

CLASIFICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA VEGETACIÓN DE CABO NEGRO (MAGALLANES, CHILE) UTILIZANDO IMÁGENES SATELITALES.¹

CLASIFICATION AND SPATIAL DISTRIBUTION OF THE VEGETATION FROM CABO NEGRO (MAGALLANES, CHILE) BY MEANS OF SATELLITAL IMAGES

Orlando Dollenz² & Ariel Santana³

RESUMEN

Se realizó un estudio georreferenciado de la vegetación del sector industrial Cabo Negro (52°57'S; 70°49'W), Magallanes, Chile, con el propósito de establecer una línea de base vegetacional y probar la utilidad del uso de imágenes LANDSAT TM en superficies pequeñas para monitoreos vegetacionales en el tiempo.

Palabras clave: Vegetación, satélite Landsat, Magallanes, Chile.

ABSTRACT

A georeferenced study was made of the vegetation from the Cabo Negro industrial area (52°57'S; 70°49'W), Magallanes, Chile, with the aim of establishing a vegetational baseline and testing the utility of the Landsat TM images in small surfaces to monitoring vegetation's in the time.

Key words: Vegetation, Landsat satellite, Magallanes, Chile.

INTRODUCCIÓN

Para la región de Magallanes, al sur de Chile, se han publicado mapas vegetacionales regionales como el de Pisano, (1977), el de la Transecta Botánica de la Patagonia Austral (Roig *et al.* 1985a, 1985b) y el del INIA (Lara & Cruz 1987) que son útiles para objetivos de gran amplitud geográfica. También se ha utilizado directamente fotos aéreas para describir la vegetación en superficies pequeñas (Dollenz 1979, 1982, 1983). Actualmente, la tecnología satelital permite perfeccionar las cartas regionales y además realizar estudios vegetacionales georreferenciados de gran precisión sobre superficies geográficas pequeñas.

Estas últimas permitirían utilizar las plantas como indicadores de cambios ambientales naturales o artificiales en el tiempo, los que se reflejarían, eventualmente, en la cartografía satelital corroborándolos con trabajo de terreno. El objetivo de este trabajo es describir el estado actual de la vegetación y su distribución espacial en el sector de Cabo Negro, (Magallanes, Chile), utilizando la tecnología de sensores remotos. Esta descripción pretende ser un estudio de línea de base de la vegetación en un área industrial utilizando imágenes Landsat y un software especializado, apoyado además con información de campo.

¹ Corresponde a Programa de Investigación "Características climática Vegetacional de Bahía Laredo. Financiado por la Dirección de Investigación de la UMAG. PR-F3 01G.98.

² Depto. Recursos Naturales. Facultad de Ciencias. Universidad de Magallanes

³ Climatología. Area de Geociencias. Instituto de la Patagonia. Universidad de Magallanes.

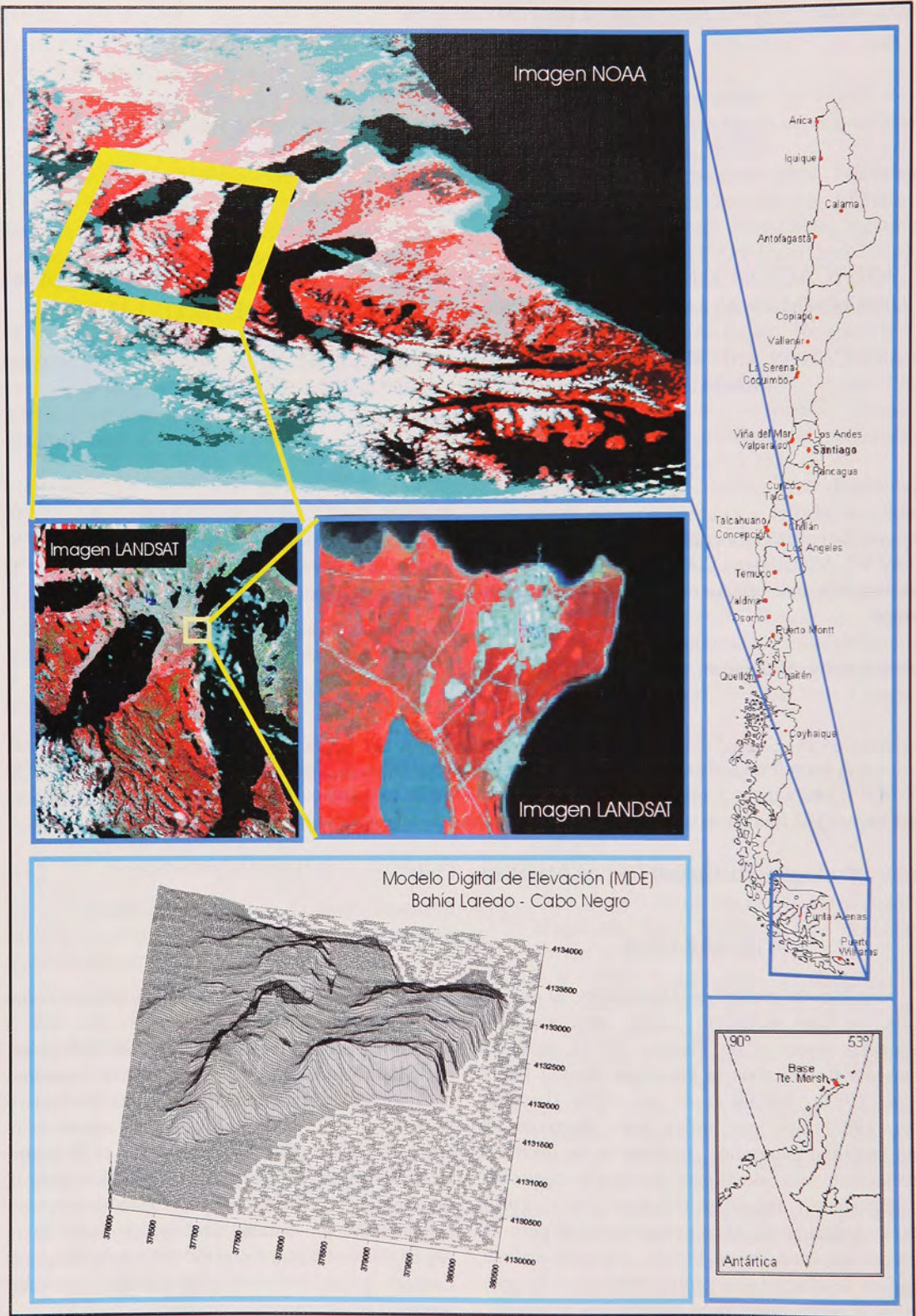


Fig. 1. Ubicación del área de estudio

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA

Cabo Negro se ubica en la costa occidental del estrecho de Magallanes (52°57'S; 70°49'W), 30 km al norte de la ciudad de Punta Arenas (Fig.1). Es un área afectada por el último de cuatro avances glaciales definidos en Caldenius (1932) y Marangunic (1974) ocurridos en la región durante el Pleistoceno. Según Prieto (1988) la geomorfología del sector comprende unidades depositacionales y degradacionales: las primeras corresponden a terrazas fluviales, lacustres y marinas, y a depósitos de playa lacustre; las segundas a una terraza labrada en morrena de fondo, lechos irregulares fluviales y un acantilado.

El clima de este sector, al igual que en toda la región de Magallanes, se caracteriza por presentar predominancia de vientos del cuadrante oeste. Las precipitaciones son inferiores a los 400 mm/año y la temperatura media anual es de 6,3°C. El mes más cálido, enero, tiene una temperatura media de 10°C; mientras que el más frío, junio, alcanza 1,8°C. Muchos autores, como Fuenzalida (1950, 1967) y Pisano (1977) entre otros, definen el clima de esta área como Clima de Estepa (tipo B), según la clasificación de Köppen. Sin embargo, los valores de temperatura, a pesar del escaso monto de lluvias anuales, le dan la característica de un clima de ambiente húmedo lo que permite el desarrollo natural de árboles.

El sector Cabo Negro, como toda la estepa magallánica y gran parte del bosque precordillerano, tuvo un uso ganadero por más de un siglo mostrando una vegetación alterada típica de la región. Actualmente, en el sector se han instalado industrias como la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP), una planta de metanol y una pista de carreras de autos, constituyéndose así en una zona susceptible de sufrir impactos ambientales negativos. El propietario de este sector (ENAP) ha cedido a la Universidad de Magallanes una superficie importante como reserva científica para la realización de estudios ecosistémicos.

La vegetación original del lugar, antes de las intervenciones humanas, correspondían a una formación arbórea baja, de no más de 10 m de altura, *Nothofagus antarctica* (monte de Ñire), a vegas o pastizales húmedos de *Hordeum lechleri* y a los coironales de *Festuca gracillima* o pastizales áridos (Pisano 1977, Lara & Cruz 1987). La formación boscosa fue talada y quemada en parte, método muy común empleado para limpiar campos en el período de colonización de la región hace más de un siglo, y en el espacio abierto se

establecieron *Chiliotrichum diffusum* (matorral de romerillo) y pastizales secundarios dominados por especies herbáceas introducidas para forraje como *Poa pratensis*, *Dactylis glomerata*, *Holcus lanatus*, y *Trifolium repens*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó una imagen Landsat del sector de Cabo Negro de fecha 2 de febrero de 1998 con siete bandas y su tratamiento y análisis se realizó con el software IDRISI32. Para el análisis de la imagen Landsat, previa georreferenciación y corrección radiométrica de la escena, se cortó una área que incluye la zona de interés. Con las variadas operaciones disponibles en IDRISI32 fue posible realizar numerosas composiciones en falso color, como Falso Color y Falso Color Convencional, Índices de vegetación, etc. a fin de visualizar las diversas coberturas presentes en el lugar. Las imágenes Landsat tienen una resolución de 30 metros, es decir, que lo que capta de la superficie son parcelas de 900 m² (píxel de 30 m por 30 m), lo cual limita análisis más detallados de la distribución de los diversos tipos de cobertura.

Un primer análisis consiste en utilizar los índices de vegetación, de los cuales, el más empleado es el Índice de Vegetación Normalizado (NDVI). El NDVI se utiliza generalmente para discriminar, evaluar y cuantificar vegetación. Aunque existen otros índices, el más utilizado es el NDVI por su sencillez matemática y por su característica de normalización de la respuesta espectral de las coberturas vegetales (valores entre -1 y 1), minimizando la influencia del ángulo de iluminación solar (Patillo *et al.* 1997).

Existen muchas aplicaciones del NDVI y en términos generales se puede estimar que, con datos de LANDSAT TM, es posible diferenciar suelo y vegetación en tres grupos: Suelos desnudos y vegetación senescente, valores menores que 0,3. Vegetación con bajo vigor, valores entre 0,3 y 0,7 y Vegetación verde y vigorosa, valores mayores que 0,7. Sin embargo, con el NDVI no se puede discriminar entre unidades vegetacionales, sino que sólo se obtiene la densidad de la vegetación y actividad fotosintética. La metodología empleada para la clasificación de los diferentes tipos de cobertura, a partir de la imagen Landsat, es la recomendada en el manual del usuario del Programa IDRISI32. Esta consiste en asignar cada píxel de la imagen a un grupo representativo de un tipo de cobertura. Este proceso de clasificación permite otorgar un significado a los niveles digitales representados en los

pixeles de una imagen. Como se trata de señales de 8 bits, es posible distinguir en cada banda, 256 niveles digitales y, como es sabido, cada banda de Landsat abarca un rango distinto del Espectro Electromagnético, razón que dará diferentes valores en cada banda a una misma cobertura.

Para la clasificación, existen dos caminos posibles de desarrollar: una Clasificación No Supervisada y una Clasificación Supervisada. (Bosque *et al.* 1994, Chuvieco 1990, Eastman 1999). La primera, es un proceso más controlado por el computador y se requiere de un grado mínimo de información, sin embargo, se debe contar con la habilidad de interpretar las clases que son creadas por los algoritmos del software. La desventaja principal es que el sistema puede incluir en un mismo grupo o clase, niveles digitales de un tipo de cobertura (*e.g.* algún tipo de vegetación) con otro tipo de cobertura (*e.g.* cuerpos de agua, caminos). La Clasificación Supervisada, utilizada en este trabajo, es más controlada por el analista y consta de dos fases principales. La primera, llamada fase de entrenamiento y las segunda, denominada fase de clasificación.

En la primera fase, el sistema computacional debe ser entrenado para reconocer patrones en los datos, mediante la selección de pixeles, por parte del especialista, que representen patrones que se puedan reconocer o identificar. Estos grupos de pixeles se denominan Campos de Entrenamiento y cada grupo distinto de superficie representa una Clase. Aquí se debe conocer la localización específica de las características identificadas, a través de validación en terreno y si no es posible eso, a través de fotografías aéreas u otros antecedentes. Es muy importante que las fechas de salida a terreno y la de la adquisición de la imagen de satélite sean lo más cercana posible. Una vez creados los campos de entrenamiento, el sistema, computador y software, calcula la estadística a estos grupos para crear una signatura o firma espectral para cada clase. De aquí que es muy importante y crucial la correcta selección de los campos de entrenamiento.

En la fase de clasificación se analiza pixel a pixel la imagen y se decide a qué clase pertenece cada uno. La regla de decisión utilizada la ofrece el software y puede ser el criterio de mínima distancia, el de máxima verosimilitud, el de los paralelepípedos, etc. Por último, una vez realizada la clasificación, se prueba la exactitud de ésta, de acuerdo a algún criterio que ofrece el software y que consisten generalmente en confrontar los resultados obtenidos en la clasificación con los datos

de validación en terreno. La información de campo se obtuvo durante los veranos de 1998-1999 y 1999-2000. Se realizaron reconocimientos en terreno de los principales tipos de coberturas vegetales y de otras no vegetales, las que se georreferenciaron mediante la utilización de GPSs MAGELLAN y Garmin II.

Las unidades vegetacionales se muestrearon florísticamente en terreno con el método de Braun Blanquet (Mueller Dombois & Ellenberg 1974). La unidad muestral utilizada fue una parcela de 10 m por 10 m (100 m²) de superficie, florísticamente representativa de cada unidad definida por color en la imagen satelital y que excede la superficie de muestreo mínima requerida.

RESULTADOS

La figura 2 muestra la composición del Índice Vegetacional Normalizado (NDVI) para el sector de bahía Laredo-Cabo Negro. Los valores más altos de NDVI corresponden a las coberturas vegetales principales presentes en el área, como Monte de Ñire, Matorral de Romerillo y Vegas, alcanzando máximos de hasta 0,74. Los pastizales en tanto, muestran valores menores y cercanos a 0,3. El resto de las unidades, como suelo removido, construcciones, cuerpos de agua, presentan valores inferiores.

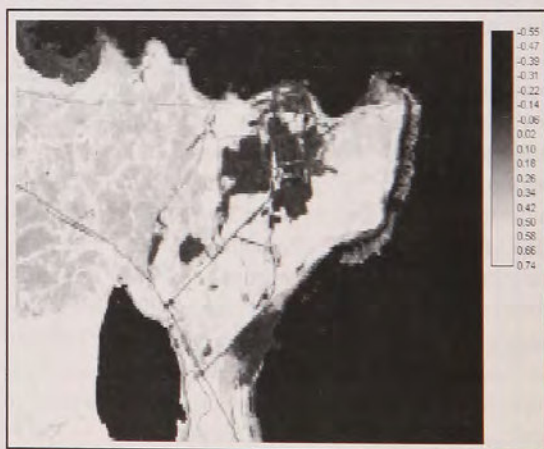


Fig. 2. Imagen de Índice Vegetacional del sector de Cabo Negro.

En dirección a intentar una discriminación más precisa de las unidades vegetacionales existentes, a partir de estas imágenes, se realizó la clasificación supervisada, probando todos los métodos disponibles en IDRISI32 para, finalmente, utilizar el método de la mínima distancia que, a criterio de los autores, expresa la mejor distribución respecto a la realidad. Las unidades vegetacionales

definidas a partir de esta imagen producto, controlada con trabajo de campo y mostradas en la figura 3 son:

1. Monte de ñire, *Nothofagus antarctica*. (Pisano 1977).

El estrato arbóreo está dominado por *Nothofagus antarctica* (ñire) de hasta 6 m de altura con otras especies arbóreas dispersas y también bajas como *Maytenus magellanica* (leñadura) y *Embothrium coccineum* (ciruelillo o notro). En el estrato arbustivo se encuentran con poca abundancia *Berberis buxifolia* (calafate) y *Chiliodendron diffusum* (romerillo). En el estrato herbáceo se presentan las especies *Agrostis stolonifera*, *Holcus lanatus*, *Agrostis flavidula*, *Poa pratensis* y *Crepis capillaris*.

2. Matorral de romerillo (Pisano 1977)

En el estrato superior arbustivo domina *Chiliodendron diffusum* y se encuentra también *Gaultheria mucronata* (chaura). Este matorral deriva en parte de las quemadas del monte de ñire para limpiar campos ganaderos, por lo cual se encuentran también algunos especímenes arbóreos pequeños de *Maytenus magellanica* y *Embothrium coccineum* remanentes del bosquecillo original.

En el estrato herbáceo dominan especies forrajeras introducidas como *Holcus lanatus* (pasto miel), *Dactylis glomerata* (pasto ovilla), *Poa pratensis*, *Agrostis capillaris* y *Trifolium repens* (trébol blanco). Otras especies herbáceas existentes son *Azorella trifurcata*, *Sisyrinchium patagonicum*,

Festuca gracillima, *Bromus catharticus*, *Festuca magellanica*, *Deschampsia flexuosa*, *Achillea millefolium*, *Agropyron fuegianus*, *Viola maculata*. Se encuentran también ejemplares dispersos de *Chiliodendron diffusum*.

3. Pastizal de *Poa pratensis* (Roig et al. 1985a).

Este pastizal dominado por especies herbáceas introducidas y naturalizadas, de gran extensión en la región de Magallanes, proviene de la quema y tala de bosques y el uso ganadero inmediatamente posterior (Roig et al. 1985). Las especies más abundantes que componen este pastizal en Cabo Negro son: *Poa pratensis*, *Holcus lanatus*, *Dactylis glomerata*, *Agrostis capillaris*, *Hypochaeris radicata* (hierba del chanco), *Crepis capillaris* y *Ranunculus peduncularis*.

4. Pradera húmeda de *Hordeum lechleri* (Roig et al. 1985a)

La pradera húmeda, llamada comúnmente vega mallín, corresponde a una formación herbácea de ambiente húmedo y las especies más abundantes son: *Hordeum lechleri* (cola de zorro), *Holcus lanatus*, *Agrostis capillaris*, *Trifolium repens*, *Plantago lanceolata* (siete venas), *Leptinella scariosa*, *Agrostis stolonifera* y *Ranunculus peduncularis*. Se encuentran también arbustos dispersos de *Berberis buxifolia*.

Cubiertas no vegetacionales presentes en la imagen son el mar, la laguna Cabo Negro y la superficie industrializada.

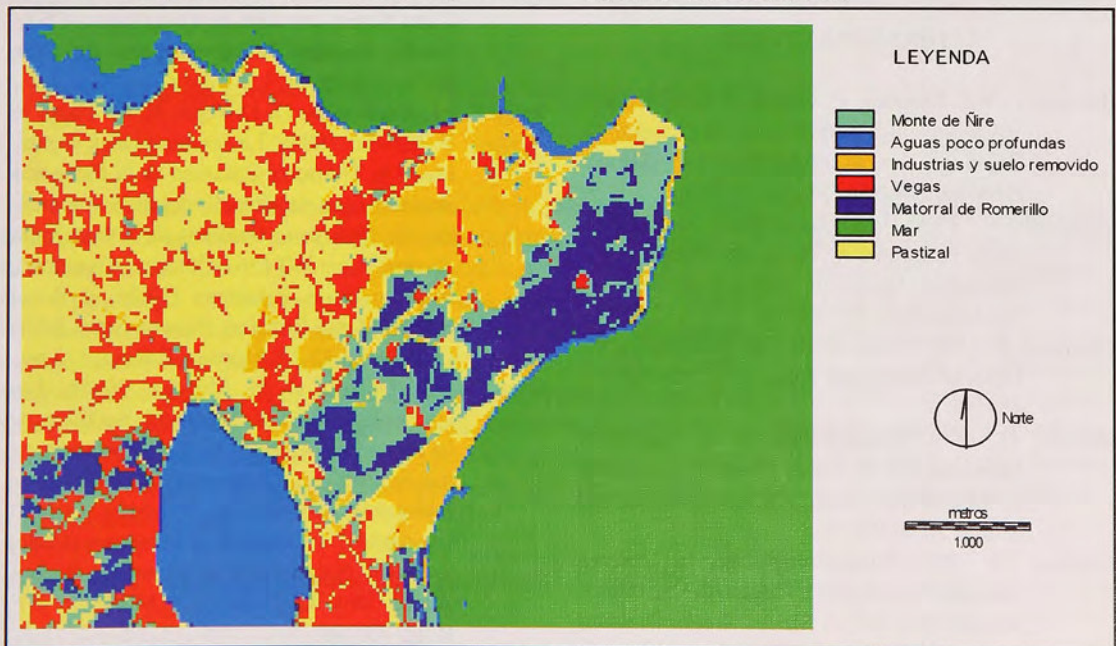


Fig. 3. Imagen producto de Clasificación Supervisada del sector de Cabo Negro.

CONCLUSIONES

La imagen del Índice Vegetacional Normalizado es clara en entregar información general de la cobertura vegetal y diferenciarlas de otro tipo de coberturas, pero no discrimina respecto a los tipos de vegetación existentes en el área de estudio.

Tras probar variadas clasificaciones, supervisadas y no supervisadas, con IDRISIS32, el método de Mínima distancia, en la clasificación supervisada, más la información de campo, muestran el mejor ajuste a la realidad vegetacional del sector; considerando además que la mayor parte de la información de terreno se extrajo durante la temporada de verano 2000 y la fecha de adquisición de la imagen corresponde a febrero de 1998.

Queda demostrada la eficacia de este método para ser utilizado en pequeñas superficies de terreno susceptibles de ser impactadas por las actividades humanas y así eventualmente, insertar programas de mitigación ambiental y monitoreos en el tiempo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Dirección de Investigación de la Universidad de Magallanes el financiamiento de este Programa "Bases Climático vegetacional de la reserva científica de bahía Laredo, Cabo Negro".

A la alumna ayudante Srta. Karina Aguila M. por su asistencia en terreno y laboratorio y al ayudante técnico Sr. Nicolás Butorovic por su asistencia en la parte computacional y climática.

LITERATURA CITADA

- Bosque, J., F.J. Escobar, E. García & M.J. Salado. 1994. Sistemas de Información Geográfica. Prácticas con PC ARC/INFO e IDRISI. Editorial RA-MA. Madrid. 478 pp.
- Caldenius, C. 1932. Las glaciaciones cuaternarias en la Patagonia y Tierra del Fuego, Rep. Argentina. Dirección General de Minas y Geología. Pub. 95. 132 pp.
- Chuvieco, E. 1990. Fundamentos de Teledetección Espacial. Ediciones Rialp S. A. Madrid. 453 pp.
- Dollenz, O. 1979. Fitosociología de la vegetación fanerogámica de bahía Dirección, estrecho de Magallanes. *Anales Instituto Patagonia* (Chile) 10: 169-177.
- Dollenz, O. 1982. Fitosociología de la Reserva Nacional Magallanes I. Estudio del área Cerro Mirador Río de Las Minas. *Anales Instituto Patagonia* (Chile) 13: 170-181.
- Dollenz, O. 1983. Fitosociología de la Reserva Forestal "El Parrillar", península de Brunswick, Magallanes. *Anales Instituto Patagonia* (Chile) 14: 109-118.
- Eastman, J.R. 1999. IDRISI32. Tutorial. Clark Labs. MA. USA. Idrisi Productions. Clark University. 298 pp.
- Fuenzalida, H. 1950. Clima. En: *Geografía Económica de Chile*. CORFO. Tomo I: 188-254.
- Fuenzalida, H. 1967. Clima. En: *Geografía Económica de Chile*. CORFO. Texto refundido. 98-152.
- Lara, A. & G. Cruz 1987. Vegetación del área de uso agropecuario de la XII Región, Magallanes y Antártica Chilena. INIA. Santiago, Chile. 23 pp.
- Marangunic, G. 1974. Los depósitos Glaciales de la pampa Magallánica. *Rev. Geológica de Chile*. 22-23:5-11.
- Mueller-Dombois D & H Ellenberg. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley & Sons. New York. 574 pp.
- Patillo, C., R. Onorato, N. Covacevic, A. Santana, C. Malebran & M. E. Pezoa 1997. Aplicación de teledetección y SIG en la evaluación de los recursos pratenses en la región de Magallanes. *Ciencia e Investigación Agraria*. Universidad Católica de Chile 24 (2-3): 103-111.
- Pisano E. 1977. Fitogeografía de Fuego-Patagonia Chilena. I Comunidades vegetales entre las latitudes 52° y 56° Sur. *Anales Instituto Patagonia* (Chile) 8:121-250
- Prieto, X. 1988. Geología del cuaternario del área de Cabo Negro, estrecho de Magallanes, Chile. *Anales Instituto Patagonia Serie Cs. Nat.* (Chile) 18:35-41.
- Roig, F., J. Anchorena, O. Dollenz, A. M. Faggi & E. Méndez 1985a. Las comunidades vegetales de la Transecta Botánica de la Patagonia Austral. I. La vegetación del área continental. En "*Transecta Botánica de la Patagonia Austral*" (pp. 350-456). Conicet (Argentina), Instituto de la Patagonia (Chile) y Royal Society (Gran Bretaña). Buenos Aires. Edits. O. Boelcke, D. M. Moore y F. Roig. 733 pp.
- Roig, F., O. Dollenz & E. Méndez. 1985b. Las comunidades de la Transecta Botánica de la Patagonia Austral. II. La vegetación de los canales. En "*Transecta Botánica de la Patagonia Austral*" (p. 457-519). Conicet (Argentina), Instituto de la Patagonia (Chile) y Royal Society (Gran Bretaña). Buenos Aires. Edits. O. Boelcke, D.M. Moore y F. Roig. 733 pp.