (562) 681-1213; e-mail:
vherrera@lauca.usach.cl

RESUMEN

El presente trabajo señala algunas de las aplicaciones mas recientes en materia de planificación urbana, no sólo en términos del empleo de algoritmos de clasificación digital que apoyen el proceso del mejor destino de uso y ocupación del suelo, sino también en lo referente a proyectos de inversión en infraestructura urbana.

ABSTRACT

This work show us some applications in urban planning, in relation with the use of digital classification algorithms that will be the best alternative in the destine of urban landuse process and, in other aspect, project involved with urban infrastructure inversions.

Palabras clave: *Alme, ACP, Clasificación digital.*

INTRODUCCION

La observación de la Tierra desde el espacio constituye una ventaja para quienes desean obtener información de los elementos que la definen, así como de los cambios que se suceden en ella (Herrera, 2001). La puesta en órbita de sensores para el estudio de la superficie terrestre apunta a dar solución a lo ya señalado. En este sentido, el avance tecnológico experimentado en las últimas décadas en materia satelital ha contribuido al

estudio y la planificación del espacio urbano.

En este contexto, el tratamiento digital de imágenes de satélite ha resultado ser una herramienta importante al momento de detectar y evaluar los cambios de uso y ocupación de suelo, sobresaliendo la utilización de algoritmos cuya finalidad es la clasificación o aislamiento del fenómeno que se desea estudiar. Diversos son los principios matemáticos que dan solución a esta técnica que agrupa píxeles de similar característica, tendiendo con ello a la creación de una cartografía temática; no obstante, además de las tradicionales clasificaciones “supervisada” y “no supervisada”, destacan el análisis de componentes principales (ACP) y el análisis lineal de mezclas espectrales o modelo ALME. Estos serán los algoritmos que analizaremos y cuya aplicación práctica en el ámbito urbano corresponde al primer objetivo del presente trabajo, para luego pasar a abordar una aplicación relacionada con el mejoramiento de la infraestructura de conectividad entre los poblados más desvinculados de los núcleos urbanos principales en la zona austral de nuestro país, inserto dentro del principio de tecnologías asociadas o geomática.

PROCEDIMIENTO

El presente trabajo considera dos aspectos, el primero es mostrar dos algoritmos de clasificación digital cuya función es la formación de *cluster* que definen las clases o categorías presentes en una imagen (Lillesand y Kiefer, 1994), para realizar su análisis urbano; luego, pasar a abordar el proyecto de Identificación de Requerimientos de Accesibilidad Para Localidades en la Zona Austral de Chile, requiriendo en ambos casos de la geomática para dar solución a ambos aspectos de estudios urbanos abordados en este artículo.

En el primer caso, tenemos que el objetivo del ACP es resumir un amplio grupo de variables en un conjunto más pequeño, sin perder una parte

significativa de la información original. Esta capacidad de síntesis ha sido la base de la aplicación del ACP en teledetección. Por su parte, el modelo ALME tiene como finalidad obtener imágenes con la proporción de cada píxel ocupado por una determinada categoría, es decir, como resultado de esta técnica, se obtienen tantas imágenes de salida como categorías pretendan estudiarse, esto en función del número de bandas a utilizar permitiendo con ello el poder "desmezclar" clases puras presentes en la imagen (Chuvieco, 1996).

Recientes estudios que abordan el tema de la clasificación urbana, utilizando para ello distintos tipos de algoritmos matemáticos y diferentes sensores (Wald y Baleynaud, 1999; Lo, 1997; Liao y Chen, 1998), coinciden en aplicar la teledetección como parte de proceso que propicie un crecimiento y ordenamiento urbano más eficiente, ya sea como parte de planes reguladores o mediante análisis de carácter multitemporal. Sin embargo, para lograr estos objetivos, lo primero es definir las bandas que se van a utilizar para identificar las clases de interés y que, posteriormente, sean la base para la aplicación de los algoritmos, ya que en ambos casos se depende del número de bandas para la determinación de componentes principales y puros, tanto para el ACP como para el ALME, respectivamente. Las bandas espectrales utilizadas fueron: azul (B1), verde (B2), rojo (B3), infrarrojo cercano (B4) e infrarrojo medio (B5 y B7) de *LANDSAT-TM* de 1996 de la ciudad de Valdivia, Chile.

El interés de aplicar cada uno de estos algoritmos radica en poder identificar, esencialmente, tres elementos que condicionan el crecimiento de esta ciudad: los limitantes para la expansión urbana, los impactos que ello provoca y las zonas que posibilitan dicho crecimiento. En el primer caso, interesa identificar los cauces y suelos inundables,

los suelos agrícolas y el bosque nativo; en segundo lugar, las áreas silvestres protegidas (Reservas Nacionales aledañas), pérdida de suelo por cambio de uso y ocupación (rural a urbano); y finalmente, los suelos periurbanos disponibles para dicho proceso de crecimiento de la ciudad.

Una vez aplicados ambos métodos se realizará un análisis para detectar potencialidad y desventajas de ambos algoritmos, para luego, realizar un análisis comparativo entre los dos métodos de clasificación digital empleados. Para tales efectos se utilizó el programa de tratamiento digital de imágenes *PCI_Geomática*. En el segundo aspecto, los parámetros considerados son diferentes, ya que aquí el objetivo principal es racionalizar el plan de inversiones en infraestructura de transporte del Ministerio de Obras Públicas para las regiones X, XI, y XII, en base a una actualización de la información de acceso a las localidades aisladas de estas regiones.

Tal como apreciamos el elemento urbano adquiere otra forma, en donde la necesidad de servicios por parte de los habitantes de las zonas australes gira en torno a otros factores de planificación territorial también de carácter urbano. En este sentido, destacan la necesidad de planificar la micro infraestructura de transporte para las regiones australes del país, el aislamiento físico-conectividad de transporte (aéreo, vial, conexión insular), el acceso a servicios por parte de la población, el mejor acceso a recursos naturales de cada región y la caracterizar las localidades aisladas desde el punto de vista demográfico y de equipamiento (salud, educación, etc.). Tal como, a modo de ejemplo, lo muestra la figura 1, la importancia de conocer la ubicación y estado de los aeródromos de las zonas australes adquiere una especial relevancia al momento de vincular los centros poblados mas aislados con los asentamientos principales.

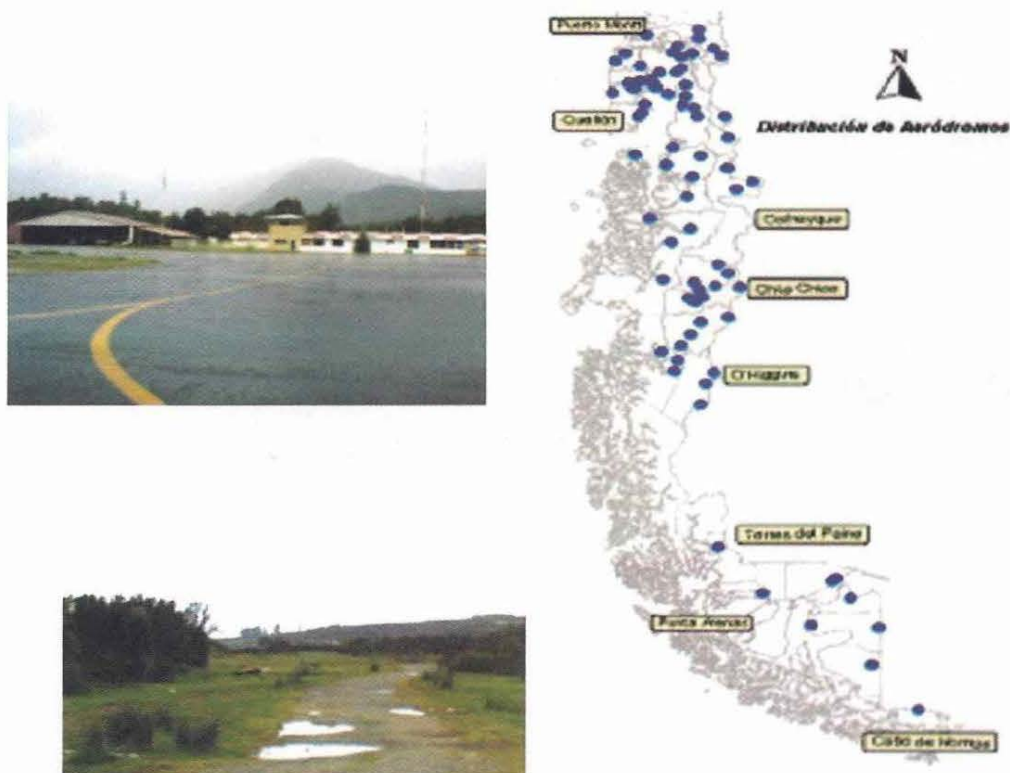


Figura 1.- Ubicación de aeródromos en la zona austral de Chile con fotografías que muestran las distintas condiciones en que se encuentran.

Finalmente, se procederá a entregar una visión actualizada del estado en que se encuentran los diferentes tipos de infraestructuras de conexión (caminos, insulares y/o aeródromos), ello permitirá al Ministerio de Obras Públicas (MOP) priorizar en la inversión de proyectos para las mencionadas infraestructuras.

RESULTADOS OBTENIDOS

Comenzando por las clasificaciones digitales, tenemos que el ACP aplicado sobre una imagen *LANDSAT-TM* de Valdivia, evidencia claramente la presencia de los tres elementos más importantes presentes en la zona: la mancha urbana (tono

rojo), el agua y la vegetación. Esta última con un mayor grado de complejidad al momento de separar especies o tipos de uso. A partir de la información proveniente de la matriz de autovectores, que tiene por función entregar la relación existente entre cada píxel y el de sus vecinos, y en donde se evidencia la asociación entre cada componente y las bandas originales del sensor *TM* de *Landsat*, se determinaron los componentes principales, apreciando claramente en la composición en color de la figura 2.a las categorías de agua, vegetación y suelo urbano, perfectamente identificables.

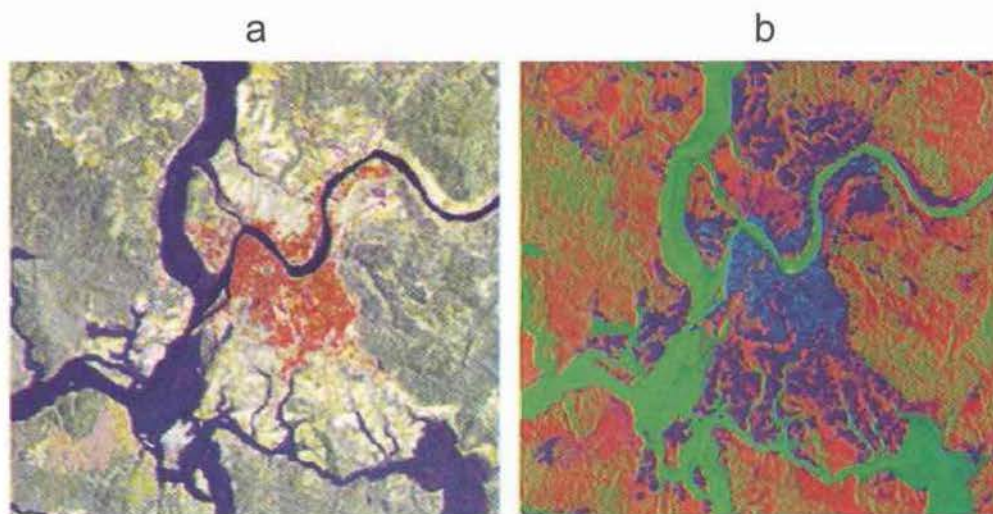


Figura 2.- a) composición ACP en color para los tres primeros componentes obtenidos de la imagen LANDSAT-TM de Valdivia; b) composición en color del modelo ALME.

Cuatro fueron los componentes principales identificados, los que retienen un 99,82% de la información original de varianza de la imagen tratada. De acuerdo a estos porcentajes se seleccionaron los tres primeros componentes en una composición RGB, los cuales pueden ser visualizados en la figura 2.a. En esta figura podemos observar claramente en tono rojo el límite y trama urbana, destacan los principales accesos, la ocupación Oeste en la isla Teja y la tendencia a expandirse hacia el sector Sur. También destacan claramente el agua, bosque y suelo agrícola, demostrando este algoritmo su capacidad de poder aislar los sectores que presentan una limitante para la expansión de la ciudad (suelos inundables, bosque nativo).

Por otro lado, sabemos que el modelo ALME crea las imágenes a partir de clases de entrenamiento previamente efectuadas. En este sentido, la banda espectral en donde mejor se aprecie cada clase será gravitante para poder establecer diferencias entre cada categoría y, por ende, separar los componentes puros presentes en la imagen.

En la figura 2.b podemos visualizar los resultados del ALME, a través de una composición 123 en color, que asigna el rojo al componente puro correspondiente a bosque, el verde al componente puro suelo inundable y el azul al componente puro suelo urbano. En esta imagen se aprecia la ciudad de Valdivia en color azul, clase que tiende a confundirse con los suelos descubiertos. En color verde se distinguen los cursos de los ríos diferenciándose muy bien de las zonas inundables, lo cual tiende a confundirse con zonas de juncos. En relación con el suelo urbano se aprecia el camino de acceso sur, que se enmarca dentro de la zona de expansión urbana de la ciudad. También es posible apreciar el bosque nativo en color rojo marrón.

Ambos modelos señalan multitemporalmente los cambios de uso y ocupación de suelo, esto ayuda a predecir y planificar el crecimiento urbano, así como prevenir y reducir el impacto producido.

Un análisis comparativo entre el ACP y el modelo ALME nos señala que las principales diferencias entre estas dos técnicas es la manera de obtener los resultados o más bien dicho, las imágenes

resultantes del proceso. Esto se debe a que el ACP es un proceso netamente estadístico, donde los componentes principales se miden a partir de la matriz de varianza – covarianza y el sentido espectral de los componentes se obtiene a partir de la matriz de autovectores; a diferencia del ALME que requiere una clasificación previa y cada componente tiene directa relación con la radiancia recibida desde las cubiertas, por lo que tiene directa dependencia de la cantidad de bandas donde mejor se pueda apreciar cada una de las categorías que se desea discriminar (Herrera et al, 2003). Luego, es posible deducir que para estudios donde se requiera una mejor

uso del modelo ALME. No obstante, dado que la aplicación consiste en la determinación del crecimiento de la ciudad, lo que se busca es la mejor representación del suelo urbano, y en este aspecto lo recomendable es utilizar el ACP.

En el otro caso, tenemos que la campaña de terreno identificó en la zona austral la presencia de 20 nuevos aeródromos (en la base del MOP figuraban 67), 41 conexiones insulares o rampas sin identificar (de un total de 143 reconocidas) y una predominancia de bajo estándar en el estado de caminos (tierra-ripio: 7714,8 km = 82%; además, 10% asfalto y 8% hormigón).

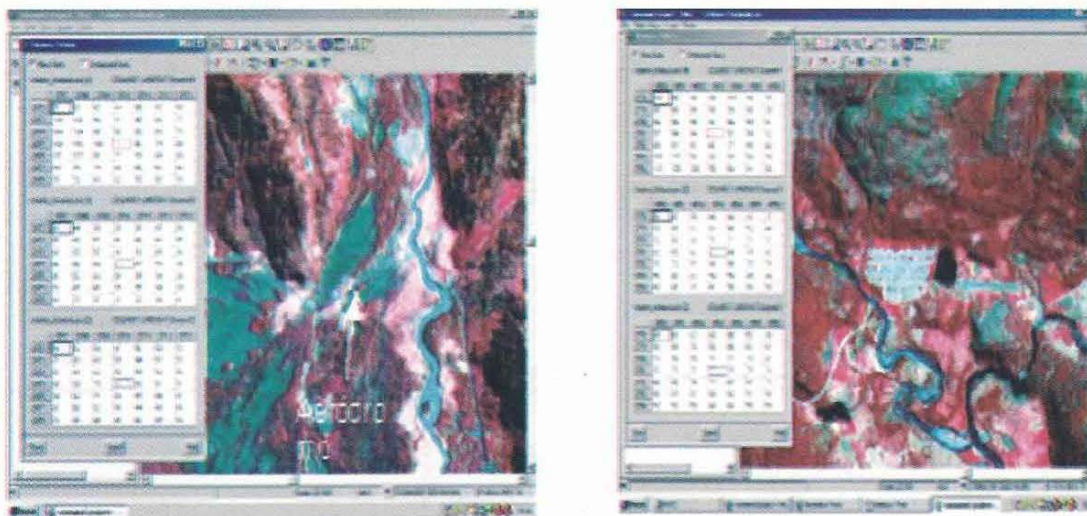


Figura 3.- Localización de aeródromos en la imagen LANDSAT-TM corregida geométricamente de Abril del 2003 en falso color convencional.

interpretación y definición de zonas donde el riesgo para el crecimiento de la ciudad sea potencialmente peligroso para el entorno de protección o reserva natural, se recomienda el

La información entregada por el GPS navegador que fuera utilizado en terreno permitió corregir geométricamente las imágenes LANDSAT solicitadas por el MOP

para el desarrollo del mencionado estudio. Este hecho también posibilitó extraer la ubicación de aeródromos a los cuales no se pudo llegar, precisamente, por problemas de inaccesibilidad, pero a los cuales se les pudo identificar su estado, tal como se muestra en la figura 3, en donde el uso de las bandas IRC y Rojo, preferentemente, dilucidaron tal incógnita. La misma información combinada, es decir, el aporte de las imágenes

a los centros poblados principales, o bien, información cartográfica mas relevante, como el caso de la figura 4, donde se identifican los centros con características de aislamiento: relativo, medio, alto, crítico y extremo. Ello, contribuyó a la creación de Plan Referencial de Inversiones para tales comunidades por parte de la entidad gubernamental.

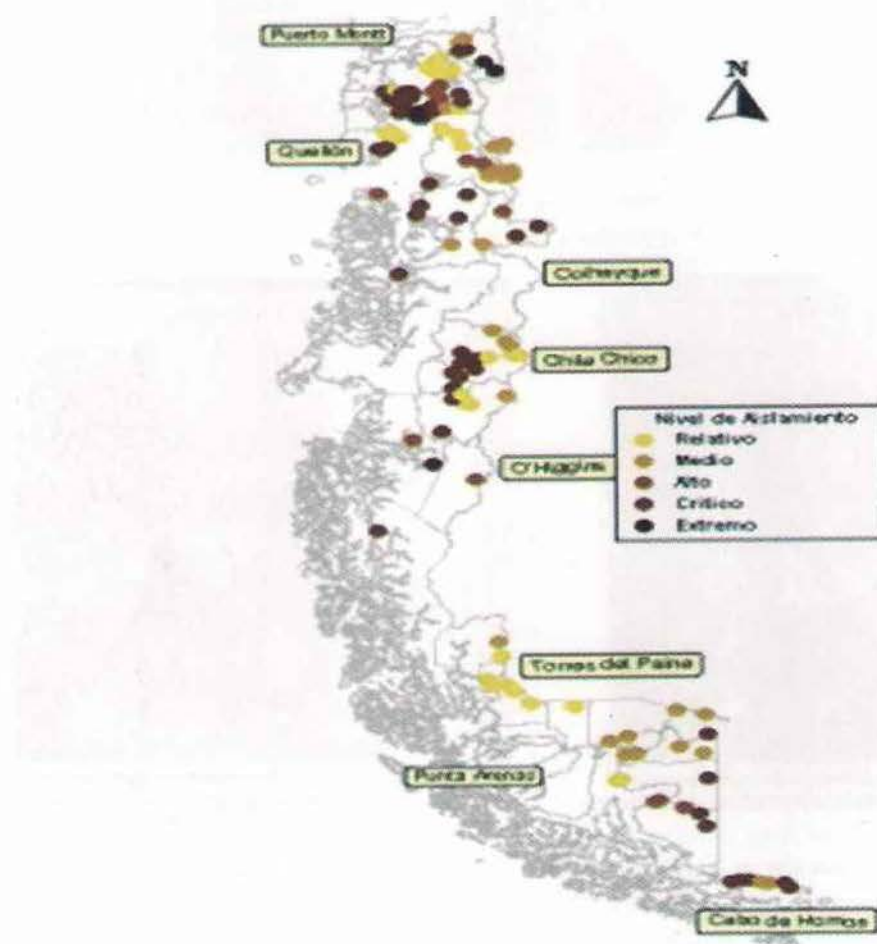


Figura 4.- Mapa de categorías de aislamiento: relativo, medio, alto, crítico y extremo.

mas la georreferenciación permitió confeccionar alguna información complementaria, como el mapa de isocronas en donde aparecen los tiempos de acceso desde los poblados mas apartados

De esta forma, el presente estudio permitió constatar directamente en terreno la importancia y el apoyo a diversas funciones de la comunidad que prestan los aeródromos, tales como: vuelos

de servicio social en zonas aisladas, fronterizas o en proceso de colonización; traslado de rondas médicas, alimentos, enfermos, apoyo a los servicios institucionales (bancos, correo, registro civil, etc.); fumigaciones aéreas; detección y extinción de incendios forestales; prospecciones mineras y pesqueras, actividad turística e instrucción de pilotos. Por su parte, las conexiones insulares requieren de obras de acceso y egreso de barcas y balsas de transporte, las que corresponden, principalmente, a rampas, muelles y embarcaderos que apuntan a mejorar la actividad comercial y las oportunidades de trabajo. De la misma manera, la red vial es una de las principales redes de interconexión territorial, debido a la cobertura espacial que esta logra alcanzar, resultando vital para su operatividad el tipo de estándar de ésta, estando definido por el tipo de carpeta o superficie que tenga (hormigón, asfalto, ripio, tierra, etc).

CONCLUSION

En el caso de estudios urbanos mediante algoritmos de clasificación digital, podemos concluir que para la determinación y cartografía de zonas periurbanas potencialmente aptas para el crecimiento de la ciudad resulta recomendable el uso del algoritmo de análisis de componentes principales o ACP, dada su capacidad de analizar estadísticamente el contenido de cada píxel y sus vecinos en cada banda; no obstante, un problema relacionado con el ACP es la dificultad de establecer una interpretación *a priori* de cada componente. Por su parte, el ALME interpreta de manera más clara los suelos agrícola y la superficie cultivada, en donde ha demostrado excelentes resultados, posibilitando estudios que identifiquen sectores físicos que representen obstáculos para la expansión urbana (bosque nativo, reservas naturales y otros).

Por otra parte, los impactos que acarrea el crecimiento de la ciudad se relacionan con el cambio de uso y ocupación del suelo, preferentemente, de rural a urbano, lo cual es perfectamente identificable en ambos algoritmos. Este hecho y los anteriores, en términos de limitantes y posibilidades para la expansión de la ciudad, son posibles de cartografiar, apuntando con ello a un estudio de mayor profundidad que tenga por objeto medir la capacidad de acogida del suelo aledaño a la ciudad, mejorando con ello el proceso de planificación urbana y territorial. Para el caso específico de Valdivia los principales limitantes para la expansión urbana corresponden a los suelos inundables y la reserva nacional que rodean la ciudad. Considerando ambos factores la expansión de la ciudad tendería a orientarse en las direcciones Sur y Oeste de la ciudad.

En cuanto al proyecto de desvinculación de centros poblados en la zona austral del país, tenemos que el mayor número de proyectos a invertir corresponde a conexiones insulares. Los proyectos de aeródromos son significativos a mediano plazo. En la priorización por interacciones, los proyectos viales son la mayor cantidad, seguidos por los aeródromos. Además, el análisis arrojó 83 localidades que están en situación de aislamiento mayor, o mas bien alto, lo que constituye un 33% del total de localidades visitadas en terreno.

Por último, es la accesibilidad la que favorece o restringe el desarrollo de actividades como: la industrial, las operatividades sociales, la actividad turística, y la actividad económica, en general, con todo el encadenamiento productivo que esto genera. Aquí es donde también aparece la geomática como disciplina o herramienta que contribuye de manera determinante en los procesos de desarrollo regional.

BIBLIOGRAFIA

Chuvieco, E. (1996) Fundamentos de Teledetección Espacial, 3ª edición, Madrid, Rialp.

Herrera, V. (2001) Estudio Comparativo de Distintos Sensores Remotos y Equipos GPS en el Seguimiento del Crecimiento Urbano de la Ciudad de Valdivia (1961-1998), Tesis Doctoral, Universidad de Alcalá, Madrid, España.

Herrera, V.; Olivares, M. Y Barrales, E. (2003) Aplicación del Algoritmo de Análisis de Componentes Principales y el Análisis Lineal de Mezclas Espectrales en Estudios de Crecimiento Urbano, Revista Geográfica de Chile-Terra Australis, I.G.M., N°48, pp. 35-42.

Liao, R. y Chen, X. (1998) The Evolution of Settlement Location and Distribution in Urban-Rural Integration, Chinese Geographical Science, Vol. 8, n° 1, pp. 67-73.

Lillesand, T. y Kiefer, R. (1994) Remote Sensing and Image Interpretation, New York, J. Wiley & Sons.

Lo, C.P. (1997) Application of Landsat TM Data For Quality of Life Assessment in an Urban Environment, Computers-Environment and Urban Systems, Vol. 21, n° 3-4, pp. 259-276.

Wald, L. y Baleynaud, J. (1999) Observing Air Quality Over the City of Nantes By Means of LANDSAT Thermal Infrared Data, International Journal of Remote Sensing, Vol. 20, n° 5, pp. 947-959.