

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

PROVINCIA DE TUCUMAN

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

UTILIZACION DE CINTAS MAGNETICAS SATELITARIAS EN

RELEVAMIENTOS MULTIDISCIPLINARIOS EN EL AMBITO DE LA

PROVINCIA

CENTRO DE SENSORES REMOTOS

FUERZA AEREA ARGENTINA

NOVIEMBRE DE 1992

O/X 10
#29
I

H1905

H 12221
H 12223

38211

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

MEMORANDUM Nº 848

DIRIGIDO A: SEÑOR JEFE DEL AREA DE
INFRAESTRUCTURA HIDRICA, INGENIERO
HORACIO DIEZ.

PRODUCIDO POR: INGENIERO GUILLERMO
TOLONE.

BUENOS AIRES, 6 DE DICIEMBRE DE 1993.

REF.: UTILIZACION DE CINTAS MAGNETICAS
SATELITARIAS EN RELEVAMIENTOS
MULTIDISCIPLINARIOS EN EL AMBITO DE LA
PROVINCIA. EXPTE. 1652. TUCUMAN

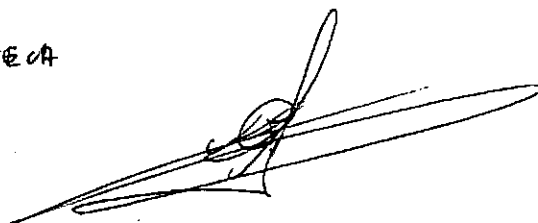
Sugiero se remitan a la Biblioteca del Organismo los Tomos I y III, "Informe Técnico" y "Mapas Temáticos", respectivamente del estudio de la referencia. Debe aclararse que no se envía el Tomo II, "Imágenes Satelitarias", pues solamente se han hecho dos juegos, de los cuales uno pertenece a la provincia y el restante se encuentra en el Area, el que se puede ofrecer en consulta a algún eventual interesado.

Atentamente.



De Acuerdo, Paso a Biblioteca

ATE



ING. HORACIO A. DIEZ
JEFE DEL AREA
INFRAESTRUCTURA HIDRICA
CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

AUTORIDADES

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

Secretario General

Ing. Juan José Ciácerá

Directora de Cooperación Técnica

Ing. Susana Blundi

Jefe del Area de Infraestructura Hídrica

Ing. Horacio Diez

PROVINCIA DE TUCUMAN

Gobernador

Dn. Ramón Ortega

Secretario de Estado de Industria, Comercio y Minería

Dn. Juan A. Rodríguez

Secretario de Estado de Agricultura y Ganadería

Ing. Hugo Ricci

Director de Recursos Naturales Renovables

Ing. Héctor Francisco

RESPONSABLES

1) GENERACION DE LAS IMAGENES SATELITARIAS

Selección, tramitación y compra de la información satelitaria (CCT)

- Ing. Alfredo Cuello (Centro de Sensores Remotos)
- Lic. Norberto Onesti (CFI)
- Ing. Enrique Wabo (CFI)
- Ing. Guillermo Tolone (CFI)

Procesamiento digital para obtención de las imágenes mejoradas

- Ing. Alicia Sedeño (Centro de Sensores Remotos)
- Lic. Jorge Kimsa (Centro de Sensores Remotos)

Generación de negativos con L.B.R. (Laser Beam Recorder)

- Ing. Ricardo Calabria (Centro de Sensores Remotos)
- Lic. Luciano Delise (Centro de Sensores Remotos)

Procesamiento fotográfico

- Sr. Agustín Otero (Centro de Sensores Remotos)
- Lic. Beatriz Cullen (Centro de Sensores Remotos)

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

2) GENERACION DE LOS MAPAS TEMATICOS

Interpretación visual y control de campo

- Ing. Alfredo Cuello (Centro de Sensores Remotos)
- Ing. Miriam Antes (Centro de Sensores Remotos)

Control de Campo

- Ing. Enrique Wabo (CFI)
- Ing. Guillermo Tolone (CFI)
- Per. Agr. José Ojeda (Dirección de Recursos Naturales Renovables,
Provincia de Tucumán)
- Sr. Jesús Azurmendi (Dirección de Recursos Naturales Renovables,
Provincia de Tucumán)

Dibujo

- Arq. María del Carmen Linares

Traslado en Campaña

- Sr. Antonio Giménez Rubio (Secretaría de Agricultura y Ganadería,
de Tucumán)

I N D I C E

	Pág.
1 - INTRODUCCION	1
2 - AREA DE ESTUDIO	1
3 - OBJETIVOS	2
4 - MATERIALES Y METODOLOGIA EMPLEADA	3
4.1. Materiales	3
4.2. Metodología	4
4.2.1. Procesamiento digital	4
4.2.2. Interpretación visual de imágenes	5
4.2.3. Tareas de campaña	6
4.2.3.1. Muestreo de terreno	6
5 - RESULTADOS OBTENIDOS	8
5.1. Clases temáticas interpretadas	8
5.2. Superficie por clase temática	13
BIBLIOGRAFIA	16

1. INTRODUCCION

Una de las formas de lograr el crecimiento económico y la prosperidad de un país, se basa en la utilización racional de sus recursos naturales.

Esto implica lograr un adecuado nivel de conocimientos respecto de la dinámica de estos recursos.

Este conocimiento previo, permite establecer políticas de acción que optimizan las funciones y actividades relativas a la conservación, manejo y aprovechamiento económico de tales recursos.

En este contexto, la tecnología Landsat representa una alternativa de importancia práctica como herramienta de prospección continua y evaluación de los recursos naturales.

De acuerdo con el requerimiento del Consejo Federal de Inversiones y a través de la experiencia acumulada en el Centro de Sensores Remotos de la Fuerza Aérea Argentina, se desarrolló un proyecto que consistió en el relevamiento de la provincia de Tucumán utilizando imágenes del satélite Landsat (Thematic Mapper), que cubriera las necesidades de información referente al recurso forestal y otros recursos asociados, en el ámbito provincial.

2. AREA DE ESTUDIO

La provincia de Tucumán situada entre los 26° y 28° de latitud sur, posee una superficie de 22.524 km² y una extensión máxima de 212 km de norte a sur y 170 km de este a oeste.

Posee una gran variedad de paisajes geográficos, que van desde las altas

cumbres hasta la llanura deprimida.

Es en la zona de piedemonte donde predominan las actividades agrícolas intensivas y los principales asentamientos urbanos.

La llanura deprimida se caracteriza por el predominio de actividades agrícola-ganaderas extensivas.

En la región montañosa encontramos una gran variedad de elementos florísticos que constituyen la llamada Selva Tucumana. La misma tiene la particularidad de que la vegetación se dispone sobre las laderas de los cerros, siendo comunidades heterogéneas mixtas en la parte basal, volviéndose homogéneas en el distrito montano, alcanzando los 1.900 metros de altura.

Con respecto al clima, éste va cambiando desde el netamente subtropical en la parte basal hasta el templado en el último piso altitudinal de vegetación.

3. OBJETIVOS

Los objetivos del proyecto fueron:

- a) Elaboración de un mapa temático forestal con la identificación y cuantificación de las principales unidades fisionómicas, que permita la realización de un inventario forestal detallado, para conocer la disponibilidad actual del recurso.
- b) Elaboración de un mapa temático con los cultivos de caña de azúcar, cítricos y plantaciones forestales.

4. MATERIALES Y METODOLOGIA EMPLEADA

4.1. MATERIALES

El estudio se realizó con imágenes del satélite Landsat 5 (Thematic Mapper) adquiridas en el Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), San Pablo, Brasil, en formato de cintas digitales (CCT), con el siguiente detalle:

<u>COORS. WRS</u>	<u>CUADRANTES</u>	<u>BANDAS</u>	<u>FECHA</u>
231/79	A, B, C y D	3, 4, 5	01-05-90
230/79	A y C	3, 4, 5	10-05-90
230/78	C	3, 4, 5	10-05-90
231/78	C y D	3, 4, 5	01-05-90

Las tareas se desarrollaron en el Centro de Sensores Remotos de la Fuerza Aérea Argentina a través del Proyecto PNUD Arg/81/002.

Equipamiento utilizado en el procesamiento digital:

- Computadora Vax 11/780 con unidades de cinta DEC.
- PC IBM con sistema de despliegue en monitor EGB de alta resolución.
- Laser Beam Recorder
- Ampliadora DURST.
- Software empleado:
 - Sistema PI (montado en VAX 11/780)
 - Sistema SIVID (montado en PC IBM)

Equipamiento utilizado en la cuantificación de superficies:

- Mesa digitalizadora integrada al Sistema de Análisis PC IBM, Monitor RGB de alta resolución.

4.2. METODOLOGIA

4.2.1. Procesamiento Digital

Se procesaron imágenes Landsat, a partir de cintas compatibles con computadora (CCT), con densidad de 1.600 bpi, obtenidas por el INPE, Brasil.

La información provista no contaba con las correcciones geométricas estándar, por lo tanto fue necesario realizar un preproceso a las imágenes para que fueran ajustables a la proyección UTM, común a toda información satelital.

El algoritmo implementado especialmente para este trabajo, elimina los errores generados por el efecto de la rotación terrestre. Consideró el barrido de la imagen por el satélite y el giro de la tierra.

El arreglo consiste en aplicar cierto desplazamiento y separación entre las fajas de adquisición simultánea del sensor (para sensor TM cada faja consta de 16 líneas consecutivas). Este corrimiento considera los siguientes parámetros: latitud de toma de imagen, velocidad del satélite e inclinación de la órbita respecto al eje imaginario terrestre norte-sur.

Visualmente esta corrección genera una especie de "cuña" en ambos extremos laterales de la imagen corregida.

Efectuado el arreglo geométrico, se realizaron dos procesos básicos: realce de bordes y ensanche de contraste.

El realce de bordes permite resaltar los contornos de los objetos presentes en la imagen, acentuando su diferenciación con el entorno y mejorando los límites de cada uno de los elementos, permitiendo una mayor definición. El programa utilizado para este realce considera una ventana de tres ele-

mentos por tres elementos, diferenciando al pixel central de su entorno. Esta es la matriz óptima para un realce adecuado sin que se altere la información contenida en el objeto. Una matriz de mayor cantidad de elementos habría aumentado el realce, pero también modificado la textura interna del objeto.

El otro proceso fue un ensanche lineal truncado, realizado interactivamente en base al histograma total de cada una de las escenas procesadas. No se consideraron para el cálculo porcentual los valores extremos por no ser representativos del objeto de este trabajo. En forma simultánea con este realce se controló que cada una de las bandas tuviese un realce que permitiera la obtención cromática más estandarizada según la combinación elegida para efectuar el estudio.

A partir de las imágenes procesadas se generaron negativos de 10 pulgadas con una resolución de 52 micrones por pixel. El conjunto de negativos se obtuvo con el Sistema Laser Beam Recorder (LBR).

Las ampliaciones fotográficas se realizaron asignando el filtro azul a la banda 3, el verde a la banda 5 y el rojo a la banda 4. Se efectuó una ampliación de cuatro veces.

4.2.2. Interpretación visual de imágenes

La metodología empleada en la interpretación temática consistió básicamente en el análisis de composiciones en Falso Color Compuesto mejoradas, con la combinación de las bandas 3, 5, 4, filtros azul, verde, rojo respectivamente; obteniéndose imágenes de alta calidad interpretativa.

El criterio seguido para la interpretación, se basó fundamentalmente en la identificación y demarcación del bosque nativo (considerando sus diversas formaciones fisionómicas), forestaciones comerciales, cultivos agrícolas,

pastizales de altura y referencias de infraestructura civil, ríos y cuerpos de agua.

Los parámetros utilizados como factores discriminantes fueron: color (matices), textura, forma, continuidad de unidades, distribución geográfica de la clase, asociación típica y factores fisiográficos (altitud, exposición).

4.2.3. Tareas de campaña

Se realizó la comprobación a campo de cada una de las clases temáticas que fueron establecidas en el trabajo de interpretación preliminar.

Mediante un muestreo de carácter selectivo se localizaron los sitios más representativos de cada clase, para un primer chequeo de campo.

4.2.3.1. Muestreo de terreno

El trabajo de terreno consistió en recorrer la provincia, con el objeto de ubicar muestras de los distintos tipos de cobertura vegetal, que sirvieran como base para formar patrones de interpretación. Además, comprobar a campo las diferentes clases temáticas surgidas del trabajo de interpretación preliminar de las imágenes Landsat, y antecedentes de trabajos anteriores realizados en la provincia, tales como: Digilio y Legname (1966), Cabrera (1951) e información obtenida en el Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán.

Recorridos realizados en la primera salida a campo:

- 1) San Miguel de Tucumán, Yerba Buena, cumbres de San Javier, Villa Nogués, Ignio. San Pablo, San Miguel de Tucumán; se identificaron patrones de

Cítricos, Caña de Azúcar, cultivos hortícolas, Bosque Montano y Forestaciones.

- 2) Benjamín Aráoz, Gobernador Garmendia, Gobernador Piedrabuena: se identificaron patrones de Bosque Chaqueño, cultivos anuales y campos con pasturas dedicados a la cría de ganado.
- 3) Leales, Termas de Río Hondo: se identificaron patrones de Bosque Chaqueño, cultivos anuales, Caña de Azúcar.
- 4) San Miguel de Tucumán, Lules, Famallá, Acheral, Monteros, J.B. Alberdi, La Cocha, Taco Ralo: se identificaron patrones de Caña de Azúcar, Cítricos, Tabaco, cultivos anuales, Bosque de Transición, Bosque Chaqueño y Forestaciones.
- 5) Taco Ralo, Lamadrid, Monteagudo, Simoca: se identificaron patrones de vegetación arbustiva, bajos inundables, Bosque Chaqueño, Caña de Azúcar y cultivos anuales.
- 6) San Miguel de Tucumán, Choromoro, Chuschas, Trancas: se identificaron patrones de Cítricos, cultivos anuales, Bosque Chaqueño y Forestaciones.
- 7) San Miguel de Tucumán, Acheral, Tafí del Valle: se identificaron patrones de Caña de Azúcar y Bosque Montano en sus distintos pisos de altura, cultivos y Forestaciones.
- 8) Concepción, La Banderita: se identificaron patrones de cultivos hortícolas, Caña de Azúcar, Cítricos, pasturas y Bosque Montano en sus diferentes pisos de altura.

Recorridos realizados en la segunda salida a campo:

- 1) San Miguel de Tucumán, Trancas, San Pedro de Colalao, Las Tacanas, Hua-

linchay: se identificaron patrones de Cítricos, cultivos, Bosque Chaqueño, Bosque de Transición, Bosque Montano, Pastizal de Altura y Forestaciones.

- 2) Tapia, Las Tipas, Raco, El Siambón, El Nogalito, Potrero Las Tablas, Lules: se identificaron patrones de Cítricos, Bosque Chaqueño, Bosque Montano y Forestaciones.
- 3) Sunchal, Villa Padre Monti, Puerta de Palavecino, Puerta Quemada, El Nogalito, El Nio, El Ojo, Agua de la Peña, Chorillo, Ovejería: se identificaron patrones de Bosque Montano, Pastizal de Altura y Forestaciones.
- 4) El Nio, Dique El Cajón: se identificaron patrones de Bosque Montano.
- 5) Chilca, Requelme: se identificaron patrones de Bosque Chaqueño, Bosque de Transición y cultivos.
- 6) San Miguel de Tucumán, J.B. Alberdi, Dique Escaba: se identificaron patrones de Caña de Azúcar, Bosque de Transición y Bosque Montano.

5. RESULTADOS OBTENIDOS

5.1. CLASES TEMATICAS INTERPRETADAS

Las clases correspondientes a las formaciones vegetales naturales identificadas mediante el análisis de la información Landsat fueron:

- a) Bosque Chaqueño (de llanura y serrano);
- b) Bosque de Transición (de llanura y serrano);
- c) Bosque Montano (inferior y superior);

- d) Vegetación Arbustiva y Arbórea del Monte;
- e) Pastizales de Altura.

a) **BOSQUE CHAQUEÑO (de llanura y serrano):** Esta clase se encuentra principalmente al este de la provincia; es un bosque degradado, sometido a una explotación intensa y selectiva. Se extrajeron del mismo únicamente las especies forestales de valor comercial. Las especies forestales secundarias se encuentran disminuidas notablemente.

Las especies arbóreas encontradas comúnmente son las siguientes:

- Prosopis alba (algarrobo blanco)
- Prosopis nigra (algarrobo negro)
- Celtis spinosa (tala)
- Zizyphus mistol (mistol)
- Acacia praecox (garabato)
- Aspidosperma quebracho blanco (quebracho blanco)
- Schinopsis quebracho colorado (quebracho colorado)

Presenta un estrato arbustivo y un estrato inferior de gramíneas.

Esta clase aparece en la imagen de un color marrón, textura rugosa, fácilmente identificable pues limita con áreas de actividad agrícola-ganadera cuya respuesta espectral se presenta en la imagen de color celeste verdoso que origina por contraste límites bien definidos.

b) **BOSQUE DE TRANSICION (de llanura y serrano):** Esta clase se presenta en franca disminución en superficie quedando reducida a algunos sectores de su primitiva zona de ocupación. En esta zona se han establecido los principales cultivos, asentamientos urbanos y otros usos.

Está integrada por especies del Bosque Chaqueño entremezcladas con especies del Bosque Montano; su identificación en la imagen presenta algunas dificultades debido a que su respuesta espectral tiene características de ambas clases.

El color con que aparece en la imagen es marrón-rojizo y la textura rugosa.

Cabe señalar la presencia de especies como:

- Fagara coco (cochucho)
- Enterolobium contortisiliquum (pacará)
- Bauhinia candicans (pezuña de vaca)
- Parapiptadenia excelsa (horco cebil)

c) **BOSQUE MONTANO (inferior y superior):** En esta clase la vegetación adquiere su mayor riqueza en especies y altura de los individuos, es un bosque denso y heterogéneo.

Consideramos la misma como una única clase con dos niveles no separables espectralmente:

1) Nivel inferior con especies como:

- Blepharocalix gigantea (horco molle)
- Juglans australis (nogal criollo)
- Phoebe porphyria (laurel)
- Fagara coco (cochucho)
- Cedrela lilloi (cedro coya)
- Jacaranda mimosifolia (tarco)
- Enterolobium contortisiliquum (pacará)
- Tipuana tipu (tipa)
- Tabebuia ipé (lapacho negro)
- Anadenanthera macrocarpa (cebil colorado)
- Pisonia zapallo (zapallo caspi)

2) Nivel superior: bosques de altura con predominio de poblaciones homogéneas puras de alisos, pino del cerro y queñoa encontrando comúnmente:

- *Alnus jorullensis* var. *spachii* (aliso)
- *Podocarpus parlatorei* (pino del cerro)
- *Polylepis australis* (queñoa)
- *Sambucus peruvianus* (sauco)

Esta es la clase límite superior del bosque con los pastizales de altura, que por tener respuestas espectrales muy diferentes lo hace fácilmente identificable. En la imagen aparece de color rojo-amarro-nado y textura rugosa.

- d) **VEGETACION ARBUSTIVA Y ARBOREA DEL MONTE:** El monte ocupa un área restringida en las márgenes del río Santa María, con especies xerófilas de porte reducido.

Encontrándose principalmente:

- *Prosopis alba* (algarrobo blanco)
- *Prosopis nigra* (algarrobo negro)
- *Celtis spinosa* (tala)
- *Geoffroea decorticans* (chañar)
- *Salix humboldtiana* (sauce criollo)

Espectralmente se presenta en la imagen de color verdoso oscuro y textura medianamente rugosa.

- e) **PASTIZALES DE ALTURA:** Esta clase constituye praderas de gramíneas y dicotiledóneas de alta montaña, con una respuesta espectral identificable por su color amarillo y textura lisa.

Las clases correspondientes a los cultivos, sujetos a este estudio fueron:

- a) Caña de azúcar
- b) Cítricos
- c) Forestaciones

- a) **CAÑA DE AZUCAR:** Esta clase temática presenta una respuesta espectral que la identifica como vegetación densa, puesta en la fecha de toma de la imagen ésta se encontraba en su etapa previa a la cosecha.

Se la identifica en la imagen sin mayores dificultades por su color rojo-anaranjado y textura lisa y por la forma regular de los lotes.

- b) **CITRICOS:** En esta clase temática se han considerado únicamente las plantaciones adultas, pues es una clase que debido al tratamiento cultural del terreno antes de la plantación y por las características de densidad de la misma, tamaño de los individuos y su notable expansión en los últimos años requiere un estudio multitemporal de información Landsat.

Básicamente se debe realizar un estudio del área, inmediatamente anterior y posterior al establecimiento de la plantación a fin de verificar el desarrollo del citrus.

Las especies encontradas dentro de esta clase son:

- Citrus limón (limón)
- Citrus sinensis (naranja)
- Citrus paradisi (pomelo)
- Citrus reticulata blanca (mandarina)

Las plantaciones se ubican en el piedemonte húmedo y perhúmedo, con suelos fértiles y factores climáticos favorables.

En la imagen se presenta de color marrón-rojizo y textura medianamente gruesa.

- c) **FORESTACIONES:** Se encuentran algunas forestaciones adultas de Pinus identificables en la imagen por su color rojo-bordó, forma regular y textura medianamente rugosa.

Debe considerarse que además de estas clases temáticas identificadas y cuantificadas en el mapa temático forestal, aparecen:

- Areas con clases temáticas que no fueron objeto del estudio.
- Areas sin información satelital por estar cubiertas de nubes.
- Area norte de la provincia sin información satelital.

5.2. SUPERFICIE POR CLASE TEMATICA

La TABLA 1 indica detalladamente las hectáreas correspondientes a cada clase temática interpretada, resultado obtenido mediante la utilización de una mesa digitalizadora.

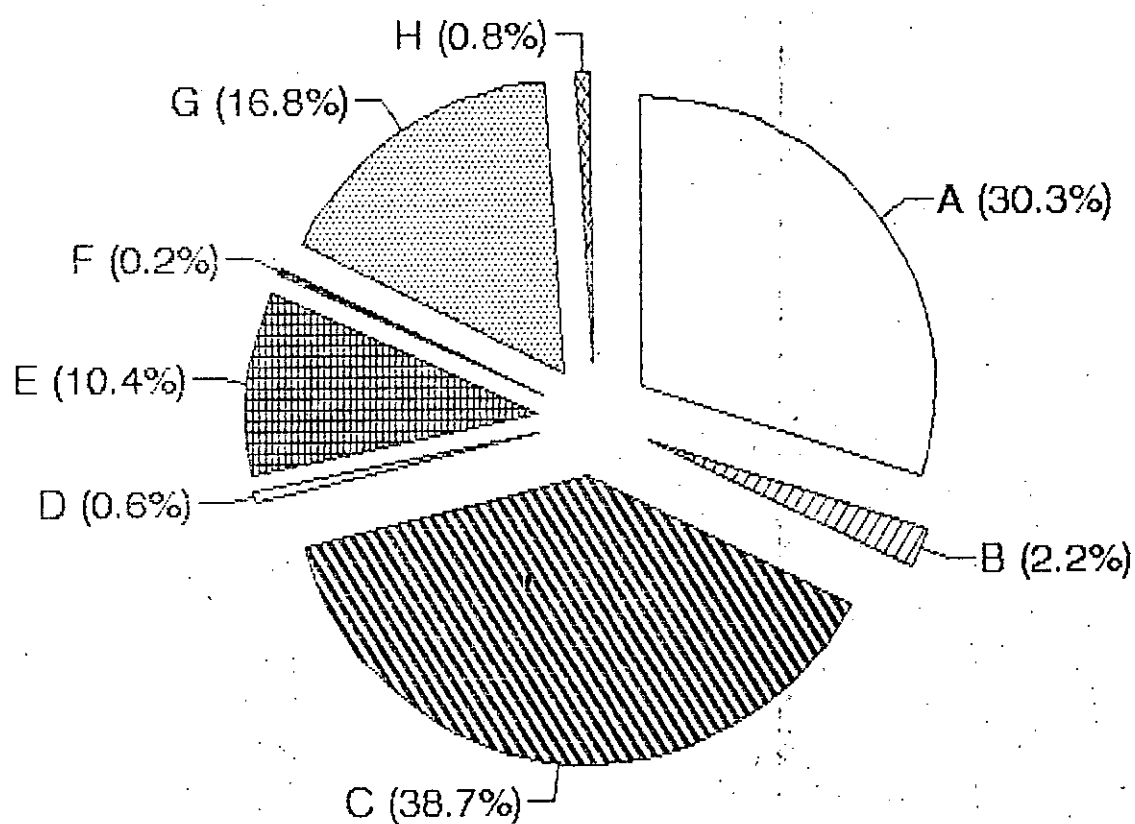
El GRAFICO 1 nos indica la distribución porcentual de la superficie de cada una de las clases temáticas interpretadas.

El GRAFICO 2 nos muestra la distribución porcentual de la superficie de las clases temáticas correspondientes a Fisonomías Vegetales Naturales, Cultivos y resto de la provincia.

TABLA 1 - SUPERFICIE POR CLASE TEMATICA

Clases temáticas interpretadas	Superficie en hectáreas
Fisonomías vegetales naturales	
Bosque Chaqueño (de llanura y serrano)	382.132,58
Bosque de Transición (de llanura y serrano)	28.243,14
Bosque Montano (inferior y superior)	488.546,06
Vegetación Arbustiva y Arbórea del Monte	6.954,04
Pastizal de Altura	131.864,64
Cultivos	
Caña de Azúcar	211.651,31
Cítricos	10.713,38
Forestaciones	3.108,00

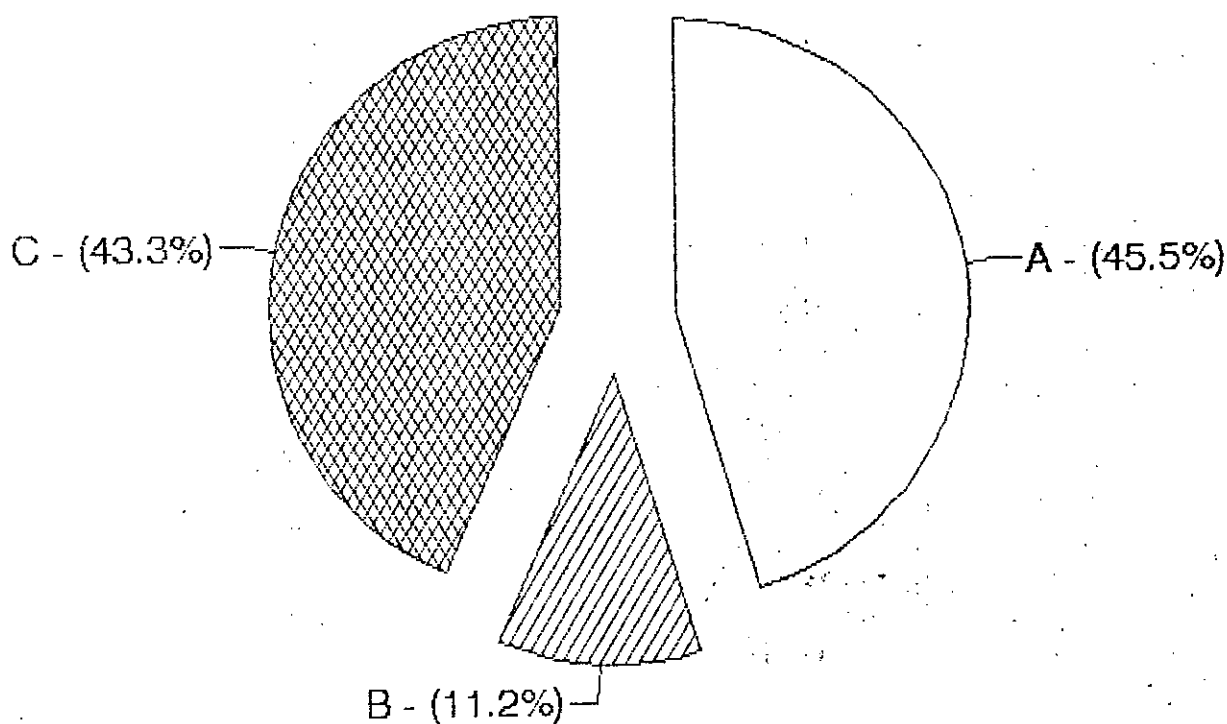
GRAFICO 1
DISTRIBUCION PORCENTUAL DE SUPERFICIES



REFERENCIAS

- A - BOSQUE CHAQUEÑO (DE LLANURA Y SERRANO)
- B - BOSQUE DE TRANSICION (DE LLANURA Y SERRANO)
- C - BOSQUE MONTANO (INFERIOR Y SUPERIOR)
- D - VEGETACION ARBUSTIVA Y ARBOREA DEL MONTE
- E - PASTIZAL DE ALTURA
- F - FORESTACIONES
- G - CAÑA DE AZUCAR
- H - CITRICOS

GRAFICO 2
DISTRIBUCION PORCENTUAL DE SUPERFICIES



REFERENCIAS

- A - FISIONOMIAS VEGETALES NATIVAS
- B - CULTIVOS
- C - RESTO DE LA PROVINCIA

BIBLIOGRAFIA

- Digilio, A., Legname, P. 1966. Los árboles indígenas de la Provincia de Tucumán.
- Cozzo, D. 1975. Arbores forestales, madera y silvicultura de la Argentina.
- Vervoorst, F. 1981. Mapa de las comunidades vegetales de la Provincia de Tucumán. Según Lillo (1919) y Hueck (1953), con modificaciones de Vervoorst.
- Gómez López, R., et al. 1988. Red de Centros de Servicios Rurales. Tucumán. Convenio; SVDA-UNT.