

## APLICACIONES DE LA TELEDETECCION AL LEVANTAMIENTO DEL USO DE LA TIERRA EN LA ZONA CAFETALERA NORTE DE LA CIUDAD DE ALAJUELA, COSTA RICA

Eduardo Hernández Z. \*

### RESUMEN

El presente es un trabajo de aplicación de la teledetección con el apoyo de la cartografía topográfica y de fotografías aéreas para el levantamiento del uso del suelo en la zona cafetalera norte de la ciudad de Alajuela, Costa Rica.

La zona de estudio está situada en el Valle Central de Costa Rica. Se trata de una zona agrícola destinada al cultivo del café, de la caña de azúcar, de pastos extensivos e intensivos y a la horticultura. Las partes altas de montañas y cañones de ríos son cubiertas por el bosque natural.

Esta zona ha experimentado una transformación reciente de la utilización del suelo. En efecto, los cultivos de exportación (flores y plantas ornamentales) hacen su aparición de manera violenta.

\* Profesor-Investigador D.E.S.S. en Teledetección, Escuela de Ciencias Ambientales. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.

El objetivo de este trabajo es producir un mapa del uso de la tierra aplicando métodos de investigación tradicionales y modernos de la Geografía, donde la teledetección juega un rol muy importante en la puesta al día de la información cartográfica.

Finalmente, esta técnica espacial unida a la información extraída de los mapas topográficos, de las fotografías aéreas y del trabajo de campo, ha permitido generar dicha imagen-mapa del uso de la tierra.

## **SUMMARY**

This paper deals with application of the land use surveying in a coffee-plantation area in the Northern part of the city of Alajuela, with the support of topographic cartography and aerial photography.

This agricultural area, located in the Central Valley of Costa Rica, has been devoted to different uses: coffee, sugar cane, extensive and intensive pasture land horticulture. The higher parts of the mountains and river canyons are covered by forest.

This area has experienced recent changes in those traditional land use patterns. New export staples, such as flowers and ornamental plants, show up with violently.

The objective of this paper is to realize a map of the current land use in that area using traditional and modern Geographic methods of research where teledetection plays a very important role to up date the cartographic information.

Finally, this spatial technique, together with the information extracted from the topographic maps, aerial photographs and from the field work, have allowed me to generate the map of the new uses of land.

## **RESUME**

Ce document est un travail d'application de la télédétection à l'aide de la cartographie topographique et des photos aériennes sur l'occupation du sol dans la région cafetière nord d'Alajuela au Costa Rica.

La zone d'étude est située dans la vallée centrale du Costa Rica. Il s'agit d'une zone agricole consacrée à la culture du café, de la canne à sucre, des pâturage extensifs et intensifs et à l'horticulture. Les parties hautes de la montagne sont couvertes par la forêt naturelle.

Cette zone a connu une transformation récente dans l'occupation du sol. En effet, les cultures d'exportations (fleurs et plantes de décoration) font leur apparition en force.

L'objectif de ce travail est de produire une carte d'occupation du sol en appliquant des méthodes de recherche traditionnelles et modernes où la télédétection spatiale joue un rôle très important pour la mise à jour des informations cartographiques.

Cette technique spatiale unie aux informations tirées de la carte topographique, des photographies aériennes et du travail sur le terrain, a permis de gérer une image-carte de l'occupation du sol.

## I. INTRODUCCION

La teledetección puede ser definida como el conjunto de técnicas que son utilizadas para la determinación a distancia de las propiedades de superficies naturales o producto de las transformaciones que la sociedad hace de estas (suelos, rocas, bosques naturales, superficies de aguas, cultivos, asentamientos humanos) a partir de rayos que ellas reflejan o emiten en diferentes dominios de amplitud de ondas electromagnéticas.

Cotidianamente, los seres humanos utilizamos la luz visible, reflejada o emitida por los objetos para informarnos y ubicarnos en nuestro medio ambiente inmediato. No obstante, nuestra percepción de los fenómenos es limitada pues nosotros somos sensibles a una parte muy débil del espectro del rayonnement electromagnético.

Por su parte, los sistemas aeroespaciales (satélites) y sus equipos, se ocupan de registrar y medir las respuestas de los diferentes cuerpos tanto en los dominios visible como no visible.

De manera simplificada, los sistemas de teledetección se han desarrollado y diseñado para la medición de las respuestas de los objetos en diferentes campos de dominio del espectro electromagnético, estos son:

— *Espectro visible* (0,4 a 0,7  $\mu\text{m}$ ). Definido de esta manera por ser la única radiación electromagnética que pueden percibir nuestros ojos. Dentro de este espectro pueden distinguirse tres bandas básicas, denominadas como: *azul* (0,4 a 0,5  $\mu\text{m}$ ); *verde* (0,5 a 0,6  $\mu\text{m}$ ), y *rojo* (0,6 a 0,7  $\mu\text{m}$ ), en función a los colores elementales que se asocian a esas longitudes de ondas.

— *Infrarrojo próximo* (0,7 a 1,3  $\mu\text{m}$ ). Su principal utilización en teledetección es para la discriminación de masas vegetales y concentraciones de humedad.

— *Infrarrojo medio* (1,3 a 8  $\mu\text{m}$ ). En esta banda es donde se combinan los procesos de reflexión de la luz solar y de emisión de la superficie terrestre.

— *Infrarrojo lejano o térmico* (8 a 14  $\mu\text{m}$ ). Que concentra la porción emisiva del espectro terrestre.

— *Microondas* (a partir de  $1 \mu\text{m}$ ). De especial interés por ser un tipo de energía muy transparente a la cubierta nubosa.

A manera de ilustración, a continuación se aporta una gráfica que muestra el comportamiento de diferentes cubiertas terrestres, sus respuestas en términos de reflexión de la luz en los diferentes dominios de largo de onda. (Gráfico No. 1).

Si bien es cierto, en el espectro visible ( $0,4$  a  $0,7 \mu\text{m}$ ), algunas cubiertas tienen respuestas similares, en otras (a partir de  $0,7 \mu\text{m}$ ) el comportamiento se torna mucho más selectivo.

Los polos opuestos lo manifiestan tanto la nieve como el agua, la primera tiene una alta capacidad de reflexión de la luz, mientras que la segunda, absorbe la mayor parte de la energía recibida. La vegetación por su lado, presenta los valores más elevados en el infrarrojo cercano.

Es importante señalar, que las mediciones hechas por los captos dependen no solamente de los cuerpos reflectantes y sus propiedades sino que de factores tales como: las condiciones atmosféricas a la hora de toma de vista del satélite, las condiciones de ubicación de las cubiertas, así como la posición geométrica del satélite respecto del punto objeto de observación.

El conocimiento de la zona de estudio en términos de los diferentes tipos de cubiertas existentes, como por ejemplo las diversas prácticas agronómicas de los cultivos, sus estados vegetativos (estado de crecimiento), las densidades de siembra, su posición respecto al satélite, constituyen elementos necesarios e importantes para el tratamiento de las imágenes y los productos a generar a partir de ellas.

## II. LA ZONA DE ESTUDIO

Esta corresponde a la parte norte de la ciudad de Alajuela, concentrando los distritos de Carrizal, San Isidro y Sabanilla del cantón Central de la provincia de Alajuela. (Mapa N° 1).

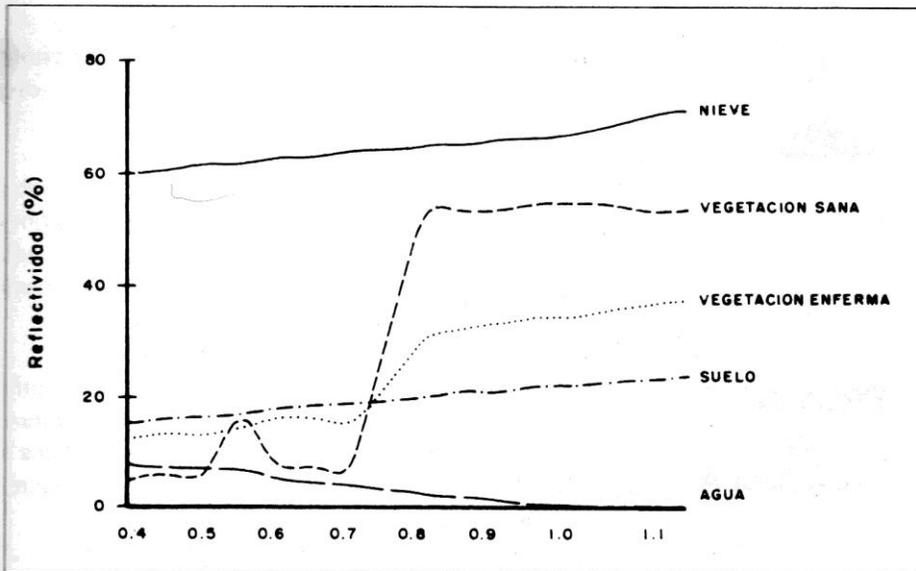
Desde el punto de vista geológico, la zona se localiza sobre formaciones de origen sedimentario y volcánico correspondientes al Pleistoceno y del Terciario. Los terrenos intrusivos del terciario conforman las diferentes cuencas hidrográficas que drenan la zona.

A partir de los 1.100 metros de altitud, los terrenos son abruptos y difíciles a la mecanización agrícola.

A nivel de clima, según W. Herrera (1985), la zona posee cuatro grandes grupos de climas: clima subhúmedo-húmedo ( $1.420$ - $2.050$  mm. de precipitación anual), clima

**Gráfico N° 1**  
**Signaturas espectrales típicas de distintas cubiertas.**

Tomado de: Chuvieco, E. 1990. p. 59.



húmedo (2.050-2.400 mm.), clima muy húmedo (2.840-3.500 mm.) y clima excesivamente húmedo (pluvial, 3.500-4.560 mm.).

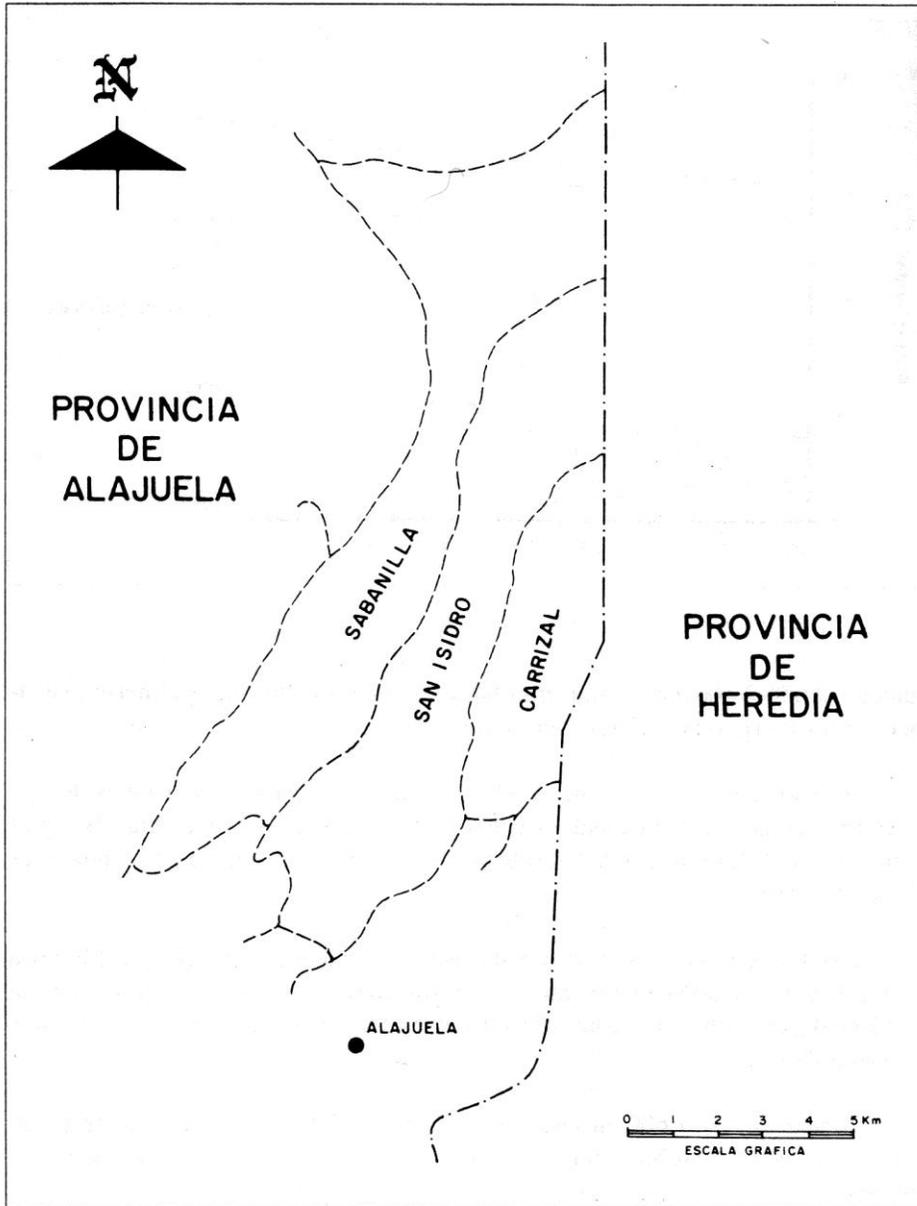
Basados en Luis D. Gómez (1985), en la zona existen vegetaciones de tipo Estacional como No Estacional. Dentro de las primeras, se encuentran Bosques semidesiduos de Bajura, tropicales, sobre formas de origen volcánico, con topografías planas (5-30%).

Las Formaciones No Estacionales están definidas por el Bosque Lluvioso Tropical Submontano Siempreverde, sobre formas de origen volcánico y de topografía accidentada, con pendientes entre 15 y 60%, suelos asociados a afloramientos rocosos y coladas de lavas.

Arriba de los 1.600 m.s.n.m. se encuentra el Bosque Lluvioso Tropical-Subtropical Montano sobre condiciones geológicas y suelos similares a la vegetación anterior.

Pasada la primera mitad del presente siglo, el crecimiento demográfico y la expansión urbana consecuente se hace sentir en todo el Valle Central y Alajuela se consolida como la segunda ciudad en importancia de Costa Rica.

Mapa N° 1.  
Zona de estudio.



Algunos investigadores y en particular Carolyn Hall (1991), en cuanto a la producción cafetalera, dividen el Valle Central de Costa Rica en Occidental y Oriental, teniendo cada uno una dinámica diferente.

La zona de estudio se localiza en la parte Occidental que se ha caracterizado históricamente por el desarrollo del cultivo del café asociado al de la caña de azúcar, pastos y granos básicos con alguna actividad hortícola.

Recientemente, la zona ha experimentado una dinámica específica importante en cuanto al uso del suelo se refiere, se trata del establecimiento de cultivos para la exportación tales como plantas ornamentales y flores. La mayor parte realizados bajo techo, con una expresión física considerable (extensión) y un impacto sobre la estructura de tenencia de la tierra y del empleo de la mano de obra en la zona.

Lo que era un paisaje más o menos homogéneo hasta la década de los setenta definido por la caña de azúcar, el café, los pastos, los granos básicos y la horticultura se ven parcial y totalmente sustituidos, según el caso, por los cultivos de exportación. Lo anterior, unido al comportamiento de los precios del café a nivel internacional, demuestran esta afirmación.

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **A. MATERIALES**

Los materiales que a continuación se mencionan sirvieron de apoyo a los métodos desarrollados dada la naturaleza metodológica del presente trabajo.

1. *Fotos aéreas*  
Escala: 1:50.000  
Fecha: 16-02-80  
Tipo: Pancromáticas  
Calidad: Buena.  
Institución: Instituto Geográfico Nacional.
2. *Cartografía*  
Hojas Topográficas  
Escala: 1:50.000  
Fechas: 1967 y 1989.  
Institución: Instituto Geográfico Nacional.
3. *Datos Numéricos*  
Estratos de la imagen SPOT, K-624, J-330.  
Formato: Diskettes  
Fecha de toma de vista: 28-03-88

Resolución espacial:	20 metros en modo multiespectral.
Instrumento:	HRV
Número de píxeles por línea:	1.024
Número de píxeles por columna:	512
Nivel de tratamiento:	1B, con calibración radiométrica. Con correcciones geométricas ligadas a las deformaciones introducidas por el sistema (rotación de la tierra, efecto de panorámica).

Bandas espectrales:

Canal

XS1	de 0,50 a 0,59	μm (Verde)
XS2	de 0,61 a 0,68	μm (Rojo)
XS3	de 0,69 a 0,89	μm (Próximo infrarrojo).

## B. METODOS

Para la elaboración de este trabajo se siguieron las siguientes etapas:

1. *Definición de la Zona de Estudio.* Debido a que el interés de investigación era trabajar una zona cafetalera, unido al conocimiento del terreno y la disponibilidad de información cartográfica, estadística, de fotografías aéreas, de imágenes de satélite, se decidió seleccionar la zona cafetalera al norte de la ciudad de Alajuela.
2. *Construcción de una base de referencia del campo.* Tomando como base la fotointerpretación de fotografías aéreas y de un trabajo de campo realizado en 1991 se trató de hacer una construcción lo más fiable posible de la realidad. Esta etapa es muy importante debido a que el tratamiento numérico de la imagen, etapa posterior, así lo demanda.
3. *Tratamiento numérico de la imagen.* Como el nivel de tratamiento de la escena era de 1B, se trata de llevar la escena al nivel de 2B, quiere decir restituyéndola dentro de un sistema de representación cartográfica, en nuestro caso, el Lambert. Se seleccionaron puntos en las hojas topográficas a escala 1:50.000 los que debieron ser localizados en la imagen, luego se digitalizaron y se trasladaron a la imagen, haciéndolos coincidir lo máximo posible con los seleccionados en la imagen.

Después de obtener resultados estadísticos aceptables, se procedió a la corrección obteniendo un viraje de la imagen hacia la derecha producto de su reorientación respecto al norte cartográfico.

Seguidamente, se efectuó una *composición coloreada* de la imagen, resulta que el captor HVR del satélite SPOT contiene tres canales correspondientes a los dominios de longitud de onda: verde, rojo y el infrarrojo. Para efectuar este paso, es suficiente con asignar un falso color a cada canal, esto es: al XS1 el Azul, al XS2 el Verde y al XS3 el Rojo.

La combinación de los tres canales genera una imagen-producto que permite una mejor delimitación visual de determinadas coberturas de suelo no fácilmente distinguibles en los canales brutos XS1, XS2 y XS3.

La experimentación establece que este tipo de composición facilita la cartografía de masas vegetales, coberturas de agua y ciudades, debido al contraste obtenido. De ahí su gran utilidad para el levantamiento cartográfico del uso del suelo.

Las coberturas con color rojo fuerte coinciden con la vegetación verde intensa con una respuesta radiométrica importante en el canal XS3.

Los resultados anteriores, ligados al conocimiento del campo y la fotointerpretación de las fotografías aéreas, permite afirmar a priori su correspondencia con el café y en la parte superior de la imagen con los remanentes de bosques (Imagen N° 1).

Posteriormente, se procedió a elaborar el *Indice de Vegetación*, mediante esta transformación de la imagen se busca obtener una mejor discriminación entre los suelos y la vegetación, por otro lado, se intenta reducir el efecto del relieve (pendiente y orientación). En nuestro caso, estos resultados son muy importantes dadas las características de la Zona de estudio: las condiciones del relieve de pie de monte y de montaña y por encontrarnos en un área eminentemente agrícola, por lo que la discriminación de suelos y vegetación resulta necesaria.

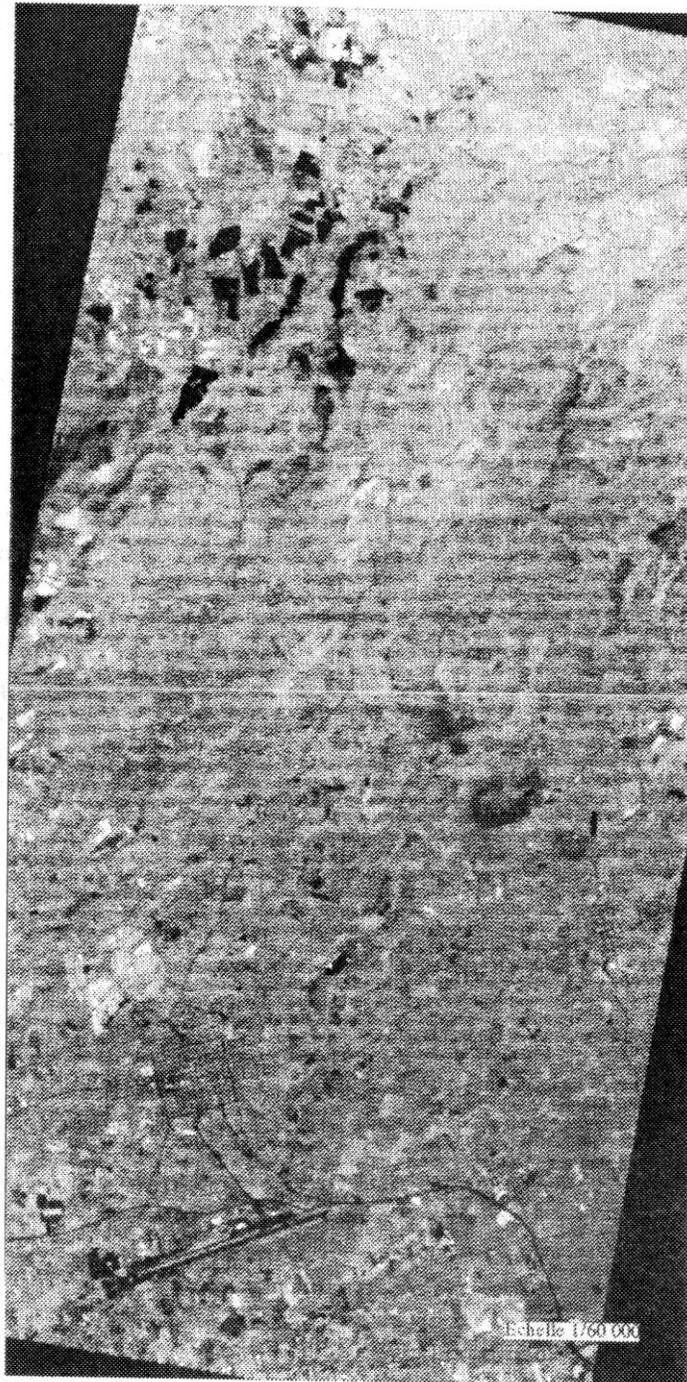
Conociendo la existencia de remanentes de bosque, el café, de pastos intensivos, entre otros, se pretendió contrastar uno respecto de los otros para la posterior fase de clasificación del uso del suelo.

La imagen-producto (Imagen N° 2) presenta un contraste considerable entre los suelos cubiertos de vegetación y los desprovistos de esta, como son los suelos con cobertura urbana y los cubiertos por una vegetación débil en contenido de clorofila, como por ejemplo la caña de azúcar y los pastos extensivos.

Los tonos de gris claro representan los cultivos fuertes en contenido clorofiliano y por el contrario, los más endebles aparecen con tonos de gris más fuerte.

Un elemento a considerar es la fecha de toma de vista del satélite, marzo de 1988, plena estación seca, lo que contribuyó a la imagen producto obtenida.

**Imagen N° 1.**  
**Indice de brillo.**



**Imagen Nº 2.**  
**Indice de vegetación.**



El *Índice de Brillantez* permite distinguir los suelos desnudos de acuerdo con su naturaleza y contenido de humedad.

Conociendo la fecha de pasada del satélite, las condiciones climáticas imperantes y la existencia en la zona de suelos similares a los desnudos, se procedió a hacer la transformación.

A la inversa de la imagen-producto anterior (Imagen N° 3), los elementos con mayor contenido de clorofila se presentan en tonos de gris sombra, mientras los más débiles en contenido de clorofila más se manifiestan con tonos de gris más claro.

Los elementos lineares se resaltan como es el caso de rutas y del casco urbano de la ciudad de Alajuela.

La aplicación del *Análisis en Componentes Principales (ACP)* obedeció al interés de explotar aún más los contenidos de la imagen y la capacidad de síntesis de los ACP sin riesgo de pérdida de información.

«En teledetección los ACP permiten sintetizar las bandas originales, creando unas nuevas bandas —los componentes principales de la imagen—, que recojan la mayor parte de la información original» (CHUVIECO, E., 1990.).

La imagen-producto (Imagen N° 4) presenta una mayor riqueza de contrastes y gradación al interior de cada color. Así, la vegetación se asocia a diferentes tonos de verde, unido a su contenido de humedad y densidad. Los suelos se identifican con tonos rojizos, transformándose en magenta cuando hay presencia de cubierta vegetal poco densa. La ciudad y las rutas se observan de manera más detallada.

Posteriormente se realizó la combinación de los nuevos canales creados, basados en la literatura existente al respecto y la experimentación realizada, en ese sentido se combinaron la imagen-producto del Índice de Vegetación (IV), más la del Índice de Brillantez (IB) y el canal XS3: (IV+IB+XS3). También se hizo la operación con los Componentes Principales combinando los canales: (ACP1+ACP2+XS1).

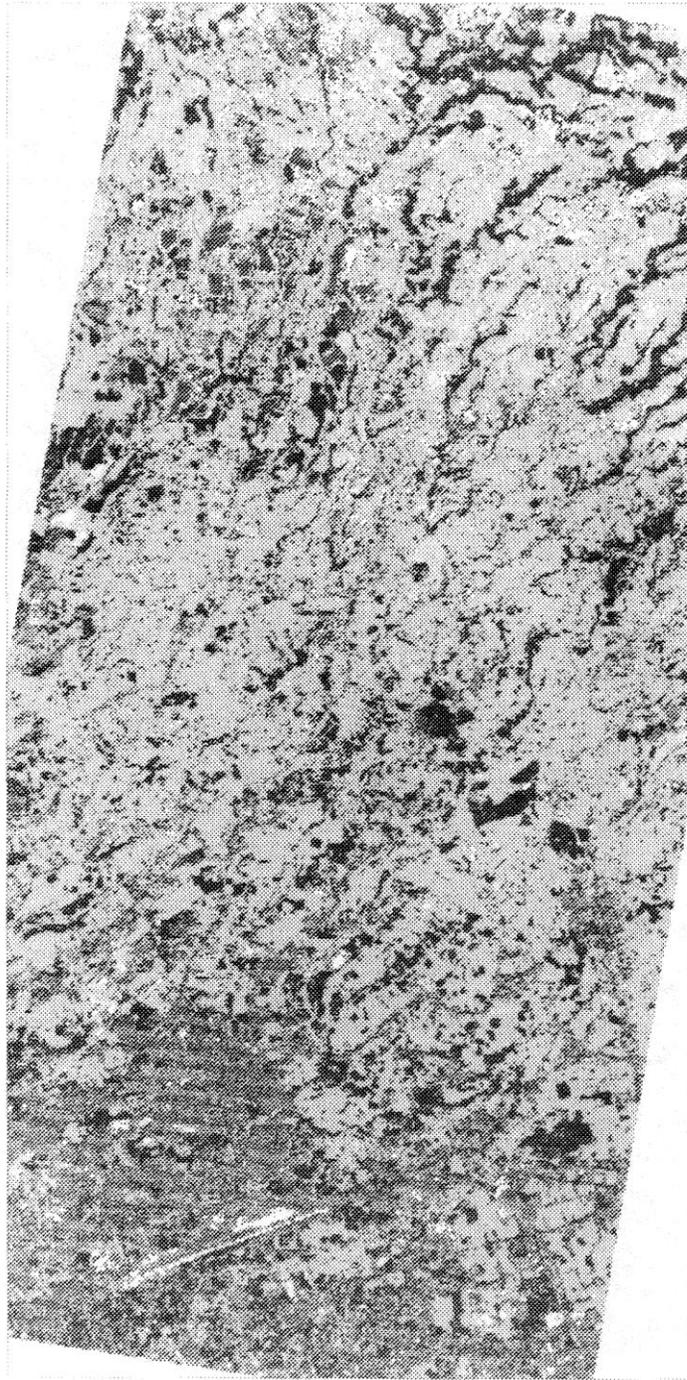
En el primer caso, se logra una discriminación de la imagen en términos de suelos desnudos, elementos lineares y aquellos ubicables en el nivel de respuesta radiométrica del agua.

En el segundo, a nivel de vegetación resulta muy rica pues se distinguen verdaderas zonas de cobertura importante para la definición zonal de usos de la tierra.

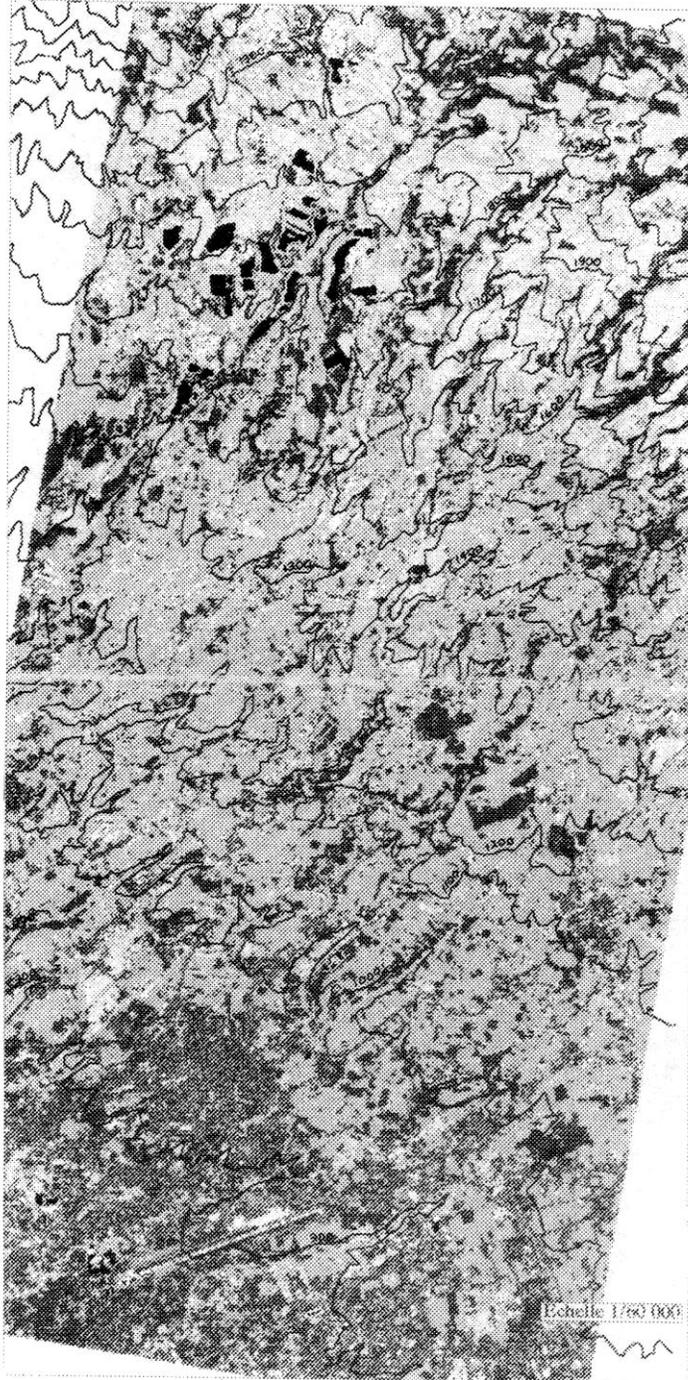
#### **IV. REALIZACION DEL MAPA DEL USO DEL SUELO**

Para lograr esta etapa se desarrollaron las siguientes subetapas:

**Imagen N° 3.**  
**Clasificación del uso del suelo a partir de los canales XS1, XS2 y XS3.**



**Imagen N° 4.**  
**Clasificación de uso del suelo a partir de neocanales ACP.**  
**Integración de las curvas de nivel.**



## 1. *Definición de temas a partir de fotografías aéreas*

Se fotointerpretaron las fotografías aéreas disponibles correspondientes al año de 1980, escala 1:40.000, esto unido al conocimiento del campo permitió definir las siguientes clases de uso del suelo:

- Cultivos bajo techo blanco
- Cultivos bajo techo negro
- Café
- Caña de azúcar
- Cultivos anuales
- Bosque
- Pasto extensivo
- Pasto intensivo
- Urbano

La fecha de toma de las fotografías, febrero de 1980, en plena estación seca, ello no permitiera ir más allá en la discriminación de temas. En otras condiciones, quizás, otros usos se hubieran definido mejor, pero los obtenidos se consideraron como suficientes.

## 2. *Levantamiento de parcelas en la imagen*

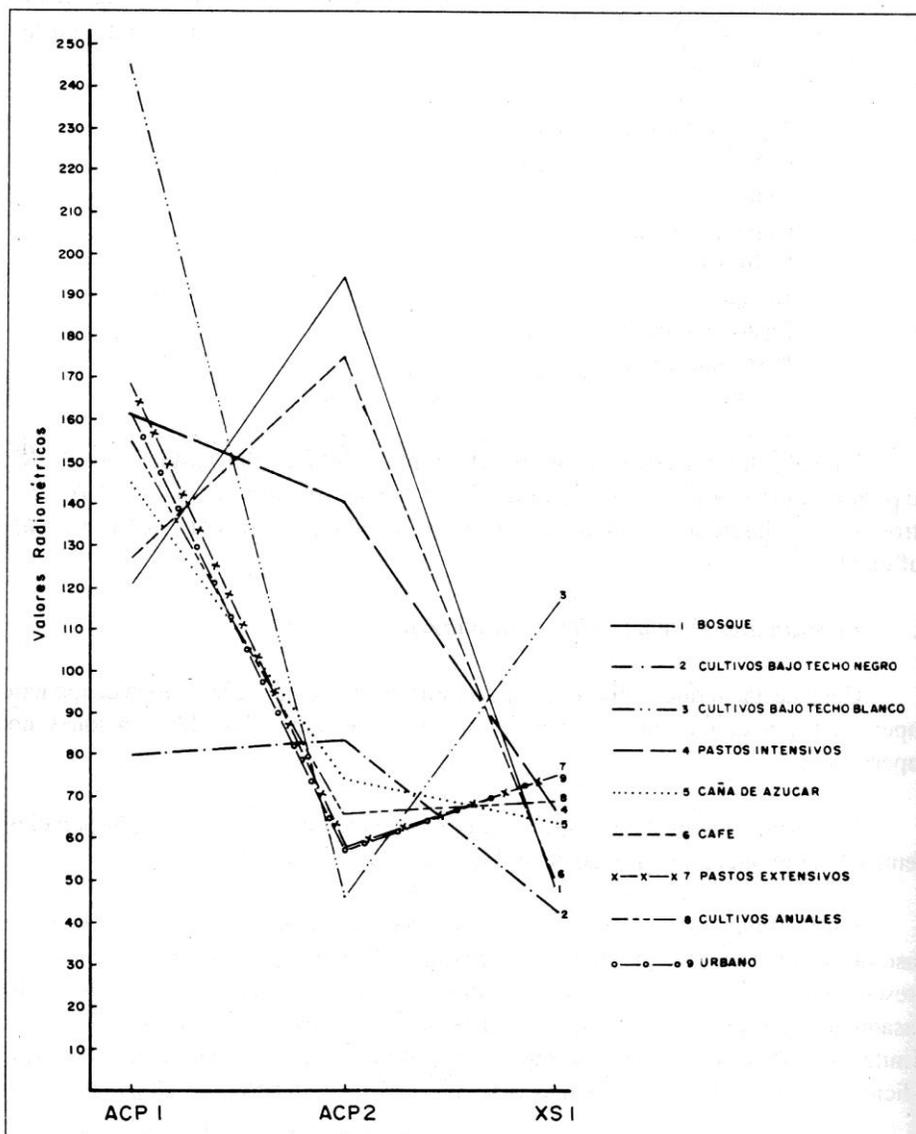
Cabe destacar que se procedió a hacer una clasificación de la imagen de manera supervisada en conocimiento de las limitantes que tienen las clasificaciones no supervisadas.

De ahí que tomando como guía la fotointerpretación, se levantaron 200 parcelas dentro de la imagen, denominadas también parcelas de control.

Para algunas categorías de uso no fue tan complejo su levantamiento, tal es el caso del Café y del Bosque dada su discriminación bien definida. La dificultad se presentó en la Caña de Azúcar y Pasto Extensivo, esto por cuanto en marzo (fecha de pasada del satélite) sus condiciones visuales y de respuestas radiométricas son muy similares; a estas dos categorías se agrega los Cultivos Anuales por las mismas razones, adicionándoseles los efectos de densidad de siembra y tamaño del follaje.

A partir de las 200 parcelas levantadas, se realizaron los cálculos estadísticos con el fin de verificar su validez, así, se eliminaron aquellas con una Desviación Tipo elevada para evitar efectos negativos tanto en las estadísticas de clases y por consecuencia en la clasificación final. Por esta razón al final se retuvieron solamente 127 parcelas de control.

**Gráfico N° 2.**  
**Curvas espectrales de los canales ACP1, ACP2 y XS1.**



3. *Clasificación basada en los ACP*

3.1. *Respuestas espectrales de las clases*

De una manera global, a partir de la figura de curvas espectrales de los canales

ACP1, ACP2 y XS1, se desprenden cinco perfiles radiométricos diferentes. En efecto, un primer perfil es definido por los Bosques y el Café (Clases 1 y 5). Estas clases responden muy fuertemente en los dos primeros canales esto es, entre 120 y 130 en el ACP1, entre 170 y 195 (ACP2) y débilmente en el canal XS1. Este comportamiento se debe al elemento vegetal activo clorofiliano de estas dos formaciones vegetales.

Un segundo perfil está formado por los Pastos Intensivos (Clase 4) que presenta una fuerte respuesta en el ACP1 (160), en el ACP2 (140) y en el XS1 (70). Estas dos primeras respuestas elevadas, pueden ser explicadas por el efecto de la humedad contenida en los suelos desnudos como capas subyacentes de los Pastos Intensivos.

Un tercer perfil está constituido por la Caña de Azúcar, los Pastos Extensivos, los Cultivos Anuales y lo Urbano (Clases 5, 7, 8 y 9). Estos temas tienen una fuerte respuesta espectral en el ACP1 (entre 140 y 170) que disminuye en el ACP2 en cerca de 65 valores radiométricos y seguidamente aumenta en cerca de 75 en el canal XS1. Este puede ser definido como el comportamiento típico de clases heterogéneas.

Los cultivos bajo techo blanco (3) representa el cuarto perfil espectral con una muy fuerte respuesta en el canal ACP1 (245) que baja a 43 en el ACP2 subiendo a 110

**Tabla N° 1.**  
**Matriz de confusión de clases en los ACP1, ACP2 y el canal XS1.**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	R
1	<b>88,4</b>	0	0	0	0	11,6	0	0	0	0
2	0	<b>96,3</b>	0	0	0	0	0	0	0	3,7
3	0	0	<b>76,0</b>	0	0	0	0	0	0	24
4	0	0	0	<b>98,7</b>	0	0,4	0	0	0	0,9
5	0	0	0	0	<b>85,6</b>	0,7	5,2	4,9	3,6	0
6	23,5	0	0	0	0	<b>73,9</b>	0	0	10	0
7	0	0	0	0	8,3	0	<b>76,7</b>	5	10	0
8	0	0	0	4,5	34,5	0	20	<b>31,8</b>	7,3	1,8
9	0	0	0	4,5	5,5	2,1	15,4	15,4	<b>52,4</b>	4,8

Fuente: HERNANDEZ, E. 1992.

en el canal XS1. Este comportamiento obedece al tipo de material y color de los viveros con una alta capacidad de reflectancia de la luz. Es similar al caso de la nieve en la gráfica que se presentó al inicio de este artículo.

La clase Cultivos bajo techo negro (2), se distingue claramente, conformando el último perfil espectral cercano a 80 en el ACP1 y ACP2, con 42 valores radiométricos en el canal XS1. Recordemos la gráfica con los cuerpos con características similares al agua, las que concentran gran parte de la energía recibida.

### 3.2. *Análisis de la matriz de confusión de clases*

De acuerdo con la Matriz de confusión (Tabla N° 1) que se presenta en la página anterior, en efecto, de las nueve clases definidas al principio, 7 presentan porcentajes de píxeles bien clasificados entre un 74 y un 99%, vale decir las clases 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7. Solamente los Cultivos anuales y lo Urbano que presentaron resultados poco elevados del orden del 32% y 52% respectivamente bien clasificados.

En el caso de los Cultivos anuales es completamente entendibles toda vez que la Matriz presenta un porcentaje del 34.5% de píxeles confundidos con la Caña de Azúcar, la que a su vez se confunde con Pastos Extensivos en un 20%.

### 3.3. *Resultado en extensión de la clasificación de los ACP*

N°	Nombre	%
1	Bosque	6.30
2	Cultivos bajo techo negro	0.81
3	Cultivos bajo techo blanco	0.18
4	Pastos Intensivos	10.99
5	Caña de Azúcar	8.85
6	Café	41.44
7	Pastos Extensivos	2.79
8	Cultivos Anuales	5.56
9	Urbano	7.59
10	Píxeles no clasificados	15.48

### 3.4. *Interpretación visual de la clasificación*

Para una mejor interpretación de la imagen-producto de la Clasificación del uso del suelo en los canales ACP1, ACP2 y XS1, se elaboró la Tabla N° 2 que incorpora los criterios para la identificación visual de la imagen.

**Tabla N° 2**  
**Criterios para la identificación visual de la Imagen de Uso de la Tierra a**  
**partir de los ACP y el Canal XS1.**

<i>Temas</i>	<i>Color</i>	<i>Forma</i>	<i>Tamaño de unidades</i>	<i>Textura</i>	<i>Localización</i>
<b>cultivos bajo techo blanco</b>	gris	cualquiera	pequeña	homogénea	norte y en medio
<b>cultivos bajo techo negro</b>	azul	cualquiera	pequeñas y medianas	muy homogénea	norte y suroeste
<b>café</b>	verde claro	cualquiera	grandes y medianas	homogénea	medio y sureste
<b>caña de azúcar</b>	café	cualquiera	pequeñas y medianas	homogénea	medio y sur
<b>cultivos anuales</b>	beige	cualquiera	pequeñas	homogénea	sur
<b>bosque</b>	rojo	cualquiera	medianas y pequeñas	homogénea	norte y noreste
<b>pasto intensivo</b>	gris sombra	cualquiera	pequeñas	homogénea	medio y sur
<b>pasto extensivo</b>	amarillo pálido	cualquiera	medianas y pequeñas	homogénea	norte y noreste
<b>urbano</b>	rosado	irregular y lineal	grandes y pequeñas	heterogénea	sur y suroeste

*Fuente:* HERNANDEZ, E. 1992.

## V. CONCLUSIONES

- Este trabajo de aplicación demuestra la complementariedad e interés de los métodos tradicionales y modernos para el estudio de los Recursos Naturales y en particular la dinámica del uso del suelo.
- La integración de la información exterior a la imagen es necesaria en función del tipo y la calidad de la clasificación del uso del suelo a obtener.
- Para este trabajo, el tratamiento numérico se realizó con el programa de computación Multiscope, la utilización de otros programas permitirá quizás otro tipo de tratamientos que enriquezcan lo realizado.

- La selección de parcelas al interior de temas heterogéneos exige un trabajo más a profundidad en el futuro.
- Un trabajo en el terreno más detallado será necesario para la obtención de mejores resultados a nivel estadístico y por tanto, una mejor cartografía.

## VI. BIBLIOGRAFIA

- Bergoing, J.P. y Enrique Malavassi. *Carta Geomorfológica del Valle Central de Costa Rica*. Escala: 1:50.000. San José, Costa Rica. s.f.
- Cnes y Spot-Image. *Guide des utilisateurs des données spot*. Vol. 1, 2, Toulouse. France. 1986.
- Chuvieco, Emilio. *Fundamentos de Teledetección Espacial*. 1era. Edición. Madrid, España: 1990.
- Dirección General de Estadística y Censos. *Censo Agropecuario 1984. San José, Costa Rica. 1987. Cálculo de población por provincias, cantones y distritos al 1º de enero de 1991*.
- Gómez Pignataro, Luis Diego y W. Herrera. *Vegetación y clima de Costa Rica*. 1era. Edición, San José, Costa Rica: EUNED, 1985. 2 Vol.: Mapas.
- Hall, Carolyn. *El café y el desarrollo histórico-geográfico de Costa Rica*. 2da. reimpresión. San José. Editorial Costa Rica. 1991.
- Hernández, Eduardo. *Etude de la dynamique de l'occupation du sol a partir d'une image spot et des photographies aériennes (région d'Alajuela-Costa Rica*. Mémoire présenté pour l'obtention du Diplome d'Etudes Supérieures Spécialisées de Télédétection, Méthodes et Applications. Université Pierre et Marie Curie (Paris VI). Paris, France. Juillet 1992.
- Instituto Geográfico Nacional. *Fotografías aéreas. Escala 1:40.000. 1980. Hojas topográficas. Escala 1:50.000. Abra. 1969 y 1989*.
- Maurel, Pierre. *Traitement après classification*. (Compilation). CEMAGREF, Montpellier. France. Janvier, 1991.
- Pallard, Aline. *Etude par télédétection des facteurs influençant l'occupation du sol dans le lauragais. application a l'enseignement*. Mémoire pour l'obtention du Diplome d'ingénieur agronome de l'ENSAT. GDTA-ENSAT, Septembre, 1989, Vol. I, II.