

Un ejemplo de cartografía automática mediante el sensor MSS en áreas poco estudiadas: La Tierra del Fuego (Argentina)
X CATASUS, O. A. BIANCHIOTTO, F. GALLART y N. CLOTET-PERARNAU

ABSTRACT

A selected small area in the boundary between forests and steppe in the Argentine Tierra del Fuego has been mapped with the help of the MSS imagery. The classification includes four classes of forest, five classes of grasslands, three kinds of peat bogs, and four classes which represent bare soil, lakes, clouds, and their shadows. These classes and their training areas were defined from field surveys and photointerpretation, and were introduced in a supervised classifier based on the criterion of the least Fisher distance. The results show that, in spite of the low resolution and the rather small spectral information, if compared with TM images, MSS records can be very useful to perform resource inventories in this Island.

INTRODUCCION

El estudio que se presenta es un ensayo de cartografía automática del medio natural, a partir de registros MSS, realizado en la parte Argentina de La Tierra del Fuego. Este tra-

bajo se enmarca dentro de un acuerdo de colaboración entre el CSIC (España) y el CONICET (Argentina), concretado en un proyecto de investigación conjunta, bajo el título: "Subantártis: Los Geoeosistemas de La Tierra del Fuego".

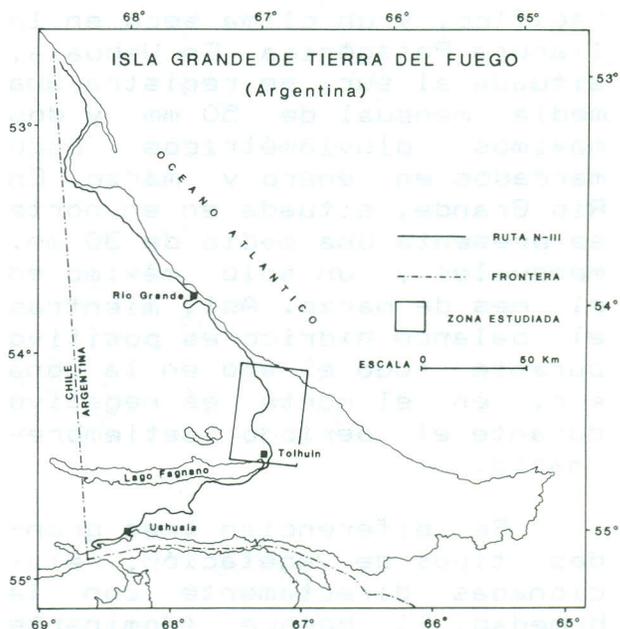


Fig 1: Mapa de situación.
Location map.

CARACTERISTICAS GEOECOLOGICAS

La Tierra del Fuego está situada en el extremo sur del Continente Americano y de la Cordillera Andina, entre 52 y 56 grados de latitud S. Destacan dos ciudades importantes: Rio Grande en el norte y Ushuaia en el sur.

Térmicamente presenta un clima de tipo oceánico, con una temperatura máxima en enero-febrero próxima a los 10 grados C., y una mínima en los meses de junio-julio próxima a los 0 grados, ligeramente más elevada en la zona sur que en la zona norte.

En cuanto a la pluviometría, ésta es más elevada en el sur que en el norte a causa de la barrera pluviométrica impuesta por la Cordillera. En el extremo sur, el trazado de los relieves es casi E-W, paralelo a los vientos dominantes del oeste, mientras que en el norte, el trazado N-S origina un clima muy húmedo en el litoral Pacífico, y un clima seco en la llanura Patagónica. En Ushuaia, situada al sur, se registra una media mensual de 50 mm y dos máximos pluviométricos poco marcados en enero y marzo. En Rio Grande, situada en el norte se presenta una media de 30 mm. mensuales y un solo máximo en el mes de marzo. Así, mientras el balance hídrico es positivo durante todo el año en la zona sur, en el norte es negativo durante el periodo setiembre-marzo.

Se diferencian tres grandes tipos de vegetación, relacionadas directamente con la humedad: El bosque (dominante en la zona sur, húmeda), la estepa (dominante en la zona norte, semiárida) y el ecotono o parque como ambiente de transi-

ción entre el bosque y la estepa.

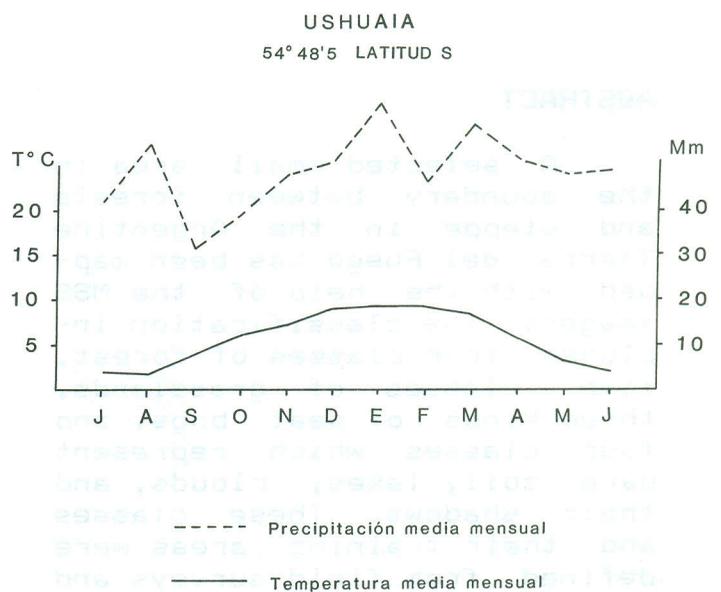
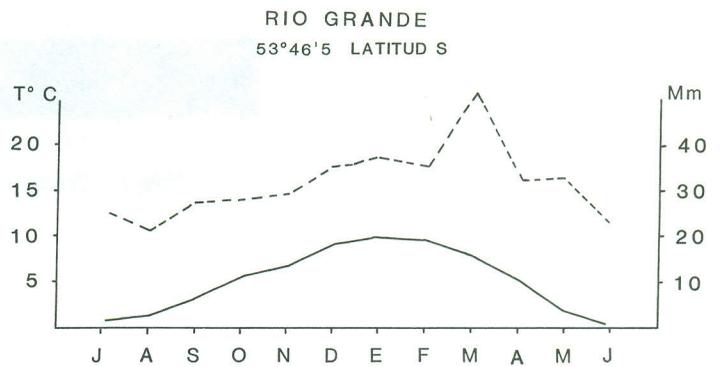


Fig.2: Diagramas ombrotérmicos de dos estaciones características de la parte Argentina de la Tierra del Fuego. De Etchevere, P. y Miaczynski, C.R.O. (1963).

Ombro-thermic diagrams from two representative locations of the Argentine part of Tierra del Fuego. Taken from Etchevere, P. and Miaczynski, C.R.O. (1963).

Los bosques son comunidades casi monoespecíficas, formadas por tres especies dominantes: *Notofagus betuloides* (Guindo), de hoja perenne y ca-

racterístico de las zonas húmedas; **Notofagus pumilio** (Lenga), de hoja caduca, de interés forestal, característico de las zonas semihúmedas; y **Notofagus antarctica** (Ñire), también de hoja caduca, que es el que presenta una mayor capacidad de adaptación a condiciones desfavorables tanto térmicas como hídricas.

Por el contrario, la vegetación de estepa presenta una mayor diversidad específica, con comunidades adaptadas a ambientes más o menos húmedos, y con mayor o menor disponibilidad de nutrientes. La explotación ganadera de la estepa es uno de los recursos económicos más importantes de la Isla, siendo frecuentes los ejemplos de degradación de la vegetación por sobrepastoreo; en las zonas más secas, los pastos de coirón (**Festuca gracilima**) aparecen con manchas de suelo semidesnudo y son invadidos por plantas características de suelos ácidos y pobres en nutrientes (**Azorella**, **Empetrum**), mientras que en las zonas más húmedas se ven favorecidas las especies menos palatables (**Calta palustris**). Aunque se tienen pocos datos, se sospecha que el hombre ha utilizado el fuego para expandir la superficie desarrollada, incluso antes de la llegada de los europeos.

La lentitud de la descomposición de la materia orgánica favorece la formación de turberas. En el sector más austral abundan las turberas netamente ombrófilas de **Sphagnum magellanicum**, pero si nos vamos desplazando hacia el norte, se observa la invasión de las turberas por otras plantas, especialmente la "murtilla" (**Empetrum**), hasta dar paso a turberas oligotróficas de graminneas (**Carex**).

El sector más interesante desde el punto de vista ecológico es sin duda la zona de transición entre el bosque y la estepa; en esta zona se alternan en el paisaje los bosques de "lenga" con los de "ñire", ambos en las zonas más elevadas, mientras que la vegetación herbácea ocupa las zonas relativamente deprimidas, y las formaciones higrófitas de las turberas quedan relegadas a los fondos de valle y cubetas cerradas.

INTERES DEL ESTUDIO

El principal interés del estudio está condicionado por el déficit existente de coberturas cartográficas y temáticas completas: Únicamente existe un mapa topográfico a escala 1:200.000 de la mitad norte de la isla, y un inventario forestal parcial hecho con fotografía aérea.

Hay por lo tanto, un interés aplicado que se concreta, por un lado, en la elaboración de un mapa temático o inventario de recursos naturales (ganaderos y forestales), y por otro lado en el análisis multi-temporal de los distintos ambientes, especialmente en lo que hace referencia a la degradación.

También hay un claro interés científico, centrado en la gradación bosque-estepa desde el punto de vista ecológico, y la organización espacial de los diferentes tipos de vegetación, así como sus pautas de desarrollo.

Todo este interés queda estrechamente ligado con los estudios que se realizan a nivel más detallado, dentro del proyecto Subantarctis.

MATERIAL UTILIZADO

Para la realización del estudio se ha dispuesto únicamente de las imágenes Landsat MSS (noviembre de 1984), con

las limitaciones que ello conlleva, sobre todo en lo que hace referencia a la baja resolución y a la menor información radiométrica, en comparación con el sensor TM.

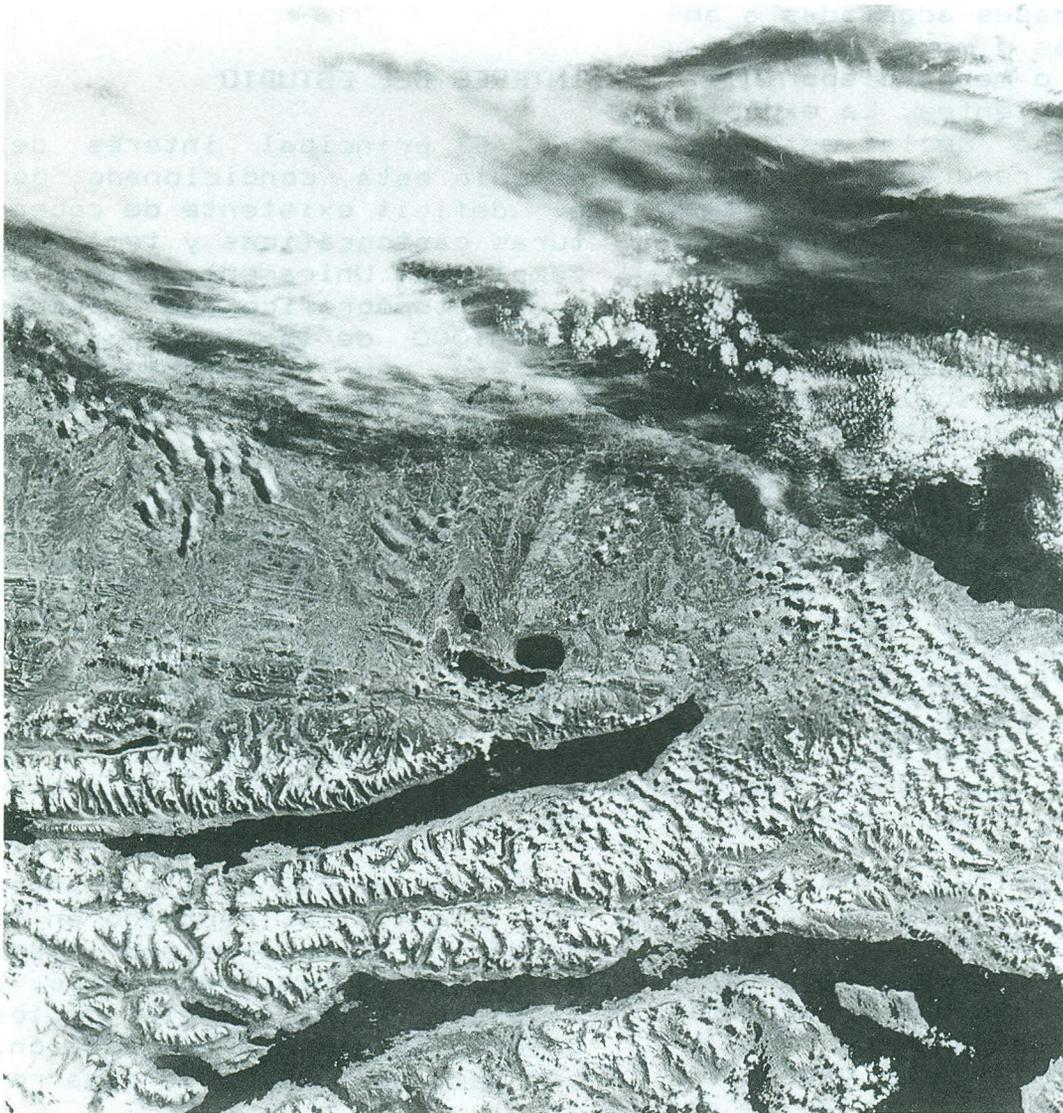


Fig.3: Imagen MSS utilizada en el trabajo; obsérvese la abundancia de nubes.

MSS image used for the present work; clouds impede the use of most of the area.

Por otro lado, y como consecuencia de la climatología propia de la zona, la gran cantidad de nubes hace que únicamente una parte de la imagen sea aprovechable.

También se han utilizado fotografías aéreas pancromáticas a escala aproximada 1:18.000 para la interpretación de los resultados obtenidos a partir de las imágenes MSS, y el mapa topográfico a escala 1:200.000.

METODOLOGIA Y CLASIFICACION

Cuando se empezó el estudio ya se contaba con un somero conocimiento de terreno, a partir del cual se definieron 10 clases y sus respectivas áreas de entrenamiento.

Durante la campaña de campo realizada a principios de 1987 se comprobó que algunas de las clases eran válidas, pero que era necesario introducir otras, especialmente de vegetación herbácea y de turberas. Basándonos en esta campaña y en la interpretación de fotografías aéreas, finalmente se han definido 16 clases, que incluyen 4 clases de bosque, 5 de vegetación herbácea, 3 de turberas y otras 4 que corresponden a suelo semidesnudo, lagos, nubes y sombras de nubes.

La clasificación se ha realizado con un clasificador supervisado, desarrollado en el propio Instituto, que asigna cada pixel a la clase más cercana según el criterio de Fisher (menor distancia n-dimensional respecto al centro de gravedad de cada clase).

Durante el proceso de selección de las clases, se ha utilizado el análisis de compo-

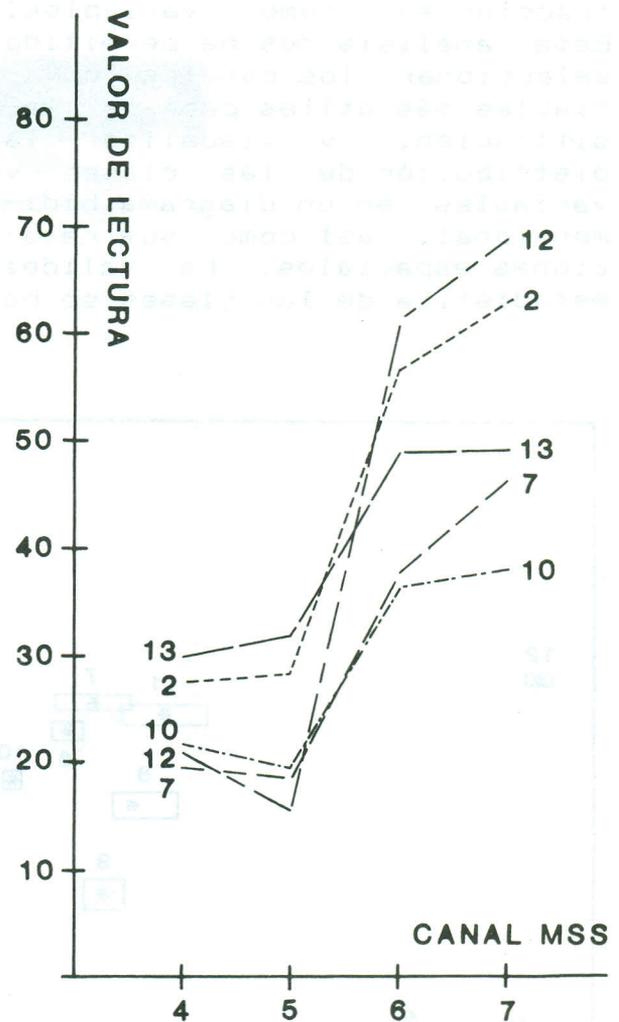


Fig.4: Signaturas espectrales de las clases más representativas. 2: coirnal, 7: turbera de *Sphagnum*, 10: bosque de ñire, 12: bosque de Lenga, 13: suelo desnudo (carretera).

Spectral signatures of five representative classes. 2: *Festuca gracilima* grasslands, 7: *Sphagnum* peat bogs, 10: *Nothofagus antarctica* woods, 12: *Nothofagus pumilio* woods, 13: bare ground (road).

ponentes principales, introduciendo las clases como observaciones y los canales y pseu-

docanales (en este caso, subtracciones) como variables. Este análisis nos ha permitido seleccionar los canales o variables más útiles para la clasificación, y visualizar la distribución de las clases y variables en un diagrama bidimensional, así como sus relaciones espaciales. La validez estadística de las clases se ha

verificado mediante el test de Student (Fig.5); de las clases retenidas finalmente sólo las correspondientes a "renovales de ñire" y "Turbal de Sphagnum" presentan una probabilidad de equivalencia superior al 5% en los factores 1 y 2, pero esta probabilidad es inferior a la cienmilésima en el factor 3.

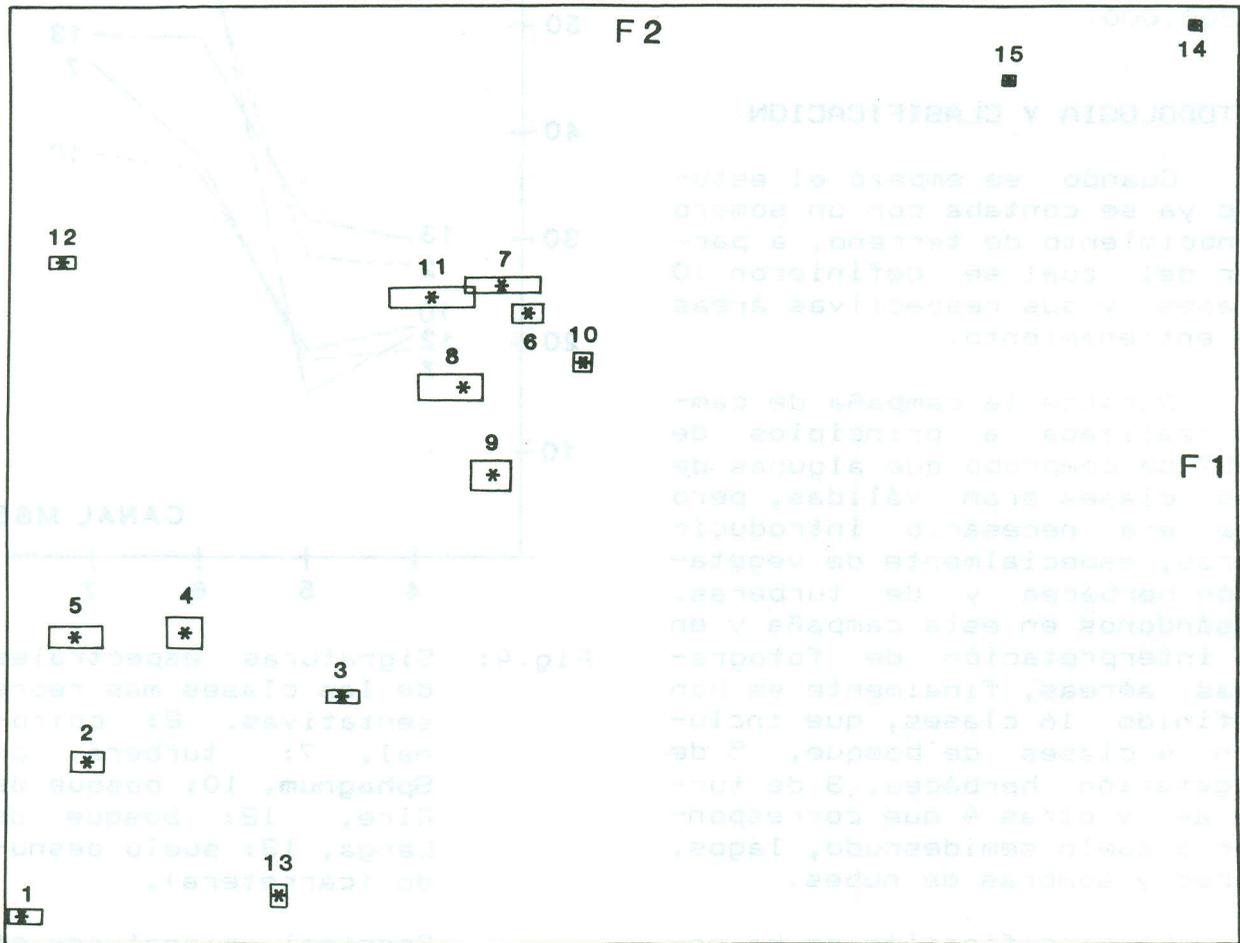


Fig.5: Distribución de las clases en un diagrama bidimensional, el eje X es el factor 1 y el eje Y es el factor 2. Los rectángulos representan el test de Student para una probabilidad de la hipótesis nula del 5%: si dos rectángulos se tocan, la probabilidad de equivalencia entre las clases respectivas es superior a este umbral. Se ha suprimido la clase "nubes". 1: pastizal mixto, 2: coironal (*Festuca gracilima*) no degradado, 3: coironal degradado, 4: vega semihúmeda, 5: vega húmeda, 6: turbal con *Empetrum*, 7: turbal de *Sphagnum*, 8: turbal

mixto, 9: Ñire (*N. antarctica*) con *Usnea*, 10: Ñire, 11: renovales de Ñire, 12: Lengua (*N. pumilio*) 13: suelo desnudo (carretera), 14: lagos, 15: sombras de nubes.

Distribution of the classes in the plane given by the two first factors (principal component analysis). Rectangles represent the Student's test for a probability of the null hypothesis of 0.05: If two rectangles are not separate, the corresponding classes are not different. Although classes 7 and 11 appear too close together, they are very different on factor 3. Class "clouds" is not shown. 1: mixed grassland, 2: *Festuca gracilima* grassland, 3: degraded grassland, 4: medium-wet grassland, 5: wet grassland; 6: *Sphagnum* peat bog with *Empetrum*, 7: *Sphagnum* peat bog, 8: mixed peat bog, 9: *Nothofagus Antarctica* with *Usnea* woods, 10: *N. antarctica* woods, 11: young *N. antarctica* trees, 12: *N. pumilio* wood, 13: bare ground (road), 14: lakes, 15: cloud shadows.

RESULTADOS Y CONCLUSION

La clasificación obtenida muestra un buen equilibrio entre las clases, aunque presenta algunas asignaciones incorrectas, algunas de ellas originadas por efectos de borde, y otras por defectos de las imágenes originales, principalmente el "striping" que, aunque se ha intentado corregir, está provocado por diferencias de las medias de líneas consecutivas inferiores a una unidad. La imagen clasificada muestra también cierto exceso de áreas clasificadas como "turbales", pero el análisis detallado de los aciertos y errores, así como una definición florística más detallada de cada una de las clases no se realizará hasta la próxima campaña de campo.

A pesar de sus limitaciones, creemos que este tipo de análisis es de gran interés para el estudio de áreas poco conocidas y de difícil acceso, ya sea para elaborar directamente cartografías temáticas o como

base de apoyo para trabajos de campo. Las firmas espectrales obtenidas en las áreas de entrenamiento que se han definido en este trabajo serán utilizadas para clasificar otras zonas de La Tierra del Fuego con características geocológicas similares.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha desarrollado gracias al convenio establecido entre el CSIC (España) y el CONICET (Argentina). Agradecemos al Sr. L. Gallardini el habernos facilitado los registros de teledetección.

BIBLIOGRAFIA

Etchevere, P.H. y Miaczynski, C.R.O. (1963): Los suelos de Tierra del Fuego. INTA, Instituto de Suelos y Agrotecnia, 25 pág., Bs. As.



LEYENDA

- S. DESNUDO ■ PASTIZAL
- LENGA ■ COIRONAL NO D.
- ÑIRE ■ COIRONAL DEG.
- Ñ. USNEAS □ VEGA SEMIH.
- RENOVALES Ñ. ■ VEGA HUMEDA
- T. EMPETRUM ■ LAGOS
- T. MIXTO
- T. SPHAGNUM

ESCALA



Fig. 6: IMAGEN CLASIFICADA

CLASSIFIED IMAGE

Ver Foto color n.º 32 en página 373