

USO DEL SUELO Y VEGETACION EN LA FALDA ESTE DEL COFRE  
DE PEROTE POR MEDIO DE IMAGENES DE SATELITE.

Odile HOFFMANN  
Roberto E. ARRIAGA G.  
Elsa ALMEIDA

Marzo, 1988.

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : B30030

Cote : ep 1

21.6.90

VIII

USO DEL SUELO Y VEGETACION EN LA FALDA ESTE DEL COFRE  
DE PEROTE POR MEDIO DE IMAGENES DE SATELITE.

Odile HOFFMANN<sup>1</sup>  
Roberto E. ARRIAGA C.<sup>2</sup>  
Elsa ALMEIDA<sup>3</sup>  
Marzo, 1988.

I. INTRODUCCION

Esta investigación se enmarca dentro de un proyecto más amplio de evaluación de las imágenes SPOT, según el convenio ORSTOM, CNES (Francia), el cual involucra al equipo de investigación LIDER y a investigadores del INIREB (Programa PEPS No. 164). En el estudio presentado aquí, se llevó a cabo solamente un análisis visual de las imágenes de satélite, pancromático blanco y negro escala 1:100,000 y MSS o

- = Segundo, porque Hoffmann y Arriaga tienen un conocimiento profundo del uso del suelo, vegetación y tenencia de la tierra de la zona de estudio.
- = Y por último, esta porción del espacio cubre una gran variedad de usos del suelo, debido al gradiente altitudinal tan contrastante, (de 4,200 a 1,300 metros de altitud).

## II. OBJETIVOS

- II.a. Evaluar las bondades y limitaciones de las imágenes de Satélite SPOT, para la identificación y zonificación del uso del suelo y vegetación.
- II.b. Determinar la variable o variables que determinan el cambio de tonalidad de las áreas ocupadas por pastizales y cafetales.

## III. METODOLOGIA

Básicamente la metodología está dividida en 2 fases; el trabajo de gabinete y el de campo. Dentro del trabajo de gabinete se consideró: la elección de las parcelas testigo, las zonificaciones sobre las imágenes de satélite, el análisis de los datos de campo y la comparación del mapa de unidades de paisaje de Almeida y Hoffmann (1988) y el de vegetación y uso del suelo de Arriaga (1986).

El trabajo de campo consistió fundamentalmente, en checar el uso del suelo o vegetación de una muestra de parcelas, así como la recopilación de los datos que contiene el anexo (1).

### III.a. Parcelas testigo.

La elección de las parcelas testigo estuvo determinada por la facilidad de acceso al terreno y por su facilidad para ubicarlas en la imagen de satélite. La elección de las parcelas se realizó de acuerdo a dos criterios.

Unas fueron elegidas en gabinete sobre las foto aéreas escala 1:20,000 y posteriormente se ubicaron sobre las imágenes de satélite. En este caso se trató de cubrir las diferentes tonalidades de color que se presentaron en la imagen y posteriormente se indagó en el campo a qué uso correspondía cada tonalidad.

Otras parcelas fueron seleccionadas en el campo porque presentaban alguna característica especial. Por ejemplo se eligió en campo un área que presentaba una población específica de *Liquidambar macrophylla*.

### III.b. Encuestas de campo.

Para cumplir el primer objetivo del presente trabajo, hubiese sido suficiente con sólo checar en el campo el tipo de uso o vegetación de las parcelas elegidas en el paso anterior. Sin embargo, el conocimiento previo que teníamos de la zona nos mostraba que tanto los cafetales, así como los pastizales se expresaban en la imagen en diferentes tonalidades. En consecuencia nos propusimos a averiguar cual o cuales variables (físicas o biológicas) de dichas unidades estaban determinando el cambio de tonalidad o expresión radiométrica.

Para cada parcela muestreada se recabó la siguiente información:

- Variables físicas; relieve general, relieve de la parcela, porcentaje y orientación de la pendiente, densidad de rocas en la superficie del suelo, etc.

- Variables biológicas; tipo de vegetación o tipo de uso del suelo, número de estratos, composición florística de estratos, porcentaje de recubrimiento de cada estrato, etc. Para más detalle de esta información, consultar el anexo (1).

En total se muestrearon 22 parcelas (mapa 4), de las cuales 5 corresponden a pastizales cultivados, 9 a pastizales nativos, 9 a cafetales, 9 a vegetación primaria y secundaria.

### III.c. Análisis de la información.

Los datos de campo del anexo (1) fueron complementados con la información de la imagen y se crearon así las fichas temáticas de cafetales, pastizales y vegetación natural, anexo (2).

Se efectuaron correlaciones gráficas de las siguientes variables:

1. Porcentaje de recubrimiento total contra color en la imagen.
2. Porcentaje de recubrimiento de cada especie de los árboles de sombra con el color en la imagen.
3. Diferencia de la composición florística de la sombra en los cafetales contra el color en la imagen.
4. Diferencia de la composición florística de los pastizales contra el color en la imagen.
5. Número de estratos contra color en la imagen.

### III.d. Zonificación.

La zonificación se realizó en 3 fases. En cada fase se manejaron diferentes criterios y diferentes escalas de la imagen (MSS o falso color). Esto con el objeto de partir de los aspectos generales hasta llegar a particularidades. La primera y la segunda aproximación se realizaron sobre una imagen de escala 1:250,000 y la tercera sobre una imagen escala 1:50,000.

La primera se realizó en base al color dominante y al conocimiento del uso del suelo y vegetación que se tenía de la zona de estudio. En la segunda fase, dentro de cada una de las áreas establecidas en la primera fase se efectuaron nuevas divisiones en base a la homogeneidad y heterogeneidad del color. Por último la tercera fase de la zonificación se realizó sobre una imagen de escala 1:50,000. El criterio más importante fue el porcentaje de variación de los colores que se presentaban en cada una de las unidades establecidas en las fases anteriores.

### III.e. Comparación.

Se comparó el mapa de vegetación y uso del suelo escala 1:50,000 de Arriaga (1986), mapa (1) y la zonificación establecida sobre la imagen de satélite de Almeida y Hoffmann (1988) escala 1:50,000, mapa (4).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

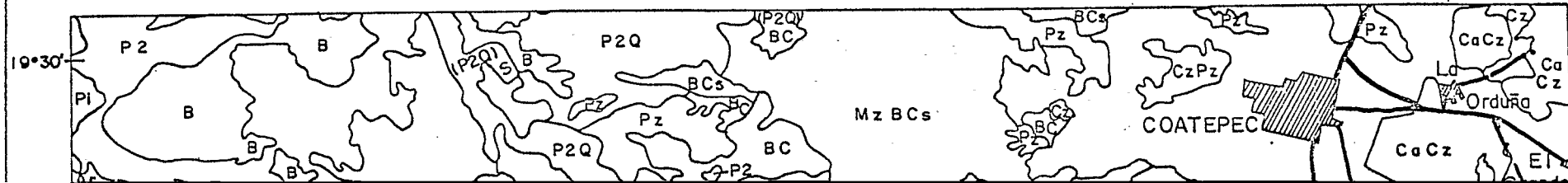
### IV.a. Zonificación.

En la primera aproximación se determinaron 3 grandes áreas generales, mapa (2).

= Área A, representada por el color rosa, se encuentra entre 1,500 y 2,500 metros de altitud, el uso predominante son los pastizales, aunque existen pequeñas áreas de cultivos y bosques.

# MAPA DE VEGETACION Y USO DEL SUELO

( extracto de R. Arriaga, 1986 )



# USO DEL SUELO

|          |          |          |     |                      |
|----------|----------|----------|-----|----------------------|
| CULTIVOS | Anuales  | TEMPORAL | Mz  | Maizal               |
|          |          |          | Cz  | Cañaveral            |
|          |          |          | Pa  | Papal                |
|          |          |          | Cz1 | Cañaveral            |
|          |          |          | Pz  | Pastizal             |
|          | Perennes | TEMPORAL | Pz1 | Pastizal con Encinos |
|          |          |          | Pz2 | Pastizal con Acacias |
|          |          |          | Ca  | Cafetal              |
|          |          |          | Mg  | Mangal               |
|          |          |          | Ci  | Cítricos             |
|          |          |          | Ag  | Aguacatal            |

SIN USO R Roca

## ASOCIACIONES DE CULTIVOS CON VEGETACION NATURAL

|                   |  |
|-------------------|--|
| Pz Q3             | Pastizal y Encinar   |
| Mz BCs            | Maizal y Vegetación Secundaria del Bosque Caducifolio              |
| Mz Cs             | Maizal y Vegetación Secundaria del Encinar                         |
| Mz S B Cs         | Maizal y Vegetación Secundaria de Selva Baja Caducifolia           |
| Mz Pz Pa (P2-Q1)s | Maizal, Pastizal, Papal y Vegetación Secundaria de Pinar - Encinar |
| Ca Q3             | Cafetal y Encinar  |
| Ca BCs            | Cafetal y Vegetación Secundaria del Bosque Caducifolio             |
| Ca Cz Pz Q3       | Cafetal, Cañaveral, Pastizal y Encinar                             |
| Ca Bc-Q3          | Cafetal y Transición Bosque caducifolio y Encinar                  |

## ASOCIACIONES DE CULTIVOS

|             |  |
|-------------|--|
| Mz Pz       | Maizal y Pastizal                      |
| Mz Ca       | Maizal y Cafetal                       |
| Ca Cz Mz Pz | Cafetal, Cañaveral, Maizal y Pastizal  |
| Ca Cz Mz Ch | Cafetal, Cañaveral, Maizal y Cacahuete |
| Ca Pz       | Cafetal y Pastizal                     |
| Ca Cz       | Cafetal y Cañaveral                    |
| Cz Pz       | Cañaveral y Pastizal                   |
| Ca Mg       | Cafetal y Mangal                       |

# TIPOS DE VEGETACION Y COMUNIDADES VEGETALES

|                       |  |  |
|-----------------------|--|--|
| M                     | Páramo de altura                       |  |
| P                     | Pinar                                  | P1 ( <i>Pinus hartwegii</i> )  |
|                       |  | P2 ( <i>P. patula</i> , <i>P. ayacahuite</i> , <i>P. moctezumae</i> )                            |
|                       |  | P3 ( <i>P. pseudostrabus</i> )   |
|                       |  | P2 Q ( <i>Pinar Encinar</i> )  |
| B                     | Comunidad de <i>Baccharis conferta</i> |  |
| Ar                    | Comunidad de <i>Abies religiosa</i>    |  |
| Q                     | Encinar                                | Q1 ( <i>Q. polymorpha</i> , <i>Q. Castanea</i> )   |
|                       |  | Q2 ( <i>Q. sapotatolia</i> , <i>Q. castanea</i> )  |
|                       |  | Q3 ( <i>Q. oleoides</i> , <i>Q. peduncularis</i> )   |
| SBC                   | Selva Baja Caducifolia                 | SBC1 ( <i>Mirandocallis monilca</i> , <i>Celtis iguanae</i> , <i>Cephalocereus sartorianus</i> ) |
|                       |  | SBC2 ( <i>Bursara simaruba</i> , <i>Comocladia engleriana</i> , <i>Plumaria rubra</i> )          |
| BC                    | Bosque Caducifolio                     |  |
| Pl                    | Palmar ( <i>Brahea dulcis</i> )        |  |
| Vg                    | Vegetación de Galería                  |  |
| Areas de Transición   |  | P3 Q1 Pinar - Encinar  |
|                       |  | ( P2 Q1 ) BC ( Pinar - Encinar ) - Bosque Caducifolio  |
| Vegetación Secundaria |  | ( P2 - Q ) del Pinar Encinar   |
|                       |  | Qs del Encinar   |
|                       |  | BCs del Bosque Caducifolio   |
|                       |  | SBCs de la Selva Baja Caducifolia  |

Leyenda del mapa de vegetacion y uso del suelo de Roberto ARRIAGA C. (1986). INIREB. Xalapa. VER.

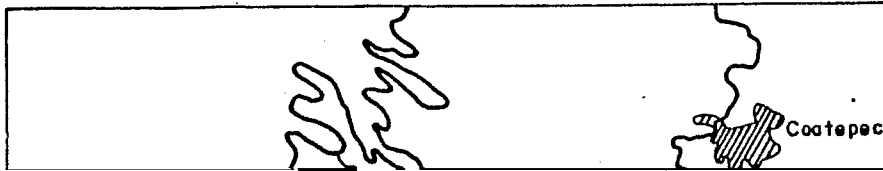




# ANALISIS VISUAL DE SPOT:

Zonificación al 1 : 250 000  
Zona Cofre de Perote - Xico

1a. aproximación



MAPA 2

- = Area B, representada por el color rojo, se encuentra entre 1,000 y 1500 metros, el uso predominante es el cultivo de café.
- = Area C, caracterizada por el color verde, se localiza por encima de los 2,500 metros, el uso predominante es el bosque.

La segunda aproximación contiene las siguientes unidades:

Subárea A', se caracteriza por presentar un color rosa heterogéneo, predomina un relieve más accidentado y con mayor diversidad de uso del suelo. Engloba a las siguientes unidades; A'a, A'b y A'c.

- A'a, se presenta en un tono rojo oscuro y con una estructura paralela y el relieve es accidentado. En esta unidad se encuentran áreas de bosque Caducifolio, Pinar encinar, Encinar, vegetación secundaria de Bosque Caducifolio, maizales, cafetales y pastizales.
- A'b, se presenta en un tono rojo fuerte y de estructura irregular. En esta unidad se localizan; comunidades de Baccharis sp, cultivos de maíz, pastizales y pequeñas de áreas de Bosque Caducifolio y Pinar.
- A'c, se presenta en manchas de tono rojo. Esta unidad contiene las zonas ocupadas por los bosques menos perturbados.

Subárea A'', se caracteriza por un color rosa un tanto homogéneo, con predominio de un relieve menos accidentado. Engloba a las siguientes unidades; A''d y A''e.

- A''d, se manifiesta en un color rosa pálido y corresponde a los pastizales con baja densidad de árboles.
- A''e, se presenta en un color anaranjado y corresponde a los pastizales con una alta densidad de árboles, principalmente de especie Acacia pennatulata.

La Subárea B, se presenta en un tono rojo y es la más homogénea de las 3 áreas y contiene las siguientes unidades; Ba, Bb y Bc.

- En Ba, predominan los tonos rojos y corresponde a las zonas ocupadas por cafetales.
- En Bb, se presentan manchas de tonos rojos y anaranjados. Esta unidad está ocupada por cafetales, cultivos de caña de azúcar y maíz.
- Bc se presenta con manchas de tonos rojos, anaranjados y gama de tonos verdes. Esta unidad está ocupada por cafetales y por diferentes estados de desarrollo de caña de azúcar.

El Area C, se caracteriza por una gama de tonalidades de verde, con relieve accidentado e incluye en su interior 2 unidades; Ca y Cb.

- Ca, se presenta en un color verde seco y un tanto homogéneo. Esta unidad contiene a la vegetación subalpina y al Páramo de Altura.
- Cb, es una unidad heterogénea que se manifiesta en colores café y rojo. En esta unidad se encuentran los bosques, comunidades de Baccharis y pastizales.

La tercera aproximación además de contener las unidades citadas en la segunda interpretación, se incluyen las siguientes divisiones:

- = Subárea A'b.1, se presenta una mayor densidad de áreas verdes, lo que corresponde a una mayor densidad de cultivos.
- = Subárea A'b.2, se presenta una menor densidad de manchas verdes.
- = Subárea Cb.1, existe una mayor proporción de manchas rojas y anaranjadas, corresponde a zonas ocupadas por Baccharis conferta, y/o a áreas con baja densidad de árboles.

= Subárea Cb.2, existe una menor proporción de manchas rojas anaranjadas y corresponde a zonas ocupadas por bosques (Pinares).

#### IV.b. Análisis de la información tomada en el campo.

##### Pastizales

Se muestrearon 14 parcelas de áreas ocupadas por pastizales, de las cuales 5 corresponden a especies cultivadas y 9 a pastizales nativos, cuadro (1). En el mismo cuadro se observa que los pastizales cultivados se expresan en tonos rosa pálido y rosa. Los pastizales nativos con un recubrimiento menor del 10% se presentan también en tonos rosa pálido y rosa. De esto se deduce que al menos en este tipo de imagen no se diferencian los pastizales cultivados de los pastizales nativos.

También en el mismo cuadro (1), se observa que a medida que aumenta el porcentaje de recubrimiento del estrato arbustivo y arbóreo, dichas zonas de pastizales se presentan un tono anaranjado. Aunque este cambio de color se debe a la presencia de arbustos y árboles.

| PARCELAS MUESTREADAS: | % DE RECOBRIMIENTO DE SSP FORRAJERAS PASTIZALES | % DE RECOBRIMIENTO PASTIZALES | % DE RECOBRIMIENTO DE ARBOLES Y ARBUSTOS | % DE PENDIENTE | COLOR EN LA IMAGEN DE SATELITE |
|-----------------------|---|-------------------------------|--|----------------|--------------------------------|
| 2                     | 100   |                               | 3  | 0              | Rosa                           |
| 3                     | 100   |                               | 2  | 0              | Rosa Pálido                    |
| 4                     | 100   |                               | 3  | 2              | Rosa                           |
| 17                    | 100   |                               | 0  | 0              | Rosa Pálido                    |
| 26                    | 100   |                               | 3  | 8              | Rosa                           |
| 11                    |   | 100                           | Aislados                                 | 20             | Rosa                           |
| 15                    |   | 100                           | Aislados                                 | 38             | Rosa Pálido                    |
| 18                    |   | 100                           | 0  | Suave          | Rosa                           |
| 30                    |   | 100                           | 0  | 0              | Rosa Pálido                    |
| 33                    |   | 100                           | 1  | 0              | Rosa Pálido                    |
| 41                    |   | 100                           | 10                                       | 0              | Anaranjada                     |
| 42                    |   | 100                           | 30                                       | 0              | Anaranjada                     |
| 44                    |   | 80                            | 30                                       | Sin dato       | Anaranjada                     |
| 48                    |   | 80 a 90                       | 5  | 46             | Rosa Pálido                    |

Cuadro (1): Parcelas de pastizales nativos y cultivados con su respectiva expresión en imagen de Satélite.

Pastizales Cultivados: *Cynodon dactylon* (L.) Pers. (Pasto estrella)  
*Digitaria decumbens* Stent. (Pangola)  
*Pennisetum clandestinum* Hochst. (Kikuyu).

## Cafetales

En el caso de los cafetales las respuestas radiométricas o cambios de tonalidad están en función del porcentaje de recubrimiento de la sombra y de las especies que constituyen la sombra.

Las áreas de café sin sombra se presentan en la imagen en un color anaranjado. Si observamos el cuadro (2), tenemos que conforme aumenta el porcentaje de recubrimiento de la sombra, éstas tienden a presentarse en colores: anaranjado fuerte, anaranjado verdoso y café verdoso. Sin embargo la parcela 40 rompe con dicha regla, puesto que tiene un menor recubrimiento de sombra y sin embargo se manifiesta en un color café verdoso. Este cambio probablemente se deba a la cantidad de epifitas que tienen los árboles de sombra.

Por otro lado, por observaciones de campo y corroboración en gabinete se encontró que la diferencia en cuanto a composición florística de las parcelas de café influyen en el cambio de tonalidad.

Las parcelas que presentan una composición florística de *Inga* sp. (Chalahuite), *Inga jinicuil* (Jinicuil) en partes más o menos similares, pero con un recubrimiento total de menor o igual a 40% se manifiesta en la imagen en un tono anaranjado.

Las parcelas de café que presentan una sombra dominante de *Inga* sp. (Chalahuite), con un recubrimiento de 50 a 60% se manifiesta en un tono anaranjado fuerte.

Las parcelas de café que presentan una sombra dominante de *Inga jinicuil* (Jinicuil), aunque con bajo porcentaje de recubrimiento se manifiesta en un tono anaranjado verdoso.

Los cafetales con sombra constituido por *Inga* sp. (Chalahuite) y *Musa* sp. (Plátano) en porcentajes de recubrimiento más o menos similares, pero con un recubrimiento total de más de 60% se manifiesta en tono anaranjado verdoso.

| PARCELAS MUESTREADAS: | % DE RECUBRIMIENTO DE LOS ARBOLES DE SOMBRA | % DE RECUBRIMIENTO DE COFFEA SPP | COLOR EN LA IMAGEN DE SATELITE |
|-----------------------|---|----------------------------------|--------------------------------|
| 1                     | 15 a 25                                     | 20                               | Anaranjado verdoso             |
| 16                    | 5   | 40 a 50                          | Anaranjado                     |
| 24                    | 35 a 40                                     | 50 a 60                          | Anaranjado                     |
| 27                    | 40 a 50                                     | 40 a 50                          | Anaranjado verdoso             |
| 37                    | 50  | 80                               | Anaranjado verdoso             |
| 38                    | 50  | 80                               | Anaranjado verdoso             |
| 39                    | 60  | 40                               | Anaranjado fuerte              |
| 40                    | 50  | 40                               | Anaranjado fuerte              |
| 43                    | 60  | 100                              | Anaranjado                     |

Cuadro (2): Parcelas de café y % de recubrimiento de los árboles de sombra, con sus respectivas expresiones en la imagen de Satélite.

## Vegetación Natural.

Debido a los problemas de acceso y a dificultad para ubicar las parcelas, únicamente se muestreo una sola parcela para cada uno de los siguientes tipos de vegetación: bosque de Pino Encino, bosque de Liquidambar, vegetación Subalpina y vegetación secundaria de bosque Caducifolio (acahual de 5 a 6 años). Para el bosque de Pino se efectuaron 5 muestras.

Con el número de parcelas muestreadas para la vegetación natural sería aventurado concluir que los tonos y colores que presentan cada unidad son las únicas expresiones de dichos tipos de vegetación. Sin embargo, con el apoyo de la carta de vegetación y uso del suelo escala 1:50,000 realizada por Arriaga (1986) y por el conocimiento de la zona que tienen dos de los autores de la región, se concluye lo siguiente.

El bosque de Pinos se manifiesta en cuatro tonalidades: verde oscuro, verde seco, café y sepia. El color café corresponde a un bosque puro de *Pinus patula*, el color verde oscuro y sepia corresponde a un bosque mixto de *Pinus*. Los tonos verdes claros corresponden a vegetación Subalpina o a zonas con una densidad muy baja de pinus.

El bosque de Pino Encino se presenta en un tono anaranjado verdoso, parecido al del bosque de Liquidambar.

La vegetación secundaria del bosque Caducifolio se expresa sobre la imagen de un tono anaranjado.

En la zona de bosque caducifolio se notaron variaciones de tonalidad, probablemente determinadas por la sombra en las barrancas, principalmente la vertiente expuesta al Suroeste, la cual se presenta en un más oscuro que la otra vertiente.



| PARCELAS MUESTREADAS: |       | PORCENTAJE DE RECUBRIMIENTO |              |             | % DE PENDIENTE: | ORIENT.: | COLOR EN LA IMAGEN:         |
|-----------------------|-------|-----------------------------|--------------|-------------|-----------------|----------|-----------------------------|
| PINAR                 | P - E | B. DE L.                    | V.S. DE B.C. | VEG. SUBAL. |                 |          |                             |
| 6                     | 35    |                             |              |             | 83              | S-E      | Verde oscuro con rojo       |
| 9                     | 80    |                             |              |             | 18              | W-E      | Verde oscuro con anaranjado |
| 21                    | 60-70 |                             |              |             | 7               |          | Verde seco                  |
| 46                    | 70    |                             |              |             | 30              | W-E      | Café                        |
| 47                    | 75    |                             |              |             | 30              | W-E      | Sepia                       |
| 51                    | 80    |                             |              |             |                 |          | Verde oscuro                |
| 14                    |       | 70                          |              |             | 20              |          | Anaranjado verdoso          |
| 28                    |       |                             | 90           |             |                 |          | Anaranjado                  |
| 52                    |       |                             |              | 80-90       |                 |          |                             |

Cuadro (3): Muestra de bosques y vegetación secundaria con su respectiva expresión en la imagen.

#### IV.c. Comparación entre los mapas.

La comparación entre el mapa (4) de unidades de paisaje de Almeida y Hoffmann (1988) y el de vegetación y uso del suelo de Arriaga (1986), se realizó con la finalidad de evaluar las potencialidades y limitaciones de las imágenes de SPOT con respecto a las fotos aéreas pancromáticas blanco y negro, y para estimar la dinámica de cambio de uso del suelo.

A primera vista aparecen diferencias entre los dos mapas. Dichas diferencias se deben a razones metodológicas. El mapa (1) se avoca a definir el uso del suelo y vegetación mientras el mapa (4) define unidades de paisaje. Los enfoques diferentes llevaron evidentemente a interpretaciones diferentes. El primero se avoca sobre el contenido, la naturaleza de los espacios diferenciados en la foto, unidades homogéneas. Mientras en el segundo se delimitan conjuntos espaciales organizados, coherentes aún en su heterogeneidad. Tomando un ejemplo la unidad de paisaje A'a, en la zonificación esta caracterizado por la yuxtaposición de bosques, cultivos de maíz, barbechos y vegetación secundaria. Todos estos usos son parte de un mismo sistema de explotación (tumba, rosa y quema), con interacción de ganadería. En el mapa de vegetación se trató de individualizar dentro de dicha unidad, cada área de bosque, de pastizal, de vegetación secundaria, etc.

Más allá de sus diferencias de enfoques, el material mismo (foto o imagen de satélite) orienta inconscientemente al investigador. La imagen a primera vista presenta un espacio amplio, tiende a favorecer el análisis global, a mostrar las estructuras, es decir los paisajes, noción compleja que integra las diversas facetas, tanto físicas como construidas, de un espacio ocupado y aprovechado por una sociedad dada. Al contrario la foto aérea (1:50,000) presenta un espacio reducido pero con todos sus detalles, lo que favorece una caracterización final del espacio en numerosas unidades pequeñas.

Tomando en cuenta dichas observaciones previas, queda claro que la comparación fue fructuosa para evaluar rápidamente las grandes dinámicas espaciales.

A la altura de 1900 m.s.n.m. las áreas que estaban ocupadas por pastizales nativos en el año de 1982, fueron sustituidas por cultivo de maíz en el año de 1986. Esto se observó entre los límites de la unidad A'bl y A'd (mapa 4).

En la unidad de paisaje ya mencionada (A'a), el análisis detallado de la imagen revela un aumento sensible de cultivos recientes.

En la zona cafetalera, unidad (8) el crecimiento urbano de Coatepec es muy visible al suroeste de la ciudad.

En la parte baja, en general los límites del área cafetalera están remarcadamente estables entre 1982 y 1986, al contrario de lo que sucede entre 1967 y 1982 donde los cafetales cedieron a favor de los pastizales mejorados (ver Hoffmann in Marchal y Palma, 1985).

En fin la imagen de satélite es un instrumento de análisis muy operatorio, preciso y rápido sobre grandes espacios, para estudios comparativos sobre evaluaciones y dinámicas espaciales del uso del suelo.

Dentro de la unidad Ab, la zona que abarca desde los 2300 hasta los 2600

En cuanto a la unidad C, esta coincide con lo establecido en el mapa de vegetación, sin embargo existe un mayor número de subunidades en la zonificación que se realizó sobre la imagen. Esta diferencia se debe a que el enfoque en dichas zonificaciones es diferente. En el mapa de vegetación y uso del suelo se establecieron sólo los límites de los tipos de vegetación, según la clasificación de Rzedowski (1978), y no se efectuaron delimitaciones dentro de cada tipo de vegetación, en función de la densidad de árboles.

## V. CONCLUSIONES

El análisis visual de la imagen MSS permite distinguir rápidamente los grandes pisos altitudinales y sus usos dominantes: cafetales, pastizales y bosque. Para cada uno de ellos, los matices de tonalidad es decir la variación de colores radiométricos, se debe a la densidad de los árboles.

Sin embargo algunas limitaciones obvias aparecen al hacer la interpretación de los tonos. Por ejemplo el rojo que corresponde a un cultivo de café, corresponde también a las parcelas de papa y en algunas áreas a la vegetación secundaria del bosque caducifolio.

El verde de los bosques densos de pinos, corresponde también a las parcelas en barbecho en la zona intermedia y a caña de azúcar en la parte baja.

En consecuencia la extrapolación es difícil y por lo tanto es necesario reducir el área de la imagen, para trabajar sobre espacios más chicos. Este último evidentemente reduce el interés esperado de las imágenes de satélite que es el de trabajar pequeñas escalas para abarcar grandes áreas.

Se obtuvo una zonificación, más o menos similar a la que contiene el mapa de vegetación y uso del suelo escala 1:50,000 del Área Xalapa-Coatepec, elaborado por Arriaga (1986). Las diferencias entre ambas zonificaciones se debieron fundamentalmente a la diferencia de objetivos que se persiguieron en cada investigación.

Otro factor que determinó las diferencias entre ambas cartas, fué el cambio periódico del uso del suelo. En el Ejido de Tonalaco se cultiva un año y se deja descansar la tierra de 4 a 5 años -volviéndose a cultivar en el sexto año-. Durante el tiempo en que la tierra se encuentra en descanso se establecen en esta zona comunidades de Baccharis conferta. La teledetección permite entonces un seguimiento actualizado de los cambios y evoluciones del uso del suelo.

Los bosques de Coníferas (Bosque de Pinus hartwegii, Bosque de Oyamel y Bosque Mixto de Pinus ssp), se distinguen fácilmente del bosque de Pino Encino y del Bosque Caducifolio. Lo que no se diferencia sobre las fotos aéreas pancromáticas.

Dentro del bosque de coníferas se diferencian sobre las imágenes de satélite el bosque de Pinus patula del bosque Mixto de Pinus ssp, el primero se expresa en un color café y el segundo en colores café oscuro y sepia. Pero en cambio no se distinguen los bosques de Oyamel de los bosques de Pinus hartwegii. En cambio sobre las fotos aéreas se delimita fácilmente el bosque Mixto de Pinus del bosque de Pinus hartwegii y del bosque de Oyamel, pero no se distingue el bosque de Pinus patula del bosque Mixto de Pinus ssp.

Sobre las imágenes no se distinguen el bosque de Liquidambar del bosque Caducifolio y tampoco este último del bosque de Pino Encino. Aunque esto tampoco se distingue de las fotos aéreas.

No se diferencia sobre la imagen, el cafetal de la vegetación secundaria del Bosque Caducifolio. En cambio sobre las fotos aéreas si es distinguible. Por la estructura del grano y la regularidad del tono.

Sobre la imagen de satélite se pueden diferenciar etapas de desarrollo de la caña de azúcar. En cambio sobre las fotos aéreas no es distinguible.

Los resultados presentados en este trabajo son preliminares, para un mejor conocimiento de las potencialidades y las imágenes de satélite es necesario definir mejor la metodología y llevar a cabo un mayor trabajo de campo.

## VI BIBLIOGRAFIA

ARRIAGA C., Roberto. 1986. Carta de vegetación y uso del suelo del área Xalapa-Coatepec. Escala 1:50,000. INIREB.

ARRIAGA C., Roberto. 1986. Elementos de fotointerpretación y descripción de la vegetación y uso del suelo de la zona cafetalera. INIREB. 22p.

HOFFMANN O. 1988. Diversidad ecológica, contrastes y complementariedad en un municipio serrano, Xico, Ver. Informe interno, LIDER-INIREB. 35p.

ORSTOM. 1977. Les satellites d'observation de la terra teledetection 1. 42p.

Chave de observación \_\_\_\_\_ N° Ventana \_\_\_\_\_ N° foto aérea \_\_\_\_\_  
 ra: \_\_\_\_\_ N° Parcela \_\_\_\_\_ N° de línea \_\_\_\_\_  
 Municipio \_\_\_\_\_ Comunidad \_\_\_\_\_ Fecha del vuelo \_\_\_\_\_

MEDIO FISICO Y TOPOGRAFIA

. Nebulosidad: Total/Mitad/algunas nubes/sin nubes con bruma/ sin nubes sin bruma.

PRECIPITACIONES: Fecha de la última lluvia:-----

Relieve General:

-MESETA; plana, ondulada, disectada.

-VALLE: fondo, vertiente  
(explicar la forma y altura)

-OTRO TIPO:barranca,-----

C.Ubicación de la parcela

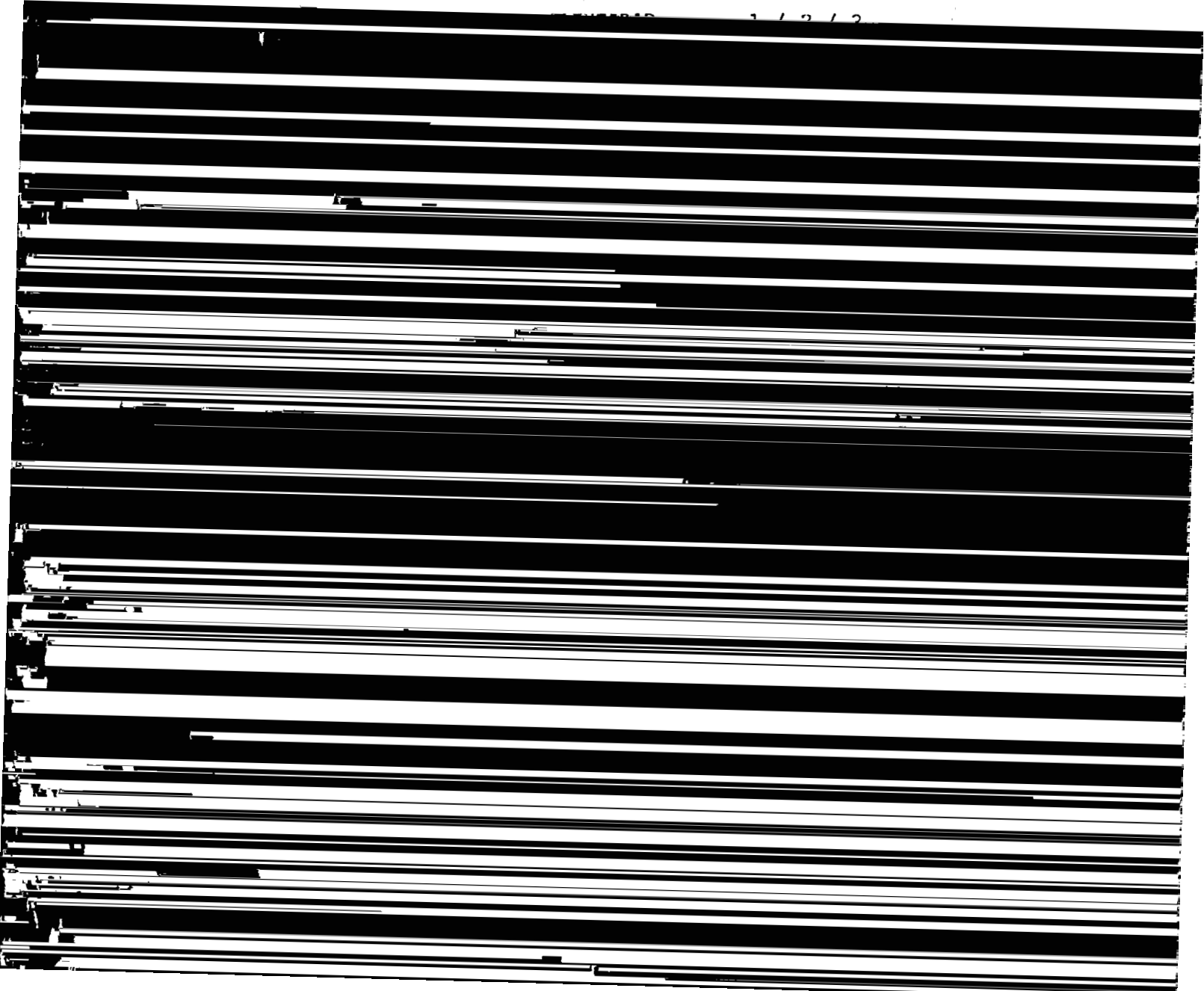
|           |              |
|-----------|--------------|
| Mesa      | Plano (A)    |
| Valle     | Ondulado(A)  |
| Vertiente | Disectado(A) |
| Colina    | .....        |
| Terraza   | .....        |
| Cima      | .....        |

OBSERVACION.....Pendiente.....  
 .....Orientación:.....  
 .....Punto Alto.....  
 .....Punto Baje.....

Homogeneidad de la parcela

1 / 2 / 3

1 / 2 / 3







SPOT - Julio, 1987.

Estado de Superficie

Características en la Imagen

| de<br>Parcela | Fecha de<br>Observación | Altitud<br>(s.n.m.) | Pendiente | Altura | Densidad | Recubrimiento | Tonalidad<br>(x) | No. de<br>Estratos | Observaciones | Imagen<br>No. | Fecha<br>y<br>Escala | Color | Estructura<br>(xx) | Textura<br>(xx) |
|---------------|-------------------------|---------------------|-----------|--------|----------|---------------|------------------|--------------------|---------------|---------------|----------------------|-------|--------------------|-----------------|
|               |                         |                     |           |        |          |               |                  |                    |               |               |                      |       |                    |                 |

- Niveles :
- 1 Verde oscuro (v.gr: Cafetal al sol)
  - 2 Verde Claro (v.gr: Pasto sembrado)
  - 3 Verde con tonos más cafés (v.gr: Potrero con matorral)
  - 4 Verde amarillo (Vegetación seca).

Claridad, homogeneidad y calificación (Ver documentos).