

PUBLICACION LARS 020284

ANALISIS NUMERICO DE DATOS LANDSAT 2 MSS
EN LA ZONA CAFETERA COLOMBIANA
(Departamento de Cundinamarca)

Por:

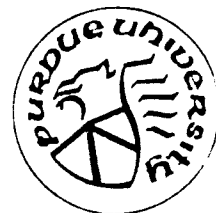
ALFONSO ZULUAGA R. Y RAFAEL HERNANDO MORA J.

Visiting Scientists - Purdue/LARS

Funcionarios Federación Nacional de Cafeteros
de Colombia

Caso de estudio para usarse con:
Taller Práctico en el Análisis Numérico
de Datos de Imágenes Multiespectrales.
(Publicación LARS 050583)

PURDUE UNIVERSITY
LABORATORY FOR APPLICATIONS OF REMOTE SENSING
West Lafayette, Indiana 47906 USA



Febrero de 1984

Agradecimientos

Queremos dar sincero agradecimiento a las personas e Instituciones que de una u otra forma hicieron posible nuestro entrenamiento en LARS.

Purdue University / Laboratory for Applications of Remote Sensing - "LARS".

Marion Baumgardner	Director
Terry Phillips	Deputy Director
Luis A. Bartolucci	Technology Transfer Director
Douglas B. Morrison	Training Coordinator
Kay Hunt	Systems Software Manager
Carlos Valenzuela	Research Instructor
José Valdés	Research Assistant
Fabián Lozano	Research Assistant
Marilyn Klepfer	Secretary

Agencia Internacional para el Desarrollo - "AID" (cuyos fondos administró en Colombia la Comisión Fulbright).

Roger D. Latham	Program Specialist - USDA
Lloyd I. Holmes	Consejero Agrícola USA en Colombia
Francisco Gnecco C.	Director Comisión Fulbright-Colombia

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia

Jorge Cárdenas Gutiérrez	Gerente General
Germán Valenzuela Samper	Subgerente General Técnico
Alvaro Rodríguez Grandas	Director División de Extensión
Ricardo Avellaneda Cortés	Director Investigaciones Económicas
Jaime Sarmiento Cruz	Jefe Departamento de Estudios y Proyectos Básicos Cafeteros

CONTENIDO

Prefacio.....	iv
Introducción.....	v
CAPITULO I	
* Características de la Zona Cafetera Colombiana.....	4
* Clases de Caficultura y Aspectos sobre Respuesta Espectral.....	6
* Descripción de la Zona de Estudio.....	7
* Estudio Preliminar de los Datos Espectrales.....	23
CAPITULO II	
* Selección y Análisis de la Calidad de los Datos del Barredor.....	11
* Correlación con los Datos de Referencia.....	19
* Selección de las Muestras de Entrenamiento.....	19
CAPITULO III	
Definición Estadística de las Clases Espectrales de Entrenamiento.....	27
* Agrupación de las Muestras de Entrenamiento.....	27
* Asociación de las Clases Candidatas de Entrenamiento con las Clases Informativas.....	32
* Aumento de las Clases Candidatas de Entrenamiento.....	35
* Representación Visual de las Clases Candidatas de Entrenamiento.....	36
* Cálculo de la Distancia Estadística entre las Clases Candidatas de Entrenamiento.....	45
* Selección de las Clases Espectrales de Entrenamiento Finales.....	47
CAPITULO IV	
Clasificación del Area de Estudio.....	4
CAPITULO V	
Representación Pictórica o Tabular de los Resultados de la Clasificación.....	6
CAPITULO VI	
Evaluación e Interpretación de los Resultados de la Clasificación.....	4
* Matriz de Confusión de los Resultados de la Clasificación.....	4
* Leyenda Preliminar de Interpretación.....	5
* Conclusiones y Recomendaciones.....	7
* Bibliografía.....	9

Prefacio

Este caso de estudio está diseñado para acompañar la Publicación LARS 050583, "Taller Práctico en el Análisis de Datos de Imágenes Multiespectrales" por Luis A. Bartolucci, Fabián Lozano Y James C. Tilton.

El informe se elaboró con base en la Publicación LARS 082283, por José A. Valdés y Fabián Lozano.

Se requieren los siguientes materiales para llevar a cabo las actividades aquí descritas:

- 1.- Un listado de computadora conteniendo todas las impresiones de este análisis.
- 2.- Fotografías aéreas en blanco y negro y cartografía de la zona de estudio

Introducción

Los Sensores Remotos actualmente constituyen una herramienta práctica para la obtención de información periódica sobre los recursos de la tierra. La agricultura es una de las actividades que puede aprovechar los beneficios de esta tecnología, obteniendo datos sobre localización y extensión de los cultivos, estado de las plantaciones y evaluación de daños por plagas, enfermedades, sequías e inundaciones; cambios en el uso de la tierra; información útil para la planeación agropecuaria.

El presente trabajo fué realizado en "Purdue University/Laboratory for Applications of Remote Sensing-LARS". El programa fué patrocinado por la Agencia Internacional para el Desarrollo -"AID" de los Estados Unidos (cuya administración, en Colombia, estuvo a cargo de la Comisión Fulbright- Programa "LAC Training Initiatives") y la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

El entrenamiento fue recibido por dos Funcionarios del Departamento Censo Cafetero de dicha entidad Colombiana, entre el 14 de agosto de 1983 y el 17 de febrero de 1984, con el objetivo de aprender la Técnica de Análisis Numérico de Datos Landsat, desarrollada por LARS y su aplicación en la actualización periódica del uso y cobertura de la tierra en la Zona Cafetera Colombiana, especialmente en la identificación y cuantificación de las Clases de Caficultura Tradicional y Tecnificada.

La Zona Cafetera estudiada se localiza en el Departamento de Cundinamarca al occidente de la Sabana de Bogotá. Comprende un área aproximada de 140.000 hectáreas.

El Análisis Multiespectral con ayuda del Computador, permitió la identificación y cuantificación de diferentes Clases de Uso y Cobertura de la Tierra, especialmente, la Caficultura Tradicional, los Pastos, la Caña de azúcar para la producción de panela y los Bosques. La Caficultura Tradicional de la Zona de Estudio, en las evaluaciones hasta ahora realizadas, se definió con una precisión alrededor del 70% a 80%

Además, se realizó una clasificación de la ciudad de Bogotá y sus alrededores con el fin de entender la Filosofía del Programa LARSYS y conocer la naturaleza de las respuestas espectrales agrícolas y urbanas.

Como parte final se realizó un corto ejercicio sobre creación de archivos de datos para un Sistema Geográfico de Información, teniendo como base los Mapas del Censo Cafetero 1980-81.

En general, los resultados de este trabajo permiten mostrar la aplicabilidad de la tecnología de Análisis Numérico de Datos Landsat con Ayuda del Computador en la consecución de información para el Desarrollo de La Zona Cafetera Colombiana.

CAPITULO I

CARACTERISTICAS DE LA ZONA CAFETERA COLOMBIANA

(Tomado del Censo Cafetero 1980- 1981)

Localización : La Zona Cafetera se encuentra localizada en el complejo orográfico del país, en su mayor parte entre los 1.000 y 2.000 metros de altura sobre el nivel del mar. Comprendida entre 1 y 10° de latitud norte, es decir desde Nariño hasta la Sierra Nevada de Santa Marta. Esta posición permite dividir el país en tres zonas principales a saber: Zona Sur, hasta los 3° de latitud norte; Zona Central, entre 3° y 7° de latitud norte; Zona Norte, entre 7° y 10 de latitud norte.

Precipitación: En la zona montañosa, la pluviosidad está regida por la situación latitudinal que determina la diferencia estacional a través del año, debido al sistema de convergencia intertropical, presentándose en la región sur un régimen de lluvias caracterizado por intensidades menores y bajos valores en cuanto a cantidad de lluvia, y un solo período de importancia en los meses de enero febrero y marzo.

En la Zona Central se presentan dos períodos lluviosos durante los meses de abril-mayo, octubre-noviembre. Por esta razón dicha zona es considerada como la mejor área para café y cultivos afines, por la cantidad de lluvia anual y su buena distribución.

En la región norte, al igual que la zona sur ocurre solo un período lluvioso en septiembre-octubre y noviembre caracterizado por grandes intensidades.

Con referencia a la altitud, la precipitación muestra otro comportamiento que se basa en la circulación valle montaña, o sea el movimiento de los vientos calientes de la parte baja y de los vientos fríos procedentes de las regiones superiores, los que al encontrarse producen la lluvia que se concentra aproximadamente en el tercio medio de la ladera, que es donde está ubicado el cinturón cafetero colombiano.

Temperatura: Este elemento tiene una relación inversa con la altura sobre el nivel del mar. La Zona Cafetera tiene temperaturas que varían entre los 18°C y los 22.5° C. Por lo tanto la temperatura es otro elemento climático que es variable, en razón de los cambios bruscos de altitud, lo que hace que la temperatura no sea uniforme, produciéndose cambios de 0.5°C y 0.7°C de disminución de temperatura por cada 100 metros de ascenso. Esto determina la marginalidad para algunos cultivos, así como la aptitud para otros.

Brillo solar: Las mejores zonas cafeteras del país presentan un promedio de 150 horas de sol por mes. En las zonas cálidas y en meses secos, el brillo solar puede llegar a un total de 280 horas al mes; mientras que en zonas más altas y frías, el total mensual puede llegar a solo 70 horas de sol.

Nubosidad: La zona cafetera colombiana, localizada en la región Andina Tropical, presenta en algunos meses del año, alta nubosidad, que influye sobre la intensidad de la luz y en el aumento de la humedad relativa regulando la amplitud diaria de la temperatura. La intensidad de la cobertura de nubes está relacionada con los meses de invierno.

Vientos: Los vientos que se presentan en la zona cafetera son por lo general de poca fuerza, con valores normales que varían entre 5 y 7 kilómetros por hora. En algunas épocas del año los vientos aumentan su fuerza presentando velocidades de 30 a 40 kilómetros por hora.

Humedad relativa: La humedad relativa es un elemento climático que también tiene mucha variabilidad en las regiones de vertientes y provoca efectos desfavorables cuando se está en los extremos de muy alta o muy baja, presenta un rango comprendido entre el 70 y el 80%; con altas variaciones entre el día y la noche. En el día desciende hasta un 35% y sube en la noche alrededor del 100%.

Suelos: Se presentan suelos derivados de materiales sedimentarios, ígneos y metamórficos. Dentro de estos materiales la ceniza volcánica ha jugado un papel importante en la evolución de los suelos de la Zona Cafetera. Los suelos óptimos para el cultivo del café son profundos, francos, de estructura granular de permeabilidad moderada y bien aireados. Presentan además una fertilidad moderada.

Zona de Vida: Según el sistema de clasificación de Zonas de Vida ideado por Holdridge y aplicado en nuestro medio por Espinel y Montenegro, la zona cafetera se clasifica principalmente dentro de las Formaciones Bosque Húmedo Premontano (bh-PM) y Bosque muy Húmedo Premontano (bmh-PM).

Censo Cafetero 1980-81: El censo cafetero de 1980-81 involucró el uso de fotografías aéreas pancromáticas blanco y negro a escala promedio 1:10,000, las cuales se tomaron sobre una superficie de 8.5 millones de hectáreas. La medición de las áreas con cafetales y los resultados obtenidos involucraron técnicas de procesamiento automatizado.

RESULTADOS GENERALES PARA COLOMBIA

	Café tra- dicional	Café Tecnificado		Totales
		Al sol	A la Sombra	
Area cafetera segun sistema de cultivo (hectáreas)	665,849	175,711	168,019	1,009,579.2
Número de cafetos (millones)	1,204	793	663	2,660
Densidades de siembra (número de árboles por hectárea)	1,808	4,515	3,945	2,635

CLASES DE CAFICULTURA Y ASPECTOS SOBRE RESPUESTA ESPECTRAL

(Manual de Fotointerpretación cafetera)

Caficultura Tradicional : (ver figuras)

Coffea arabica de la variedad Típica o Bourbón, es un cafeto de porte alto y copa globosa; con densidades promedio de siembra entre 1000 y 3400 cafetos por hectárea; bien trazado o sin trazo definido; bajo un bosque de sombrío de especies forestales tales como Cordia sp., Inga sp., Calliandra sp., Erytrina sp.; en la mayoría de los casos este sombrío deja entrever los cafetos que se encuentran en el sotobosque, permitiendo la penetración de los rayos solares hasta los estratos inferiores.

En el caso de un sombrío racionalizado (poco denso), la respuesta espectral predominante está dada por el bosque de sombrío y las plantas de café. Cuando el sombrío es muy denso la respuesta espectral predominante está dada por el bosque. Tanto la densidad de cobertura como las especies forestales del sombrío varían de una región a otra e incluso de un cafetal a otro, este hecho aumenta el rango de variación de la respuesta espectral.

Caficultura Tecnificada: (ver figuras)

Coffea arabica de la variedad caturra, principalmente; es un cafeto de porte bajo; patrón cultural de siembra en curvas a nivel y trazo definido entre plantas y surcos; con densidades promedio de siembra entre 4000 y 4500 cafetos por hectárea; bajo bosque de sombrío o a plena exposición solar.

El café tecnificado con sombrío presenta una cobertura mayor del 30%

por especies forestales principalmente de la familia de las leguminosas del género Inga y/o el cultivo de plátano con densidad mayor de 500 plantas por hectárea. El café tecnificado a plena exposición solar presenta escaso sombrío y con frecuencia asociado con cultivo de plátano.

La respuesta espectral presenta variación según el estado de desarrollo del cultivo. En cafetales jóvenes (menores de 18 meses) de escasas ramas; la respuesta espectral predominante está dada por la vegetación diferente al cafeto, como gramíneas y otras malezas, o en algunos casos por el suelo. En cafetales adultos (mayores de 18 meses) el follaje del café se entrecruza y el sombrío aumenta la cobertura; la respuesta espectral predominante está dada por las plantas de café o por el sombrío y el café.

DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona esta localizada en el Departamento de Cundinamarca, al Occidente de la Sabana de Bogotá entre los $74^{\circ} 19'$ y $74^{\circ} 33'$ de longitud Oeste y entre $4^{\circ} 34'$ y $5^{\circ} 02'$ de latitud Norte, con area de 140,000 hectáreas aproximadamente.

Comprende los municipios cafeteros de Sasaima, Villeta, Guayabal de Siquima, Albán, Anolaima, La Mesa, Mesitas del Colegio, Quipile, Tena, y los municipios no cafeteros de Facatativá y Zipacón.

Aspectos Fisiográficos:

La zona está localizada en la Cordillera Oriental, vertiente occidental, compuesta por rocas sedimentarias principalmente lutitas, conglomerados y areniscas (Cretácico). Algunos fenómenos recientes (Cuaternario) son los depósitos Coluvio-aluviales de lutitas y areniscas y la influencia de cenizas volcánicas.

El relieve es quebrado a fuertemente quebrado con pendientes que varían entre 25 y 75%. Entre las Clases Taxonómicas de suelos, a nivel de Gran Grupo, se pueden citar las siguientes: Dystropept, Eutropept, Dystrandept y Troporthent.

Los fenómenos de remoción en masa, como deslizamientos, son frecuentes en esta zona. El régimen de lluvias corresponde al de la zona central cafetera del país, presentando dos periodos lluviosos durante los meses de Abril-Mayo y Octubre-Noviembre. Según el sistema de Holdridge la zona se clasifica principalmente como Bosque Húmedo Premontano (bh-PM).

El sector correspondiente a los municipios no cafeteros de Zipacón y Faca está ubicado en el borde occidental de la Sabana de Bogotá, en una terraza lacustre de relieve plano y parte de los cerros que bordean la sabana. Según Holdridge se clasifican como Bosque Seco Montano Bajo (bs-MB).



Figura I-1.- Fruto del cafeto. Coffea arabica (copia, foto de Danilo Vitalini).



Figura I-2.- Arbol de cafeto, Coffea arabica var. caturra en fructificacion.

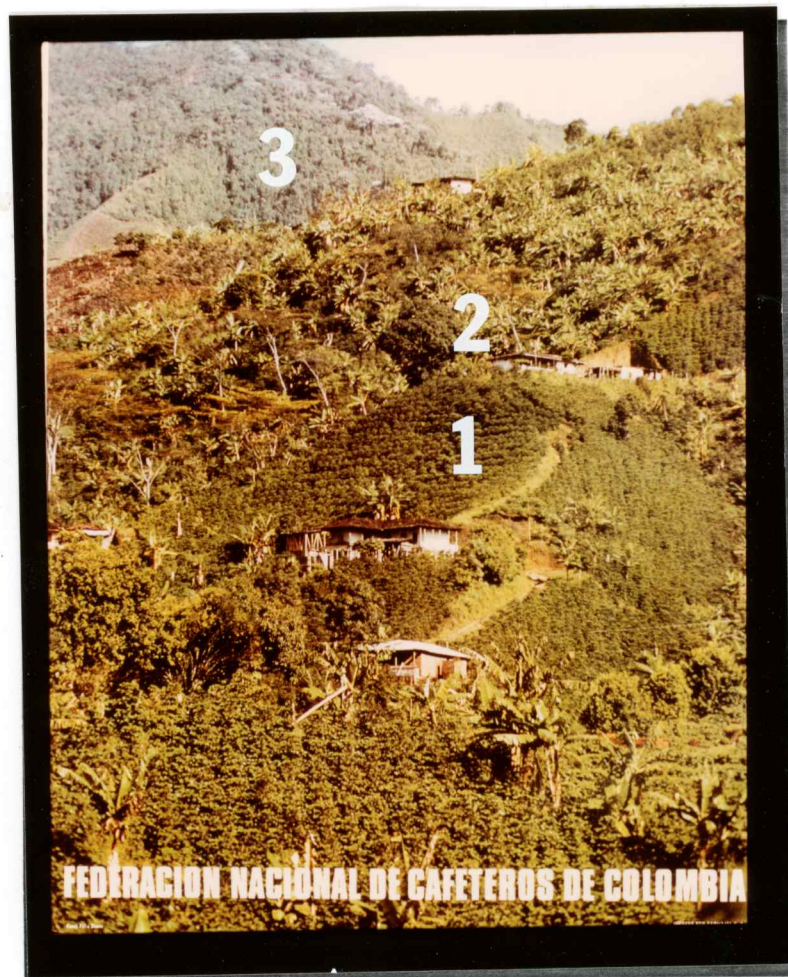


Figura I-3.- Paisaje típico de la Zona Cafetera Colombiana
(Copia, foto de Félix Tisnes)

- 1) Cafetal tecnificado a plena exposición solar
- 2) Cafetal con sombrío forestal y plátano
- 3) Vegetación natural.



Figura I-4.- 1) Sombrio forestal de *Ingas* sp. usado para el cafetal tradicional tecnificado.

2) Pastos

La respuesta espectral predominante esta dada por el bosque

(Copia, foto Censo Cafetero 80-81).



Figura I-5.- 1) Cafetal tradicional con sombrío forestal
2) Sombrío de plátano (Musa paradisiaca)
3) Caña de azúcar (Saccharum officinarum) para
producción de panela.



Figura I-6.- 1) Cafetal tecnificado, variedad caturra, con sombrío de plátano (Musa paradisiaca). La respuesta espectral predominante esta dada por el plátano.
2) Cafetal tecnificado joven, variedad caturra, a plena exposición
3) Cobertura de malezas entre las hileras de café.
La respuesta espectral está influenciada por las malezas.
(Copia, foto Censo Cafetero 80-81).



Figura I-7.- Plantación de un cafetal.

En sus primeros estados de desarrollo la respuesta espectral predominante esta dada por vegetación diferente al café. En este caso por plátano 1), pastos y malezas 2) .

(Copia ,foto Censo Cafetero 80-81) .

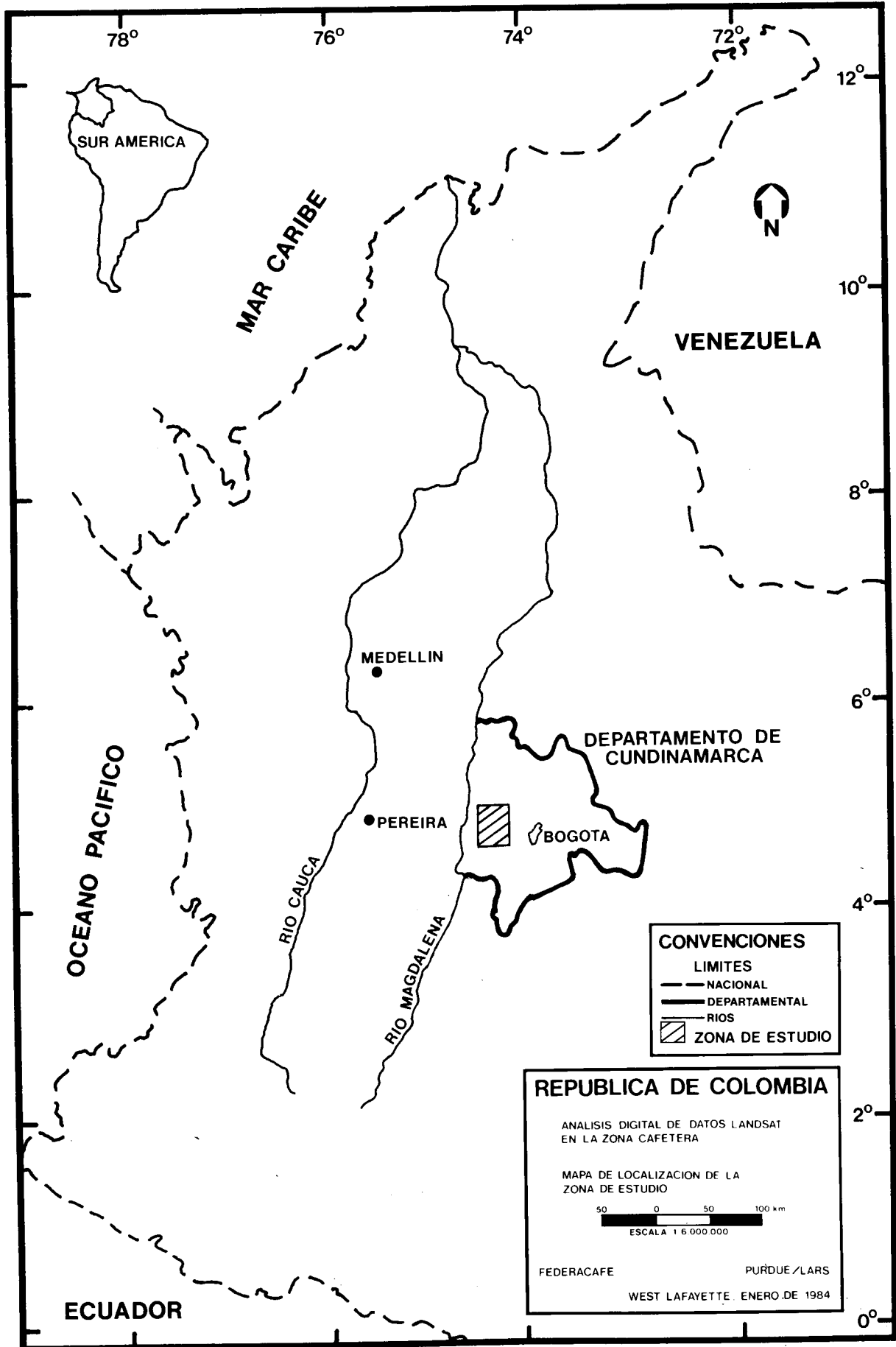


Figura 1-8

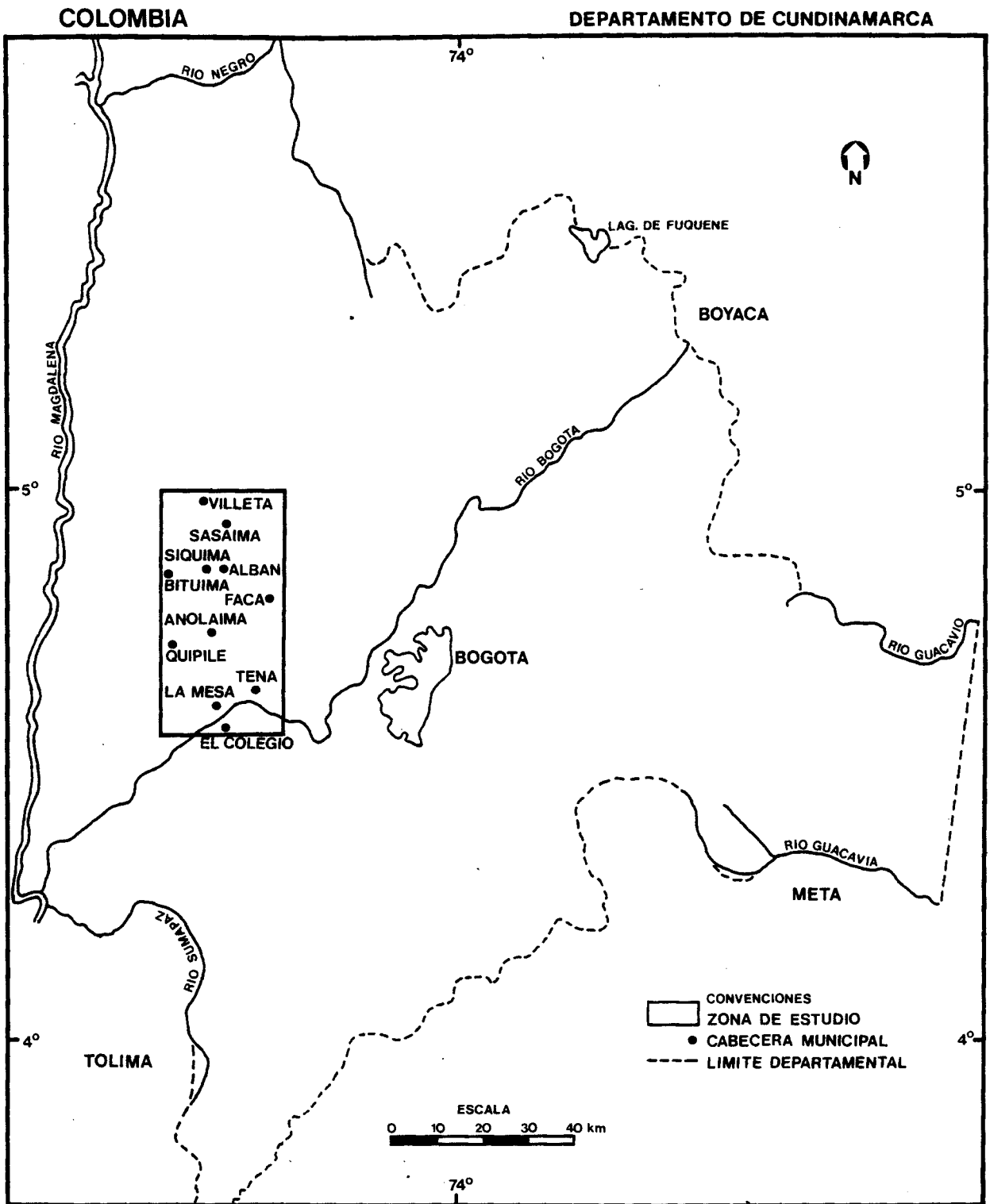


Figura 1-9



FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS
DE COLOMBIA

Imagen Landsat 2 MSS N° 2716-14184 de
Enero 7 de 1977

□ Zona de estudio

Purdue /LARS Febrero de 1984

Fig. I- 10

Uso y Cobertura de la Tierra:

Teniendo como referencia los mapas cafeteros de escala 1:10,000 y un criterio altitudinal, se pueden diferenciar las siguientes áreas para una descripción general:

Zona Cafetera (tierras templadas) entre 1,000 y 1,800 m.s.n.m.

Café (Censo cafetero 1980-81) Se muestra en las tablas: I-1, I-2, I-3 y I-4 (las Clases de Caficultura están descritas en páginas anteriores).!

Frutales: Cítricos (Citrus sp.) en general se encuentran como árboles dispersos entre los cafetales tradicionales y ocasionalmente como plantaciones con arreglo definido entre árboles.!

Plátano (Musa paradisiaca): Se cultiva asociado con el café, en forma dispersa con los cafetales tradicionales o en hileras con los cafetales tecnificados.!

Otros cultivos en esta región cafetera son: pastos, yuca, maíz y caña, bosques naturales y plantaciones forestales.

Tierra marginal alta para café. Entre 1,800 y 2,000 m.s.n.m.

En el sector Norte (Albán-Guayabal) el uso predominante son los pastos para producción de leche (Kikuyo Pennisetum clandestinum), se encuentran algunos bosques naturales y plantaciones forestales de Pinos (Pinus patula) y Eucalipto (Eucaliptus globulus).

En el sector sur (Anolaima) el uso predominante son cultivos semestrales y pastos. Los cultivos requieren de preparación del suelo, por lo cual, la respuesta espectral puede estar dada por el suelo o barbechos en épocas de siembra y cosecha respectivamente.

Tierras Frías entre 2,000 y 3,000 m.s.n.m.

Comprende la parte alta de la vertiente y parte de los cerros occidentales que bordean la Sabana de Bogotá. En la vertiente el uso predominante son los pastos para producción de leche (Kikuyo-Pennisetum clandestinum). Los cerros están cubiertos por vegetación natural y plantaciones forestales de pino y eucalipto. En la Sabana los cultivos son pastos, papa, maíz y hortalizas.

Tierra Marginal Baja para Café y Cálida (menos de 1,000 m.s.n.m)

Caña de azúcar (Saccharum officinarum) para producción de panela: Es el cultivo predominante en el sector Norte (Villeta-Sasaima). Se diferencian dos sistemas de manejo. El sistema tradicional en el cual la caña es un cultivo permanente, las matas están sembradas a distancias variables (1 a 3 m. aproximadamente) y sin un arreglo definido; la cosecha se

AREA CAFETERA SEGUN SISTEMA DE CULTIVO

MUNICIPIOS	CAFE TRADICIONAL (Hectareas)	CAFE TECNIFICADO (hectareas)			TOTAL (Hectareas)
		Al sol	A la sombra	total	
Alban	476	417	234	651	1.127
Guayabal	1.007	125	80	205	1.212
La Vega	1.079	1.035	390	1.425	2.505
Sasaima	881	967	220	1.187	2.068
San Francisco	828	768	176	944	1.772
Villeta	558	59	21	80	638
Anolaima	3.571	325	716	1.041	4.612
La Mesa	3.219	51	450	501	3.720
El colegio	3.873	283	866	1.149	5.023
Quipile	2.955	106	191	297	3.252
S. Antonio T.	1.111	41	318	359	1.470
Tena	1.708	23	92	115	1.823
TOTALES	21.266	4.200	3.754	7.954	29.222

Tabla I-1

NUMERO DE CAFETOS Y DENSIDADES DE SIEMBRA POR HECTAREA

MUNICIPIOS	CAFE TRADICIONAL		CAFE TECNIFICADO				TOTALES Hectareas
	No. Cafetos	Cafetos por hectarea	Al sol		A la sombra		
			No. Cafetos	Cafetos por hectarea	No. cafetos	Cafetos por hectarea	
Alban	662.451	1.391	1.557.210	3.733	744.933	3.186	2.964.595
Guayabal	1.647.576	1.636	480.620	3.838	284.839	3.552	2.413.087
La Vega	1.348.667	1.248	4.586.436	4.428	1.384.460	3.551	7.319.564
Sasaima	1.164.994	1.322	4.131.245	4.270	689.572	3.143	5.985.913
San Francisco	857.200	1.034	3.156.130	4.108	602.332	3.426	4.615.663
Villeta	825.160	1.479	225.104	3.834	79.238	3.718	1.129.502
Anolaima	7.842.087	2.196	1.674.711	5.156	2.871.885	4.013	12.388.683
La Mesa	7.563.899	2.349	256.231	5.055	1.826.951	4.055	9.647.081
El Colegio	8.111.902	2.094	1.684.157	5.953	4.172.310	4.814	13.968.370
Quipile	5.086.703	1.721	450.331	4.235	752.879	3.988	6.299.914
S. Antonio T.	2.128.340	1.916	288.345	6.993	1.481.984	4.556	3.898.670
Tena	3.370.022	1.973	109.730	4.748	347.962	3.784	3.827.716
TOTALES	40.609.001	1.775	18.600.250	4.651	15.238.845	3.777	74.448.099

Tabla I-2

**DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA - Distribución del Area Cafetera en
Hectáreas según Densidad de Siembra y Sistema de Cultivo**

DENSIDAD Número de Cafetos/ha.	CAFE TRADICIONAL	CAFE TECNIFICADO			TOTAL
		AL SOL	A LA SOMBRA	SUB-TOTAL	
HASTA DE 750	280,4				280,4
751 A 1.250	8.188,3				8.188,3
1.251 A 1.750	12.355,9	0,2	4,5	4,7	12.360,6
1.751 A 2.250	33.327,5	28,9	75,2	104,1	33.431,6
2.251 A 2.750	13.523,4	190,5	347,3	537,8	14.061,2
2.751 A 3.250	747,9	839,8	1.823,8	2.663,6	3.411,5
3.251 A 3.750	17,8	1.528,0	3.108,3	4.636,3	4.654,1
3.751 A 4.250	140,8	2.230,2	3.816,7	6.046,9	6.187,7
4.251 A 4.750	9,7	796,4	950,9	1.747,3	1.757,0
4.751 A 5.250	0,4	1.404,6	1.135,9	2.540,5	2.540,9
5.251 A 5.750		131,1	194,2	325,3	325,3
5.751 A 6.250	0,3	295,0	231,2	526,2	526,5
6.251 A 6.750		143,9	376,9	520,8	520,8
6.751 A 7.250	0,6	107,0	62,1	169,1	169,7
7.251 A 7.750		12,0	5,3	17,3	17,3
7.751 A 8.250	0,3	27,0	12,6	39,6	39,9
8.251 A 8.750		37,4	0,3	37,7	37,7
8.751 A 9.250		55,5	1,5	57,0	57,0
9.251 A 9.750		4,1		4,1	4,1
MAS DE 9.750		10,1		10,1	10,1
TOTAL GENERAL	68.593,3	7.841,7	12.146,7	19.988,4	88.581,7

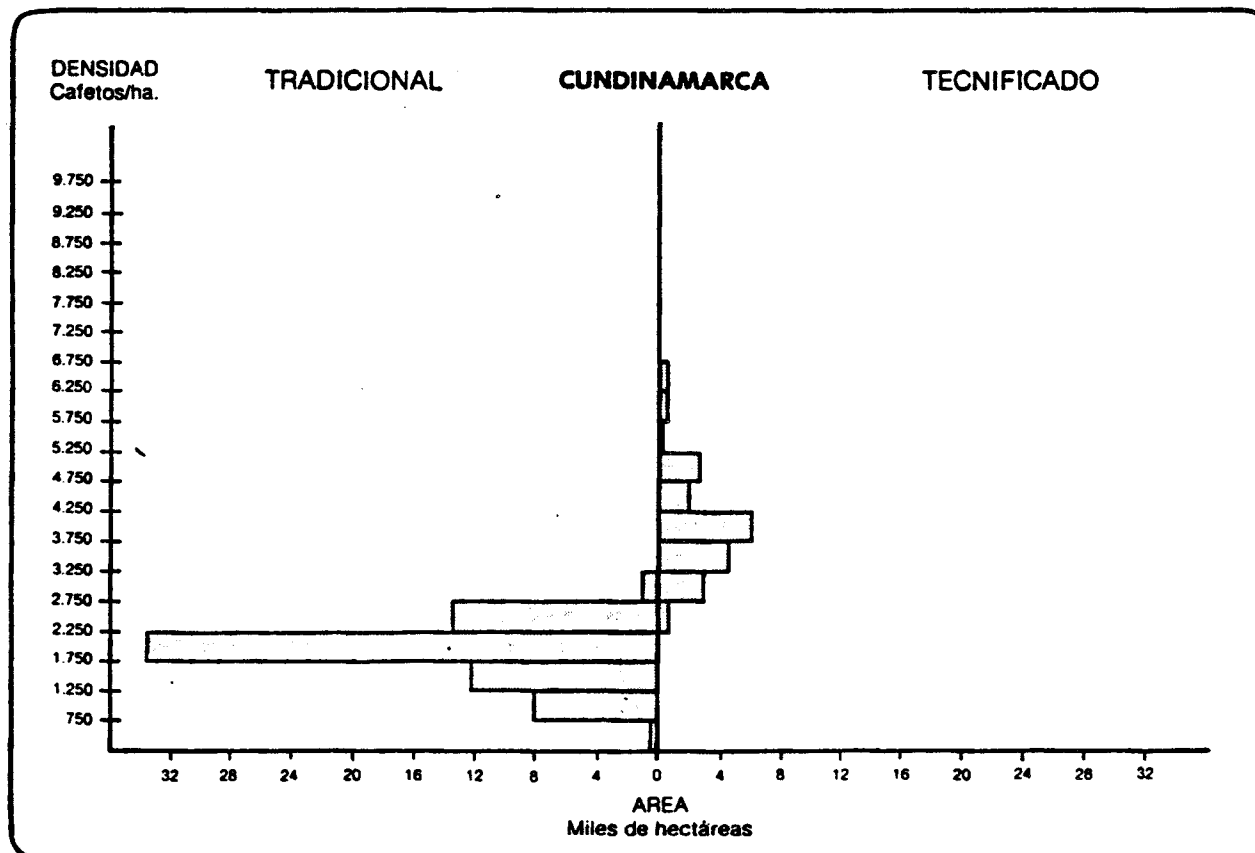


Tabla I-3

**DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA - Distribución del Area Cafetera
en Hectáreas según su altura sobre el nivel del mar y sistema de cultivo**

ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR EN METROS	CAFE TRADICIONAL	CAFE TECNIFICADO			TOTAL
		AL SOL	A LA SOMBRA	SUB-TOTAL	
HASTA DE 200	5,3		3,1	3,1	8,4
201 A 400	1,6		0,5	0,5	2,1
401 A 600	169,5	1,7	39,4	41,1	210,6
201 A 800	2.325,3	22,8	93,1	115,9	2.441,2
801 A 1.000	9.527,6	241,5	1.251,2	1.492,7	11.020,3
1.001 A 1.200	12.569,6	949,7	2.733,5	3.683,2	16.252,8
1.201 A 1.400	14.501,5	1.867,8	3.863,3	5.731,1	20.232,6
1.401 A 1.600	18.505,3	3.190,2	3.303,9	6.494,1	24.999,4
1.601 A 1.800	7.629,3	1.243,3	768,9	2.012,2	9.641,5
1.801 A 2.000	3.129,3	322,3	84,8	407,1	3.536,4
2.001 A 2.200	212,1	2,2	5,0	7,2	219,3
MAS DE 2.200	16,9	0,2		0,2	17,1
TOTAL GENERAL	68.593,3	7.841,7	12.146,7	19.988,4	88.581,7

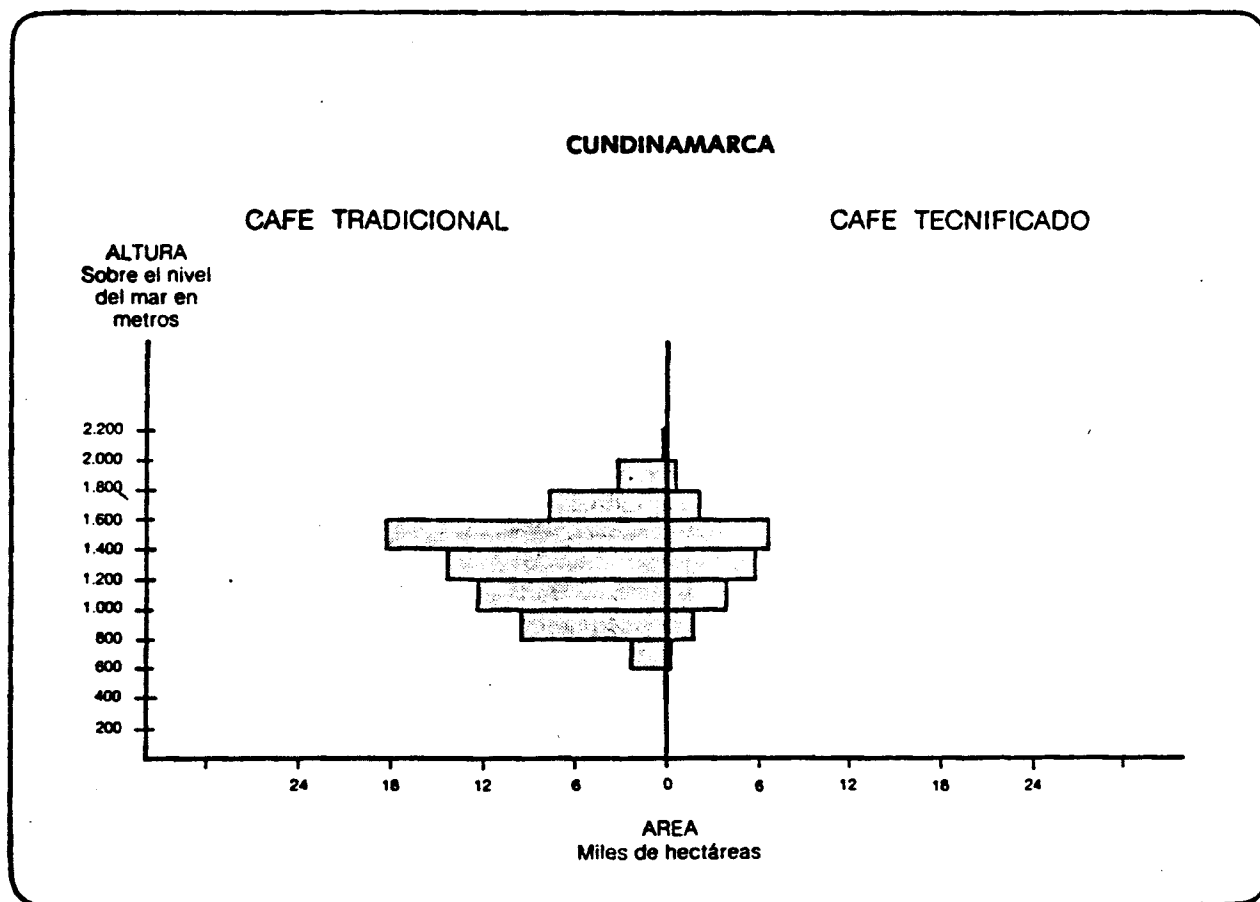


Tabla I-4

realiza por entresaca (se cosechan las cañas maduras de cada mata) y el suelo mantiene una cobertura permanente de hojarasca. El sistema tecnificado es un cultivo semipermanente, las matas están sembradas en hileras a distancias definidas, la plantación adulta cubre completamente el suelo; la cosecha se realiza por corte de toda la plantación madura, quedando únicamente la hojarasca cubriendo el suelo.

Pastos: Principalmente India o Guinea (Panicum maximum)

Mango (Mangífera indica): Se encuentra principalmente en el sector Sur (La Mesa) como árboles dispersos entre los pastos o como plantaciones definidas.

ESTUDIO PRELIMINAR DE LOS DATOS ESPECTRALES

Una forma de obtener información acerca de un conjunto de datos digitales almacenados en una cinta compatible con computadora (CCT), es utilizando el procesador LARSYS llamado *IDPRINT. Este procesador, imprime el identificador de una imagen multiespectral almacenada en cinta.

Estudie el listado de computadora del *IDPRINT (Vea páginas 2 a 3 de los listados de computadora) y observe:

1. El número de corrida para este conjunto de datos. Cada conjunto de datos tiene un número de corrida único, con un total de ocho dígitos, donde los dos primeros indican el año en el cual los datos fueron colectados.
2. La fecha y hora del día cuando fueron tomados los datos. (No confundir la fecha de la obtención de los datos con la fecha de reformateo de los mismos).
3. El número de líneas y de columnas muestreadas, en este conjunto de datos.
4. El intervalo de banda espectral para cada uno de los cuatro canales de datos. En qué porción del espectro electromagnético se presentan estas bandas?
5. El cambio de las bandas de longitud de onda 4, 5, 6 y 7 (Como las identifica el Centro de Datos EROS), a los canales de datos 1, 2, 3 y 4.
6. Los valores de pulso de calibración. Históricamente, los sistemas de barrido aereotransportados grababan tres señales de calibración para cada canal. En el caso del satélite Landsat, solo se utilizan dos fuentes de calibración; sin embargo, los valores mostrados como C0 y C1 pueden ser

utilizados para convertir los datos en unidades radiométricas. En este caso, C0 tiene un valor de 0.0 para cada banda, y C1 tiene un valor que indica la máxima radianza para cada canal en mwatts/(cm)²(sr). Los valores son los mismos para todos los datos del Landsat-2, tomados después de julio 15 de 1975.

7. Otra fuente de información de los datos multiespectrales procesados en LARS, es la llamada Forma 17, las cuales se encuentran en las tablas I-5, I-6 y I-7

Para conocer los valores numéricos asociados con puntos conocidos en la imagen, se utiliza otro procesador LARSYS, denominado *TRANSFERDATA. En las páginas 4 a 11 de los listados de computadora, se muestra la salida de *TRANSFERDATA de siete elementos individuales seleccionados para representar diferentes materiales en el terreno.

Note, que cada elemento esta identificado por su línea y columna, y tiene cuatro valores de datos asociados a él. Este conjunto de valores es denominado "vector de los datos"; en el cual se indica la cantidad relativa de energía que regresa de la superficie de la tierra al sensor, en otras palabras, la brillantez con la cual esa parte de la superficie terrestre es medida por el sistema del barredor en cada banda de longitud de onda. El rango de los valores de los datos va de 0 a 127 en cada canal. (Normalmente la respuesta del canal 4 del Landsat, procesada por el Centro de Datos EROS, tiene un rango de 0 a 63; sin embargo, en este y en subsecuentes pasos del análisis, el canal 4 ha sido expandido para que sea equivalente a los otros tres canales en su rango dinámico.) Un valor de cero en los datos, corresponde a un objeto que no refleja mucha energía en esa determinada longitud de onda, esto significa que no existió medición de energía por el detector para ese determinado elemento; por otro lado un valor de 127, corresponde a un objeto que refleja gran cantidad de energía, e indica saturación del detector del barredor.

Los cuatro vectores de datos impresos por *TRANSFERDATA (Paginas 4 a 11), son representativos de los miles de vectores de datos dentro de la escena. Mas tarde, cuando la computadora clasifique los datos, se asignará cada elemento a una clase con base en estos valores numéricos.

Los valores numéricos de una línea o columna de datos se pueden obtener con los procesadores *LINEGRAPH, y *COLUMNGRAPH respectivamente. En las páginas 12 a 16 de los listados de computadora se muestran los resultados obtenidos con estos procesadores.

El siguiente vector de datos de una imagen diferente, es un

DATA STORAGE TAPE FILE

RUN NUMBER.....	77200000	FLIGHTLINE ID.....	2716-14184 COLOM
DATE TAPE GENERATED.....	SEPT 27, 1983	DATE DATA TAKEN.....	1/ 7/77
TAPE NUMBER.....	178	TIME DATA TAKEN.....	1418 HOURS
FILE NUMBER.....	1	PLATFORM ALTITUDE.....	3062000 FEET
LINES OF DATA.....	2340	GROUND HEADING.....	**** DEGREES
SECONDS OF DATA.....	28.65	FIELD OF VIEW.....	0.277 RADIANS
MILES OF DATA.....	100.50	DATA SAMPLES PER CHANNEL PER LINE	3256
LINE RATE.....	81.68 LINES/SEC	SAMPLE RATE.....	0.09 MILLIRADIANS
FRAME CENTER LATITUDE.....	4.38	FRAME CENTER LONGITUDE.....	74.58

SPECTRAL BANDWIDTH IN MICROMETERS..

CHAN	LOWER	UPPER	CHAN	LOWER	UPPER	CHAN	LOWER	UPPER
(1)	<u>0.50</u>	<u>0.60</u>	(2)	<u>0.60</u>	<u>0.70</u>	(3)	<u>0.70</u>	<u>0.80</u>
(4)	<u>0.80</u>	<u>1.10</u>	(5)	-----	-----	(6)	-----	-----
(10)	-----	-----	(11)	-----	-----	(12)	-----	-----
(13)	-----	-----	(14)	-----	-----	(15)	-----	-----
(16)	-----	-----	(17)	-----	-----	(18)	-----	-----
(19)	-----	-----	(20)	-----	-----	(21)	-----	-----
(22)	-----	-----	(23)	-----	-----	(24)	-----	-----
(25)	-----	-----	(26)	-----	-----	(27)	-----	-----
(28)	-----	-----	(29)	-----	-----	(30)	-----	-----

DATA TAPE COMMENTS...

REFORMATED DATA OF BOGOTA, COLOMBIA IMAGE.
 ID NO 2716-14184, LANDSAT-2 MSS.
 BOGOTA, SABANA, IBAGUE, EL DORADO AIRPORT.

DATA STORAGE TAPE FILE

RUN NUMBER.....	77200001	FLIGHTLINE ID.....	2716-14184 COLOM
DATE TAPE GENERATED.....	OCT 25, 1983	DATE DATA TAKEN.....	1/ 7/77
TAPE NUMBER.....	325	TIME DATA TAKEN.....	1418 HOURS
FILE NUMBER.....	1	PLATFORM ALTITUDE.....	3062000 FEET
LINES OF DATA.....	2707	GROUND HEADING.....	180 DEGREES
SECONDS OF DATA.....	33.14	FIELD OF VIEW.....	0.304 RADIANS
MILES OF DATA.....	116.18	DATA SAMPLES PER CHANNEL PER LINE	3568
LINE RATE.....	81.68 LINES/SEC	SAMPLE RATE.....	0.09 MILLIRADIANS
FRAME CENTER LATITUDE.....	4.38	FRAME CENTER LONGITUDE.....	74.58

SPECTRAL BANDWIDTH IN MICROMETERS..

CHAN	LOWER	UPPER	CHAN	LOWER	UPPER	CHAN	LOWER	UPPER
(1)	0.50	0.60	(2)	0.60	0.70	(3)	0.70	0.80
(4)	0.80	1.10	(5)	-----	-----	(6)	-----	-----
(10)	-----	-----	(11)	-----	-----	(12)	-----	-----
(13)	-----	-----	(14)	-----	-----	(15)	-----	-----
(16)	-----	-----	(17)	-----	-----	(18)	-----	-----
(19)	-----	-----	(20)	-----	-----	(21)	-----	-----
(22)	-----	-----	(23)	-----	-----	(24)	-----	-----
(25)	-----	-----	(26)	-----	-----	(27)	-----	-----
(28)	-----	-----	(29)	-----	-----	(30)	-----	-----

DATA TAPE COMMENTS...

GEOMETRIC CORRECTION, PRINTER ASPECT FROM RUN 77200000,
 LINES 1 - 2340, COLUMNS 1 - 3250.
 IMAGEN BOGOTA, COLOMBIA.

DATA STORAGE TAPE FILE

RUN NUMBER.....	77200002	FLIGHTLINE ID.....	2716-14184 COLOM
DATE TAPE GENERATED.....	OCT 25, 1983	DATE DATA TAKEN.....	1/ 7/77
TAPE NUMBER.....	326	TIME DATA TAKEN.....	1418 HOURS
FILE NUMBER.....	1	PLATFORM ALTITUDE.....	3062000 FEET
LINES OF DATA.....	2707	GROUND HEADING.....	180 DEGREES
SECONDS OF DATA.....	33.14	FIELD OF VIEW.....	0.243 RADIANS
MILES OF DATA.....	116.18	DATA SAMPLES PER CHANNEL PER LINE	2856
LINE RATE.....	81.68 LINES/SEC	SAMPLE RATE.....	0.09 MILLIRADIANS
FRAME CENTER LATITUDE.....	4.38	FRAME CENTER LONGITUDE.....	74.58

SPECTRAL BANDWIDTH IN MICROMETERS..

CHAN	LOWER	UPPER	CHAN	LOWER	UPPER	CHAN	LOWER	UPPER
(1)	0.50	0.60	(2)	0.60	0.70	(3)	0.70	0.80
(4)	0.80	1.10	(5)	-----	-----	(6)	-----	-----
(10)	-----	-----	(11)	-----	-----	(12)	-----	-----
(13)	-----	-----	(14)	-----	-----	(15)	-----	-----
(16)	-----	-----	(17)	-----	-----	(18)	-----	-----
(19)	-----	-----	(20)	-----	-----	(21)	-----	-----
(22)	-----	-----	(23)	-----	-----	(24)	-----	-----
(25)	-----	-----	(26)	-----	-----	(27)	-----	-----
(28)	-----	-----	(29)	-----	-----	(30)	-----	-----

DATA TAPE COMMENTS...

GEOMETRIC CORRECTION, DISPLAY ASPECT, FROM RUN 77200000,
 LINES 1-2340, COLS. 1-3250.
 IMAGEN BOGOTA, COLOMBIA.

elemento conocido, que representa a bosques.

		CANALES			
		1	2	3	4
LIN	COL	DATOS			
115	326	26.0	15.0	58.0	62.0

Compare estos valores con los que se muestran en las páginas 4 a 11 de los listados. En qué página se muestran los valores de los datos que probablemente representan también al bosque? Cómo se llegó a esta decisión? Si solo fuera posible utilizar el canal 3 de los datos, se podría llegar a esta decisión fácilmente? Cómo sería, si solo pudiera emplear los canales 2 y 3?

De acuerdo a su conocimiento de las características espectrales de los materiales presentes en la superficie terrestre, puede usted indicar que representa cada uno de los demás elementos presentes en las páginas 5 a 10 de los listados?

Analizando los resultados de los procesadores *LINEGRAPH y *COLUMNGRAPH, en las páginas 12 a 16 de los listados. Cuántos tipos de cobertura puede usted identificar, y a que clase pertenecen?

*Pages II-1 to II-10
do not exist*

CAPITULO II

SELECCION Y ANALISIS DE LA CALIDAD DE LOS DATOS DEL BARREDOR MULTIESPECTRAL (MSS)

Esta parte del caso de estudio, muestra una forma posible en la cual se puede realizar el primer paso en el análisis de datos del barredor multiespectral (MSS). Un juego de datos disponible para esta región, fué colectado el 7 de Enero de 1977. El analista debe pues, decidir cuales son las características terrestres que pueden ser identificadas en esta época del año con estos datos.

El primer paso que debe realizarse con los datos, es el examinarlos para evaluar la calidad de los mismos, tanto en la cantidad de cobertura de nubes, como en las distorsiones geométricas. Para este propósito, se utilizan normalmente las imágenes en blanco y negro y color compuesto producidas por el Centro de Datos EROS. Sin embargo, se puede utilizar un método alternativo; en el cual se pueden producir impresiones por computadora de la imagen completa para un canal visible y para uno infrarrojo (a una tasa de muestreo de 1:5), o desplegarla en un sistema de rayos catódicos. Esto dará una visión general de los datos, y permitirá el determinar las líneas y columnas del area de interés. Utilizando estas coordenadas (líneas y columnas), se crearon dos imágenes en la impresora electrostática, de los canales dos y cuatro del área de estudio. Estas se muestran en las figuras II-4 a II-5 en este manual.

Para producir estas impresiones se utilizan patrones de puntos de diferentes tonos de gris, que representan el tono al cual cada elemento es asignado. Esta impresora crea una imagen similar a una fotografía (en apariencia), mostrandose así, las características espaciales de los datos. Es posible también, el imprimir mapas en impresoras de línea, utilizando símbolos de diferentes tonalidades de gris. Esto crea un mapa en el cual cada elemento puede ser analizado individualmente. Ver figura II-6 como ejemplo de un mapa en tonalidades de gris de una impresora de línea.

El proceso utilizado para generar los dos tipos de mapas (impresora de línea e impresora electrostática), es una combinación de intervalos de densidad e incremento de contraste. Primero, se determina el rango total de los datos en cada canal; los datos a utilizarse, son especificados por el analista en las tarjetas de control, y las coordenadas se muestran bajo el encabezado "Histogram Block(s)". Por ejemplo, si se observa en la tabla II-1, se encontrarán los datos de la imagen, tales como el número de corrida, línea de vuelo, etc. A continuación se encuentra la banda espectral a la que corresponde esa impresión. En este caso, los datos corresponden al canal 2, de la línea 390 a la 1100, y las columnas 1850 a la 2250. El intervalo de muestreo entre líneas y columnas es cada 10 elementos, lo cual significa, que solo se emplearon datos de una línea si y nueve no, y de una columna si y de nueve no, para calcular el histograma, lo cual corresponde al 1 % de los datos. Un número uno en la tasa de muestreo, significaría que todos y cada uno

11-12

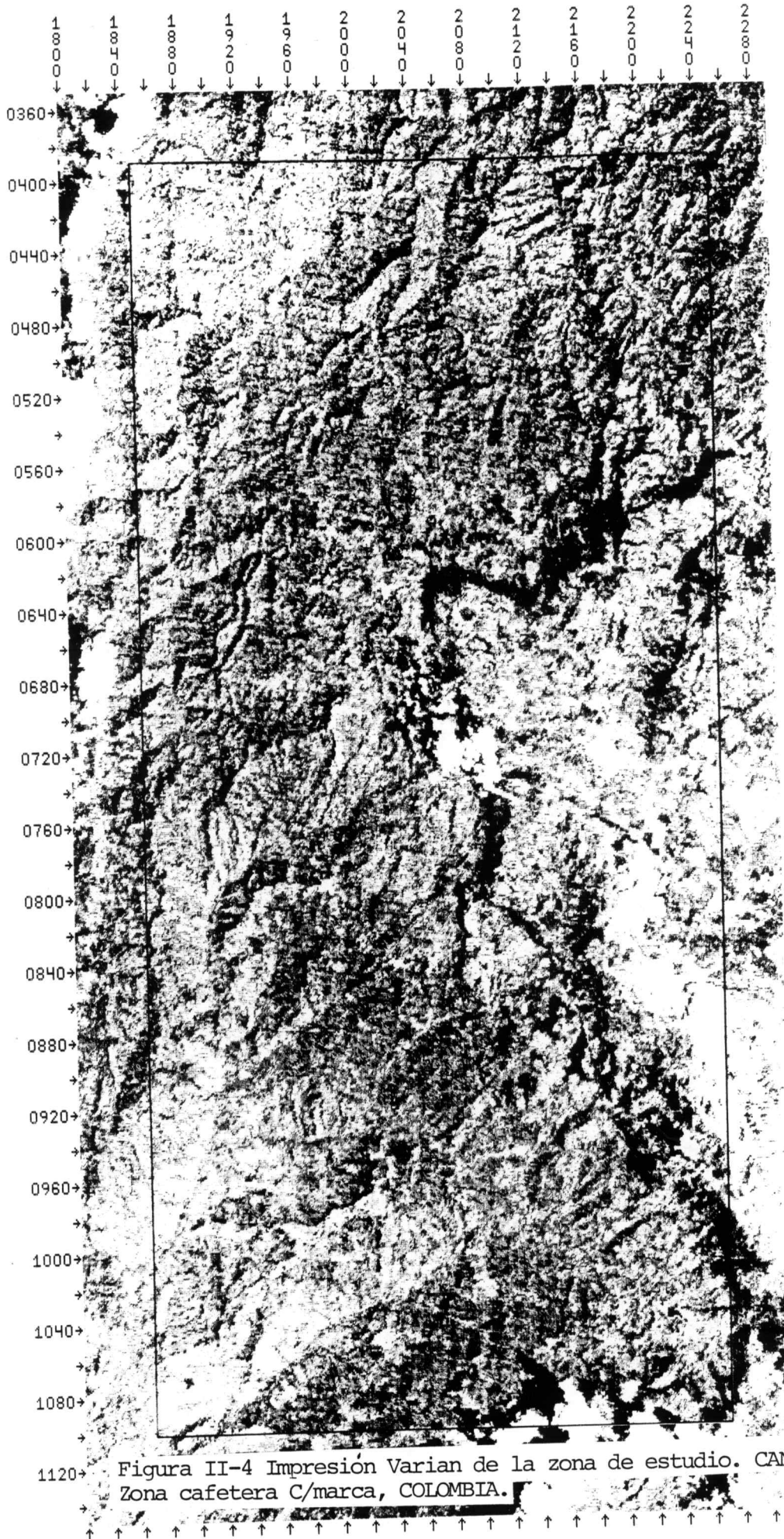


Figura II-4 Impresión Varian de la zona de estudio. CANAL 2
Zona cafetera C/marca, COLOMBIA.

LABORATORY FOR APPLICATIONS OF REMOTE SENSING
PURDUE UNIVERSITY

NOV 10, 1983
10 40 46 AM
LARSYS VERSION 3

IMPRESION VARIAN DE LA IMAGEN BOGOTA

RUN NUMBER..... 77200001 DATE DATA TAKEN... JAN 7, 1977
FLIGHT LINE... 0716-14184 COLO TIME DATA TAKEN.... Z14 HOURS
DATA TAPE/FILE NUMBER.. 325/ 1 PLATFORM ALTITUDE..3062000 FEET
REFORMATTING DATE. OCT 25, 1983 GROUND HEADING..... 180 DEGREES

CHANNEL 2 SPECTRAL BAND 0.60 TO 0.70 MICROMETERS CALIBRATION CODE= 1 CO = .6000E-01

HISTOGRAM BLOCK(S)

RUN NUMBER LINES COLUMNS CALIBRATION CODE
77200001 (350, 1150, 10) (1800, 2300, 10) 1

THE DATA RANGES ASSIGNED TO THE GRAY LEVELS ARE

LOWER LIMIT	UPPER LIMIT	LEVEL NUMBER	SAMPLE COUNT	PER CENT OF TOTAL SAMPLE
<	8.6	1	351	8.5
8.6	8.6	2	0	0.0
8.6	10.6	3	712	17.2
10.6	10.6	4	0	0.0
10.6	10.6	5	0	0.0
10.6	12.6	6	922	22.3
12.6	12.6	7	0	0.0
12.6	12.6	8	0	0.0
12.6	12.6	9	0	0.0
12.6	14.6	10	877	21.2
14.6	14.6	11	0	0.0
14.6	16.6	12	433	10.5
16.6	16.6	13	0	0.0
16.6	18.6	14	368	8.9
18.6	20.6	15	190	4.6
20.6	>	16	278	6.7

THE TOTAL NUMBER OF SAMPLE POINTS... 4131
THE AVERAGE NUMBER OF SAMPLE POINTS ASSIGNED PER GRAY LEVEL... 258.187
THE STANDARD DEVIATION OF THE NUMBER OF SAMPLE POINTS PER GRAY LEVEL... 328.540

TRAINING FIELD, TEST FIELD, AND SHARED FIELD BOUNDARIES, RESPECTIVELY, ARE INDICATED AS ...

Tabla II-1

HALF-TONE PATTERN 'HSW4GRAY' WILL BE USED FOR THIS PLOT - THE GRAY SCALE LEVELS FOR THIS PATTERN ARE (FROM 16 TO 1) ...

LABORATORY FOR APPLICATIONS OF REMOTE SENSING
PURDUE UNIVERSITY

NOV 10, 1983
10 40 46 AM
LARSYS VERSION 3

IMPRESION VARIAN DE LA IMAGEN BOGOTA

RUN NUMBER..... 77200001 DATE DATA TAKEN... JAN 7, 1977
FLIGHT LINE... 0716-14184 COLO TIME DATA TAKEN..... 214 HOURS
DATA TAPE/FILE NUMBER.. 325/ 1 PLATFORM ALTITUDE...3062000 FEET
REFORMATTING DATE. OCT 25, 1983 GROUND HEADING..... 180 DEGREES

CHANNEL 2 SPECTRAL BAND 0.60 TO 0.70 MICROMETERS CALIBRATION CODE= 1 CO = .6000E-01

HISTOGRAM BLOCK(S)

RUN NUMBER	LINES	COLUMNS	CALIBRATION CODE
77200001	(350, 1150, 10)	(1800, 2300, 10)	1

THE DATA RANGES ASSIGNED TO THE GRAY LEVELS ARE

LOWER LIMIT	UPPER LIMIT	LEVEL NUMBER	SAMPLE COUNT	PER CENT OF TOTAL SAMPLE
<	8.6	1	351	8.5
8.6	8.6	2	0	0.0
8.6	10.6	3	712	17.2
10.6	10.6	4	0	0.0
10.6	10.6	5	0	0.0
10.6	12.6	6	922	22.3
12.6	12.6	7	0	0.0
12.6	12.6	8	0	0.0
12.6	12.6	9	0	0.0
12.6	14.6	10	877	21.2
14.6	14.6	11	0	0.0
14.6	16.6	12	433	10.5
16.6	16.6	13	0	0.0
16.6	18.6	14	368	8.9
18.6	20.6	15	190	4.6
20.6	>	16	278	6.7

THE TOTAL NUMBER OF SAMPLE POINTS... 4131
THE AVERAGE NUMBER OF SAMPLE POINTS ASSIGNED PER GRAY LEVEL... 258.187
THE STANDARD DEVIATION OF THE NUMBER OF SAMPLE POINTS PER GRAY LEVEL... 328.540

TRAINING FIELD, TEST FIELD, AND SHARED FIELD BOUNDARIES, RESPECTIVELY, ARE INDICATED AS ...

Table II-1.

HALF-TONE PATTERN 'HSW4GRAY' WILL BE USED FOR THIS PLOT - THE GRAY SCALE LEVELS FOR THIS PATTERN ARE (FROM 16 TO 1) ...

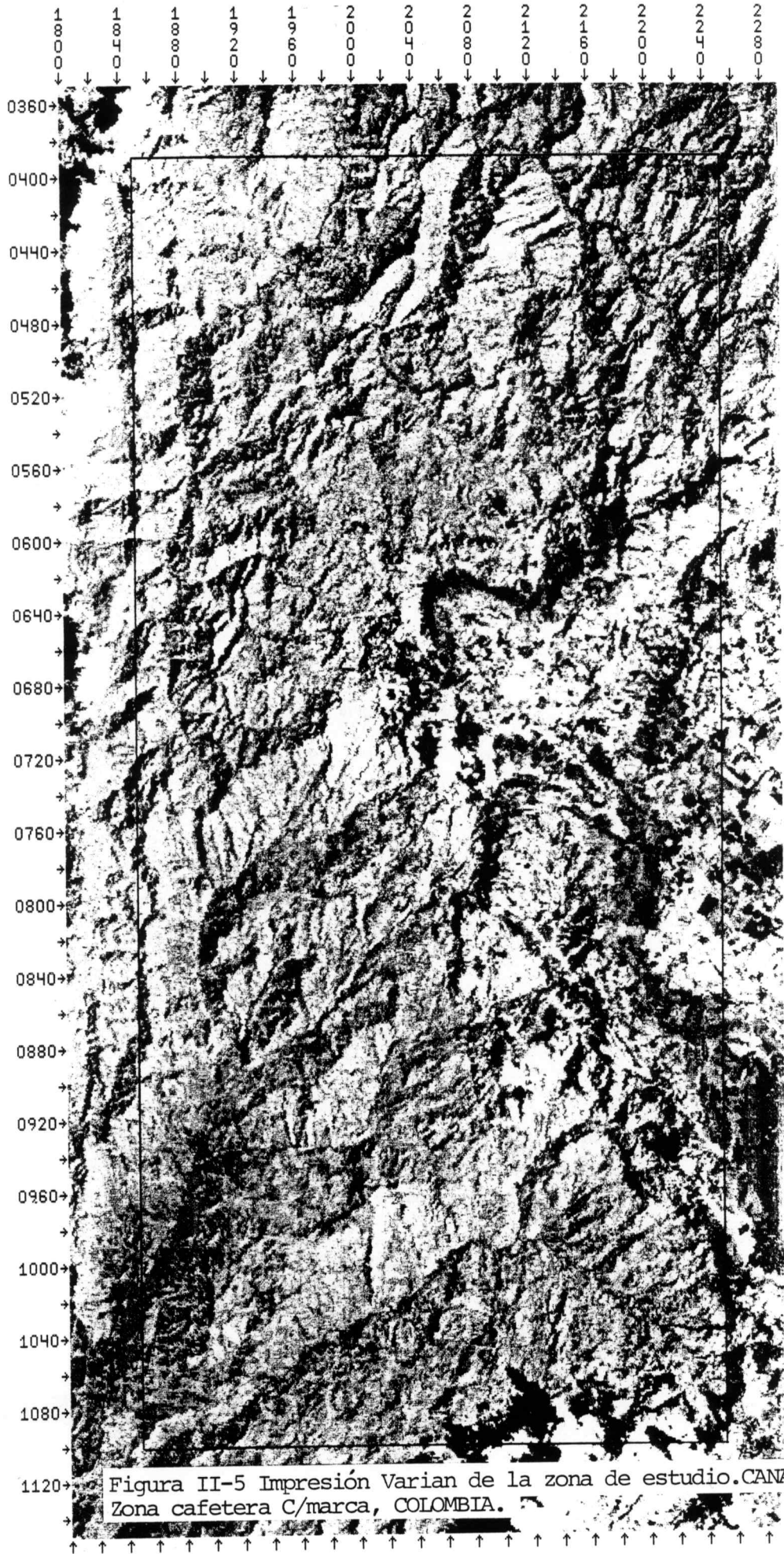


Figura II-5 Impresión Varián de la zona de estudio.CANAL 4
Zona cafetera C/marca, COLOMBIA.

LABORATORY FOR APPLICATIONS OF REMOTE SENSING
PURDUE UNIVERSITY

NOV 10, 1983
10 44 17 AM
LARSYS VERSION 3

IMPRESION VARIAN DE LA IMAGEN BOGOTA

RUN NUMBER..... 77200001 DATE DATA TAKEN... JAN 7, 1977
FLIGHT LINE... 0716-14184 COLO TIME DATA TAKEN..... Z14 HOURS
DATA TAPE/FILE NUMBER.. 325/ 1 PLATFORM ALTITUDE.. 3062000 FEET
REFORMATTING DATE. OCT 25, 1983 GROUND HEADING..... 180 DEGREES

CHANNEL 4 SPECTRAL BAND 0.80 TO 1.10 MICROMETERS CALIBRATION CODE= 1 CO = .1100

HISTOGRAM BLOCK(S)

RUN NUMBER	LINES	COLUMNS	CALIBRATION CODE
77200001	(350, 1150, 10)	(1800, 2300, 10)	1

THE DATA RANGES ASSIGNED TO THE GRAY LEVELS ARE

LOWER LIMIT	UPPER LIMIT	LEVEL NUMBER	SAMPLE COUN	LOWER LIMIT	UPPER LIMIT	LEVEL
<	10.6	1	253	6.1		
10.6	13.6	2	282	6.8		
13.6	14.6	3	177	4.3		
14.6	16.6	4	436	10.6		
16.6	16.6	5	0	0.0		
16.6	17.6	6	299	7.2		
17.6	18.6	7	284	6.9		
18.6	19.6	8	282	6.8		
19.6	20.6	9	300	7.3		
20.6	21.6	10	309	7.5		
21.6	22.6	11	252	6.1		
22.6	23.6	12	234	5.7		
23.6	24.6	13	194	4.7		
24.6	26.6	14	341	8.3		
26.6	28.6	15	206	5.0		
28.6	>	16	282	6.8		

THE TOTAL NUMBER OF SAMPLE POINTS... 4131
THE AVERAGE NUMBER OF SAMPLE POINTS ASSIGNED PER GRAY LEVEL... 258.187
THE STANDARD DEVIATION OF THE NUMBER OF SAMPLE POINTS PER GRAY LEVEL... 92.226

TRAINING FIELD, TEST FIELD, AND SHARED FIELD BOUNDARIES, RESPECTIVELY, ARE INDICATED AS ...

Tabla II-2

HALF-TONE PATTERN 'HSW4GRAY' WILL BE USED FOR THIS PLOT - THE GRAY SCALE LEVELS FOR THIS PATTERN ARE (FROM 16 TO 1) ...

de los puntos de los datos, fueron utilizados para calcular el histograma. Este intervalo es determinado por el tamaño de la imagen, y la complejidad de la escena. Un intervalo mayor, puede ser utilizado para áreas grandes no muy complejas, y un intervalo menor puede ser utilizado para una imagen de mayor complejidad, pero del mismo tamaño. Reduciendo el muestreo, se ahorra tiempo de cómputo.

Una vez que el rango dinámico de los datos es determinado por el procesador, los datos son convertidos a un histograma y divididos en 16 niveles. La impresión de la tabla II-1 muestra los límites superior e inferior de cada subconjunto o intervalo de datos, el número del nivel (de 1 a 16), el número de elementos asignado a cada intervalo, y el porcentaje del área total representada por esos puntos en el histograma. Por ejemplo: vease en la tabla bajo el encabezado: "THE DATA RANGES ASSIGNED TO THE GRAY LEVELS ARE." La sexta línea en esta tabla, indica que todos los elementos en el área del histograma con valores de datos de 10.6 a 12.6 en el canal 2, son asignados al nivel de gris número 6 y que se encuentran presentes 922 elementos, representando el 22.3% del total de puntos utilizados en el histograma. Todos los elementos asignados al nivel de gris número seis, son desplegados por la impresora de matriz con el tono de gris mostrado en el tercer cuadro de izquierda a derecha. (Nótese que los patrones de medio tono van del nivel 16 a la izquierda, hacia el nivel 1 a la derecha). El resto de la tabla especifica los límites para determinar cual tono de gris es utilizado para representar cualquier valor de datos en la escena. Estos límites son calculados para optimizar el uso de los 16 niveles de tonos de gris disponibles en la impresora electrostática. El mismo procedimiento se utiliza para el mapa de tonos de gris producido por la impresora de línea; la única diferencia es que en lugar de usar patrones de puntos, se utilizan caracteres alfanuméricos para obtener diferentes tonos de gris, siendo M, Z y X los más oscuros, y asignados a las respuestas espectrales más bajas; y los tonos más claros (.,-,blanco), son asignados a los intervalos con los valores más altos.

De la información contenida en las tablas II-1 y II-2, identifique que imagen representa los valores de los datos de el canal 2 y el canal 4.

Examine las imágenes en tonos de gris. Por qué la imagen del canal 2 y la del canal 4 son muy diferentes?

Qué puede identificar en estas imágenes?

Existe algún problema de calidad aparente en cualquiera de las imágenes? Existen problemas con cobertura de nubes en cualquiera de las imágenes?

CORRELACION CON LOS DATOS DE REFERENCIA

Este juego de datos ya ha sido corregido geométricamente. Esto se puede verificar observando el encabezado "Ground Heading" (impreso por el procesador *IDPRINT) donde se observa que es de 180 grados. Un conjunto de datos LANDSAT no corregido, tendría una orientación de aproximadamente 190 grados. El tamaño del pixel fué reescalado para que la impresión de los datos de la imagen tuvieran una escala de 1:25.000. Un pixel representa en el terreno una área de 63 mts. X 79 mts. lo que es igual a 0,5 hectáreas. La escala se controló con las planchas 1:25.000 del "IGAC" de Colombia, números : 227-IV-B (Aeropuerto Eldorado), 227-IV-D (Fontibón) y 227-III-B (Anolaima).

Las imágenes de la impresora electrostática, que se observaron anteriormente, fueron realizadas a partir de los datos Landsat corregidos geométricamente. Si se observan las tablas II-1 y II-2 se verá que el Analista seleccionó el desplegar de la línea 350 a la 1150 y de la columna 1800 a la 2300 únicamente, con un intervalo de 1.

El instructor le proporcionará los siguientes materiales como datos de referencia:

- *Fotografías aéreas blanco y negro de la Zona de Estudio:
- Fotos Federacafé escala promedio 1:10.000 tomadas entre 1978 y 1979
- Fotos "IGAC" escala promedio 1:30.000 tomadas en julio de 1975
- Mapa índice de vuelos
- Mapas de la Zona a escala 1:100.000 y 1:25.000
- Mapas cafeteros a escala 1:10.000

Asocie los datos de referencia con las imágenes de la impresora electrostática. Haciendo uso de las imágenes de los canales 2 y 4, encuentre y delimite 2 o 3 ejemplos de cada cobertura de interés: agricultura, bosque, agua, suelo desnudo, nubes y sombras. Algunas de estas coberturas son mas aparentes en una imagen que en otra.

SELECCION DE LAS MUESTRAS DE ENTRENAMIENTO

Existen tres métodos de selección de las muestras de entrenamiento que son utilizados para adiestrar al clasificador, estos son: El Método Supervisado, El Método no Supervisado y el Método Híbrido, en el cual se combinan los dos primeros. Para este caso de estudio haremos uso de este último.

Recuerde las dos reglas para seleccionar las áreas candidatas de entrenamiento: (1) Cada muestra seleccionada debe incluir mas de un tipo de cobertura, y (2) Cada tipo de cobertura, debe aparecer por

lo menos en una área de entrenamiento. Para los cuatro canales de datos que se están utilizando, se debe seleccionar de dos a cuatro áreas de entrenamiento de tamaño variable entre 50 líneas por 50 columnas a 100 líneas por 100 columnas.

Seleccione tres áreas de entrenamiento, las cuales sean representativas de la escena. Utilice las fotografías junto con las imágenes de tonos de gris de la escena, la cartografía escala 1:25.000 y las instrucciones dadas anteriormente. Asegúrese de que cada cobertura de interés (agricultura, agua, suelos desnudos y bosques) este incluida en por lo menos una de las áreas de entrenamiento, y que estas áreas de entrenamiento se encuentren distribuidas en toda la escena. Usando la cartografía ubique las áreas que estan por encima de 1.800 m.s.n.m., entre 1.000 y 1.800 m.s.n.m. y por debajo de 1.000 m.s.n.m.. Las primeras las llamaremos áreas de entrenamiento de las Tierras Frías, las segundas Areas de Entrenamiento de la Zona Cafetera (Tierras Templadas) y las últimas ,por debajo de 1.000 m. , las llamaremos Areas de Entrenamiento de las Tierras Cálidas.

Delímite las áreas seleccionadas en la imagen en tonos de gris y anote las coordenadas de las líneas y columnas en función de la primera línea, última línea, primera columna y última columna. Justifique la selección de estas áreas de entrenamiento.

Pages III-1 to III-26
do not exist

CAPITULO III

DEFINICION ESTADISTICA DE LAS CLASES ESPECTRALES

DE ENTRENAMIENTO

Esta parte del caso de estudio, presenta una forma posible de definir estadísticamente las clases espectrales de entrenamiento para el área de estudio.

AGRUPACION DE LAS MUESTRAS DE ENTRENAMIENTO.

Es muy posible que diferentes analistas escojan diferentes muestras de datos para usarlos en el desarrollo de las estadísticas de entrenamiento. Es factible que se elijan diferentes áreas de entrenamiento por cada uno de los analistas, pero todas y cada una de ellas serán igualmente válidas. Las áreas seleccionadas se encuentran en las páginas 19 y 20 de los listados de computadora, y se encuentran delimitadas en los listados que comienzan en la página 21. La figura III-17, muestra la posición en la imagen de las muestras de entrenamiento.

El procesador *CLUSTER puede analizar 40,000 elementos en cada proceso. En la práctica, cuando se realiza el agrupamiento con cuatro canales, solamente un máximo de 10,000 elementos son procesados durante una corrida.

Agrupando la primer área de entrenamiento: SASAIMA-ANCLAIMA (Zona cafetera).

Fotografías aéreas: Fedecafé faja 11 No. 4345, 4346, 4347
Fedecafé faja 10 No. 4570, 4571, 4572
IGAC No. 079
IGAC No. 141

Con el objeto de de representar la amplia variabilidad en el área de estudio en un primer muestreo de datos de 100 por 100 (10,000 elementos), se decidió escoger cinco áreas pequeñas que en su conjunto contienen menos de 10,000 elementos (9738). El procesador *CLUSTER, agrupa los datos sin tener en cuenta su localización en el terreno, por lo tanto el presente método, se considera válido. En este caso, el número máximo de clases fué de 12, considerando que se encuentran seis clases informacionales; en la página 95 de los listados de computadora la frase: "OPTION MAXCLAS" (12), "CONV" (98.5), indica primero, que los datos con los que se ha alimentado al computador, deben de ser agrupados en 12 clases, basándose en las respuestas espectrales de los cuatro canales, y segundo, que el procesador continúe realizando agrupamientos iterativamente hasta que el 98.5 por ciento de los elementos no sean asignados a una

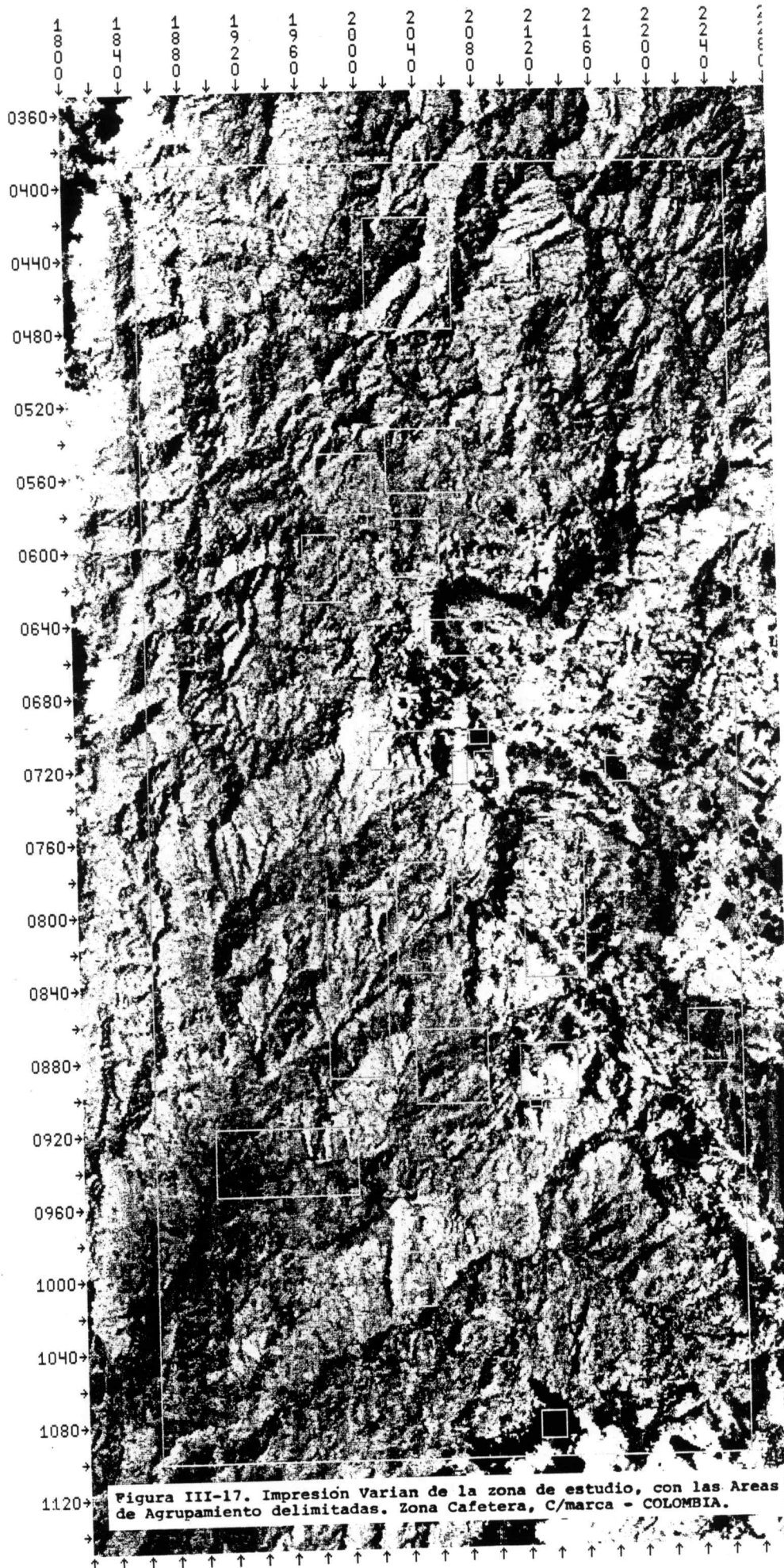


Figura III-17. Impresión Varian de la zona de estudio, con las Areas de Agrupamiento delimitadas. Zona Cafetera, C/marca - COLOMBIA.

COLOMBIA
FEDECAFE

LABORATORY FOR APPLICATIONS OF REMOTE SENSING
PURDUE UNIVERSITY

FEB 8, 1984
10 51 59 AM
LARSYS VERSION 3

IMPRESION VARIAN DE LA IMAGEN BOGOTA

FIELD CARDS ADDED TO FIELD BOUNDARY STORAGE

FIELD NUMBER	RUN NUMBER	FIELD DESIGNATION	FIRST LINE	LAST LINE	LINE INTERVAL	FIRST SAMPLE	LAST SAMPLE	SAMPLE INTERVAL	FIELD TYPE	OTHER INFORMATION
14	• 77200001		390	1100	1	1850	2250	1		
15	• 77200001	STA. ANA	536	569	1	2017	2067	1	CLUSA	CLUSTER1
16	• 77200001	NANAY	549	580	1	1968	2005	1	CLUSA	CLUSTER1
17	• 77200001	GUAYABAL	593	628	1	1959	1981	1	CLUSA	CLUSTER1
18	• 77200001	ANOLAIMA	790	890	1	1970	2009	1	CLUSA	CLUSTER1
19	• 77200001	LA ESPZA	866	905	1	2029	2076	1	CLUSA	CLUSTER1
20	• 77200001	PALOQUEM	702	721	1	2002	2041	1	CLUPE	CLUSTER2
21	• 77200001	LFLORIDA	774	833	1	2018	2054	1	CLUPE	CLUSTER2
22	• 77200001	ZIPACON	759	837	1	2105	2144	1	CLUPE	CLUSTER2
23	• 77200001	PEDROPAL	875	904	1	2100	2137	1	CLUPE	CLUSTER2
24	• 77200001	PADRELUN	585	615	1	2018	2050	1	CLUPE	CLUSTER2
25	• 77200001	TRIBUNA	641	659	1	2041	2080	1	CLUPE	CLUSTER2
26	• 77200001	CHUNAVA	858	885	1	2215	2244	1	CLUPE	CLUSTER2
27	• 77200001	VILLETA	420	479	1	2005	2062	1	CLUV1	CLUSTER3
28	• 77200001	NOYAS	437	455	1	2094	2118	1	CLUV1	CLUSTER3
29	• 77200001	S. JAVIER	919	954	1	1891	1986	1	CLUV1	CLUSTER3
30	• 77200001	LA MESA	988	1016	1	2014	2037	1	CLUV1	CLUSTER3
31	77200001		714	730	1	2058	2066	1	NUBE1	SUPERVISADA
32	77200001		714	727	1	2073	2084	1	NUBE2	SUPERVISADA
33	77200001		718	730	1	2162	2175	1	URBANO1	SUPERVISADA
34	77200001		702	708	1	2070	2081	1	SONBRA1	SUPERVISADA
35	77200001		1077	1090	1	2109	2124	1	SONBRA2	SUPERVISADA
36	77200001		905	908	1	2106	2112	1	AGUA	SUPERVISADA
37	77200001		503	511	1	2086	2092	1	CANALUZ	SUPERVISADA
38	77200001		519	524	1	2087	2092	1	CANALUZ	SUPERVISADA

• - INDICATES TRAINING FIELDS

Tabla III-1. Lineas y columnas de los campos de agrupamiento y clases supervisadas. Zona Cafetera, C/marca. COLOMBIA

diferente clase en la siguiente iteración. Es una práctica común el asignar el número de grupos como el doble de las clases de información mas dos o tres grupos extras; lo cual nos permite una mejor definición de las zonas de transición entre las clases de información y de varias subclases dentro de cada una de ellas.

En la página 97 se muestran los valores de las medias de cada clase en cada canal, el número de puntos para cada clase y la varianzas de cada una de ellas. En general, los primeros grupos tienen los valores de media más alto que los últimos, y la tendencia general en una secuencia de lo mas brillante (valores de media altos), a lo mas oscuro (valores de media bajos). Las varianzas indican la separación o dispersión de los datos en cada canal, y sirve como una guía para definir la pureza espectral de la clase.

Los mapas de agrupamiento que se obtuvieron al procesar el área uno, se muestran en las páginas 98 a 103. Cuando se comparan estos con las fotografías aéreas, se determina fácilmente que la clase 8 del agrupamiento número uno en la zona de SASAIMA-ANOLAIMA (designado por el número 8 en el mapa), representa uso urbano. Esta clase se encuentra ubicada en la esquina superior izquierda de la página 101, la cual se correlaciona fácilmente con la población en la fotografía aérea (foto faja 11, No. 4346, C. 1576, No. 079) Las asociaciones menos obvias de clases de agrupamiento con clases informacionales, serán presentadas en la siguiente sección.

En las página 104 a la 127, se muestran los histogramas de los valores de los datos de cada canal para cada una de las 12 clases de agrupamiento, estos es, la distribución canal por canal de todos los valores de los datos de aquellos elementos que fueron asignados dentro de cada clase por el algoritmo de agrupamiento. Debido a que el algoritmo de clasificación que se utilizará mas tarde, asume que cada clase de entrenamiento está representada por una función de densidad de tipo Gaussiana (Normal), se debe analizar cada histograma y verificar si la distribución de cada clase de agrupamiento es similar a la función de densidad Gaussiana. Note la forma no Gaussiana del histograma de los canales uno y dos de la clase ocho (página 118). Esto representa un problema potencial. Si se observa el tamaño relativo de esta clase, mostrado en la página 97, nótese que esta clase de 70 puntos, es la mas pequeña. De hecho, el tener histogramas bi-modales, no es extraño para clases pequeñas. A pesar de que esta desviación no es tan grande como para que sea necesario repetir todo el proceso, debemos sin embargo, considerar el valor de varianza en cada canal, el tamaño de la clase y la localización geográfica al momento en el que se realice la decisión acerca de cuales clases de entrenamiento estarán presentes al final. Analice, tambien, la varianza de las otras clases en la página 97, observe la distribución de los datos en los histogramas y note que el rango de valores varía de clase a clase y de canal a canal. Las clases con histogramas angostos, presentan varianzas pequeñas.

Agrupando la segunda área de entrenamiento: LAGUNA DE PEDRO PALO (Tierras frías).

Fotografías aéreas: IGAC Nos. 112 y 113
IGAC No. 081

Con el objeto de representar las clases espectrales de las tierras frías (transición de la zona cafetera y Sabana de Bogotá), se escogieron siete áreas pequeñas en su conjunto contienen 9943 elementos. En las páginas 128 a 163 se encuentra la información sobre las 12 clases de esta área: Medias, varianzas, números de puntos asignados y los histogramas.

Agrupando la tercer área de entrenamiento: VILLETA (Tierras cálidas)

Fotografías aéreas: Fedecafe faja 08 Nos. 3387, 3388 y 3389
IGAC No. 089

Se seleccionaron cuatro áreas, que en su conjunto contienen 8107 elementos, para representar las clases espectrales de esta zona. El número de clases es de 12 cuyos datos se encuentran de las páginas 164 a 195.

Examine los listados del procesador *CLUSTER para las áreas de entrenamiento 1, 2 y 3 de las páginas 97 a 195.

1. Observe los valores de las medias para cada agrupamiento en las páginas 97, 130 y 166. Haciendo uso de la tabla III-2, trate de hacer una identificación general para la mayor cantidad de clases de agrupamiento que pueda (vegetación, suelo desnudo, agua) comparando los valores relativos en cada banda con las características de reflectancia espectral conocidas para las coberturas básicas de la superficie terrestre. A pesar de que los valores de respuesta mostrados, no han sido calibrados para facilitar las comparaciones banda a banda, los comportamientos generales se pueden observar.

2.- Examine las varianzas asociadas con cada grupo, y anote en la tabla cualquier valor excepcionalmente alto.

3. En los mapas de agrupamiento verifique si existen grupos que correspondan con rasgos en los datos de referencia, delimítelos en los mapas, y modifique la identidad de las clases si es necesario.

4. Examine los histogramas de los grupos. Note cualquier distribución no Gaussiana. Seleccione una clase con varianzas bajas, y compare sus histogramas con aquellos de clases con varianzas altas. Anote las clases no Gaussianas en la tabla.

5. Marque cualquier grupo con menos de 40 puntos.

ASOCIACION DE LAS CLASES CANDIDATAS DE ENTRENAMIENTO CON LAS CLASES INFORMACIONALES.

Ya que se ha generado el conjunto de clases candidatas de entrenamiento con el agrupamiento de todas las áreas, es necesario el identificar que clase informacional está representada por cada clase candidata de entrenamiento. Para realizar esta identificación, se hará uso de la impresión de los mapas de agrupamiento y las fotografías aéreas.

Recuerde que la correspondencia entre clases informacionales y clases candidatas de entrenamiento no es necesariamente de uno a uno. Por lo regular, más de una clase de entrenamiento candidata esta asociada con una clase informacional; ocasionalmente (es de desearse que rara vez), más de una clase informacional esta asociada con una sola clase candidata de entrenamiento. Cuando esto llega a ocurrir, se debe de otorgar a la clase nombres duales como: "Suelo desnudo y Cultivo emergiendo" o "Suelo desnudo y Autopista".

Asigne a cada clase de agrupamiento en el área de entrenamiento uno, un nombre. Utilice el mapa generado por la computadora de las páginas 98 a 103, junto con los datos de referencia y los valores de las medias de las clases, identifique lo mas acertadamente posible cada clase de agrupamiento en el área de entrenamiento. Escriba esta identificación en la tabla III-3, reemplazando las identificaciones generales realizadas previamente.

Estos datos Landsat, han sido corregidos geoméricamente, lo cual facilita su correlación con las fotografías aéreas. Las cuales fueron obtenidas en los años 1975, 1976, 1978 y 1979. El hecho de que no se tengan fotografías aéreas del año de la toma de la información LANDSAT (1977), hace necesario tener un buen nivel de referencia sobre los sistemas de producción de la zona; aspectos como duración de los cultivos y épocas de siembra son importantes de conocerse. Sin embargo, se puede aprovechar la información sobre uso de la tierra que se da al comienzo de este estudio.

Si se dispone de tiempo, identifique las clases en las áreas de entrenamiento dos y tres.

MUESTRA CLASE						
	Simb.	Nombre	Simb.	Nombre	Simb.	Nombre
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						

Tabla III-2

MUESTRA CLASE						
	Simb.	Nombre	Simb.	Nombre	Simb.	Nombre
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						

Tabla III-3

AUMENTO DE LAS CLASES CANDIDATAS DE ENTRENAMIENTO.

Ahora que se han asociado las clases candidatas de entrenamiento con las clases informacionales se debe considerar si las muestras de entrenamiento son representativas de todos los tipos de cobertura en la escena.

Se decidió usar el método supervisado para el cálculo de las estadísticas de entrenamiento de las siguientes clases: Nube, sombra de nube, agua y urbana (pueblos). Con el fin de evitar confusiones por aspectos, tales como, sombra topográfica, respuesta espectral similar de diferentes cultivos en diferente clima y similitud entre el sombrío forestal del café y el bosque natural; se decidió seleccionar las siguientes clases de entrenamiento supervisadas: Caña a plena luz, caña con sombra, bosque natural, pasto-arbustos (café tradicional con plátano), cultivos de transición fría, cultivos en la sabana de Bogotá y pastos en la zona cálida.

Estas áreas se encuentran delimitadas también en la impresión de la figura III-17, y los resultados aparecen en las páginas 196 a la 347 de los listados de computadora.

Haciendo uso de las imágenes en tonos de gris (cualquiera de las figuras II-4 y II-5, o las impresiones alfa-numéricas de las páginas 22 a la 94), especifique las coordenadas de las líneas y columnas para un buen ejemplo de agua, nubes y sombras. Cuando se selecciona un área, tengase en mente el número mínimo de elementos que se necesitan para estimar las propiedades estadísticas de la muestra de entrenamiento. (Vease página III-7 del Taller Práctico).

Al igual que en la selección de muestras de entrenamiento anterior, es poco probable que dos analistas escogan las mismas áreas, aún así sus selecciones son igualmente válidas. Se ha seleccionado para la clase urbana la población de Facatativa en la Sabana de Bogotá con un total de 182 elementos. El procesador *STATISTICS extrae las estadísticas de la clase de donde provengan los datos, y estas pueden ser empleadas en la misma forma que las producidas por el *CLUSTER.

Examine los listados del procesador *STATISTICS, de las páginas 196 a 347, y note lo siguiente:

-Número de elementos.

- La media de la clase en cada canal.
- La desviación estándar (este valor es la raíz cuadrada de la varianza, la cual se lista en la salida del CLUSTER).
- La matriz de correlación (mostrando la correlación de los valores de los datos entre todos los pares de canales.
- Histogramas.
- Gráficas de coincidencia espectral.

REPRESENTACION VISUAL DE LAS CLASES DE ENTRENAMIENTO

Al momento de realizarse este análisis, se asociaron las clases de de entrenamiento con las clases informacionales en las áreas de entrenamiento. En la tablas III-4a,4b;III-5a,5b,5c y III-6a, y 6b se listan los nombres otorgados, a cada una de las clases de agrupamiento. En la tabla III-7 se listan las clases informacionales finales. Para realizar este proceso, se correlacionaron los datos de referencia (fotografías aéreas) con las impresiones de los mapas de agrupamiento.

Ahora se cuenta con 47 clases candidatas de entrenamiento, correspondiendo 12 al área uno, 12 del área dos, 12 del área tres y las 11 de las clases supervisadas. Puesto que es muy seguro que algunas clases sean muy similares a otras, tanto en respuesta espectral como en identidad, es necesario el reducir el número de clases de entrenamiento a un paquete que sea representativo de la escena. Se puede reducir el número, eliminando algunas clases de entrenamiento candidatas, y combinando otras.

Para decidir cuales clases candidatas pueden ser descartadas o combinadas, es útil visualizar las relaciones espectrales entre las clases. El procesador *MERGESTATISTICS tiene como uno de sus varios resultados de salida una gráfica de dos dimensiones conocido como gráfica bi-espectral. En un eje de esta gráfica, se muestra el promedio de las medias de las clases en los dos canales infrarrojos; y en el otro eje aparece el promedio de los dos canales en la región del visible. El resultado es: una gráfica que proporciona una comparación visual de las medias de todas las clases de entrenamiento candidatas.

En las páginas 349 y 350 de los listados de computadora se encuentra la gráfica bi-espectral de las 47 clases de entrenamiento candidatas. Las dos páginas siguientes, listan las clases, los símbolos utilizados para representarlas, el promedio del valor de la media para cada clase en el visible y en el infrarrojo, el número de clase de agrupamiento original, y la cantidad de elementos en cada clase. Las primeras 12 clases pueden ser reconocidas como provenientes del área de entrenamiento uno, las siguientes 12 del área de entrenamiento dos, y las otras 12 del área de entrenamiento

MUESTRA CLASE	ANOLAIMA		LA ESPERANZA		GUAYABAL	
	Simb.	Nombre	Simb.	Nombre	Simb.	Nombre
1		Pasto		Pasto		Pasto
2	.	Café tecnificado. Malezas	.	Café tecnificado. Malezas	.	Café tecnificado. Malezas
3	)	Pasto	)	Pasto	)	Pasto
4	7	Café tecnificado. Ingas sp.	7	Café tecnificado. Ingas sp.	7	Café tecnificado. Ingas sp.
5	2	Café tecnificado Plátano	2	Café tecnificado Plátano	2	Café tecnificado Plátano
6	V	Pasto	V	Pasto	V	Pasto
7	Y	Café tradicional	Y	Café tradicional	Y	Café con sombrero de Ingas
8	8	Urbano	8	Urbano	8	Urbano
9	K	Café tradicional	K	Café tradicional	K	Café tradicional
10	N	Café tradicional	N	Café tradicional	N	Café tradicional
11	D	Café tradicional Sombra topográfica	D	Café tradicional Sombra topográfica	D	Café tradicional Sombra topográfica
12	W	Café tradicional. Sombra topográfica. Bosque N.	W	Café tradicional. Sombra topográfica. Bosque N.	W	Café tradicional. Sombra topográfica. Bosque N.

Tabla III-4a

MUESTRA CLASE	SANTA ANA		NAMAY			
	Simb.	Nombre	Simb.	Nombre	Simb.	Nombre
1		Pasto		Pasto		
2	.	Café tecnificado. Malezas	.	(Pocos puntos)		
3	)	Pasto	)	Pasto		
4	7	Café tecnificado Ingas sp.	7	Café tecnificado Ingas sp.		
5	2	Café con sombrero regulado	2	Café con sombrero regulado		
6	V	Pasto	V	(Pocos puntos)		
7	Y	Café tecnificado Café tradicional	Y	Café tecnificado Café tradicional		
8	8	Urbano	8	Urbano		
9	K	Café tradicional	K	Café tradicional		
10	N	Café tradicional	N	Café tradicional		
11	D	Café tradicional Sombra topográfica	D	Café tradicional Sombra topográfica		
12	W	Café tradicional. Sombra topográfica. Bosque N.	W	Café tradicional. Sombra topográfica. Bosque N.		

Tabla III-4b

MUESTRA CLASE	PADRE LUNA		LA TRIBUNA		PALOQUEMADO	
	Simb.	Nombre	Simb.	Nombre	Simb.	Nombre
1		(Sin puntos)		Pasto		Pasto
2	.	Pasto	.	Pasto	.	Pasto
3	)	Pasto	)	Pasto	)	Pasto
4	7	Pasto	7	Pasto	7	Pasto
5	2	Pasto Arbustos	2	Pasto Arbustos	2	Pasto Arbustos
6	V	Pasto Arbustos	V	Pasto Arbustos	V	Pasto Arbustos
7	Y	(Pocos puntos)	Y	(Pocos puntos)	Y	(Pocos puntos)
8	8	(Sin puntos)	8	(Pocos puntos)	8	(Pocos puntos)
9	K	Bosque natural	K	Bosque natural	K	Bosque natural
10	N	Bosque natural	N	Bosque natural Plantación forestal.	N	Bosque natural
11	D	Bosque natural Arbustos	D	Bosque natural Plantación forestal	D	Bosque natural
12	W	Bosque natural Sombra topográfica	W	Bosque natural Escarpe	W	Bosque natural Escarpe

Tabla III-5a

MUESTRA CLASE	PEDRO PALO		CHUNAVA		LA FLORIDA	
	Simb.	Nombre	Simb.	Nombre	Simb.	Nombre
1		Pasto		(Pocos puntos)		Pasto
2	.	Pasto	.	(Pocos puntos)	.	Pasto
3	)	Pasto Arbustos	)	(Pocos puntos)	)	Pasto
4	7	Pasto Cultivos	7	(Pocos puntos)	7	Suelo Cultivos
5	2	Pasto Arbustos	2	(Pocos puntos)	2	Cultivos
6	V	Pasto Arbustos	V	(Pocos puntos)	V	Cultivos
7	Y	(Pocos puntos)	Y	Suelo	Y	Suelo Cultivos
8	8	(Sin puntos)	8	Suelo	8	Urbano Rural
9	K	Bosque natural	K	(Pocos puntos)	K	Cafe tradicional Bosque
10	N	Bosque natural	N	(Pocos puntos)	N	Cafe tradicio- nal
11	D	Bosque natural	D	(Pocos puntos)	D	Bosque natural
12	W	Bosque natural Escarpe	W	(Pocos puntos)	W	Bosque Sombra topográ- fica

Tabla III-5b

MUESTRA CLASE	ZIPACON					
	Simb.	Nombre	Simb.	Nombre	Simb.	Nombre
1		Pasto				
2	.	Pasto				
3	)	Pasto				
4	7	Suelo Cultivos				
5	2	Cultivos				
6	V	Cultivos				
7	Y	Cultivos				
8	8	Urbano Rural				
9	K	Bosque natu- ral.				
10	N	Bosque natural				
11	D	Bosque natural				
12	W	Bosque natural				

Tabla III-5c

MUESTRA CLASE	VILLETA		MOYAS		SAN JAVIER	
	Simb.	Nombre	Simb.	Nombre	Simb.	Nombre
1		Caña		Caña		(Pocos puntos)
2	.	Caña	.	Caña	.	(pocos puntos)
3	)	Caña	)	Caña	)	(Pocos puntos)
4	7	Caña Café con som- brío	7	Caña Café con som- brío	7	Pasto
5	2	(Pocos puntos)	2	(Pocos puntos)	2	Rastrojos
6	V	Caña con som- bra topográfica	V	Caña con som- bra topográfica	V	Caña
7	Y	Caña con som- bra topográfica	Y	Caña con som- bra topográfica	Y	Caña Rastrojos
8	8	(Pocos puntos)	8	(Pocos puntos)		Pasto-Mango Suelo
9	K	Bosque Caña con sombra	K	(Pocos puntos)	K	Café con sombrero Bosque de dre- naje
10	N	(Pocos puntos)	N	(Pocos puntos)	N	Pasto seco Suelo
11	D	Bosque Caña con sombra	D	(Pocos puntos)	D	(Pocos puntos)
12	W	Bosque natural Sombra topográ- fica	W	(Pocos puntos)	W	(Pocos puntos)

Tabla III-6a

MUESTRA CLASE	LA MESA		Simb.	Nombre	Simb.	Nombre
	Simb.	Nombre				
1		(Pocos puntos)				
2	.	(Pocos puntos)				
3	)	Pasto				
4	7	Pasto				
5	2	Pasto seco Suelo				
6	V	Rastrojos Pastos				
7	Y	(Pocos puntos)				
8	8	Pasto seco Mango Suelo				
9	K	Bosque de dre- naje				
10	N	(Pocos puntos)				
11	D	(Pocos puntos)				
12	W	(Pocos puntos)				

Tabla III-6b

CLASE	SASAIMA-ANOLAIMA		PEDRO PALO		VILLETA-LA MESA	
	Simb.	Nombre	Simb.	Nombre	Simb.	Nombre
1		Pasto		Pasto		Caña
2	.	Café tecnificado Malezas	.	Pasto	.	Caña
3	)	Pasto	)	Pasto	)	Caña
4	7	Café tecnificado Ingas sp.	7	Cultivo Suelo	7	Pasto
5	2	Café tecnificado Plátano	2	Cultivo	2	Pasto
6	V	Pasto	V	Cultivo	V	Caña con sombra topográfica
7	Y	Café tradicional	Y	Suelo	Y	Caña con sombra topográfica
8	8	Urbano	8	Suelo-erosión	8	Pasto Mango
9	K	Café tradicional	K	Bosque natural	K	Bosque
10	N	Café tradicional	N	Bosque natural Plantación forestal	N	Pasto
11	D	Café tradicional. Sombra topográfica	D	Bosque natural	D	Bosque Caña
12	W	Café tradicional. Sombra topográfica. Bosque Nt	W	Bosque natural Sombra topográfica	W	Bosque Escarpe

Tabla III-7

tres; las últimas 11 clases, son las que se crearon utilizando el método supervisado.

A causa de la gran cantidad de clases de entrenamiento, algunos símbolos aparecen dos veces en la gráfica bi-espectral. Haciendo uso de la lista de los promedios de los valores de las medias en las páginas 351 y 352, añada el subíndice 2 a los símbolos para las clases 31 a 47 en la gráfica bi-espectral. Por ejemplo, la clase 31 con el símbolo A, tiene una media en las bandas visibles de 12.4 (eje de las x), y 35.1 en las bandas del infrarrojo (eje de las y). Localice la "A" que representa a esta clase, y márkela como "A2". Realice, este mismo procedimiento para las clases 32 a 47.

Para incrementar la utilidad de esta gráfica, identifique cada clase, escribiendo el nombre de ella inmediatamente después de su símbolo en la tabla bajo la gráfica, como se muestra en la tabla III-2. Verifique que los suelos tienden a presentarse en la región superior derecha, la vegetación densa a la izquierda de la línea diagonal y el agua en la parte inferior izquierda. Esta gráfica será usada en pasos posteriores.

CALCULO DE LA DISTANCIA ESTADISTICA ENTRE LAS CLASES CANDIDATAS DE ENTRENAMIENTO.

La gráfica bi-espectral estudiada en la sección anterior, muestra que clases son espectralmente similares entre si. Sin embargo, debido a que esta gráfica se basa solo en las medias de las clases, no indica nada acerca de cuales clases se traslapan en el espacio de medición y la dimensión de este traslape. Para realizar buenas decisiones acerca de cuales clases de entrenamiento hay que descartar o agrupar, se debe considerar también la dispersión de cada clase en el espacio multidimensional, y la extensión de cualquier traslape entre las clases. Esto se puede realizar, calculando el valor de la divergencia transformada (Dt) entre cada par de clases utilizando el procesador *SEPARABILITY.

En las páginas 354 a 372 se encuentran los listados del procesador *SEPARABILITY, para cada una de las 47 clases cuando se usan los cuatro canales únicamente. En la página 355, se muestran los símbolos usados para representar cada una de las clases. A partir de la página 358, se muestra la divergencia transformada para cada par de clases utilizando los datos de los cuatro canales del sensor. Por ejemplo, en la página 358 la divergencia transformada entre las clases "A" y "F" es de 1999, el cual es un valor relativamente alto,

esto indica una separabilidad alta entre las clases cuando se utilizan los 4 canales de datos. El valor máximo para la divergencia transformada que se asigna es de 2,000, correspondiente a la máxima separabilidad. Como se observa en los valores de divergencia transformada de las páginas 358 a 372, existen algunos valores que alcanzan 2,000 o están muy próximos a él.

Como una ayuda para la localización de clases problemáticas, se pidió que todos los pares de clases con un valor de divergencia transformada de 1500 o menor fuesen listados, este listado aparece en las páginas 373 a 375. Esta lista condensada es útil para incorporar la información de separabilidad en la gráfica bi-espectral, la cual será empleada en próximas decisiones. Note nuevamente, que debido a la gran cantidad de clases algunos símbolos han sido utilizados dos veces.

Antes de continuar con el siguiente paso, será útil revisar de nuevo la impresión resultante del *SEPARABILITY. Cerca del margen superior de la página 358, se observa que la mínima divergencia transformada entre cualquiera de dos clases es 352, y que el promedio cuando se utilizan los cuatro canales es 1865.

Haciendo uso de la lista de pares de clases con valores de divergencia transformada menor de 1500 para los cuatro canales de datos (páginas 373 a 375), añada la información de separabilidad a la gráfica bi-espectral (páginas 349 y 350). Realice el paso anterior, trazando una línea continua entre cada par de clases con una divergencia transformada de 1500 o menos. Cuando el valor de la divergencia transformada tenga un valor entre 1500 y 1750, trace una línea punteada. Si la divergencia transformada es mayor de 1750 no trace ninguna línea.

Otra forma adicional de representar gráficamente las 47 clases candidatas de entrenamiento se presenta en las figuras III-18 a la III-20. Observando las gráficas de las medias calibradas, se confirma el tipo de cobertura general a la que pertenece cada clase, esto es, si la gráfica es representativa de vegetación, agua, suelo, o de otro material de la superficie terrestre; lo cual proporciona otra forma de determinar la similitud espectral entre las clases. Es importante señalar, que las medias han sido calibradas, esto significa que las inconsistencias de canal a canal en la respuesta del sensor han sido removidas matemáticamente. Los valores de media que aparecen en el listado del *CLUSTER, no han sido calibrados, por lo cual no es posible comparar directamente entre estos valores.

De la figura III-18, seleccione cuatro o cinco clases espectralmente no similares, verifique en la tabla III-2 como fueron identificadas. Aquellas reconocidas como vegetación deben presentar la forma característica de este tipo de cobertura: un valor medio en el canal uno, bajo en el dos, mas alto en el tres y con un valor máximo para el canal cuatro. Realice la misma correlación con los otros tipos de cobertura.

SELECCION DE LAS CLASES ESPECTRALES DE ENTRENAMIENTO FINALES.

Para la selección de las clases de entrenamiento finales, se cuenta con una gráfica bi-espectral con las clases identificadas y la información de separabilidad, los histogramas y las medias espectrales calibradas para cada clase.

En este momento ya es posible seleccionar las clases finales de entrenamiento, y el realizar las decisiones acerca de cuales clases deben de ser eliminadas, cuales unidas y las que permanecen sin modificación. Al realizarse este proceso se debe tener en cuenta los identificadores de cada clase, la normalidad de los histogramas, el número de elementos en cada clase candidata de entrenamiento y la distancia estadística entre cada par de clases

Los dos principales objetivos que deben de satisfacerse cuando se definen las clases de entrenamiento finales son:

1. Como grupo, las clases de entrenamiento finales, deben de representar todas las clases de cobertura de la escena.
2. Las clases de entrenamiento deben de ser espectralmente separables unas de otras.

Se puede hacer uso de dos estrategias diferentes cuando se seleccionan las clases de entrenamiento: primero, el método de combinación de clases que son espectralmente similares; por ejemplo: las clases que tienen un valor de divergencia transformada menor al valor de un umbral previamente establecido, de acuerdo a la precisión general deseada; y segundo, el método de descarte, en el cual las clases que se encuentran en los límites de las clases informacionales, son desechadas. El método de combinación, esta mas orientado a cumplir con el primero de los dos objetivos principales anteriormente señalados, mientras que el segundo método permite alcanzar el segundo. La experiencia ha demostrado que una combinación de estos dos métodos proporciona mejores resultados.

Note que las clases de materiales similares, tienden a ubicarse en una misma porción de la gráfica. Esto era de esperarse, ya que coberturas similares tienen respuestas espectrales parecidas. En la gráfica, se puede observar que los suelos y poblados tienden a

CALIBRATED LANDSAT MEANS
(MWATTS/CM².SR.)

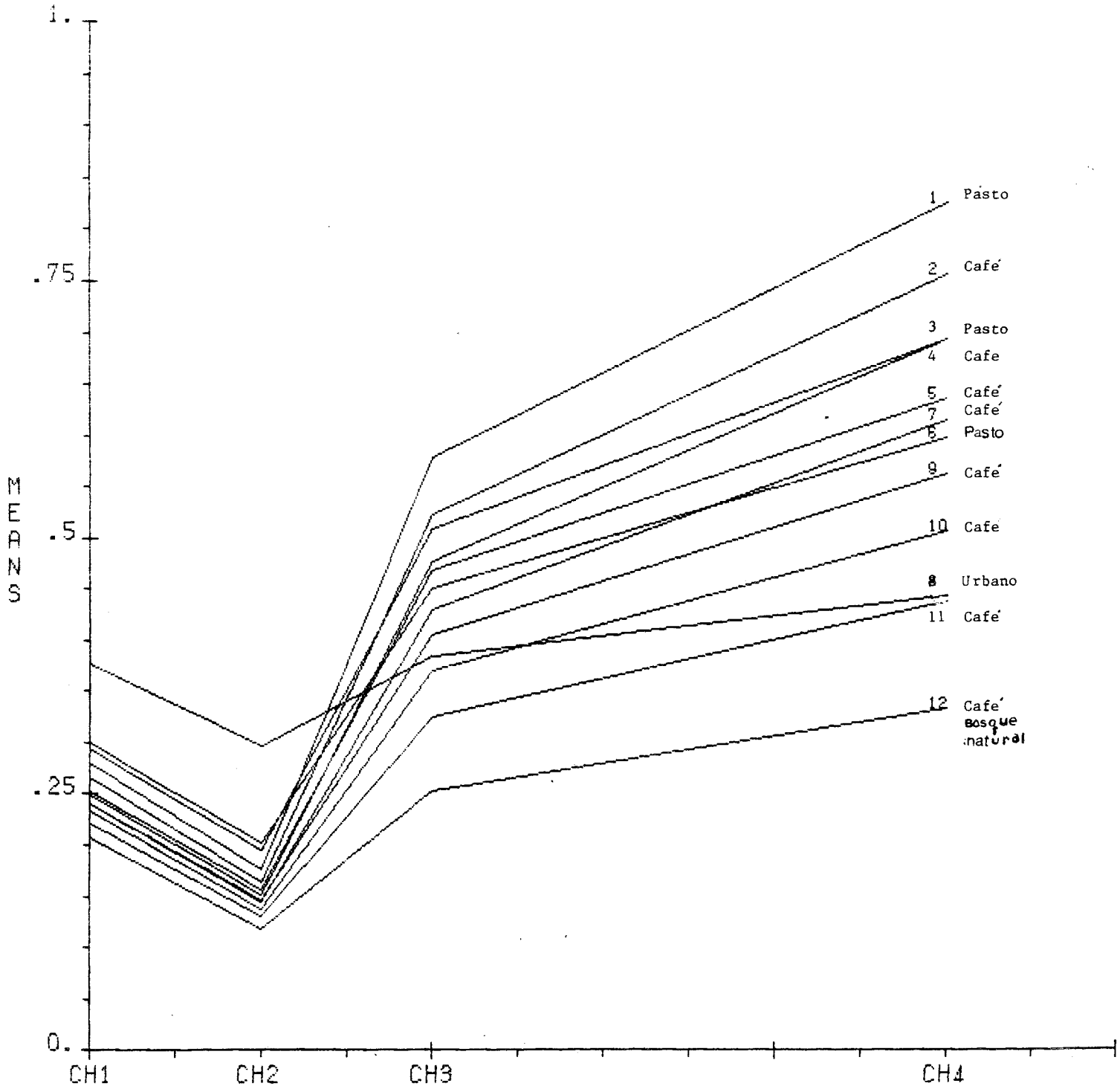


Figura III -18 Gráfica de las medias calibradas del agrupamiento Sasaima-Anolaima, COLOMBIA.

CALIBRATED LANDSAT MEANS
(MWATTS/CM².SR.)

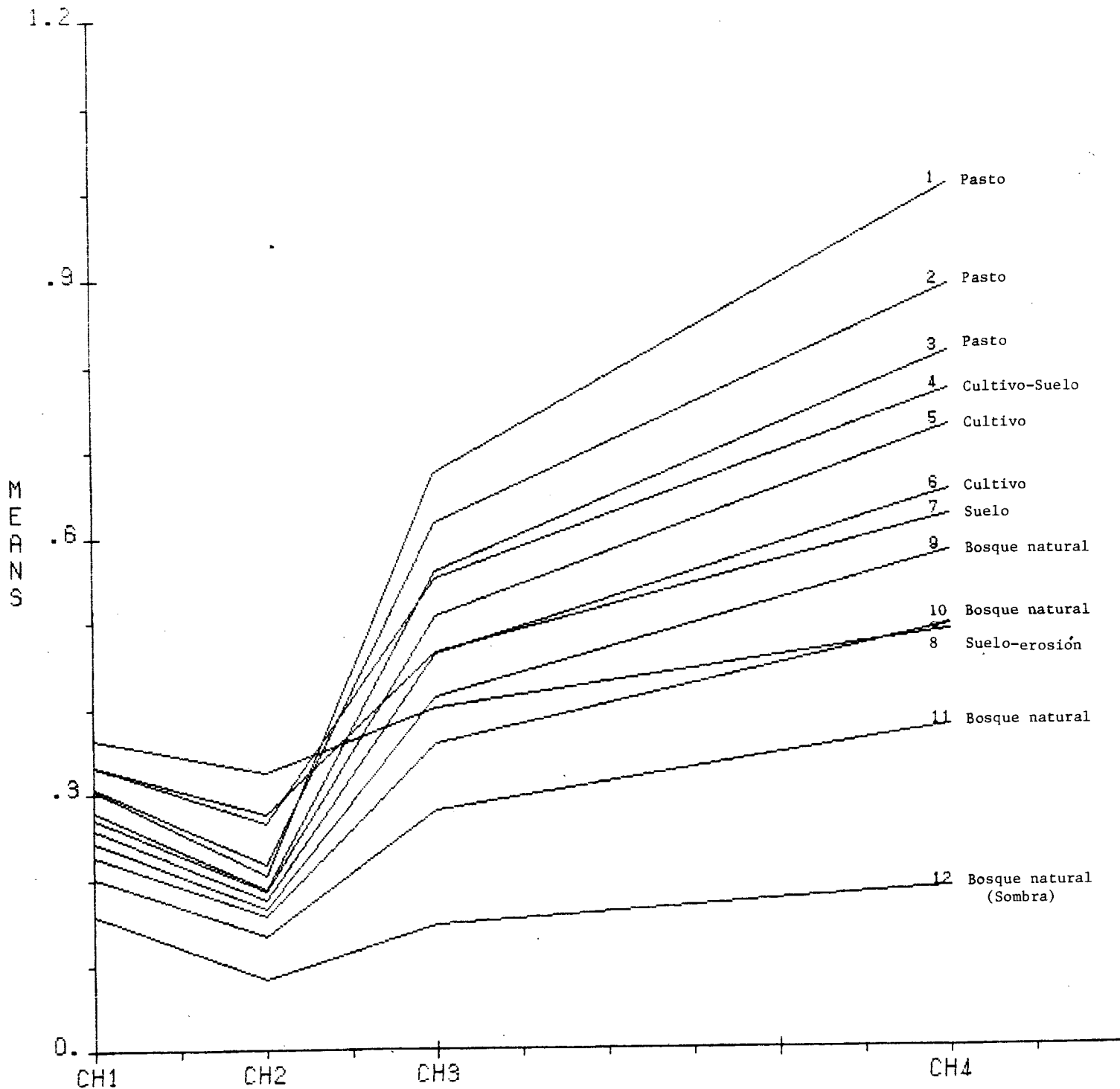


Figura III -19 Gráfica de las medias calibradas del agrupamiento Pedropalo, COLOMBIA.

CALIBRATED LANDSAT MEANS
(MWATTS/CM².SR.)

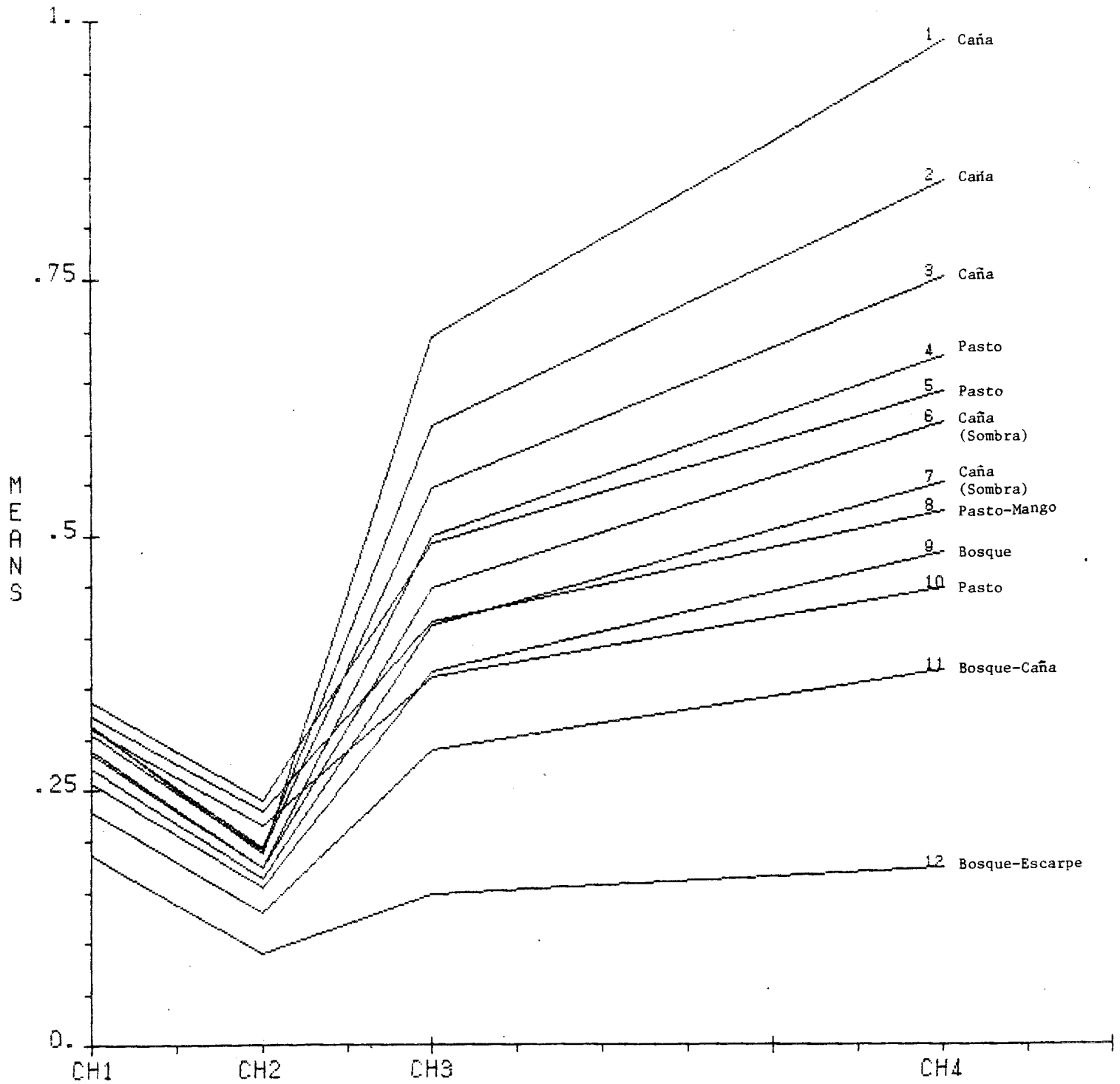


Figura III - 20 Gráfica de las medias calibradas del agrupamiento Villeta, COLOMBIA.

colocarse arriba a la derecha y el agua se sitúa por debajo a la izquierda, formando así una línea casi diagonal, con varias mezclas de clases en el centro. Los campos agrícolas con cultivo en pie, se ubican en la región superior a la izquierda, y los bosques entre la agricultura y los suelos.

Se puede observar que varias de las clases son perfectamente separables y tienen identidades específicas asociadas a ellas. Estas clases deben ser conservadas como clases de entrenamiento: agua "J2", nubes "G2", sombras "I2". En este momento se deben tomar las decisiones, sobre que hacer con los grupos de clases que no son espectralmente separables? Observe las clases identificadas por las letras "J", "M2", "V", "C2" y "K", (página 349) representando a café tradicional, bosque natural, bosque natural-plantación forestal, bosque natural y café tradicional con influencia de sombra topográfica respectivamente. Analizando los valores de divergencia transformada se puede deducir que el clasificador no puede distinguir las clases "J" y "K" de las clases "V" y "C2". El interés del analista es el de poder diferenciar entre bosque de sombra forestal del café y el bosque natural, por esta razón se decidió seleccionar la clase supervisada "M2" para representar el bosque natural, dando como resultado una adecuada separabilidad con la clase "J" y "K" ($DT = 1617$ y $DT = 1486$ respectivamente). Ahora se tienen dos opciones, la primera sería la de combinar las clases "M2", "V" y "C2", lo cual aumentaría la varianza disminuyendo el valor de la divergencia transformada de "M2" con "J" y "K", la segunda opción sería la de descartar las clases "V" y "C2", con lo cual la mayoría de los elementos de estas clases serían identificados dentro de la clase "M2" y algunos dentro de las clases "J" y "K". La selección entre combinar o descartar es decisión del analista. En este caso se escogió la segunda opción, descartar las clases "V" y "C2".

Analice las clases "W", "E2" y "L" que representan bosque natural y la clase "K" que representa café (Página 349). Considere cuales clases combinar o descartar.

En la parte central y a la derecha de la gráfica bi-espectral se encuentran las clases no supervisadas "T" (Suelo erosión) y "H" (Urbano) y las clases supervisadas "P2" (Cultivo-barbecho-Sabana de Bogotá), y "H2" (Urbano - Facatativa). Estas clases representan respuestas espectrales parecidas ya que son coberturas similares. Note la gráfica de las medias calibradas de las clases "T" y "H" (Figuras III-18 y III-19 clase ocho). En este caso se quiere mejorar la precisión de la clase urbana para tener buen nivel de referencia que permita la localización espacial de otros rasgos. Se decidió

eliminar la clase "H" por tener pocos puntos, varianza alta e histogramas no Gaussianos.

Observe detenidamente a las clases candidatas de entrenamiento que aparecen en la gráfica bi-espectral en la parte superior izquierda, específicamente las clases 1 ("A"), 41 ("K2"), 15 ("O"), 27 (""), 2 ("B"), 17 ("Q"), 44 ("N2"). Como podrá observarse, estas clases forman una familia de curvas, (ver figuras III-18,19 y 20) Es de gran utilidad el aislar un grupo de clases para estudiarlo en detalle. Haga uso de la gráfica bi-espectral, de la información de separabilidad (valores de divergencia transformada), las gráficas de las medias de clase calibradas, y las impresiones del *CLUSTER, para realizar las decisiones acerca de cuales clases conservar, cuales descartar y cuales combinar.

Haciendo uso del procesador *MERGESTATISTICS se descartaron algunas de las 47 clases candidatas de entrenamiento y quedaron 33. En una segunda fase del análisis (Páginas 376 a 393), se tomaron otras decisiones: La clase 16 ("P") se descartó por presentar una varianza alta en los canales tres y cuatro. Analizando las clases 12 ("L"), 30 ("/"), 1 ("A") y 18 ("R"), se decidió conservar solamente la clase 30 ("/"), ya que es interés del analista el representar el café de la zona cafetera aceptando alguna confusión con los pastos y cultivos de las tierras cálidas y frías. Además, entre las clases 30 ("/") y 27 ("\$"), café y caña de azúcar respectivamente hay una divergencia transformada de 657, la cual es baja, sin embargo el analista decidió conservarlas ya que ocupan áreas climáticas diferentes y son de interés para investigaciones posteriores.

Entre las clases 31 ("A2"), 3 ("C") y 33 ("C2") se decidió conservar la clase 3 ("C") por tener mayor número de puntos, varianza baja e histogramas Gaussianos.

Por tener separabilidad menor de 1500 y buscando una mejor separabilidad de las clases de café, 2 ("B") y 5 ("E"), se decidió descartar las clases 4 ("D"), 15 ("O"), 28 ("+") y 19 ("S").

Entre las clases 8 ("H") y 21 ("U") la divergencia transformada es de 398 por lo cual se decidió descartar la clase 21 ("U"), para mantener la separabilidad alta con la clase 7 ("G") café. La clase 22 ("V") se descartó por tener un varianza alta. Al terminar el análisis se conservaron 21 clases de entrenamiento las cuales se listan en la tabla III-8.

Compare su juego de clases de entrenamiento, con las 21 clases de la tabla III-8. Combinaría usted más clases? Descartaría más clases?. Sus clases de entrenamiento finales no son necesariamente mejores o peores que las del analista. Recuerde que este paso, más que ningún otro en el análisis, es más un arte que una ciencia.

Ahora que se han seleccionado las 21 clases de entrenamiento, es necesario evaluarlas con objeto de tener una indicación de la probabilidad de clasificación correcta que resultará al utilizar estas clases de entrenamiento. Para realizar esto en LARSYS, se puede correr nuevamente la función de proceso *SEPARABILITY. El listado para esta segunda corrida del *SEPARABILITY comienza en la página 400. En esta ocasión, el analista solicitó la separabilidad cuando se utilizan los cuatro canales, así como las combinaciones de 2 y 3 canales y el mejor canal individual. Una lista de los pares de clases con valores de divergencia transformada menores de 1500 fueron solicitados de nuevo, esto permite verificar nuevos pares de clases contra el mismo umbral. La lista basada en separabilidad utilizando los cuatro canales de datos aparece en las páginas 424 a 426.

Añada la nueva información de separabilidad y las identificaciones de las clases a la gráfica bi-espectral de las 21 clases de entrenamiento finales, la cual se localiza en las páginas 396 y 397 de los listados de computadora. Trace una línea discontinua entre pares de clases con valores entre 1500 y 1800. Esto indicará los pares de clases donde alguna confusión pudiese ocurrir.

La precisión de la clasificación, para el conjunto de clases de entrenamiento con valores de divergencia transformada mayores de 1500 es alrededor del 85 %. Para las clases en las cuales el valor de divergencia transformada es menor de 1500, la precisión de la clasificación varia entre 75 y 85 %. (Refiérase a la figura III-12, para observar como se obtuvo esta estimación). El valor promedio de la divergencia transformada es ahora de 1928, y con toda la evidencia disponible en los listados, se puede concluir que este es un conjunto apropiado de clases, el cual será adoptado como clases finales de entrenamiento. La impresión final del *SEPARABILITY, indica que la separabilidad declina rápidamente cuando menos de cuatro canales de datos son utilizados.

CLASES DE ENTRENAMIENTO FINALES

C/MARCA-COLOMBIA

CLASE	SIMB.	NOMBRE
1	/	Cafe 5/P
2	I	Cafe 4/S
3	X	Cafe 3/ST
4	Z	Cafe 2/T1
5	K	Cafe 1/T2
6	.	Cana 1
7	(	Cana 2
8	2	Pasto
9	-	Pasto 2
10	*	Pasto 3
11	+	Pasto 4
12	=	Cultivo 1
13	5	Cultivo 2
14	S	Cultivo 3
15	\$	Bosque 1
16	&	Bosque 2
17	Y	Suelo-Erosion
18	W	Agua-Laguna
19	8	Urbano
20		Nube
21	M	Sombra-Escarpe Vegetacion

Tabla III-8

COINCIDENTAL BI-SPECTRAL PLOT (MEAN) FOR CLASS(ES)
 MEANS PLOT OF CHANNEL 1 & 2 VERSUS 3 & 4

111-55

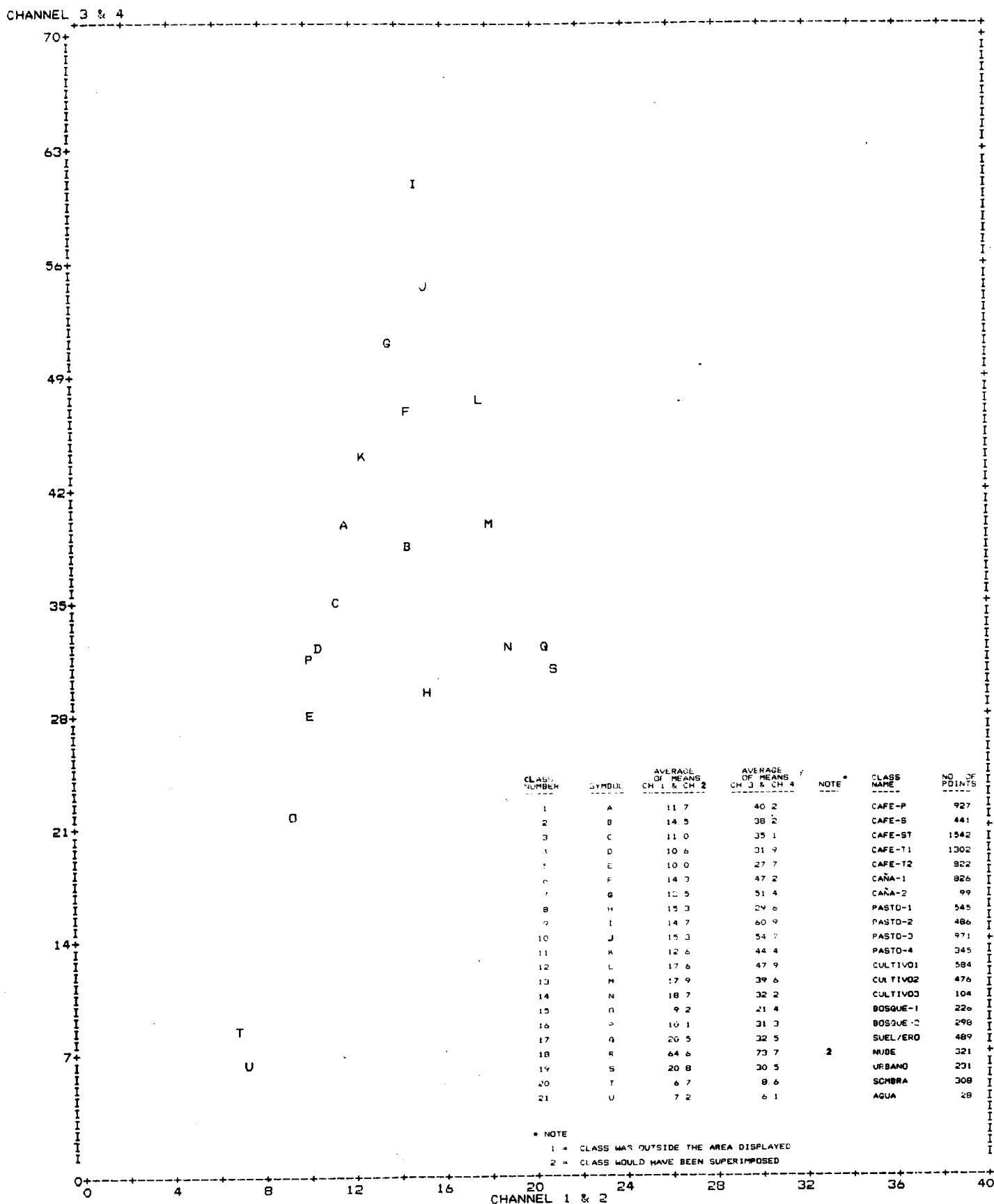


Figura III -21 Gráfica bi-espectral de las 21 clases de entrenamiento finales. Zona cafetera C/marca, COLOMBIA.

CALIBRATED LANDSAT MEANS
(MWATTS/CM².SR.)

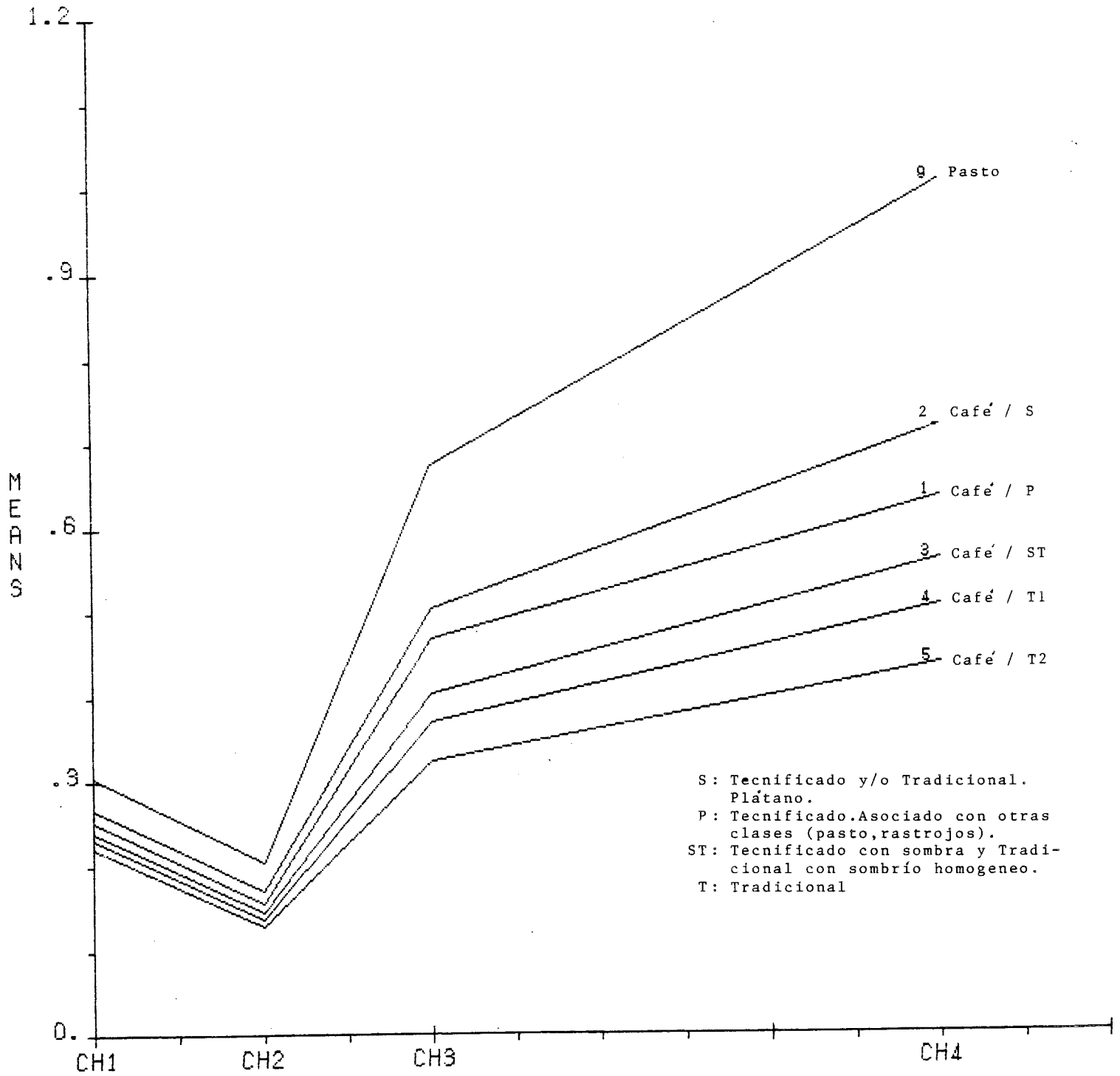


Figura III -22 Gráfica de medias calibradas de las clases de entrenamiento finales. Zona cafetera C/marca, COLOMBIA.

CALIBRATED LANDSAT MEANS
(MWATTS/CM².SR.)

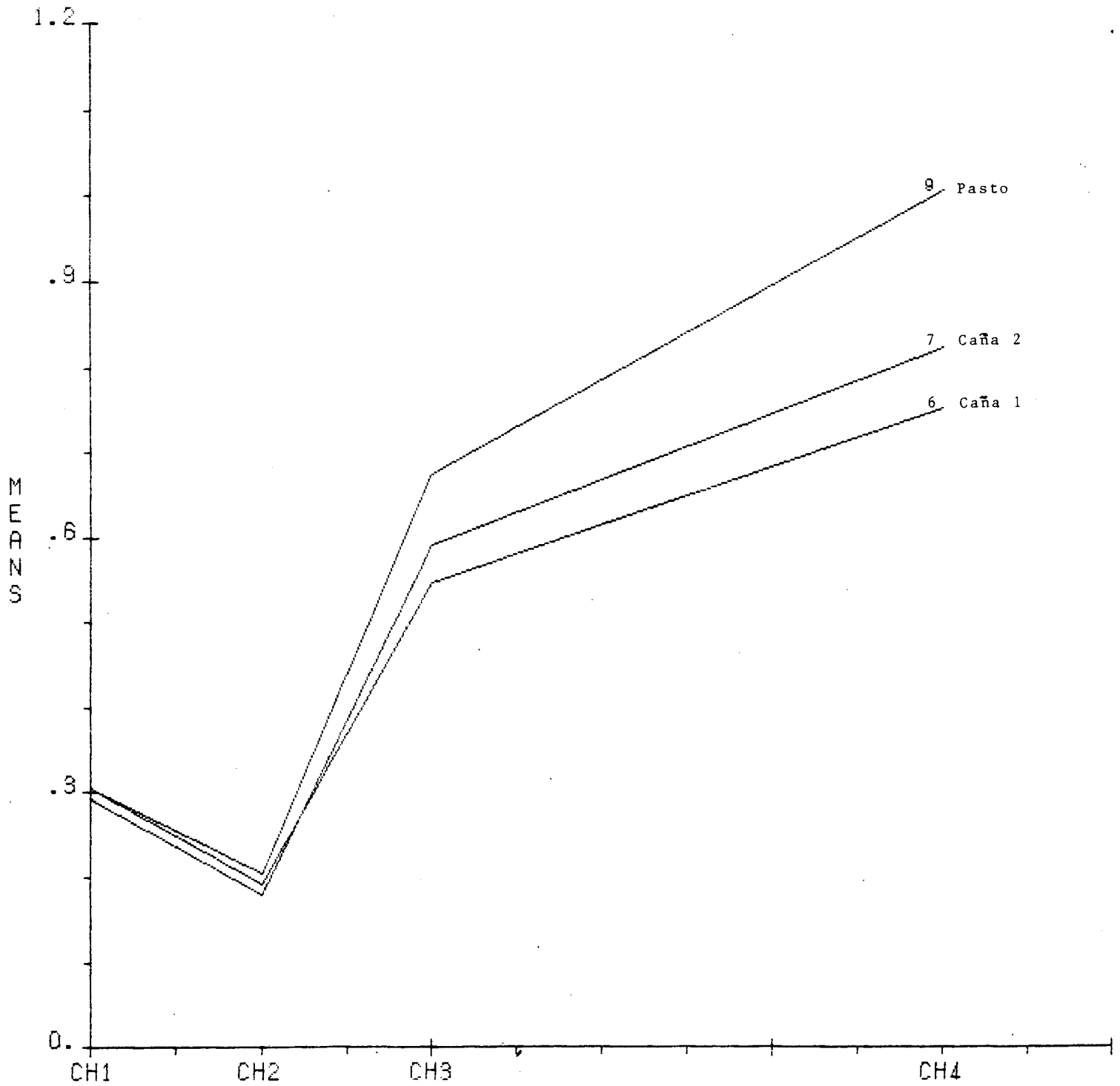


Figura III -23 Gráfica de medias calibradas de las clases de entrenamiento finales. Zona cafetera C/marca, COLOMBIA.

CALIBRATED LANDSAT MEANS
(MWATTS/CM².SR.)

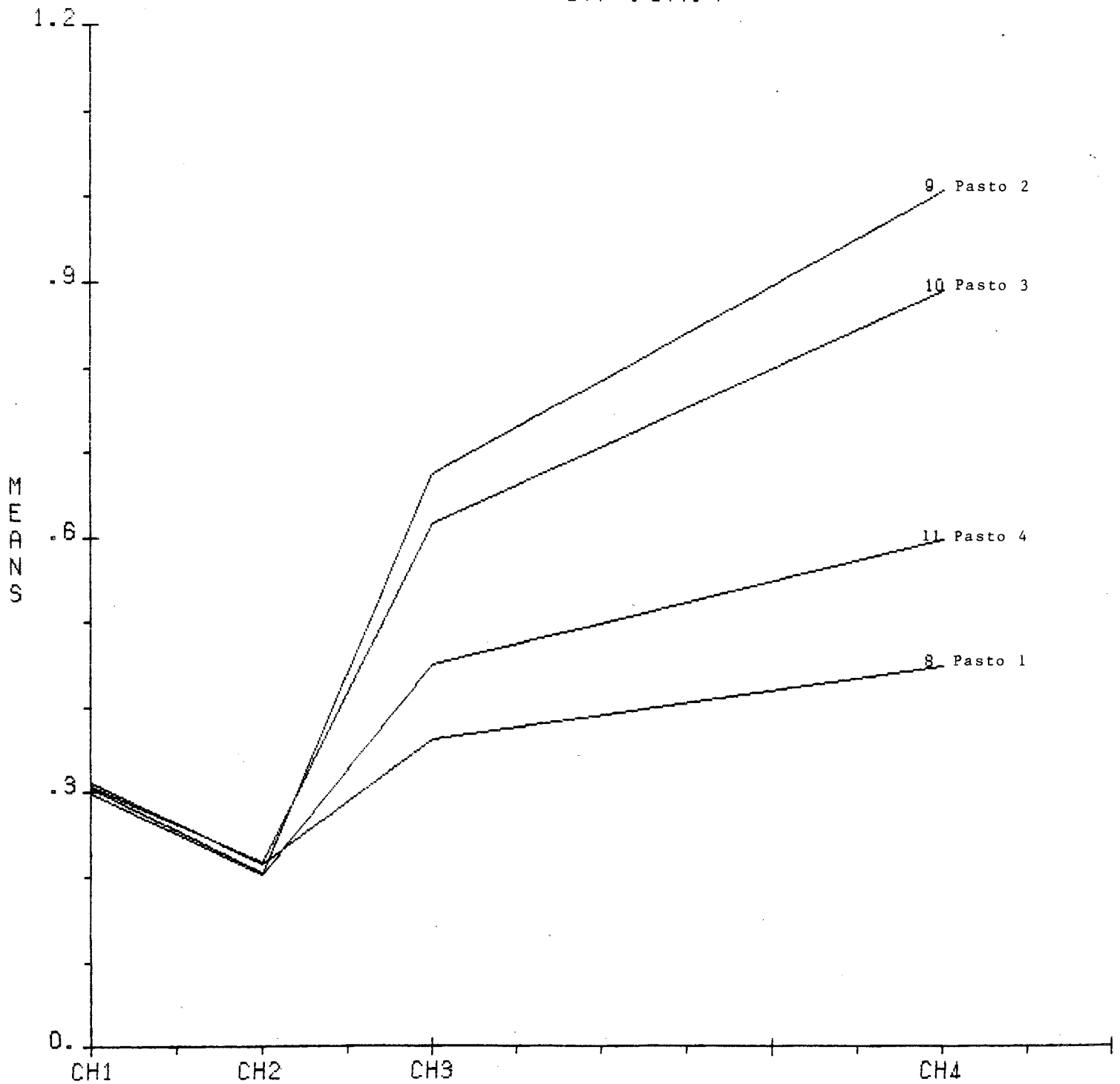


Figura III -24 Gráfica de medias calibradas de las clases de entrenamiento finales. Zona cafetera C/marca, COLOMBIA.

CALIBRATED LANDSAT MEANS
(MWATTS/CM².SR.)

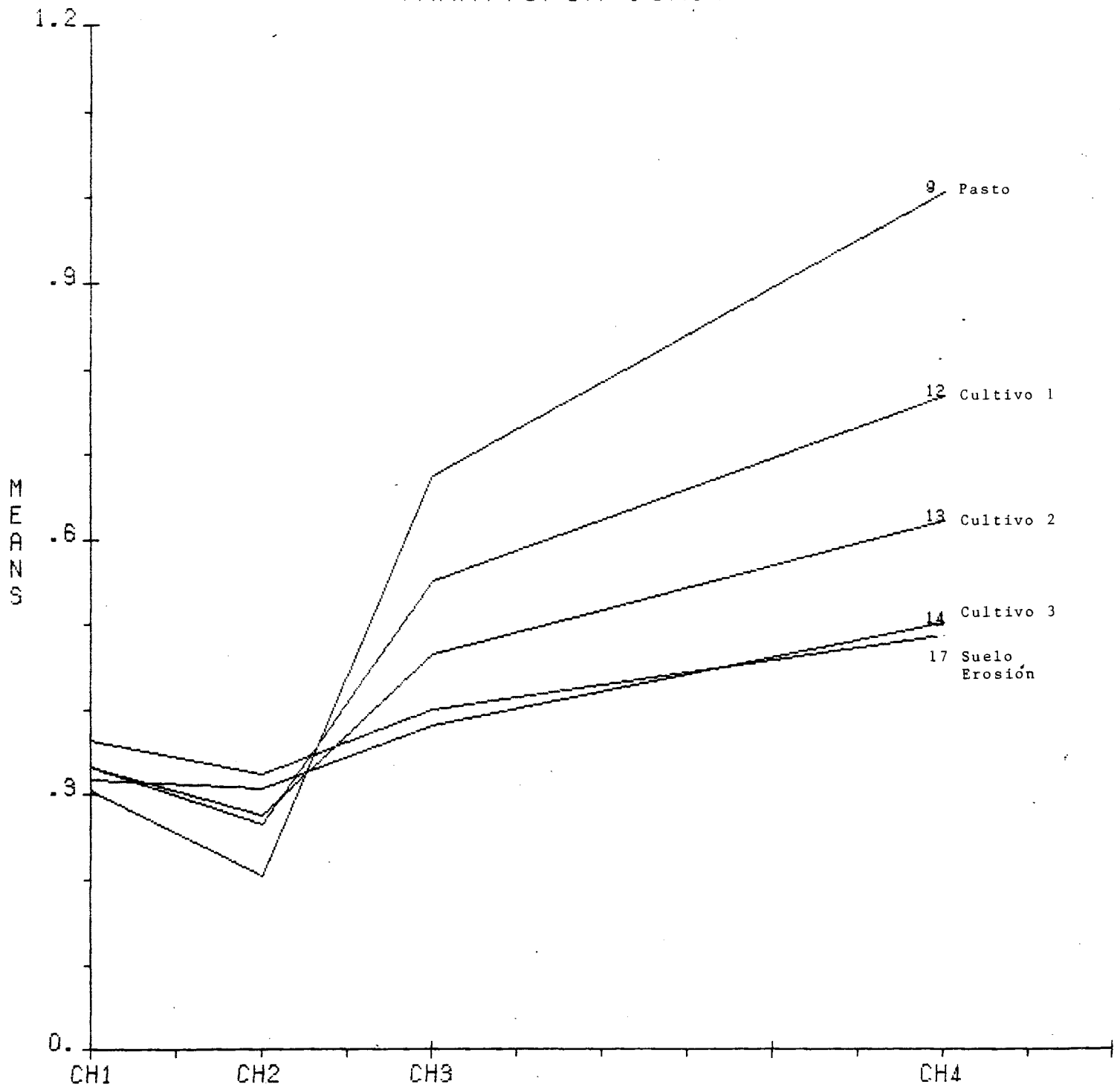


Figura III -25 Gráfica de medias calibradas de las clases de entrenamiento finales. Zona cafetera C/marca, COLOMBIA.

CALIBRATED LANDSAT MEANS
(MWATTS/CM².SR.)

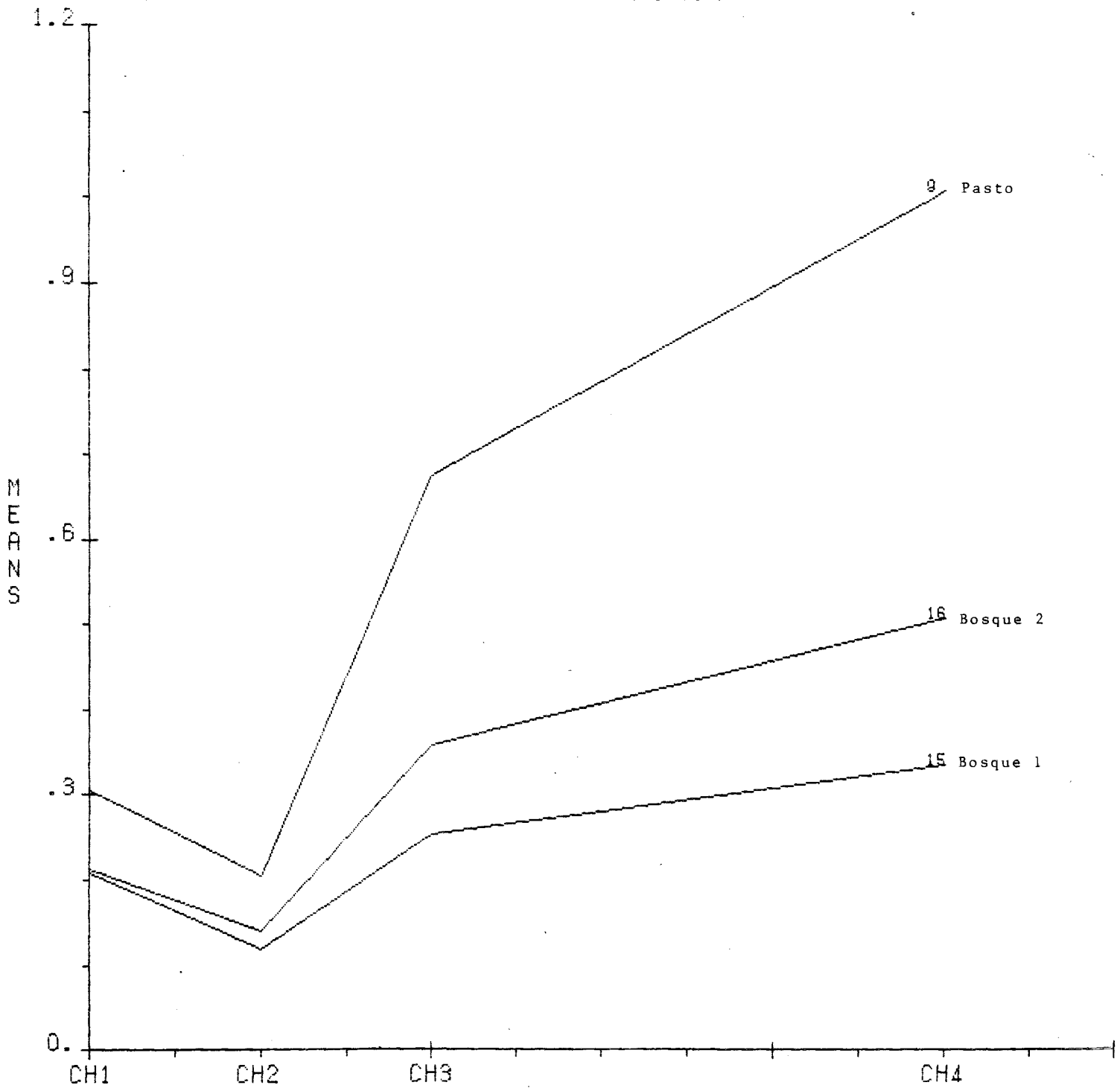


Figura III -26 Gráfica de medias calibradas de las clases de entrenamiento finales, Zona cafetera C/marca, COLOMBIA.

CALIBRATED LANDSAT MEANS
(MWATTS/CM².SR.)

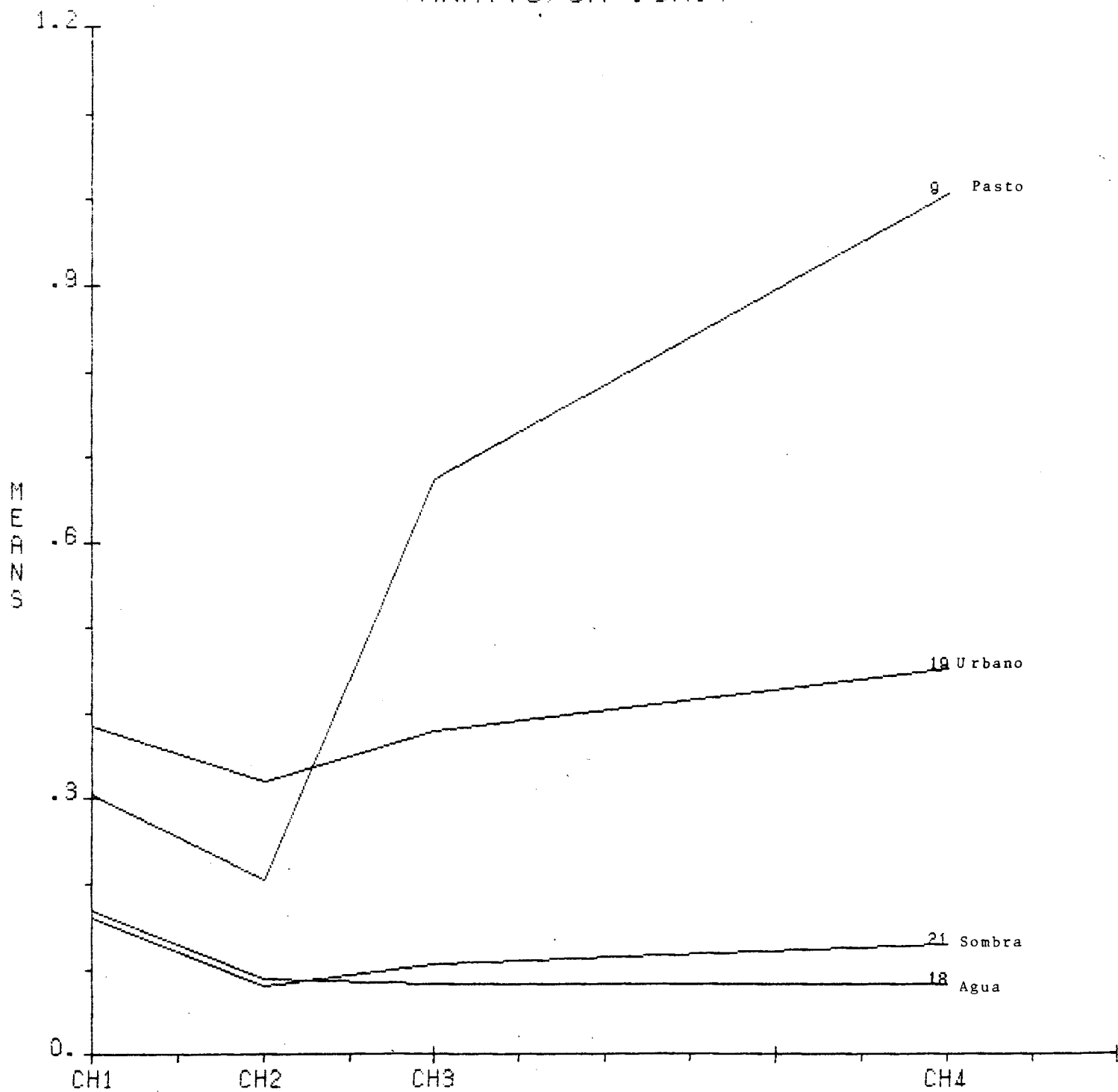


Figura III -27 Gráfica de medias calibradas de las clases de entrenamiento finales. Zona cafetera C/marca, COLOMBIA.

CALIBRATED LANDSAT MEANS
(MWATTS/CM².SR.)

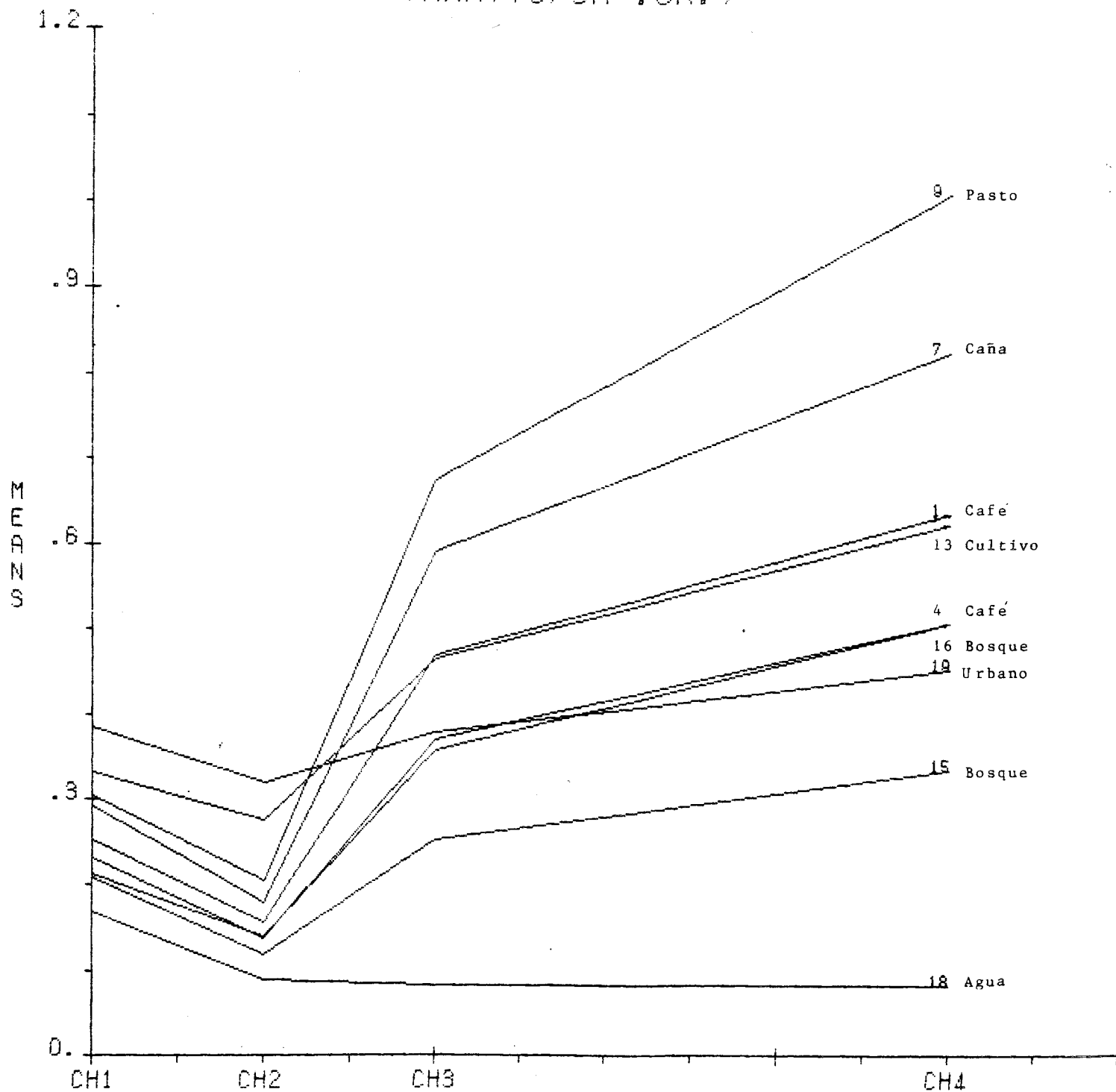


Figura III -28 Gráfica de medias calibradas de las clases de entrenamiento finales. Zona cafetera C/marca, COLOMBIA.

Pages III-1 to IV-3
do not exist

CAPITULO IV

CLASIFICACION DEL AREA DE ESTUDIO

El área de estudio de la región Cafetera del Departamento de Cundinamarca, COLOMBIA, fué clasificada con el procesador LARSYS denominado *CLASSIFYPOINTS usando las 21 clases de entrenamiento desarrolladas en pasos anteriores. Este procesador está basado en la regla de decisión de la máxima verosimilitud. Las funciones discriminantes de máxima verosimilitud para cada clase de entrenamiento evalúan el vector de datos de cada elemento. Cada elemento es clasificado dentro de la clase cuya función discriminante alcanza su más alto valor.

Los resultados de este procesador se encuentran en las página 428 a 432 de los listados de computador. Estos resultados se almacenan en una cinta para producir posteriormente un mapa o transferirlos al sistema de despliegue de imágenes.

En la página 431, se presenta la información que verifica que porción de los datos fueron clasificados (líneas y columnas) y en que archivo de cinta fueron almacenados los resultados.

*Páginas V-1 to V-5
do not exist*

CAPITULO V

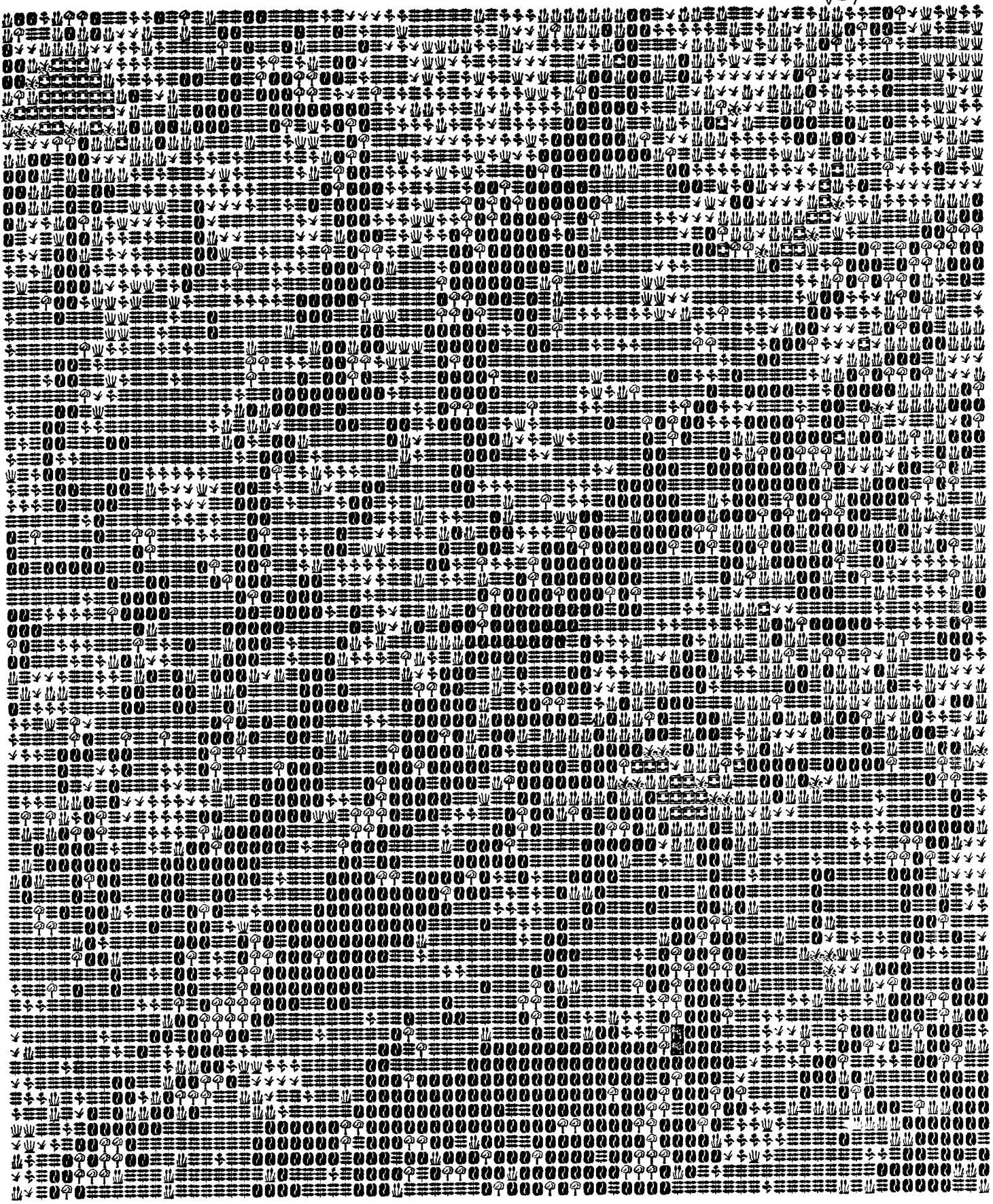
DESPLIEGUE TABULAR Y/O PICTORICO DE
LOS RESULTADOS DE LA CLASIFICACION.

Un mapa de la clasificación, es producido por el procesador LARSYS denominado *PRINTRESULTS, y este se presenta en las páginas 433 a 470 de los listados de computadora. Las tarjetas de control de la página 433, muestran que símbolos se utilizaron para cada una de las clases en el mapa; esta información se presenta de una forma mas accesible en la página 434, donde los nombres de las clases están asociadas con los símbolos. Este mapa tiene varias páginas de ancho. Solicite al instructor un mapa que haya sido ensamblado previamente.

En el mapa identifique algunas de las características terrestres con las cuales debe de estar ya familiarizado. Sería mas fácil identificar estas características, si se hubieran seleccionados diferentes símbolos?. Suponga, que está interesado sólo en la localización del café y otros usos de la tierra dentro de la zona cafetera?. Que símbolos se asignarían a las 21 clases?.

El mapa de la clasificación puede ser desplegado en diferentes formas. La figura V-5 muestra una, en la cual símbolos gráficos son utilizados para representar cada clase o grupo de clases. La clasificación actual que se utilizó para crear este mapa, es la misma que se utilizó para crear la impresión alfa-numérica; sin embargo existen dos diferencias en el despliegue: 1) Clases similares como el bosque 1 y el bosque 2, son representadas por el mismo símbolo; y 2) Los símbolos seleccionados se sugiere, vayan de acuerdo al tipo de la clase, haciendo no necesario el referirse repetidamente a la tabla de símbolos.

Los resultados de la clasificación se presentan en forma tabular (Página 473 a 478). Para facilitar la evaluación e interpretación de los resultados, la zona se dividió en dos áreas geográficas que corresponden a cuencas hidrográficas diferentes; SASAIMA (Página 473) y ANOLAIMA (Página 474). En cada una de estas áreas, y con el objeto de evaluaciones posteriores con los datos del Departamento Censo Cafetero de la Federación de Cafeteros de Colombia, se seleccionaron áreas cafeteras para despliegue de los resultados (Página 476 a 478)



Cafe Tradicional	Cafe tradicional y/o tecnificado	Caña de azucar	Pasto T.fria	Pasto T.calida	Cultivos	Bosque	Suelo-erosion	Agua	Areas urbanas	Sombra-escarpe
------------------	----------------------------------	----------------	--------------	----------------	----------	--------	---------------	------	---------------	----------------

Figura V-5. Representación con símbolos gráficos de los resultados de la clasificación. Zona Cafetera + Anolaima - COLOMBIA.

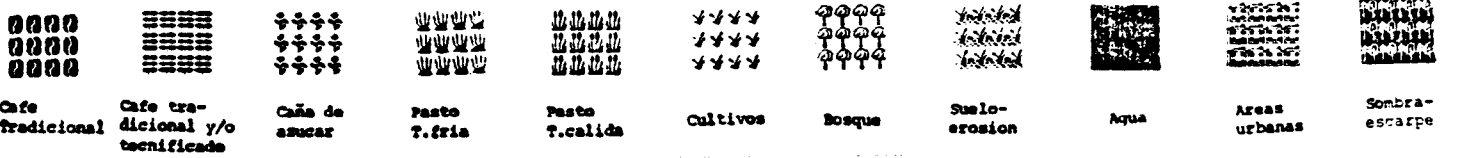
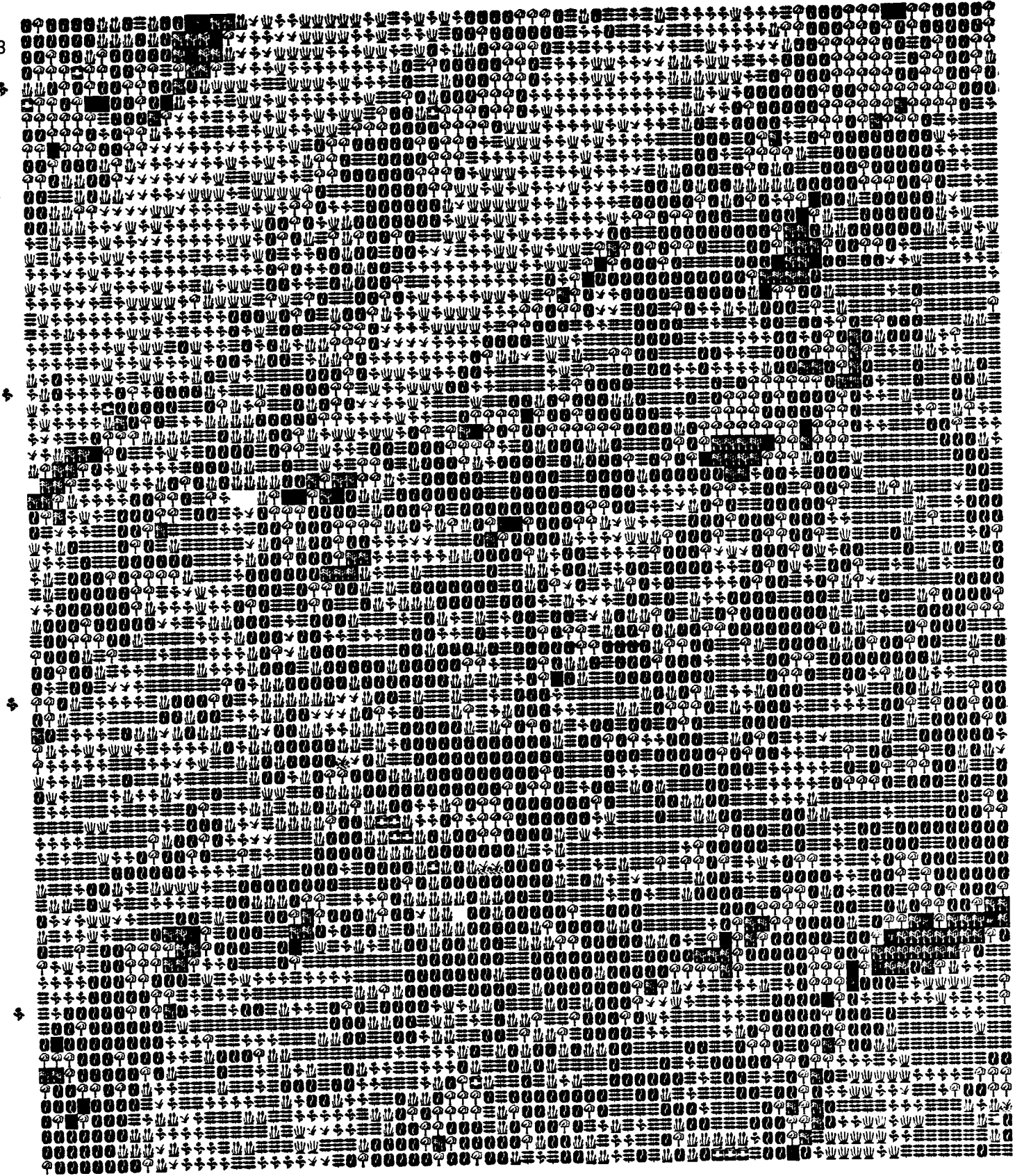


Figura V-6. Representación con símbolos gráficos de los resultados de la clasificación. Zona Cafetera - Sasaima - COLOMBIA.

Pages VI-1 to VI-8
do not exist

VI-4

CAPITULO VI

EVALUACION E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS DE LA CLASIFICACION

MATRIZ DE CONFUSION DE LOS RESULTADOS DE LA CLASIFICACION

En el capítulo anterior se observó el mapa de la clasificación del área de estudio. Ahora, es el momento de evaluar la clasificación, para ver que tan cierta resultó. Esto se logra, seleccionando campos de prueba para cada uno de los tipos de cobertura mas abundantes en el paquete de datos (café, caña, pasto, cultivo, bosque, sombra, agua, urbano y nube) y verificando que tan precisa es la clasificación en esas áreas.

Utilice los mapas en tonos de gris (figuras II-5 a la II-8) y las fotografías, para la selección de las áreas de los tipos de cobertura terrestre mas abundantes (café, caña, pasto, cultivo, bosque, sombra, agua, urbano y nube). Estos campos de prueba deben de estar distribuidos en toda el área, pero no deben de abarcar ninguna de las áreas de entrenamiento. Deben de ser lo más grande posible, cuidando siempre que se mantengan lo más "puro" posible.

Cuántos elementos de cada tipo de cobertura están presentes en los grupos de campos de prueba seleccionados? Para evitar parcialidades en la estimación de la certeza de la clasificación, se deben de escoger los campos de tal forma que, el número de elementos en cada categoría mayor de cobertura terrestre sea proporcional al número de elementos en cada clase en toda el área clasificada. Si se descubre alguna parcialidad, se pueden seleccionar campos de prueba adicionales para los tipos de cobertura terrestre que se encuentran escasamente representados en el grupo original de campos de prueba.

Existe otro método de seleccionar los campos de prueba, el cual es mas dado a proporcionar estimaciones sin parcialidad, y en el cual los campos de prueba son seleccionados al azar. Para usar este método, se puede dividir toda la escena en celdas de tres por tres y escoger al azar, el diez por ciento de ellas; se utiliza una tabla de números aleatorios para este proceso. Debe despues identificarse el tipo de cobertura terrestre en cada celda de prueba, eliminando aquellas celdas que contengan más de un tipo de cobertura.

Cualquiera que sea el método que se use para para seleccionar los campos de prueba, las coordenadas de los campos y la identificación del tipo de campo, son proporcionadas al procesador *PRINTRESULTS,

para producir una matriz de confusión para los puntos en esos campos. Si la selección de los campos de prueba es imparcial, los resultados deben de representar razonablemente bien la certeza general de la clasificación.

Analice como fueron clasificados los elementos en cada campo de prueba, despues complete la siguiente matriz adjunta (Tabla VI-1)

Estudie la matriz y vea si es posible contabilizar ejemplos claros de errores de omisión o comisión. Existen cambios que se deseen realizar en el refinamiento de las clases de entrenamiento, en la identificación de las clases, o en cualquier otro aspecto del análisis para mejorar la clasificación?

LEYENDA PRELIMINAR DE INTERPRETACION

(ver Leyenda anexa).

CAMPOS CLASIFICADOS COMO:

CAMPOS IDENTIFICADOS COMO:	NUMERO DE ELEMENTOS	CAMPOS CLASIFICADOS COMO:								
		CAFE	CANA	PASTO (Tierra F)	PASTO (Tierra C)	CULTIVO-SUELO	BOSQUE	ESCARPE SOMBRA	AGUA	URBANO
CAFE										
CANA										
PASTO (Tierra Fria)										
PASTO (Tierra Calida)										
CULTIVO-SUELO										
BOSQUE										
ESCARPE SOMBRA										
AGUA										
URBANO										

Tabla VI-1 Matriz de confusión con los resultados de la Clasificación. Zona Cafetera, C/marca, COLOMBIA

ANALISIS NUMERICO DE DATOS LANDSAT MSS EN LA ZONA CAFETERA COLOMBIANA
CLASIFICACION MULTIESPECTRAL APLICADA AL USO Y COBERTURA DE LA TIERRA

LEYENDA PRELIMINAR

West Lafayette, Feb. 1984

AYUDA : A. I. D.

CLASE	SUBCLASE	DESCRIPCION	No. CLASE Espect	SIM-BOLO	No. PUNTOS	AREA hectareas	EVALUACION ^e	
C A F E (C o f e e a r a b i c a)	CAFE/ T1, T2	Cafetal Tradicional con sombrio forestal denso.	5	Z	20.893	10.488	La clase K incluye cafetales con influencia de sombra topográfica. Se presenta una confusión entre el 15% y el 20% con el bosque natural y plantaciones forestales de las tierras frías. Se presenta una confusión entre el 10% y el 15% con las plantaciones de mango (Mangifera indica) de las tierras cálidas; y una confusión entre el 40% y 50% con las plantaciones de caña con influencia de sombra topográfica.	
			4	K	17.640	8.855		
	CAFE/ ST	Cafetal Tradicional con sombrio forestal poco denso y Cafetal Tecnificado con sombrio forestal.	3	X	24.485	12.292		Se presentan confusiones similares a las de las clases Z y K.
	CAFE/S	Cafetal tecnificado al sol o con sombrio poco denso; Cafetal Tradicional con sombrio poco denso. Ambos casos asociados con cultivo de plátano (Musa paradisiaca), pastos y malezas.	2	I	32.956	16.544		Presenta la reflectancia más alta (canales 3 y 4) dentro de la clase Café. Se presenta una confusión entre el 15% y el 20% con los pastos y cultivos de las tierras frías.
CAFE/P	Cafetal Tecnificado al sol, asociado con plátano, pastos o malezas.	1	/	18.080	9.076	Presenta una confusión entre el 5% y el 10% con los cultivos de tierra fría. La definición de la respuesta espectral de esta Clase de Caficultura requiere de más investigación. Este caso representa una de las posibles respuestas espectrales de esta clase.		
C A R A (S a c c h a r u m o f i c i n a r u m)	CARA	Caña con manejo tradicional, con sistema de cosecha por entresaca (las socas permanecen para dar nuevas plantas) y harajaca regularmente dispersa.	6	.	21.244	10.665	Esta clase presenta una confusión entre el 5% y 10% con los pastos y cultivos de las Tierras Frías. Plantaciones de caña con sombra topográfica se confunden con las clases de café Z, K, X entre 40% y 50%. La clase de caña " " se confunde con la clase café I entre 10% y 15%.	
			7	(	11.692	5.869	
P A S T O	PASTO-1	Pasto de Tierras Cálidas principalmente India o Guinea (Panicum maximum) rastrojos arbustivos.	8	2	11.649	5.848	La clase "+" incluye pastos en la zona cafetera y plantaciones de mango (Mangifera indica). Se presentan las confusiones mencionadas con las clases de café Z, K.	
			11	+	29.055	14.586		
	PASTO-2	Pasto de Tierra Fría, principalmente Kikuyo (Panicetum clandestinum)	9	-	5.155	2.587		Esta clase incluye pastos en la zona cafetera. Se presentan las confusiones mencionadas con la clase de café I.
			10	*	12.612	6.331		
C U L T I V O	CULTIVO 1	Cultivos de la Sabana de Bogotá y de la zona marginal fría de la Zona Cafetera.	12	=	13.504	6.779	Cultivos sin diferenciar. (sin referencia de campo)	
			13	3	13.410	6.732		
C U L T I V O	CULTIVO 2	Cultivos de la Sabana de Bogotá y suelos con escasa vegetación (Barbechos)	14	8	1.799	903	Cultivos sin diferenciar. (sin referencia de campo)	
			14	8	1.799	903		
B O S Q U E	BOSQUE 1	Bosque natural con influencia de sombra topográfica.	15	8	16.432	8.249	Bosque con sombras fuertes; se confunde con la clase sombras M.	
			16	&	15.158	7.609		
BOSQUE 2	Plantación forestal y bosque natural.	16	&	15.158	7.609	Se presentan las confusiones mencionadas con las clases de café Z, K, X.		
EROSION	(sin diferenciar)	Suelos con escasa vegetación y erosión, en la Sabana de Bogotá.	17	Y	4.024	2.020	Menos del 5% de esta clase se presenta en la Zona Cafetera y en las Tierras Cálidas. (sin referencia de campo)	
CUERPOS DE AGUA	LAGUNA	Agua de laguna con escasos sedimentos en suspensión. (Laguna Pedro Palo)	18	W	(2.027)	(1.017)	A la laguna le corresponden solamente 31 puntos; los demás puntos, en su mayoría corresponden a la clase sombras M.	
AREAS URBANAS	POBLADOS	Cabeceras municipales, Concentraciones rurales.	19	B	3.793	1.904	Esta clase incluye suelos con escasa vegetación y erosionados, principalmente de las Tierras Cálidas.	
NUBES	—	Nubes del borde occidental de la Sabana de Bogotá.	20		2.403	1.206	Ocupan el 0.8% de la zona de estudio.	
SOMBRAS	—	Sombras de nubes y escarpes.	21	M	7.100	3.564	Ocupan el 2.5% de la zona de estudio. Entre un 20% y un 30% corresponden a la clase Bosque 4.	
TOTALES	—	—	—	—	353.537	143.132	—	

NOTA : ^e - Los porcentajes están relacionados con el número de puntos de cada clase y de acuerdo con las pruebas de errores de omisión y comisión realizadas.

- Las confusiones que se presentan, excepto por sombras topográficas fuertes y por sombras de nubes, están relacionadas a cambio de zona climática. En esta investigación se tuvieron en cuenta las siguientes zonas climáticas para la evaluación de los resultados, teniendo como referencia los resultados (mapas) del Censo Cafetero 1980-81 y con un criterio altitudinal : - Tierras Frías (1800 a 3000 m. s. n. m.) - Zona Cafetera (1000 a 1800 m. s. n. m.) - Tierras Cálidas (menos de 1000 m. s. n. m.)

- Este aspecto se debe tener en cuenta para una interpretación ajustada de los resultados. La precisión de la clase de caficultura tradicional (Z, K, X, I) considerando solamente la zona cafetera, está alrededor de 70 a 80%. La clase de caficultura tecnificada (I, P) requiere de más investigación para su evaluación y definición espectral.

- Los resultados de esta investigación se evaluarán e interpretarán, posteriormente, en el Departamento Censo Cafetero de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Los resultados de esta investigación permiten mostrar la aplicabilidad futura de la tecnología de análisis numérico de datos Landsat con ayuda del computador, en la consecución de información periódica sobre uso y cobertura de la tierra en la zona cafetera colombiana.
2. La aplicación inmediata de esta tecnología se limita al desarrollo de investigación básica sobre aspectos como: Caracterización de respuestas espectrales de la vegetación (especialmente del café - *Coffea arabica* variedades Tipica, Caturra y Colombia), respuestas espectrales de la renovación de cafetales (Soqueo) y de plantaciones afectadas por roya (*Hemileia vastatrix* Berk. & B.), influencia de sombras topográficas en la variación de respuestas espectrales, el uso de nuevos sensores (Mapeador Temático, SPOT) y la implementación del análisis automatizado de los datos.
3. Considerando el cinturón cafetero de la zona de estudio (1000 a 1800 m.s.n.m.), la precisión de la clasificación de la caficultura tradicional está alrededor de 70% a 80%. La clasificación de la caficultura tecnificada requiere de más investigación para su definición espectral ya que la muestra de estudio no fue suficientemente representativa.
4. La interpretación de los resultados aumenta de precisión si se tiene en cuenta la estrecha relación entre la altitud y la distribución del uso de la tierra.
5. Las clases espectrales bosque natural y bosque de sombrío para café, presentan una confusión entre 15% y 20%.
6. La clasificación de las clases espectrales pastos de tierras frías y templadas (*Pennisetum clandestinum*), áreas urbanas y cuerpos de agua presentan una precisión de alrededor de 85%.
7. La cobertura frecuente de nubes en la zona cafetera y la no recepción directa de los datos, limitan la disponibilidad oportuna de la información de los satélites Landsat 4 y 5, actualmente en órbita.
8. Los resultados de esta investigación y los avances logrados con el Mapeador Temático de Landsat 4 y 5, ameritan delantar una investigación con la tecnología de este sensor.

9. El paquete de programas LARSYS DV se considera aplicable para el análisis automatizado de datos Landsat en la zona cafetera , teniendo en cuenta la compatibilidad con el equipo IBM-4341 de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.
10. Promover y coordinar el uso múltiple e inter-institucional de la Tecnología Landsat, relacionado con los requerimientos especiales de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) para la obtención de los datos de Colombia.

BIBLIOGRAFIA

1. AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY, Manual of Remote Sensing, Colwell, R. N., editor in Chief, 2nd Edition, Falls Church, Virginia, USA, 1983.
2. ANUTA, P. E., Geometric Correction of ERTS-1 Digital Multispectral Scanner Data, LARS Information Note 103073, Laboratory for Applications of Remote Sensing, West Lafayette, IN, USA, 1973.
3. BARTOLUCCI, L. A., LOZANO, F., TILTON, J., Taller Práctico en el Análisis de Datos Multiespectrales, Publicación LARS No. 050583, Laboratory for Applications of Remote Sensing, Purdue University, West Lafayette, IN, USA, 1983.
4. BARTOLUCCI, L. A., PHILLIPS, T. L., VALENZUELA, C., Bolivian Digital Geographic Information System, Proceedings of Machine Processing of Remotely Sensed Data Symposium, West Lafayette, IN, USA, 1983.
5. BARTOLUCCI, L. A., Calibration of Landsat MSS Data, LARS Technical Report No. 121282, Laboratory for Applications of Remote Sensing, Purdue University, West Lafayette, IN, USA, 1982.
6. -----, Procesamiento Digital de Datos Multiespectrales de Per - cepción Remota, Laboratory for Applications of Remote Sensing, Purdue University, West Lafayette, IN, USA, 1979.
7. DAVIS, S., et al., Image Processing Using a COMTAL Vision One System - Beginner's Guide, LARS Publication No. 121281, Laboratory for Applications of Remote Sensing, Purdue University, West Lafayette, IN, USA, 1981.

8. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA, Censo Cafetero 1980 - 81, Departamento de Estudios y Proyectos Básicos Cafeteros, Bogotá, Colombia, 1983.
9. -----, Manual de Fotointerpretación Cafetera, Departamento de Estudios y Proyectos Básicos Cafeteros, Bogotá, Colombia, 1977.
10. -----, Investigaciones Preliminares para Detectar la Roya del Café (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) con Fotografías Aereas Infrarojas-color, Departamento de Estudios y Proyectos Básicos Cafeteros, Bogotá, Colombia, 1983.
11. FLEMING, M., HOFFER, R., Machine Processing and DMA Topographic Data for Forest Cover Type Mapping, LARS Technical Report 062879, Laboratory for Applications of Remote Sensing, Purdue University, West Lafayette, IN, USA, 1979.
12. GAMBA, F., Optimization of Digital Landsat Data Using Mathematical and Statistical Techniques, First Colombian Symposium on Remote Sensing, Bogotá, Colombia, 1981; Mower, et al., editors, University of North Dakota, ND, USA, 1982.
13. LABORATORY FOR APPLICATIONS OF REMOTE SENSING, LARSFRIS User's Manual, LARS Staff, Purdue University, west Lafayette, IN, USA, 1980.
14. -----, LARSFRIS Preprocessing User's Guide, LARS Staff, Purdue University, West Lafayette, IN, USA, 1980.
15. Mac.DONALD, R. B., BAVER, M. E., et al., Results of the 1971 Corn Blight Watch Experiment, Purdue University/LARS, West Lafayette, IN, USA, 1972.
16. NASA, Manual Sobre las Características de las Cintas Compatibles con Computadoras Producidas por el Sistema de Procesamiento Digital de Imágenes en el Centro de Datos EROS, Servicio Geológico de los Estados Unidos, Departamento del Interior, USA.
17. OLMOS, E., SUAREZ, J., The Landsat Image and the Land Use Map: A Colombian Example, First Colombian Symposium on Remote Sensing - Bogotá, Colombia, 1981, Mower, R., et al., editors, University of North Dakota, ND, USA, 1982.

18. SANTA BARBARA RESEARCH CENTER, Landsat Sensor Design and Operation, Short Course for Users, Santa Barbara, CA, USA, 1983.
19. SATTERWHITE, M., RICE, W., SHIPMAN, J., Using Land Form and Vegetative Factors to Improve the Interpretation of Landsat Imagery, Photogrammetry Engineering and Remote Sensing, Vol. 50, No. 1, January 1984, pp 83-91.
20. SWAIN, P. H., DAVIS, S. M., Remote Sensing: The Quantitative Approach, Mc.Graw - Hill, New York, 1978.
21. TARANICK, J. V., Formation of the MSS Picture Element, US Geological Survey, pp. 33-39, 1978.
22. VALDES, J. A., LOZANO, F., Análisis Numérico de Datos Landsat Zona Quito - Ecuador, Caso de Estudio, Publicación LARS No. 082283, Laboratory for Applications of Remote Sensing, Purdue University, West Lafayette, IN, USA, 1983.