

ANÁLISIS DE CAMBIO INTERANUAL EN BOSQUES NATIVOS AUSTRALES CON IMÁGENES RADARSAT

Roberto Castro Ríos

Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal.

Vicuña Mackenna 4860, Santiago, Chile.

Tel.: 686 5751 Fax: 562 - 5520780

Email: rcastro@puc.cl

Marion Espinosa Toro

Centro de Información de Recursos Naturales de Chile (CIREN - CORFO).

Manuel Montt 1164, Santiago, Chile

Tel.: 56-2-200 89 64 Fax: 56-2-341 29 10

Email: mespinosa@minagri.gob.cl

RESUMEN

La Región Austral de Chile se caracteriza por condiciones climáticas adversas, lo que se verifica en escasos días ausentes de nubes, abundantes precipitaciones y fuertes vientos. Estas características hacen que los datos RADAR sean una fuente válida para actualizar información del estado y tendencia de los recursos naturales que se encuentran en la zona.

Con el objetivo de evaluar los datos del satélite RADARSAT para actualizar la información catastral de los bosques nativos, se estableció una metodología de trabajo basada en parcelas de observación en terreno y en el análisis multitemporal de datos RADAR adquiridos en los meses de febrero de 1997 y 1998 respectivamente. El proceso se corrobora con la integración de los datos RADAR con los datos ópticos, del sensor Thematic Mapper del satélite LANDSAT.

Las intervenciones estudiadas corresponden principalmente a "entresacas selectivas" (aclareos) y a "talas" en bosques de *Nothofagus pumilio* (lenga).

Los cambios fueron determinados analizando los datos de retrodispersión y de textura de ambas fechas, según análisis de componentes principales, resta normalizada de los valores y por fusión de imágenes RADAR y ópticos.

Los resultados obtenidos indicaron que es posible determinar las zonas intervenidas, no obstante existe confusión en muchas de estas situaciones.

Un factor importante a considerar es el modo de toma de las imágenes, el que se encuentra en relación directa con el ángulo de incidencia. En este caso se compararon imágenes de modo estándar S5 y S6, lo que introdujo un grado mayor de dificultad.

Se concluye que el modo estándar S6 es más adecuado para este tipo de estudio.

Introducción

Recientemente en Chile se realizó el primer inventario nacional de vegetación nativa, corroborándose que una de las zonas de mayor dificultad para obtener información oportuna del estado de los bosques corresponde a Tierra del Fuego y es donde se concentra una de las superficies de bosque de lenga más extensas que existen en la actualidad. Al mismo tiempo es una zona atractiva del punto de vista maderero, y de ella se extraen anualmente una cantidad considerable de metros cúbicos.

Lo anterior, sumado a las características climáticas y de accesibilidad hacen válida la búsqueda de metodologías, que permitan obtener datos en forma oportuna y periódica.

Los datos RADAR (SAR), han surgido en la última década como una alternativa para cubrir y satisfacer las necesidades descritas, especialmente por la capacidad de registrar datos en condiciones meteorológicas críticas. No obstante, la poca experiencia y aplicaciones existente han sido una de las causas por lo cual este tipo de datos no se han incorporado al seguimiento, evaluación y cuantificación de los recursos naturales.

Los datos de RADAR, entregan distintos tipos de información de las coberturas terrestres, de la humedad e intensidad en distintos tipos de suelo (Salgado y Stella, 1996), de las características de continuidad y rugosidad del paisaje (Del Valle et al, 1996; Toutin y Amaral, 1998).

Este trabajo considera el concepto de textura relacionado directamente con la heterogeneidad de las cubiertas, de tal forma que un cambio textural entre dos fechas implica un cambio en la homogeneidad o heterogeneidad de las cubiertas forestales. En ambos casos, los cambios están ligados a una alteración de la propia cubierta. De igual forma el análisis de la retrodispersión registrada por el sensor SAR del satélite RADARSAT se relaciona con la rugosidad de la cubierta forestal. De tal manera que un cambio de retrodispersión es el reflejo de un cambio en la composición de un bosque.

Esta comunicación presenta la metodología de análisis de cambio y los resultados obtenidos entre las imágenes de RADAR de febrero del 1997 y febrero de 1998. Cabe señalar que el establecimiento de clases de bosques y los patrones de heterogeneidad, fueron determinados previamente analizando datos del "modo fino" y modo estándar de febrero de 1997, además de una imagen de octubre, esta última para establecer las variaciones estacionales cuyos resultados se presentaron en trabajos anteriores (Castro y Espinosa, 1997).

Área de Estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en la comuna de Tierra del Fuego (isla), cuyos límites son: por el Norte, línea recta que pasa por lago Mercedes; por el Sur y Oeste el Océano Pacífico y por el Este a 10 Km. al este del lago Blanco. La superficie aproximada es de 70 kilómetros cuadrados. Esta zona se sitúa en la XII Región de Chile, entre los grados 53,30 y 54,30 de Latitud Sur y entre los 71,50 y 69,20 grados de Longitud Oeste.

Las condiciones climáticas de esta zona corresponden a un clima estepárico frío, con temperatura media anual de 6 grados Celcius, llegando a mínimas de -18 grados. La precipitación media anual es de 432 milímetros, con fuertes vientos y permanente presencia de nubes.

El territorio presenta terrenos de pendientes suaves a onduladas, con excepción de la parte de la cordillera de los Andes donde el terreno es quebrado y abrupto con porcentajes de pendientes altas, sector asociado a los bosques nativos de lenga (figura 1).

Figura 1. Ubicación área de estudio (Imagen NOAA)



Material y método

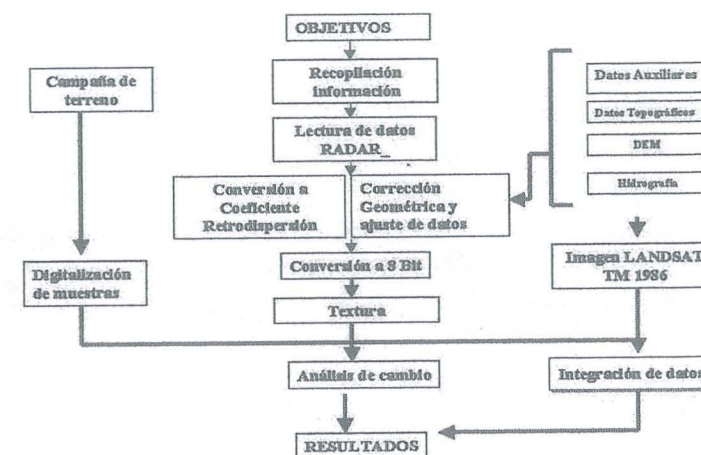
Para el presente trabajo se contó con datos provenientes del satélite RADARSAT, modo estándar 5 (S5) y estándar 6 (S6), ambas en órbitas descendente, adquiridas bajo las siguientes condiciones: i) Estándar 5, del 12 de febrero de 1997. Condiciones de terreno: lluvia moderada reciente, parcialmente nublado, suelos húmedos y en parte saturados. ii) Estándar 6, del 21 de febrero de 1998. Condiciones de terreno: despejado, sin lluvia, suelos secos.

Como datos auxiliares se contó con una clasificación digital de imágenes Landsat (de febrero de 1986 y 10 febrero de 1994), cartografía de cobertura vegetal (Castro et al, 1996), cartas bases de curvas de nivel, hidrografía y caminos.

El análisis se realizó en PC, con el software PCI y Eartview, más el apoyo del SIG ARC-INFO.

La metodología general se presenta en el esquema de la figura 2.

Figura 2. Metodología general



La primera etapa consistió en la adquisición de las imágenes y su posterior lectura. Se seleccionó el mes de febrero y se adquirieron una el año 1997 y otra en 1998.

En una segunda etapa se realizó la corrección radiométrica de los datos, quedando ambas fechas en valores de retrodispersión y escalados a 8 bits, posteriormente se realizó la corrección geométrica, en este caso se utilizó un modelo de elevación digital (DEM) y el modelo orbital, más puntos de control (GCP) identificados en la cartografía base escala 1: 50.000, el algoritmo de asignación utilizado fue el vecino más cercano. Al resultado obtenido se aplicó el filtro FGAMMA con una matriz de 5 x 5, situación intermedia a la encontrada como óptima por Wooding et al (1996) con el fin de disminuir el moteado (speckel).

En el paso siguiente, se obtuvo el segmento de textura (homogeneidad), el cual fue utilizado para el análisis de cambio (ICAM), según un índice de substracción normalizada (Castro, 1993).

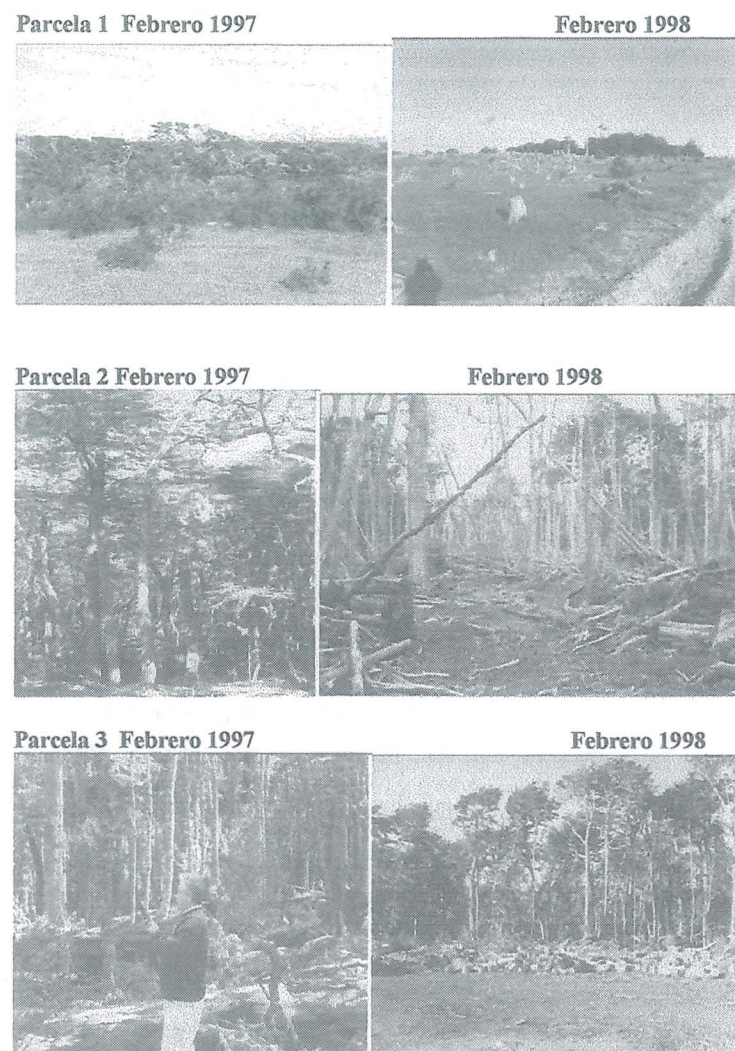
$$ICAM = (((\text{Text } 1998 - \text{Text } 1997) / (\text{Text } 1998 + \text{Text } 1997)) + 1) * 100$$

Los valores con disminución de heterogeneidad se sitúan entre 101 y 200, los de aumento entre 0 y 99, mientras que los valores sin cambio corresponden a 100.

Un análisis de cambio similar al anterior se realizó con los valores de retrodispersión. Posteriormente, con las bandas de textura y retrodispersión de ambas fechas se aplicó un análisis de componentes principales, identificándose el CP3 como el componente de cambios.

La etapa de terreno se realizó en forma simultánea a la toma de las imágenes. En terreno se identificaron y seleccionaron parcelas de seguimiento (posicionamiento con GPS), representativas de cada clase temática de interés (bosques aclarados, claros de bosques y zonas explotadas en más del 75 %). (Figura 3).

Figura 3: Parcelas de terreno



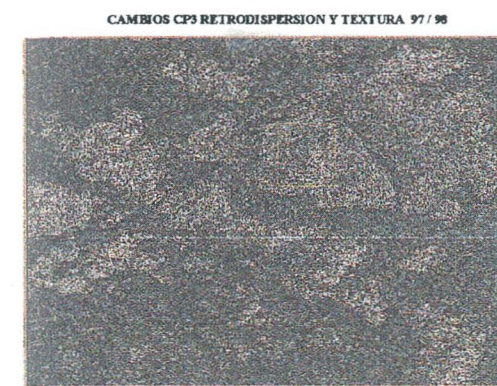
Resultados y Análisis

Los resultados obtenidos mediante los procesos de análisis de componentes principales, sustracción normalizada y fusión de datos ópticos con radar son los siguientes:

Componentes principales

En este caso se utilizó cuatro bandas (dos de retrodispersión y dos de textura de las dos fechas). El resultado indicó que el primer componente resumió el 85,1 % de la varianza, el segundo el 8,5 % y el tercer componente alcanzó el 5,3 % del resto, este último componente mostró (figura 4) diferencias de cambio entre ambas fechas.

Figura 4: Componente principal 3 (cambios 97 – 98)

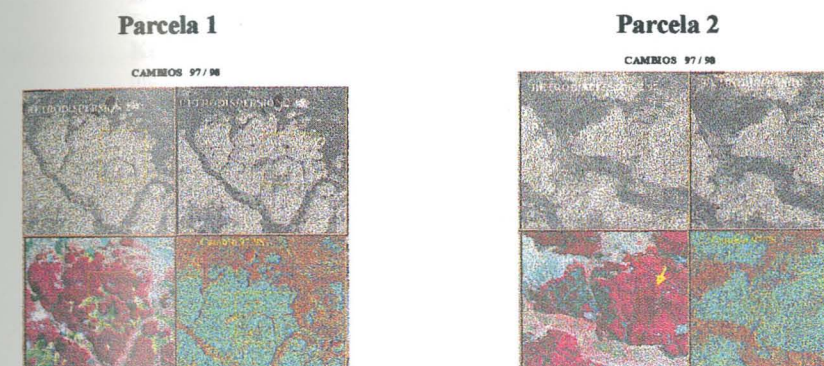


Los cambios entre ambas fechas se presentan en tono oscuro al interior del recuadro amarillo, en tono claro se presenta el bosque de lenga. Los cambios verificados en las parcelas de seguimiento se corresponden con estos datos.

Cambios de retrodispersión

Los resultados se presentan en a figura 5, para dos parcelas de seguimiento.

Figura 5: Sustracción normalizada de retrodispersión



La figura 5 presenta dos parcelas, cada caso con cuatro imágenes. Las imágenes en tonos de gris corresponden a los valores de retrodispersión de los meses de febrero de ambos años. En la parte inferior derecha del recuadro se muestra una composición donde se ha asignado la imagen de cambio (resultado de la sustracción normalizada) al color rojo, la imagen de retrodispersión del 97 al color verde y la del 98 al color azul. En esta composición los cambios se visualizan en colores rojo y amarillo. La imagen del recuadro derecho inferior corresponde al sensor TM del Landsat, donde se observa claramente las zonas con bosque que existían en el año 1986.

Los resultados de este análisis indicaron que las áreas de cambio se confunden con zonas descubiertas, lo que se debe a la humedad existente en febrero de 1997, lo que aumentó los coeficientes de retrodispersión de los arbustos leñosos bajos que se encuentran asociados a turbas y humedales.

Cambios de textura

Los resultados de la aplicación de la sustracción normalizada para los valores de textura se presentan en la figura 6.

Figura 6: Sustracción normalizada de textura

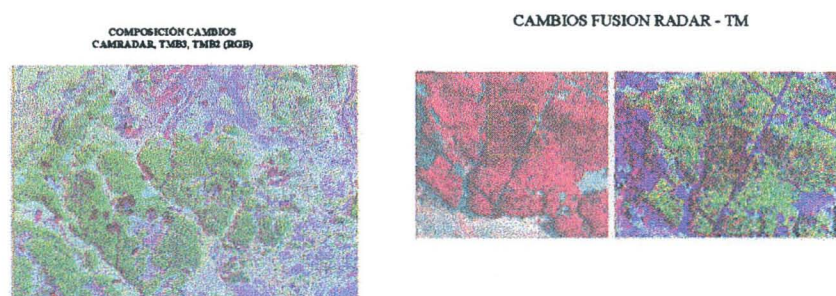


El análisis de textura, realizado con el mismo esquema anterior, presenta cambios similares y confusiones similares, aunque en este caso las zonas con aclareos (corta parcial) no se diferencian y sólo es posible de identificar las zonas cortadas en forma continua.

Fusión datos ópticos y RADAR.

En este caso se analizó una combinación realizada con la banda de cambio obtenida de la sustracción normalizada de retrodispersión (asignada al rojo), más la banda del verde y la del rojo del sensor TM (asignadas al color verde y azul respectivamente). Los resultados se presentan en la figura 7.

Figura 8: Composición falso color RADAR-TM



La composición muestra en color rojo las zonas de cambios, tanto las que corresponden a cortas continuas como a "aclareos". En este análisis, las áreas de cambio presentan confusión con las sombras de la imagen TM.

Conclusiones

La metodología aplicada, así como los resultados obtenidos indican que:

- Los cambios producidos en los bosques de lenga de Tierra del Fuego son posible de detectar con imágenes anuales (febrero), permitiendo la identificación de las zonas con cortas selectivas y talas rasas. Sin embargo, en el primer caso debe corresponder a un patrón continuo y a una extracción del dosel mayor al 50 %, en caso contrario no es posible identificarlas.
- Los análisis de retrodispersión como el de textura son necesarios, por cuanto son complementarios.
- Las condiciones ambientales son fundamentales de considerar en la identificación de cambios. Los resultados indicaron que diferencias en contenidos de humedad de los suelos debido a la ocurrencia de lluvias recientes en una de las dos fechas analizadas, implica confusiones de los claros que existen en los bosques con estos, debido al aumento de la retrodispersión de la turba y matorral leñoso bajo asociado.

- El seguimiento de los cambios en el bosque se debe realizar con datos que sean comparables, específicamente en lo que se refiere a los ángulos de incidencias. En este caso se analizaron los módulos S5 y S6, lo que marco diferencias entre las imágenes. Se recomienda la utilización de S6 debido al mejor contraste que se registra entre los bosques y las praderas, turbas y matorral.
- Los datos ópticos (siempre que se tengan) apoyan la identificación y resuelven las confusiones.
- La metodología seguida, basada en la sustracción normalizada de ambas fechas y los resultados escalados entre 0 y 200, resulta adecuada para el estudio de cambios con datos RADAR.

Referencias

- Bijker, W. 1996. Radar rain forest a monitoring system for land cover change in the Colombian Amazon. Proceedings of an International Seminar on The Use and Applications of ERS in Latin America, Viña del Mar, Chile, 25-29 noviembre.
- Breedlove Dennis and Associates, Inc. 1995. Clasificación digital supervisada de imágenes TM (1994) de cobertura del suelo.
- Castro, R. 1993. Cartografía de combustibles mediante imágenes de alta resolución. Trabajo de investigación. Univ. Alcalá de Henares. Departamento de Geografía. 253 p. España.
- Castro, R., Espinosa, M. 1997. Detección de cambios en las cubiertas forestales de zonas Australes. Third Euro-Latin American. Space Conference. Mexico. Pp. 15 - 20.
- Del Valle H., Elizalde, N. 1996. ERS- 1/SAR and SPOT Data for irrigated land evaluations in a sector of the Chubut inferior valley (Central Patagonia, Argentina. Seminario internacional de uso y aplicaciones de ERS. Viña del Mar. Chile. Pp 89-92
- Harms, J. 1996. Map and Monitor the rice crop area in Indonesia. Applications Achievements of ERS-1. ESA SP. 1176/II.
- Kuntz, S. Wanninger, K. 1995. ERS-1 data for monitoring rainforest conversion and land-use planning in the province of Kalimantan Timur in Borneo. ERS-1. ESA SP. 1176/II.
- Maligreau, J.P, Aschbacher, F. Achard, J. Conway, F. De Grandi, M. Leysen, 1994. TREES ERS-1 Study 94: Assessment of the Usefulness and Relevance of ERS - 1 for TREES. Proceedings of the First ERS - 1 Pilot Project Workshop, Toledo. España.
- Salgado, H. Stella, M. 1996. Estimación del estado hídrico del suelo mediante imágenes ERS-1 SAR. Proceedings of an International Seminar on The Use and Applications of ERS in Latin America, Viña del Mar, Chile, 25-29 noviembre.
- Scales D. Keil, M. Schmidt, M. Kux, H. Dos Santos, J. 1996. Use of multitemporal ERS-1 SAR data for rainforest monitoring in acre, Brazil, within a German/Brazilian Cooperation Project. Proceedings of an International Seminar on The Use and Applications of ERS in Latin America, Viña del Mar, Chile, 25-29 noviembre.
- Toutin, T. Amaral, S. 1998. Measuring clearing and tree heights with stereo radarsat data in a tropical environment. Radarsat for Amazonia. Brasil. Pp 117-124.
- Wooding, M. Batts. Brown, . 1996. Assessment of ERS-1 SAR data for monitoring deforestation LAM-4 Rondonia, Barzil. Proceedings of an International Seminar on The Use and Applications of ERS in Latin America, Viña del Mar, Chile, 25-29 noviembre.