

FOTO-INTERPRETACION, SU APLICACION EN LA DETERMINACION DE LA
CLASIFICACION Y CARTOGRAFIA DE LOS SUELOS DE UN AREA DE LA
PENINSULA DE NICOYA, GUANACASTE, COSTA RICA.

Por

Ricardo Torres Cossío

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA
Centro de Enseñanza e Investigación
Turrialba, Costa Rica

Junio, 1967

FOTO-INTERPRETACION, SU APLICACION EN LA DETERMINACION DE LA
CLASIFICACION Y CARTOGRAFIA DE LOS SUELOS DE UN AREA DE LA
PENINSULA DE NICOYA, GUANACASTE, COSTA RICA.

Tesis

Presentada al Consejo de la Escuela para Graduados
como requisito parcial para optar al grado

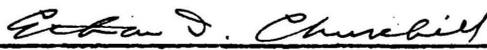
de

Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A.

APROBADA:


Ethan D. Churchill, Ph. D.

Consejero



C. V. Plath, Ph. D.

Comité


Jorge M. Montoya M., Dr. Ecol.

Comité


Hans W. Fassbender, Ph. D.

Comité

Junio, 1967

A la memoria de mi madre
A mi padre
A mi esposa e hijas

AGRADECIMIENTOS

Al Sr. Ing. José Hernández Terán, Ministro de Recursos Hidráulicos de México, por su permiso para ausentarme del trabajo y poder realizar los estudios de post-grado.

A los Sres. Ings. Antonio Rodríguez L. y Miguel Brambila R., Director y Subdirector respectivamente de Aprovechamientos Hidráulicos del Ministerio de Recursos Hidráulicos, por su valioso apoyo ante el Sr. Ministro.

Al Sr. Dr. E. D. Churchill, Consejero Principal, por sus constantes ayudas para la elaboración de la presente tesis. A los demás miembros del Comité Consejero, Dres. J. M. Montoya, C. V. Plath y H. W. Fassbender, por sus orientaciones, sugerencias y correcciones.

Al Sr. Ing. Rodolfo Madrigal de la Universidad de Costa Rica, por su asesoramiento en la parte de Geología.

Al Sr. Ing. Jacob Remeijn, por su cooperación en los trabajos de restitución.

Al Sr. Ing. Fausto Maldonado, por su colaboración en la revisión del texto y a cuyo cargo estuvo la parte de comprobaciones de campo.

A la Asociación para el Desarrollo de la Península de Nicoya, por las facilidades de transporte brindadas.

A los Sres. Sandy Bustamante, Emilio Ortíz y Víctor Vega a cuyo cargo estuvo la elaboración de mapas e impresiones.

A la Misión de la AID en Costa Rica, por los juegos de fotografías aéreas facilitadas al Centro de Enseñanza e Investigación del IICA.

Al Centro de Enseñanza e Investigación del IICA, por la ayuda financiera para realizar los presentes estudios.

A mi esposa por su constante estímulo y ayuda en la presentación de este trabajo.

A mis profesores, compañeros y todas aquellas personas que en alguna forma me brindaron su gentil cooperación para el buen éxito de mis estudios.

BIOGRAFIA DEL AUTOR

El autor es originario de la ciudad de Jalapa, capital del Estado de Veracruz, México.

Cursó sus estudios primarios en su ciudad natal, en la escuela Enrique C. Rébsamen.

Hizo sus estudios secundarios en la ciudad de México, en las escuelas Moisés Sáenz y Rafael Dondé.

Efectuó sus estudios profesionales en la Escuela Superior de Agricultura "Hnos. Escobar" de la Universidad de Chihuahua, habiéndose graduado en Octubre de 1956.

A principios de 1957 ingresó en el Ministerio de Recursos Hidráulicos, habiendo sido asignado a la Residencia de Agrología del Estado de Chihuahua, donde desempeñó el cargo de Agrólogo Auxiliar. A principios de 1959, fué trasladado a la Residencia de Agrología del Estado de Sinaloa, en donde, a partir de 1961 hasta la fecha ocupa el cargo de jefe de la Oficina de Estudios Agrológicos.

Becado por el Centro de Enseñanza e Investigación del IICA y con licencia del Ministerio de Recursos Hidráulicos, ingresó a la Escuela para Graduados en Septiembre de 1965, quedando inscrito en el Programa de Recursos para el Desarrollo.

En el mes de Junio de 1967 presentó su ~~examen~~ de grado.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
Indice de Diagramas y Cuadros	viii
Indice de Mapas	ix
Indice del Apéndice	x
CAPITULO I: INTRODUCCION	1
Motivación	1
Objetivos	1
Limitaciones	3
Sistemática adoptada	5
Planteamiento del problema	9
CAPITULO II: REVISION DE LITERATURA	10
Desarrollo de la foto-interpretación	10
Fundamentos de la foto-interpretación	10
Naturaleza de la fotografía aérea	17
Aplicaciones de la foto-interpretación	18
CAPITULO III: MATERIALES E INSTRUMENTOS	20
Fotografías aéreas	20
Instrumentos	21
Materiales	22
CAPITULO IV: METODOLOGIA	23
Recopilación y estudio cartográfico y bibliográfico	23
Preparación del material fotográfico	33
Primer estudio de foto-interpretación	34
Establecimiento de elementos de juicio	46
Segundo estudio de foto-interpretación	56
Primer reconocimiento de campo	59
Trabajo de laboratorio de suelos	60
Segundo reconocimiento de campo	62
Estudio final de foto-interpretación	63
Restitución y dibujo final del mapa	64

	<u>Página</u>
CAPITULO V: RESULTADOS	67
Descripción de las unidades de suelos	67
Descripción de la serie San Antonio ,.....	67
Descripción de la serie Florida	71
Descripción de la serie Montaña	74
Descripción del mapa pedológico	78
 CAPITULO VI: DISCUSION	 80
Consideraciones sobre la bondad del método	80
Consideraciones sobre el grado de exactitud obtenido	83
Consideraciones sobre los análisis de laboratorio de sue- los y la evaluación de los resultados	84
Consideraciones generales	84
 CAPITULO VII: CONCLUSIONES	 87
 RESUMEN	 90
 SUMMARY	 93
 BIBLIOGRAFIA	 95
 APENDICES	 102

INDICE DE DIAGRAMAS Y CUADROS

<u>Diagrama</u>		<u>Página</u>
A	Descripción de la metodología empleada	8
B	Aplicaciones de la foto-interpretación	19
 <u>Cuadros</u>		
A	Datos geográficos de las estaciones climatológicas Nicoya, Santa Cruz y Puerto Humo en Guanacaste, Costa Rica.....	112
B	Promedios mensuales y anuales de precipitación y temperatura de tres estaciones de la Península de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica	113
C	Precipitación y temperatura promedios, evapotranspiración y exceso de lluvia en la estación de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica	114
D	Precipitación y temperatura promedios, evapotranspiración y exceso de lluvia en la estación de Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica	115
E	Precipitación y temperatura promedios, evapotranspiración y exceso de lluvia en la estación de Puerto Humo, Guanacaste, Costa Rica	116

INDICE DE MAPAS

<u>Mapa</u>	<u>Página</u>
Hipsometría	36
Geología	38
Geomorfología	41
Hidrografía	43
Vegetación y uso actual	45
Suelos	65
Foto-mosaico controlado	66

INDICE DEL APENDICE

<u>Apéndice</u>	<u>Página</u>
A Limitaciones de la foto-interpretación	103
B Características de la fotografía aérea	104
C Síntesis descriptiva de los suelos de la margen derecha del río Tempisque	105
D Síntesis descriptiva de los suelos del área Nicoya-Puerto Jesús, Guanacaste, Costa Rica	107
E Vegetación de la Península de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica, según Aguilar (2)	109
F Vegetación de la Península de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica, según el IICA (34)	110
G Datos, mapas y gráficos climatológicos de las estaciones Nicoya, Santa Cruz y Puerto Humo de la Península de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica	111
H Cuadro de las principales rocas pertenecientes a las formaciones geológicas Rivas, Sabana Grande y Complejo Nicoya de la Península de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica.....	124
I Descripción de las muestras de rocas recolectadas en distintos sitios del área de estudio.....	125
J Formularios para registro de datos de campo, fisiográficos y del perfil del suelo	126
K Significado de las claves para la descripción de la pendiente, drenaje superficial, erosión, pedregosidad, rocosidad, fisiografía y algunas características del perfil del suelo	129
L Descripción del proceso de impresión de los mapas con el foto-mosaico controlado de fondo	135

I. INTRODUCCION

A. Motivación

El incesante aumento demográfico registrado en las últimas décadas en los países Latinoamericanos y el desproporcional aumento de la producción agrícola, ha creado una difícil interrogante ¿ cómo conseguir que la producción supere o por lo menos iguale la demanda? Las respuestas indudablemente serán muchas y seguramente una de ellas será: con la inmediata utilización de los mejores recursos naturales y los más económicamente explotables, así como defendiendo y conservando los no renovables. Pero, para la utilización inmediata de tales recursos se requiere primero un conocimiento cabal de los mismos y ello acarrea como consecuencia elaborar un inventario y hacer una evaluación de éstos.

Para el inventario y evaluación de algunos de los recursos naturales se cuenta en la actualidad con modernas técnicas, citándose así, la utilización de fotografías aéreas, diversos instrumentos y métodos, que permiten el reconocimiento de los suelos, los bosques, las aguas, los minerales y otros, de manera rápida y casi siempre más económica.

Mediante el conocimiento correcto del recurso SUELO será posible decidir sobre su mejor aprovechamiento, de esta manera, podrán conducirse las actividades económicas hacia los tipos de explotación más adecuados, sean intensivos o extensivos - plantas anuales, fruticultura, ganadería, bosques, parques recreativos, cotos de caza o áreas de reserva - a fin de obtener mayores beneficios, a la vez que preservar y aumentar los recursos naturales.

B. Objetivos

En la evaluación del recurso SUELO que debe hacerse previa a la planificación de la explotación y consiguiente desarrollo de cualquier

área, los métodos tradicionales de estudio han venido siendo substituídos parcialmente con métodos fundamentados por foto-interpretación.

La utilización de fotografías aéreas con este fin, ha permitido un ahorro de tiempo y una reducción de costos, sin embargo, en los estudios de caracter detallado y semi-detallado principalmente, el grado de precisión posible de alcanzar es difícilmente determinable, debido a que los que llamaremos "factores críticos" de la foto-interpretación desempeñan un papel decisivo en la consecución de la precisión requerida a dichos niveles y la obtenida, y de que, estos factores varían generalmente para cada área.

Así, el motivo principal del presente trabajo, consiste en presentar una metodología, ponerla en práctica y a continuación hacer una evaluación del método de foto-interpretación utilizado, aunque como se verá mas adelante, dicha evaluación es sólo relativa debido a que los "factores críticos" de la foto-interpretación impiden que se pueda hacer una evaluación absoluta y medible matemáticamente por medios estadísticos.

El presente trabajo se constituye en un intento por el cual, mediante la aplicación del método que se expone adelante, se llevó a cabo un estudio para clasificar y cartografiar los suelos del área seleccionada, utilizando para ello básicamente fotografías aéreas, comparando posteriormente los resultados obtenidos con observaciones directas en el campo, a fin de poder determinar, - lo que está en función de los "factores críticos" - el grado de precisión alcanzado en este caso.

Para la realización del trabajo, se seleccionó un área de Costa Rica de clima seco, a fin de con ello buscar semejanza con las condiciones climatológicas de las zonas de México donde el autor ha venido desempeñando su trabajo profesional relativo a la clasificación de suelos con

finés de irrigación, por tanto fue seleccionada la Península de Nicoya debido que es la región con período más largo de sequía y de la cual se contaba con las respectivas fotografías aéreas.

Posteriormente, se localizó dentro de dicha península, una cuenca, procurando que en ella se contuvieran variaciones de relieve importantes, esperando que estas variaciones se manifiestasen también en los suelos, habiéndose procurado además, que quedasen localizadas en dicha cuenca, áreas en que se esperaba encontrar suelos con diferente origen, edad y modo de formación, a fin de probar los métodos utilizados.

C. Limitaciones

El nivel de precisión factible o posible de obtener en las determinaciones que se pretenden hacer con el uso de las aereofotografías y la metodología que se expone adelante, está en función de los "factores críticos" de la foto-interpretación, siendo estos factores los que determinan o regulan el carácter de las estimaciones.

Se apuntan a continuación las limitaciones consideradas y en el apéndice A se acompaña una exposición que contiene las razones con base en las limitaciones, por las cuales se considera la existencia de variación en la precisión entre y dentro de los distintos niveles de estudio.

1. Calidad de la fotografía.

Sobre la calidad y consiguiente utilidad de la fotografía aérea solo citamos aquí que puede variar debido a: a) escala y b) tonalidad.

2.- Elementos naturales en la foto-imagen.

Considéranse así aquellos cuya presencia o ausencia no se debe a la intervención humana o por lo menos ésta no ha sido intensa, de estos tenemos: a) vegetación, b) topografía, c) hidrografía y d) nubes y neblina.

3. Elementos culturales en la foto-imagen.

Considéranse así aquellos cuya presencia se debe a la actividad humana, la que puede cambiar en forma más o menos intensiva el aspecto normal de la superficie de la tierra. De éstos se pueden citar: a) uso de la tierra, b) vías de comunicación y c) áreas pobladas.

4. Información, su variedad, su calidad y cantidad.

Este punto es de gran importancia siendo fácil reconocer que un buen aporte de datos referentes al área de estudio, facilitará enormemente las apreciaciones que se pretendan hacer. La información puede ser: a) bibliográfica y b) cartográfica.

5. Instrumentos.

La disponibilidad de instrumentos de buena o mala calidad, constituye también un "factor crítico" de la foto-interpretación que influye en el grado de precisión que se alcance. Estos instrumentos son esencialmente: a) estereoscopios, b) restituidores y c) cámaras fotográficas.

D. Sistemática Adoptada.

La sistemática o metodología que se describe a continuación, fué seguida estrictamente y corresponde al establecimiento de un orden o serie de pasos que obedecen a la lógica de un proceso en que la concurrencia de evidencias constituye el factor esencial, factor que de hecho pertenece al método deductivo-inductivo.

La sistemática es la siguiente:

Etapa I Preparación básica.

Se lleva a cabo sobre: a) suelos, b) vegetación actual y uso de la tierra, c) geología, d) fisiografía, e) hidrografía y f) clima.

Esta preparación consiste esencialmente en la recopilación, catalogación y estudio de la bibliografía y cartografía no solo del área

específica de estudio, ya que ello a veces resulta difícil de conseguir, sino, de la región en que se encuentra localizada dicha área.

Etapa II Preparación del material fotográfico.

Consiste en: a) colocación de puntos principales en las aereofotos, b) selección de puntos auxiliares, c) elaboración del mapa de puntos (triangulación radial), d) rectificación de fotografías y e) construcción del mosaico aereofotográfico.

Etapa III Primer estudio de foto-interpretación.

Se divide en: A. Producción de mapas fotográficos de: a) hipsometría, b) geología, c) geomorfología, d) hidrografía y e) vegetación actual y uso de la tierra. B. Producción de mapas fotográficos con la delimitación areal del: a) origen y b) modo de formación de los suelos.

Etapa IV Establecimiento de los "elementos de juicio".

Se divide en: A. Primarios o subjetivos o sea los que no se pueden ver en las aereofotografías pero que están presentes en los suelos, estos están constituidos por cuatro de los factores de formación del suelo enumerados por Jenny (36), a saber: a) material parental, b) tiempo, c) clima y d) organismos y en: B. Secundarios o visibles, que a su vez se dividen en: naturales, como: a) topografía, teniendo de ésta, las formas de la tierra, las pendientes, la posición y orientación, b) vegetación, teniendo de ésta, la cubierta visible y la distribución, c) drenaje externo, dándose énfasis a los modelos que forma y d) erosión, procurando reconocer los diferentes tipos (hídrica, eólica, laminar) y el grado de intensidad en que ha actuado. Por último tenemos los culturales, tales como: a) uso de la tierra, b) parcelamiento y c) infraestructura física.

Etapa V Segundo estudio de Foto-interpretación.

Mediante éste se realizan: a) determinación preliminar de la clasificación de suelos por áreas, b) trazo de linderos de suelos, c) selección de sitios apropiados o representativos para la toma de muestras de suelo y descripción de las características internas y externas y d) elaboración del itinerario al cual convendrá sujetarse durante la visita al campo.

Etapa VI Primer reconocimiento de campo.

Está comprendido por: a) estudio y descripción de los perfiles de suelo, b) toma de las muestras respectivas, c) descripción de áreas modelo o representativas y d) visita local a puntos dudosos.

Etapa VII Trabajo de laboratorio.

Consiste de: a) análisis químico y mecánico de las muestras de suelo, b) interpretación de los resultados y c) caracterización de los suelos.

Etapa VIII Segundo reconocimiento de campo.

Consiste en una segunda visita al área estudiada, en la cual, utilizando el barreno y estudiando calicatas por diversos transectos tomados al azar, así como situándose en aquellos lugares en que se hubiesen presentado dudas, se procede a hacer las comparaciones entre lo observado en el campo y lo establecido en los mapas ya elaborados y las descripciones de las unidades de suelos determinadas.

Etapa IX Foto-interpretación final.

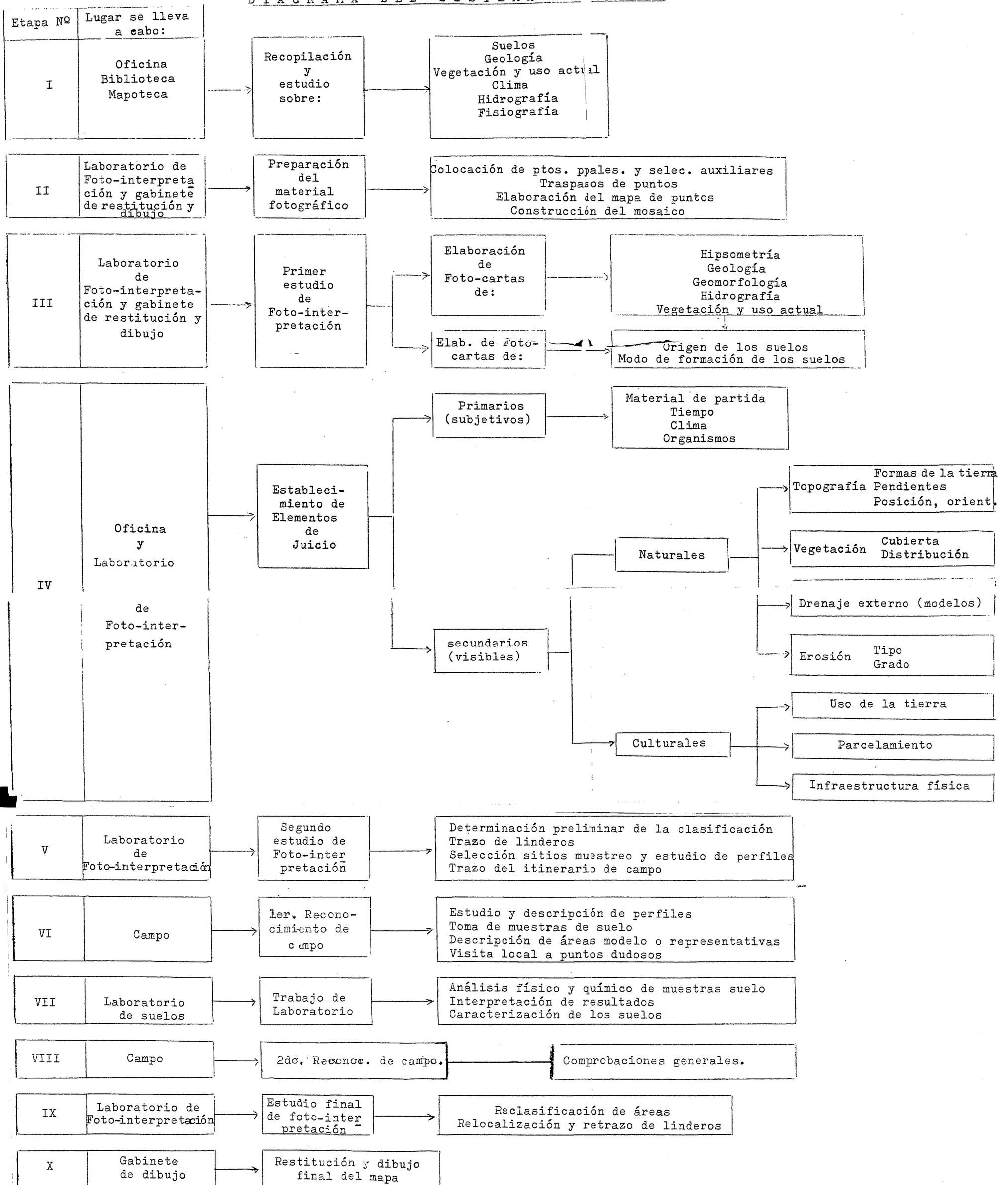
En base de los resultados de la etapa VIII (comprobaciones de campo) se procederá en caso necesario, a hacer las modificaciones que pueden ser sobre: a) reclasificación de áreas y b) relocalización y retrazo de linderos.

Etapa X Restitución y dibujo final del mapa pedológico.

Consiste en la obtención del mapa a partir de las fotografías aéreas.

A continuación se ilustra con un diagrama la sistemática anteriormente descrita.

DIAGRAMA DEL SISTEMA ADAPTADO



E. Planeamiento del Problema

La tesis motivo del presente trabajo presentará el problema de poner en claro si después de terminada la etapa VII, la etapa VIII (comprobaciones de campo) es posible de eliminar total o parcialmente. Esto estará en función de los resultados que se obtengan después de las comprobaciones en el campo, ya que pueden presentarse las alternativas siguientes:

1. Alternativas.

a. Si no hay ninguna modificación a los linderos trazados en base de la foto-interpretación, el trabajo es válido totalmente y la etapa VIII puede eliminarse. Eliminandose la etapa VIII, tácitamente la etapa IX queda también eliminada.

b. Si hay la necesidad de hacer alguna modificación a los linderos trazados en base de la foto-interpretación, las etapas VIII y IX quedará establecido que deben realizarse.

c. Si durante la etapa V se establecen "áreas dudosas" (aquellas que se considere imprescindible visitar en el campo para determinar su clasificación) obvio es que las etapas VIII y IX deberán realizarse, pero la medida en que esto se haga quedará ya limitada a dichas áreas.

II REVISION DE LITERATURA

A. Desarrollo de la Foto-interpretación.

De acuerdo con lo que se relata en el "Manual of Photographic Interpretation" (8), se sabe que la primera toma de fotografías aéreas y su uso con fines técnicos, se atribuye al fotógrafo frances Gaspard Felix Tournachon quien en 1858 ascendió a varios cientos de metros de altura en un globo cautivo, para tomar a "ojo de pájaro" fotografías del área de París, con objeto de obtener de ahí un mapa de la ciudad.

La aplicación de las fotografías aéreas con fines de estudio de suelos fué primeramente mencionada por Cobb en 1923. Posteriormente, en 1929, Bushnell asegura que las fotos aéreas dan mejor idea de cómo un mapa de suelos puede ser hecho y es el primero en mencionar el uso del método estereoscópico.

Por primera vez en Estados Unidos de Norteamérica, Jenkins, Belcher y otros en 1946, publican un informe titulado "El origen, distribución e identificación de los suelos por medio de las fotografías aéreas en E. U.", el trabajo es una miscelánea en que no se identifican los suelos con toda amplitud, pero si los materiales parentales. Desde entonces, esos investigadores informan que ciertos elementos son visibles y reconocibles con fotografías aéreas verticales que muestran la superficie terrestre. Los elementos primeramente identificados son: la forma de la tierra o paisajes, pendientes, drenaje externo, erosión, color, cubierta vegetal y uso de la tierra.

B. Fundamentos de la Foto-interpretación.

La American Society of Photogrammetry (8) define la interpretación de fotografías aéreas como "el arte de examinar imágenes fotográficas con el propósito de identificar los objetos y juzgar su importancia".

De aquí que, la aplicación de la foto-interpretación con fines de estudio en varias ciencias según la mencionada sociedad tiene como bases principales los aspectos siguientes:

- : - Muestra imágenes del terreno que son fiel reproducción de los objetos que existen en la superficie.
- : - Vistas dos fotografías sucesivas a través del estereoscopio se pueden apreciar tridimensionalmente los objetos, percibiéndose su forma que en simples fotografías puede parecer amorfa.
- : - Muestra áreas suficientemente grandes con lo cual se obtiene un panorama más amplio.
- : - La exageración de la distancia vertical, que se aprecia mediante la observación de pares estereoscópicos, se constituye en una ayuda al intérprete, ya que enfatiza sobre los objetos pequeños.
- : - La permanencia y fidelidad de la imagen fotográfica permite al intérprete hacer mediciones y un estudio completo y cuidadoso del área.
- : - Fotografías del mismo lugar tomadas en diferentes épocas, permiten hacer un estudio comparativo de los cambios que puedan sucederse en el área.

Un aspecto fundamental de la foto-interpretación es el hecho de que se pueden observar las características importantes del terreno que estén íntimamente relacionadas con el propósito del estudio.

El foto-intérprete en suelos deberá guiarse por principios tales como:

- : - Suelos similares tienen diseños de drenaje similares. Cualquier material derivado de la misma roca es depositado en la misma forma, cuando ocupa la misma posición topográfica y está en condiciones

ambientales similares.

- : - Suelos disímiles presentan patrones de fisiografía disímiles.
- : - Los suelos pueden ser interpretados en fotografías aéreas por el estudio de las formas creadas por consecuencia de la naturaleza de la roca madre, el modo de deposición de los materiales y el ambiente climático, biótico y fisiográfico.
- : - Las características de la imagen fotográfica deben ser correlacionadas con las propiedades determinadas en el campo y el laboratorio.
- : - De acuerdo con H. Jenny (36) los suelos son el resultado de la acción de cinco factores, por tanto, la secuencia de los efectos de los factores que con más intensidad han obrado para dar origen a un suelo particular, como en el caso del factor topográfico, puede ser reconstruída por medio de foto-interpretación, deduciéndose de esa manera muchas propiedades importantes para suelos similares.

La foto-interpretación aplicada al estudio de los suelos depende también de la extensión por la cual el examen estereoscópico es objetivo, lo que depende a su vez del grado de correlación que existe entre las características inherentes al suelo y a las características externas observables en las aereofotos.

Teóricamente, si la correlación fuera perfecta, no se requeriría un examen del perfil. Cuanto menos perfecta, las posibilidades de error aumentan.

Se ha mencionado en el capítulo I punto C que en las foto-imágenes aparecen elementos naturales y culturales. La apreciación de tales elementos se hace mediante los pasos siguientes:

Foto-lectura: consiste en la simple identificación y distinción de las imágenes de los objetos fotografiados. Ej. Identificación de un arroyo.

Foto-análisis: consiste en un proceso por medio del cual a través de una separación de las partes o elementos que forman el objeto y el análisis de éstas, se establecen sus relaciones y la importancia de cada una de esas partes. Ej. Un arroyo chico o grande; con agua o sin agua; recto o curvado; con orillas escarpadas o suaves.

Foto-reconocimiento: es la obtención de información con un propósito especial. Ej. Un arroyo con agua útil para abastecimiento potable; un arroyo con agua útil para riego agrícola; un arroyo con agua indispensable permanentemente; un arroyo con agua que provoca siniestros.

Como se ve, existe diferencia entre estas formas de utilizar la fotografía aérea y la denominada foto-interpretación.

La utilización de las aereofotos para la simple identificación de los objetos, según lo que se expresa en el Manual of Photographic Interpretation de la American Society of Photogrammetry (8) se lleva a cabo mediante las determinaciones de:

Medida. La medida de un objeto es uno de los aspectos más usados en su identificación. Por la medición de un objeto conocido, sobre una foto aérea, el intérprete puede eliminarlo de aquellos grupos de posible indentificación.

Forma. La forma se refiere al aspecto de un objeto observado desde un punto de vista vertical, algunas veces es sorprendentemente difícil de interpretar únicamente en base a la forma. La parte plana y alta de un edificio por ejemplo, es difícil que sirva para reconocer dicho edificio aunque éste sea muy familiar visto en forma horizontal u oblicua. Gran parte del entrenamiento de un foto-intérprete, consiste en la reorientación de sus percepciones para que pueda reconocer fácilmente los objetivos vistos desde arriba. Esta reorientación es

gradualmente ayudada por la impresión de profundidad con los pares estereoscópicos.

Sombra. La sombra es un fenómeno familiar, de ordinario juzgamos la medida y la forma de los objetos y personas mediante la observación de las sombras que proyectan. La presencia de sombras en las fotos aéreas algunas veces ayuda al intérprete para mostrarle los perfiles representativos de los objetos que le interesan. Las sombras son particularmente una ayuda si los objetos son muy pequeños o de tono sin contraste con los que los rodean.

Tono y color. La percepción de color es un importante elemento para el reconocimiento de nuestro ambiente. Aunque los tonos de las imágenes fotográficas son influenciados por muchos factores, los tonos de los objetos familiares corresponden a nuestra percepción de aquellos objetos de la naturaleza que nos son conocidos. Algunas veces, sin embargo, un cuerpo de agua puede aparecer en color que va de blanco a negro, dependiendo del ángulo del sol y de la reflexión de luz hacia el lente de la cámara, por esto, cuando el intérprete entiende los factores que rigen el tono fotográfico, usa los tonos de los objetos interesantes como mejores para su identificación.

Textura. La textura en fotografías aéreas es creada por la repetición de tonos en grupos de objetos los cuales son muy pequeños para ser reconocidos individualmente. En escala grande, los árboles pueden ser vistos individualmente, a pesar de esto, sus hojas y muchos otros detalles no pueden ser distinguidos separadamente pero contribuyen a dar la textura para reconocerlos. Los suelos sin embargo, no son visibles en la foto ya que generalmente están cubiertos de vegetación, de tal modo que no se pueden identificar por simple reconocimiento de los objeto-

imágenes en las fotografías, requiriéndose por tanto, conjugar los conocimientos adquiridos sobre el área de estudio por la información obtenida (establecidos como los elementos de juicio primarios), con las imágenes fotográficas que constituyen los elementos de juicio secundarios, todo ello mediante un proceso denominado deductivo-inductivo. En esta forma, las características de las foto-imágenes que pueden ser observadas e identificadas, son relacionadas con los factores de formación y desarrollo de los suelos en variadas formas; de estos citaremos como ejemplo los aspectos siguientes:

Roca madre. Partiendo de la base de que los suelos son derivados siempre de cualquiera de los tres tipos elementales de rocas, sean ígneas, metamórficas o sedimentarias, estos tipos de rocas pueden ser determinadas a base de los modelos de drenaje.

Topografía. Las formas de terreno y su dinámica, son responsables directos de la formación y destrucción de los suelos. Esto, que concierne a la geomorfología es fácilmente apreciable con los modelos estereoscópicos, con los cuales no sólo es posible la toma de medidas, sino también deducir lo sucedido y lo que puede suceder.

Vegetación. Puede ser identificada en forma individual o bien en conjunto y mediante conocimientos de ecología vegetal el fotointérprete en suelos está provisto de los conocimientos requeridos para saber bajo cuales condiciones ambientales es posible la presencia de determinada vegetación. La vegetación natural por su parte y ciertos tipos de vegetación cultivada, son claros indicativos de condiciones predominantes en los suelos.

Clima. Ciertamente, el clima no es observable en las fotografías, sin embargo, sus efectos sobre la superficie terrestre son un reflejo

fiel de éste. La vegetación, la hidrografía, la erosión, el uso de la tierra por ejemplo, son indicadores de las condiciones de clima reinantes en el área de estudio.

Organismos. Como el clima, no son observables en las aereofotos, pero, su acción sobre los suelos puede descubrirse con frecuencia.

Como se ha venido mencionando existen hechos fundamentales sobre la superficie terrestre cuyo estado obedece siempre a condiciones o situaciones específicas de las cuales sólo hace falta determinar su peso o influencia, separada y conjuntamente con los otros elementos, para dilucidar su grado de acción.

Con las bases en lo anteriormente expuesto, se incluyó en la metodología utilizada una serie de elementos de juicio, dividiéndolos en primarios y secundarios.

Considéranse primarios aquellos cuya presencia se ha establecido de manera subjetiva y que de hecho no corresponden a aspectos vistos en las aereofotos, es decir, son los conocimientos obtenidos mediante el estudio bibliográfico y cartográfico del área de estudio, esencialmente sobre los factores de formación del suelo.

Los elementos de juicio secundarios, corresponden a aquellos aspectos aparecidos en las fotografías aéreas, cuya presencia sólo debe ser relacionada con los elementos de juicio primarios, estableciendo el grado de intensidad que les corresponde.

C. Utilización de claves para Foto-interpretación.

La aplicación de claves para foto-interpretación consiste idealmente en una serie de estereogramas, los cuales ilustran sobre las características de interés aparecidas en la foto-imagen.

En general, las claves son preparadas para hacer posible un rápido reconocimiento de los elementos fotografiados. Son útiles al intérprete para ordenar la información presente en la fotografía y le ayudan para hacer una correcta identificación de los objetos.

Poseer una colección de estereogramas permite al intérprete poner en juego un método sistemático y organizado por medio del cual a base de selección y eliminación se puede facilitar el reconocimiento de elementos de características complejas.

Las claves difieren de acuerdo a la disciplina y su uso está de acuerdo también con el carácter del estudio.

Las claves más comunes que hay son para identificar:

- : - Las formas de la tierra o paisajes
- : - La vegetación
- : - La hidrografía o sistema de drenaje natural
- : - La geomorfología
- : - Los usos de la tierra

D. Naturaleza de la Fotografía Aérea.

La fotografía aérea es aquella que se toma desde un vehículo en el aire, ya sea que éste se encuentre en movimiento o no. La fotografía aérea puede ser vertical u oblicua, lo cual obedece al ángulo que se forma entre la línea que une los puntos del centro del plano focal el axis óptico de las lentes de la cámara y el plano fotografiado, además, pueden ser también rasantes, panorámicas y verticales a grandes alturas, lo que estará en función de la distancia o altura a la que es fotografiada la imagen.

Para el carácter de un estudio como el que nos ocupa se requieren fotografías verticales debido a que son las que presentan menos

distorsiones.

Normalmente todos los tipos de fotografías aéreas son obtenidas con impresiones de contacto sobre los negativos, en esta forma, la variación de la relación de escala está determinada por la altura a que son tomadas.

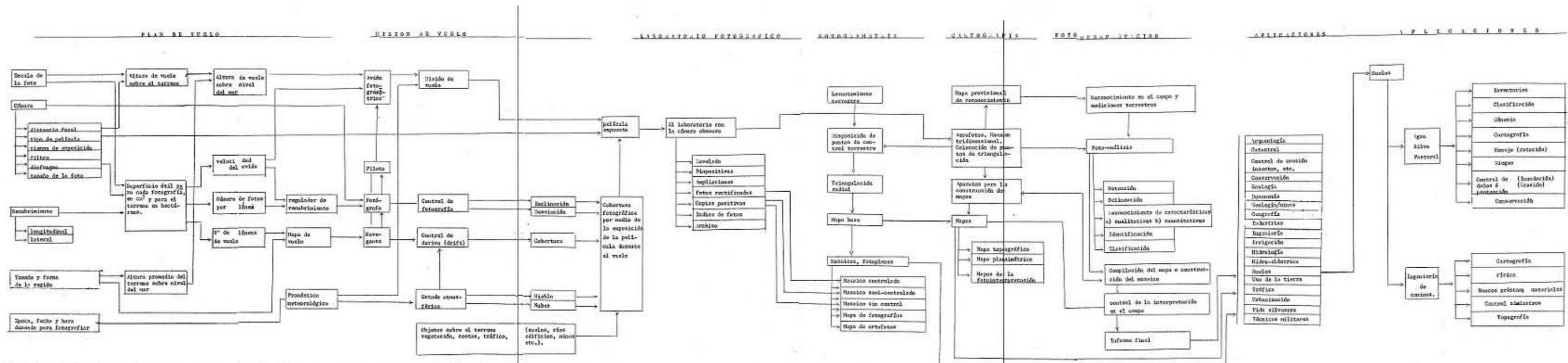
En el apéndice B se acompañan algunas características pertenecientes a las fotografías aéreas.

E. Aplicaciones de la Foto-interpretación.

La foto-interpretación tiene aplicación en muy diversas disciplinas. En la actualidad su uso se ha extendido mucho principalmente en el auxilio de estudios de carácter técnico, tales como: geología, hidrología, dasonomía y otros. En la rama de suelos se puede decir que tiene aplicación en dos especialidades; estudios pedológicos-edafológicos y estudios de ingeniería de caminos, ambos en los que el conocimiento del suelo es el fin esencial buscado.

Para llevar a cabo la foto-interpretación es necesario primero contar con la fotografía aérea y la obtención de ésta requiere realizar una serie de trabajos con material, equipo y personal especializado, según la escala, tipo de foto y finalidad a que se va a destinar.

Para mostrar en forma diagramática la serie de pasos que comprenden las operaciones requeridas para la obtención de la fotografía aérea y también para mostrar la forma amplia en que las aereofotos actualmente se están utilizando, se anexa un diagrama con las aplicaciones generales de la foto-interpretación y las específicas de la rama de suelos.



FUENTE: GONZALEZ, J. (apuntes de clase de Fotogrametría y de Foto-interpretación. IICA, Terraliba, 1967. NOTA: Con arreglo en las aplicaciones por Ricardo Torres C. con autorización del autor.

III. MATERIALES E INSTRUMENTOS UTILIZADOS

A. Fotografías Aéreas.

Las características relativas a las aereofotos utilizadas en el presente trabajo son:

1. Escala.

Debido a las variaciones de relieve en el área de estudio no es factible considerar una escala uniforme. La zona más o menos plana adyacente al río San Lázaro tiene una escala promedio de 1:21,500 presentándose un cambio fuerte de escala hacia la parte alta y divisoria de las aguas principalmente sobre el cerro de San Vicente que es el lugar más elevado del área estudiada.

2. Tamaño.

El tamaño de las aereofotos es de 23 x 23 cms (9 x 9 pulgadas), que es el más cómodo y comúnmente usado con los estereoscopios disponibles.

3. Tipo.

Son de tipo pancromático y presentan muy buen contraste, lo que hace suponer la utilización de buena calidad de película y buen proceso de revelado e impresión.

4. Papel.

Se trabajó con cuatro juegos de fotografías de los cuales tres son de papel pesado y uno de papel de peso sencillo. Las de peso sencillo tienen la desventaja de que con leves cambios de temperatura sufren enrollamiento así como contracciones y alargamiento que aunque muy pequeños son siempre mayores que si fueran de papel pesado. Las de papel pesado son más estables y rígidas y como única desventaja se puede citar lo incómodo que resultan por su peso cuando se llevan al campo.

5. Tono.

Son de tonalidad semi-mate sumamente uniforme, por lo cual se facilitan las identificaciones con extrapolaciones en base de las coloraciones. Cabe mencionar que la fecha de toma (16 de diciembre de 1964) corresponde a la temporada de sequía en toda la Península de Nicoya.

6. Distorciones.

Sufren de distorsiones debido a dos causas: primero, a los movimientos propios del avión (cabeceo, ladeo y giro) que se traducen a las fotografías, y, segundo, debido a los desniveles del terreno, lo que hace que, no siendo las aereofotos el resultado de una proyección ortogonal, los cambios del nivel en el terreno con respecto a un plano de comparación, aparezcan desplazados.

B. Instrumentos.

Los instrumentos utilizados para los trabajos de foto-interpretación y de restitución fotogramétrica fueron:

- : - Estereoscopio de bolsillo que se utilizó en el campo.
- : - Estereoscopio "Wild" de espejos y binoculares de poder de ampliación de 3 X, usado para los trasposos de lo contenido en las foto-cartas a estereogramas.
- : - Estereoscopio "Old Delft Scanning Mod. ODSS III" de espejos y binoculares de poder y ampliación de 1.5 a 4.5 X cambiable manualmente.
- : - Diseñador (Sketch master) "Carl zeiss" que se utilizó para la restitución u obtención de los mapas por medio de triangulación radial.
- : - Perforadora "Carl zeiss" con la cual se hizo la perforación de las láminas de plástico utilizadas en la triangulación radial.

Estos instrumentos se consideran de la mejor calidad, particularmente el estereoscopio "Old Delft Scanning" que tiene la facultad de desplazar

el campo visual en el sentido de las coordenadas, con lo que se evita mover todo el instrumento o las fotografías para cambiar dentro del mismo par estereoscópico la zona proyectada.

C. Materiales.

Además de las fotografías aéreas que forman parte de los materiales pero que se ha dejado en A de este capítulo para ser descritas en detalle, también se usaron los materiales siguientes:

- : - Lápices de cera para dibujo sobre las fotografías
- : - Gasolina como borrador
- : - Tinta china para marcar los círculos de los puntos de control terrestre, principales y auxiliares, sobre las aereofotos, necesarios para la triangulación radial.
- : - Papel "Master Mylar" (semi-transparente) para la obtención de las copias de los mapas producidos.

IV. METODOLOGIAA. Recopilación y Estudio de la Cartografía y Bibliografía.

De acuerdo con lo que se especifica en el capítulo I punto D el sistema adoptado contempla la recopilación y estudio de la información sobre los de suelos, vegetación, geología, clima, hidrografía y fisiografía, que pertenece a la etapa I y que se trata a continuación; antes sin embargo, se asentarán los datos relativos a la localización y superficie del área estudiada, así tenemos:

El área seleccionada se encuentra localizada en la Provincia de Guanacaste, Cantón de Nicoya, con un 90 % en el Distrito de San Antonio y un 10 % en el Distrito de Nicoya. Por la parte norte está limitada con el paralelo $10^{\circ} - 17'$ y por la sur con el paralelo $10^{\circ} - 09'$ ambos de latitud norte. En su parte oriental está limitada por los meridianos $85^{\circ} - 23'$ y la occidental $85^{\circ} - 21'$ al W. de Greenwich.

El estudio se inicia en una pequeña subcuenca de la cuenca del río San Lázaro. Esta pequeña subcuenca tiene una superficie de 900 has y corresponde a la zona de énfasis a partir de la cual con las determinaciones realizadas se llevan a cabo extrapolaciones a la cuenca completa cuya superficie es de 6,517 has.

El río San Lázaro aguas abajo, desemboca a la Laguna de Mataredonda y ésta a su vez desagua en el río Tempisque.

1. Suelos.

Han sido pocos los estudios de suelos que se han realizado en lugares vecinos al que ocupa nuestra área de estudio, de estos tenemos: Albertín, (5) en 1962, determina la presencia de arcillas negras, arcillas limosas de color gris y suelos arcillosos grises para la parte sur de la Península.

En 1964, Plath y Van der Sluis (53) en su "Mapa de Uso Potencial de la Tierra de la República de Costa Rica" publicado a escala de , . . . 1:1,000.000, clasifican a los suelos del área de nuestro estudio con las categorías IA, IP, IIP y CS, lo cual indica:

- IA. Areas capaces de dar elevada producción física por ha, aptas para cultivos anuales, recomendando las convenientes prácticas de manejo del suelo.
- IP. Areas capaces de dar elevada producción física por ha, aptas para cultivos permanentes, recomendando igualmente las prácticas de manejo convenientes.
- IIP. Areas de recursos limitados, capaces de dar moderada producción física por hectárea, aptas para cultivos permanentes.
- CS. Indica que todas ellas tienen un clima caliente (inferior a 600 m de altitud) y seco (5 ó más meses con 50 mm ó menos de precipita - ción mensual).

El Resources Inventory Center de la AID (4) en su análisis de 1965 sobre Costa Rica, determina en un mapa publicado a escala 1:750,000 que en la Península de Nicoya se presentan latosoles ondulados y muy acci - dentados, planosoles, regosoles, suelos aluviales, turbosos y gley húmicos bajos.

Los anteriores estudios solo se realizaron a nivel exploratorio y de reconocimiento por lo que se hará mención a la información de carác - ter más detallado obtenida del estudio de Vargas (75) de 1959 y al del IICA (34) de 1966. Este último es hecho a nivel de reconocimiento, sin embargo, es más reciente y de un área más cercana a la que nos ocupa.

Si bien la información sobre suelos que se analiza no corresponde precisamente al área de nuestro estudio, es de gran valor, ya que

mediante su conocimiento estamos construyendo lo que se ha denominado "elementos de juicio primarios" o sea que estamos conociendo el grado en que los factores de formación de los suelos han intervenido en un área cercana, en la cual algunos de esos factores han intervenido con la misma intensidad en el área nuestra. Así, el objetivo principal de esta evaluación es tratar de descubrir cuáles son las características de los suelos de las áreas circunvecinas conocidas, comparar los aspectos físicos y visibles de dichas áreas con la nuestra para extrapolar a esta última si es posible, aquellos que nuestra razón y lógica lo aconseje. De esta manera, la finalidad de orden práctico consistirá en tratar de establecer: relaciones entre topografía y suelos de las áreas estudiadas; relaciones entre vegetación y suelos de las áreas estudiadas; definir si las anteriores relaciones se pueden llevar a nuestra área de estudio.

a. Suelos de la margen derecha del río Tempisque.

Vargas Vaglio (75) en 1959, realiza un estudio a nivel de serie de una superficie de 35,580 has, de la margen derecha del río Tempisque, habiendo separado los suelos en aluviales, fluvio-lacustres, coluvio-aluviales, lateríticos rojizos y otros, con lo cual prácticamente define asociaciones.

Las características principales que resultan de cada asociación se acompañan en el apéndice C.

b. Suelos de área Nicoya-Puerto Jesús.

En 1966 el IICA (34) realizó un estudio de suelos de esta área, determinando asociaciones basadas principalmente en la topografía. Las características principales de tales asociaciones se acompañan en el apéndice D, por lo que aquí solo mencionamos las unidades cartografiadas que son: 1) Suelos planos, 2) Suelos de manglar, 3) Suelos de coluvios,

4) Suelos ligeramente ondulados, 5) Suelos ondulados, 6) Suelos ondulados a cerriles, 7) Suelos cerriles a escarpados y 8) Suelos escarpados.

2. Vegetación.

La información de más interés para nuestros objetivos sobre la vegetación de la región en que se encuentra localizada nuestra área de estudio es mencionada por Wagner en 1958 y citada por Aguilar (2). Se describe en el apéndice E.

En 1965, la AID (4) en su "Análisis Regional de Recursos Físicos, Centroamerica y Panamá" al hablar de los bosques de la región de la Península de Nicoya dice que las copas de los árboles no se tocan y la tierra se aprovecha en cultivos, pastos o con otro tipo de vegetación rastrera.

El IICA (34), en su trabajo de 1966 sobre "Inventario de Recursos del Area Nicoya-Puerto Jesús, Guanacaste, Costa Rica", elabora un mapa de vegetación en una zona cercana a nuestra área de estudio, en el cual se definen algunas unidades cartográficas, a saber: 1) Cultivos anuales, 2) Charrales, 3) Bosques, 4) Manglares y 5) Pastizales, cuya descripción se acompaña en el apéndice F.

3. Clima.

El clima para la Península de Nicoya fué clasificado en 1949 bajo el sistema de W. Koeppen por el Servicio Meteorológico Nacional y el Instituto Geográfico de Costa Rica (20) estableciéndolo como "Zona de Clima Tropical Lluvioso y Seco" (A w' i) lo que indica: una pronunciada estación seca para el invierno boreal; el máximo de lluvias ocurre en el otoño; las temperaturas del mes más frío se mantienen por encima de los 18°C; la oscilación entre la temperatura del mes más cálido y el mes más frío es inferior a 5°C y hay por lo menos un mes de precipitación inferior a los 60 mm.

La información meteorológica para la región en que se localiza nuestra área de estudio desafortunadamente corresponde a períodos cortos, sin embargo, a partir de los datos con que cuenta, el Servicio Meteorológico Nacional elaboró para la Asociación Regional para el Desarrollo de la Península de Nicoya, mapas de isoyetas, isotermas y de líneas de igual evapo-transpiración potencial que cubren toda la Península.

Para el análisis de las condiciones climatológicas que imperan en el área de nuestro estudio, dado que en este sitio no se localiza ninguna estación de observación y medición, se toman los datos correspondientes a los de las estaciones de las poblaciones de Nicoya, Santa Cruz y Puerto Humo que son las más cercanas, con los cuales se elaboraron climadiagramas, curvas del transcurso de las temperaturas máxima media y mínima a través del año, así como curvas de la precipitación y evapo-transpiración que se acompañan en el apéndice G.

Del análisis de los datos, mapas y gráficos climatológicos elaborados, se obtuvieron las apreciaciones siguientes:

- : - El mayor porcentaje de la precipitación anual cae en sólo 6 meses (mayo a octubre inclusive) y quedan los 6 meses restantes con un fuerte déficit hídrico.
- : - En las tres estaciones (Nicoya, Santa Cruz y Puerto Humo) el promedio anual de la precipitación fluctúa alrededor de 2000 mm.
- : - La temperatura media anual es prácticamente estable y muy similar para las tres estaciones.
- : - La temperatura media anual en las tres estaciones a lo largo del año siempre es superior a 25°C.
- : - La mayor oscilación de la temperatura media anual a través del año en las tres estaciones es de 4°C (registrada en Puerto Humo).

- : - El valor de la evapo-transpiración potencial (obtenida por el método de Holdridge) para las estaciones de Nicoya y Santa Cruz es superior a la precipitación en los meses de Noviembre a Abril inclusive y en la estación de Puerto Humo es superior en los meses de Noviembre a Mayo inclusive.
- : - Se observa un exceso de lluvia sobre la evapo-transpiración potencial durante los meses de Mayo a Octubre inclusive en las estaciones de Nicoya y Santa Cruz y de Junio a Octubre en la estación de Puerto Humo.
- : - Ocurre un exceso de lluvia sobre la evapo-transpiración potencial sólo en las estaciones de Nicoya y Santa Cruz, no así en la estación de Puerto Humo.

4. Geología.

El estudio de la información geológica de nuestra área de trabajo se realiza con el propósito fundamental de obtener los conocimientos que permitan conocer los aspectos geológicos que tengan relación con los suelos.

Hasta la fecha son pocos los estudios geológicos de esta región y los que se han realizado solo han sido hechos con carácter de reconocimiento. El más reciente de éstos es el realizado por Dengo (23) en 1962, que está orientado para hacer una descripción histórica basada en estudios de estratigrafía, rocas ígneas y geología estructural.

a. Fases geológicas.

Dengo (23) al hacer la descripción geológica de la Península dice que ha estado sujeta a varios episodios de deformación, tanto de plegamiento como de fallamientos y hace una división en tres fases principales, a saber:

1) Fase protectónica.

En esta fase las islas volcánicas dieron origen a las lavas y aglomerados del Complejo Nicoya derivándose de ellas las grauwacas y conglomerados del mismo Complejo.

2) Fase orogénica.

Esta fase se inició a fines del período Cretácico y en éste, los movimientos fueron más intensos que en el período Eoceno, habiéndose producido el hundimiento de gran parte de la región, lo que permitió una extensa sedimentación de la Formación Brito que actualmente se halla sumergida en gran parte.

3) Fase post-orogénica.

Esta fase se caracterizó por un levantamiento epirogénico, habiéndose encontrado evidencias de superficies erosionadas en forma escalonada, lo que indica que el levantamiento no se produjo como un fenómeno continuo, sino que fué interrumpido por intervalos de reposo que permitieron la formación de terrazas debidas a erosión fluvial. El hundimiento del curso inferior del río Tempisque y la consecuente formación del Golfo de Nicoya así como las características morfológicas de las costas, evidencian los movimientos de emersión pertenecientes a esta fase post-orogénica.

b. Estratigrafía.

Sobre las unidades estratigráficas establecidas para la zona de estudio, se anotan únicamente las características sobresalientes e importantes para nuestros objetivos. Las unidades estratigráficas son:

1) Complejo Nicoya.

El Complejo Nicoya pertenece al período Cretácico inferior y se caracteriza porque está formado por varias unidades de origen ígneo y

sedimentario. Las rocas sedimentarias son principalmente grauwacas compactas de color gris oscuro, ftanitas, lutitas y calizas sílicas. Las rocas ígneas son principalmente coladas de basalto, aglomerados de basalto, intrusiones de gabro, diabasa y diorita. Todas estas rocas han sido intensamente plegadas y presentan características de metamorfismo.

Esta unidad ha recibido el nombre de Complejo a causa de las complicaciones estructurales entre rocas ígneas y sedimentarias.

De lo anterior se deduce que sobre el Complejo Nicoya se deben encontrar suelos originados de rocas basálticas principalmente, así como de rocas sedimentarias (grauwacas y ftanitas) debido a que son las que predominan.

2) Formación Rivas.

Pertenece también al período Cretácico, encontrándose algunas porciones de afloramientos en la parte central de la Península de Nicoya y en el Valle del río Tempisque. La parte inferior de esta formación se compone principalmente de areniscas compactas de granulación mediana hasta gruesa y de color gris verdoso con intercalaciones de lutitas grises.

3) Formación Sabana Grande.

Es una formación muy variable en la que se encuentran calizas silíceas, ftanitas y lutitas silíceas. Esta formación es bastante extensa en la parte central de la Península, pero de ella no ha sido posible establecer su posición estratigráfica con certeza. En algunas partes las ftanitas están asociadas con basaltos lo que hace parecer que pertenecen al Complejo Nicoya. La formación Sabana Grande yace en forma discordante sobre el Complejo Nicoya y está cubierta, en contacto generalmente discordante, por la formación Rivas.

De acuerdo con lo anterior los suelos que se localizan en el área que corresponde a la formación Sabana Grande deben derivarse de rocas calizas silíceas, ftanitas y lutitas silíceas.

En el apéndice H se presenta un cuadro en el cual se puede apreciar por cada unidad, los tipos de rocas que predominan.

En el apéndice I se acompaña un cuadro con la descripción de las muestras de rocas recolectadas en diferentes sitios del área de estudio.

5. Hidrografía.

El área de estudio se encuentra localizada dentro de la cuenca del río Tempisque, formando una sub-cuenca que pertenece al río San Lázaro. Este río, cuya cuenca hasta el punto en que se localiza el poblado de San Lázaro es de 6517 has, corre, aunque con muchos pequeños meadros, paralelo al rumbo de los fallamientos propios de la zona, y, los arroyos que lo alimentan, se presentan en forma perpendicular, bajando de los cerros Chira, Los Santos y Tierra Colorada por la parte sur y Montaña y Zapote por el lado nor-este. Se dirige hacia la parte baja y plana denominada "Depresión del Tempisque" desembocando a la Laguna de Mata Re donda.

El área presenta un gran número de quebradas de diversa longitud y pendiente, que dan lugar al patrón de drenaje, que por su parte caracteriza la zona.

De acuerdo con el estudio del IICA (34) de 1966, para la zona Nicoya-Puerto Jesús, se sabe que una de las características de los arroyos como los que aquí se analizan, es que son secos o con una mínima escorrentía durante los meses de octubre a marzo, o sea durante la temporada de sequía, no así durante los meses restantes, o sean los de la temporada de lluvias, en que bajan con tal fuerza y violencia que provocan

frecuentemente algunos estragos en los suelos y los cultivos.

6. Fisiografía.

El área de estudio, como gran parte de la Península de Nicoya, presenta una gran variedad de formas de relieve. Contiene parte de las denominadas Sierras Costaneras de la Península de Nicoya y queda situada en la vertiente oriental de éstas, donde las aguas se dirigen hacia el río Tempisque.

Fisiográficamente, el área de estudio se caracteriza por presentar un valle encajonado entre los cerros más altos y grandes. La topografía dominante de estos cerros forma parte de la estructura geológica general de la Península.

Los cerros que se localizan en el área de estudio se presentan en forma alargada y paralelos al rumbo de las fallas principales que predominantemente van en dirección Nor-este a Sur-oeste, quedando en la misma dirección el valle formado dentro del cual se halla el río San Lázaro.

En la parte Nor-oeste adyacente a nuestra área aunque fuera de ella, se encuentran pequeños cerros de mediana elevación, cuyo desarrollo topográfico se considera senil y en donde los ríos son subsecuentes. Son áreas en las cuales las superficies planas se deben mayormente a un fenómeno de degradación lateral que a sedimentación fluvial. Ahí, la parte baja es una superficie plana y casi horizontal y los ríos presentan meadros más grandes. El valle adyacente al río San Lázaro en cambio, está rodeado por cerros en los que el desarrollo topográfico es diverso, a causa de ser aún parte de un área diastróficamente activa. Aquí, el diseño de drenaje es consecuente y mediante el análisis de la topografía, se aprecia que se ha llegado de una etapa de madurez donde el río ha abierto un valle de mediana amplitud debido a la erosión lateral.

B. Preparación del Material Fotográfico.

Debido a que generalmente se cuenta con un solo juego de fotografías aéreas, siempre éstas serán utilizadas en los estudios (geología, geomorfología, hidrografía y uso de la tierra) de los cuales es necesaria la obtención del mapa correspondiente. Por lo anterior y a fin de que en cada uno de los pasos anteriores las fotografías estén previamente preparadas para de ellas hacer las restituciones que les corresponda, es conveniente realizar parcialmente el trabajo que pertenece a una triangulación radial, con lo cual, teniendo la lámina de cartón punteada y en cada fotografía los puntos señalados con pequeños círculos con tinta de color visible, se puede proceder así a hacer el vaciado de lo contenido en las fotografías a un mapa borrador después e inmediatamente de que se vaya dando por terminado cada uno de esos pasos.

La preparación de las fotografías y de la lámina de cartón punteada, se lleva a cabo en el orden siguiente:

1. Colocación de puntos principales en las fotos
2. Selección y colocación de puntos auxiliares en las fotos
3. Selección y marcado en el mapa topográfico y en las fotografías aéreas de sus puntos correspondientes de control terrestre.
4. Traspaso entre fotos de los puntos principales, auxiliares y de control terrestre.
5. Punteado de las láminas de material plástico.
6. Control numérico de las láminas de material plástico.
7. Perforación de las láminas de material plástico.
8. Armado de las láminas cuando ya están ranuradas y perforadas.
9. Ajuste de las láminas ranuradas y perforadas a la escala deseada (1:20,000).

10. Punteado de la lámina de cartón (traspaso de todos los puntos de las fotos).
11. Numeración de control de los puntos de la lámina de cartón punteada y dibujo en ésta de las coordenadas.

C. Primer Estudio de Foto-interpretación.

Durante la primera etapa de la metodología, se han adquirido conocimientos que proveen de algunos elementos de juicio que permiten realizar los cuatro mapas (o cinco si no existe el hipsométrico) en que se proyecta el mapa preliminar de suelos. Desde luego, estos mapas no sería necesario hacerlos si ya existieran, o bien, si existen a una escala pequeña, el trabajo únicamente consistirá en hacer el traspaso a la escala adecuada para nuestro uso, siempre y cuando la precisión no disminuya, porque de lo contrario habrá que relocalizar los trazos.

Es posible que existan dichos mapas en categorías más generalizadas y consecuentemente a escalas pequeñas; aún así, estos mapas pueden ser una guía de mucho valor, ya que a partir de ellos podemos realizar nuestros levantamientos. En el caso de que de tales mapas no exista ningún levantamiento, habrá que proceder a hacerlos totalmente.

1. Elaboración de foto-cartas.

El primer estudio de foto-interpretación se realiza con el fin de obtener cinco foto-cartas (si son sacadas del mosaico) o mapas (si son obtenidas por restitución) del área de estudio, que se constituyen en los pilares del mapa de suelos que finalmente se desea obtener, debido a que los linderos que en ellos aparecen como resultado de la separación de áreas diferentes, corresponderán con mucha probabilidad a los linderos de las unidades de suelos.

La escala de trabajo fué desde luego la escala de las aereofotografías (1:20,000 aproximada) siendo también ésta la escala en la cual se elaboraron los mapas originales debido a que el método de restitución utilizado (triangulación radial, con el uso de láminas de plástico ranuradas y el aparato diseñador "Sketch master") no permite un cambio de escala (ampliación o reducción) muy grande. Para la presentación de la publicación, los anteriores mapas se redujeron a escala 1:40,000 por ser este el tamaño en que se pudieron imprimir con las máquinas disponibles.

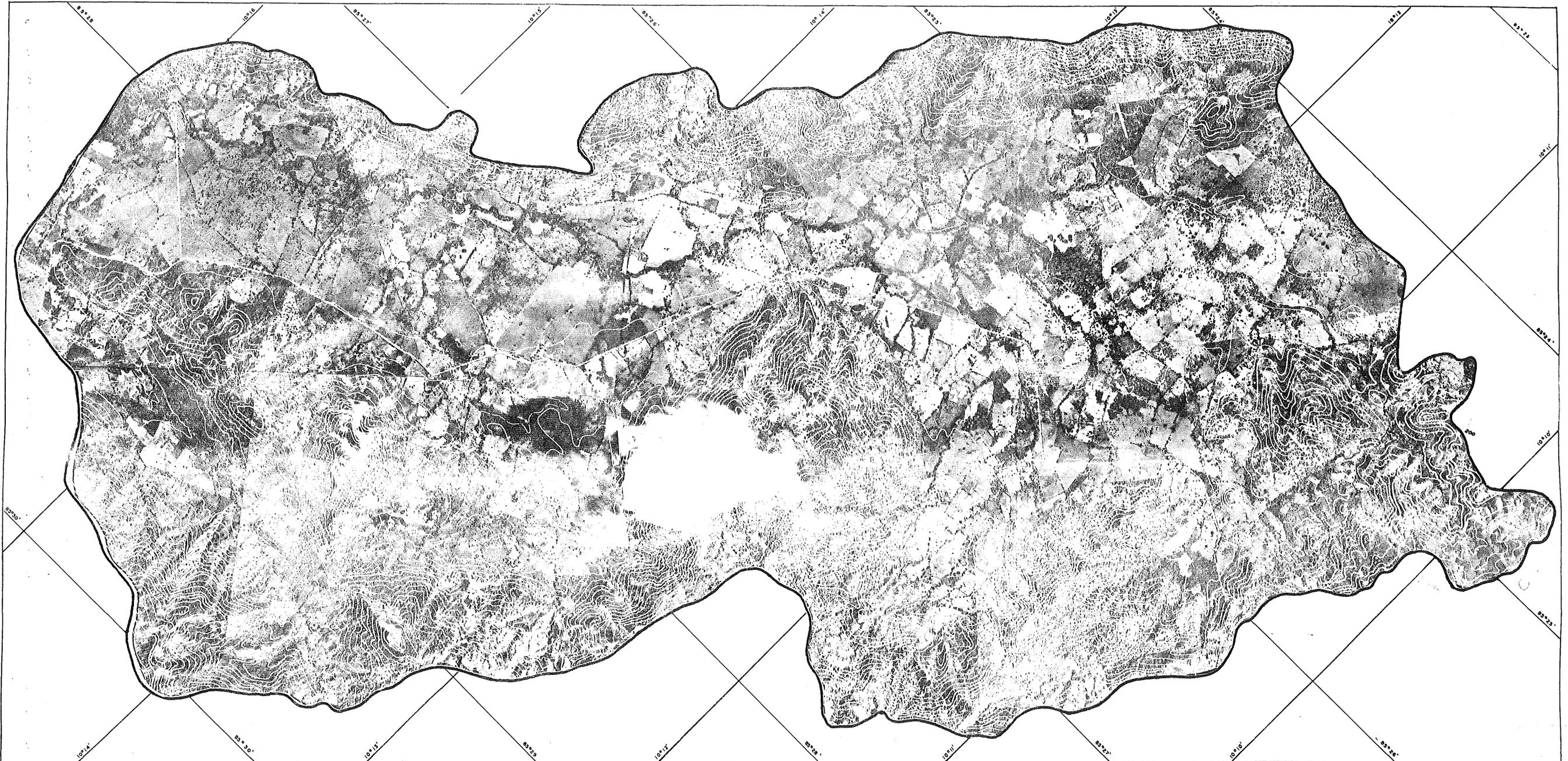
Los mapas son los siguientes y en su elaboración se trató de identificar lo que para cada uno a continuación se apunta.

a. Hipsometría.

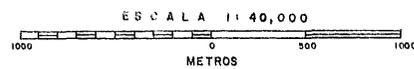
El mapa hipsométrico se hizo en base de las hojas topográficas números 3046-1 SE, 3146-IV NW, 3146-IV SW y 3146-III NW de escala 1:25,000 elaborados por el método estereofotogramétrico por el Instituto Geográfico de Costa Rica (19) Edición del año 1957, habiéndose traspasado a la escala 1:20,000 que es nuestra escala de trabajo. El mapa original contiene curvas de nivel a cada 10 metros con algunas auxiliares cada 5 metros, además, tiene caminos, poblados, etc. En el mapa de escala 1:20,000 sin embargo, solamente se dibujaron curvas de nivel a cada 20 metros en las zonas escarpadas y a cada 10 metros en las zonas más planas (ver anexo).

b. Geología.

El mapa de geología se elaboró en base al "Mapa Geológico Generalizado de la Provincia de Guanacaste y Zonas adyacentes" perteneciente al estudio de Dengo (23). Al traspasar el área de estudio del mapa original publicado, cuya escala es de 1:300,000 a la escala de 1:20,000



LOCALIZACION DE LA PENINSULA DE NICOYA Y DEL AREA DE ESTUDIO EN COSTA RICA



Declinación media aproximada al 1° de Enero de 1957

FUENTE DE INFORMACION TOPOGRAFICA:

HOJAS Nos. 3046-I SE, 3146-IV NW, 3146-IV SW Y 3146-III NW; ESCALA ORIGINAL 1:25,000, ELABORADAS POR METODO ESTEREOFOTOGRAMETRICO POR EL INSTITUTO GEOGRAFICO DE COSTA RICA.-

EDICION DE 1957

SIMBOLOGIA:

- LINEA DIVISORIA DE AGUA
- CURVAS DE NIVEL CADA 20 METROS
- CURVAS AUXILIARES CADA 10 METROS
- COTAS EN METROS S. N. M.
- COORDENADAS GEOGRAFICAS

Este mapa es parte del proyecto de tesis "Foto-interpretación, su aplicación en la determinación de la clasificación y cartografía de los suelos de un área de la Península de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica" de Ricardo Torres Cossio (México) estudiante graduado del Programa de Recursos para el Desarrollo del Centro de Enseñanza e Investigación del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A.

(nuestra escala de trabajo), los límites quedaron fuera de su sitio, por tanto, se llevó a cabo el estudio fotointerpretativo de dicha área a fin de relocalizar los límites de las unidades geológicas cartografiadas (ver anexo).

c. Geomorfología.

En la elaboración del mapa geomorfológico se hizo el reconocimiento y separación areal de todas las situaciones geomorfológicas posibles de reconocer por medio de las fotografías aéreas, habiendo quedado éstas en la forma siguiente:

1) Zonas de vertientes.

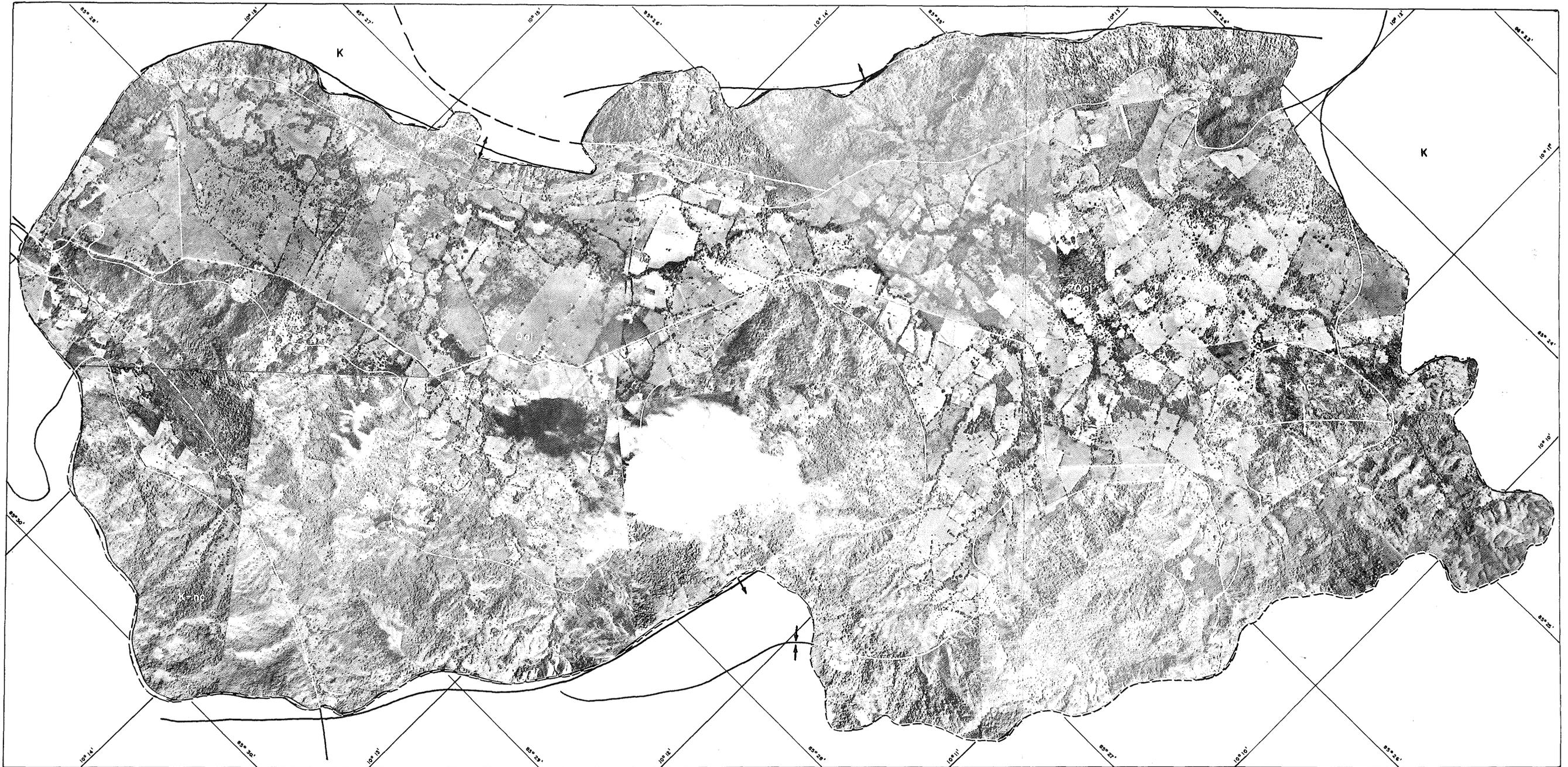
Quedan comprendidas dentro de esta denominación todas aquellas áreas que tienen pendiente igual o superior a 15 % en las que la lluvia, si es considerable, tiende a escurrir a pesar de que el suelo presente cubierta vegetal. Las zonas de vertientes se dividieron en 3 que son:

a) Esguerrimiento concentrado.

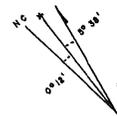
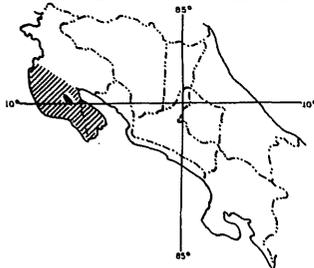
Corresponde a las áreas de mayor gradiente donde el agua de lluvia al caer al suelo, inmediatamente se encauza por los sitios más inclinados. Generalmente estas zonas presentan una posición y orientación determinada y más o menos uniforme. En estas zonas donde la vegetación ha sido eliminada hay la tendencia de perderse la capa superficial de suelo.

b) Esguerrimiento moderado.

Corresponde a las áreas en que la gradiente es menor que las de esguerrimiento concentrado. El agua de lluvia al escurrir por el suelo tiende a repartirse en una superficie más amplia y al encontrar obstáculos en su recorrido, como los son la propia vegetación, cambia su curso constantemente con lo cual se impide su concentración en un



LOCALIZACION DE LA PENINSULA DE NICOYA Y DEL AREA DE ESTUDIO EN COSTA RICA



DECLINACION MEDIA APROXIMADA AL 1° DE ENERO DE 1957.

FUENTE ORIGINAL :

DENGO, GABRIEL. Estudio geológico de la región de Guanacaste, Costa Rica. San José, Instituto Geográfico, 1962. 112 p.

Anexo: Mapa Geológico Generalizado de la Provincia de Guanacaste y Zonas adyacentes. Escala 1:300,000

Nota: Área de estudio retrazada por R. Torres y R. Madrigal.

SIMBOLOGIA

CRETACICO

Formación Rivas - Sabana Grande



Complejo Nicoya



CUATERNARIO

Aluvión



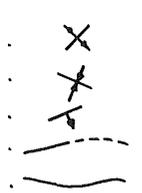
Anticinal X

Sinclinal X

Monoclinal X

Falla normal evidente, cubierta

Limite de unidad



Este mapa es parte del proyecto de tesis "Foto-interpretación, su aplicación en la determinación de la clasificación y cartografía de los suelos de un área de la Península de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica" de Ricardo Torres Cossío (México) estudiante graduado del Programa de Recursos para el Desarrollo del Centro de Enseñanza e Investigación del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A.

tramo corto.

c) Esgurrimiento difuso

A este tipo de esgurrimiento pertenecen las áreas de menor pendiente entre las zonas de vertientes. Debido a la menor gradiente del suelo principalmente, el agua de lluvia tiene mayor percolación, lo que da lugar a mayor presencia de agua en el sub-suelo, ésta a su vez, al ponerse en contacto con la roca madre, motiva un grado más alto de meteorización. Este tipo de esgurrimiento por tanto, se considera que no impide la pedogénesis y de que en estas zonas consecuentemente, débese de encontrar un espesor más grande de regolita. Se señalan también en el mapa correspondiente los conos de deyección provenientes de las vertientes.

2) Zonas de glacíses.

Considéranse zonas de glacíses las áreas planas con leve inclinación que se localizan al pie de la ladera de los cerros y montañas. Las zonas de glacíses cartografiadas fueron:

a) Glacíses de denudación.

Pertenecen a éste las áreas que generalmente se localizan adyacentes a las laderas de los cerros y montañas, y que, entre las tres clases de glacíses separados, son las que presentan mayor pendiente. En estas áreas es más frecuente la presencia de materiales de tamaño grande, los que posiblemente a causa de su peso las aguas en esgurrimiento no pudieron arrastrarlos más abajo. Se les denomina de denudación porque la tendencia morfológica es hacia la pérdida del espesor superficial, principalmente de los materiales pequeños.

b) Glacís de sedimentación.

Están constituídos por las áreas adyacentes pero a nivel más bajo

que los glacíses anteriores. Presentan un espesor de suelo en que hay materiales de diversos tamaños pero con predominancia de pequeños. La topografía que predomina en estas áreas es más uniforme que la de los glacíses de denudación, con excepción de las áreas que presentan cárcavas regresivas.

c) Glacís de sedimentación mixta.

Se reconocen así a las áreas de macrotopografía plana con leve inclinación que se localizan al pie de las laderas de los cerros y montañas, pero que en su microtopografía hay frecuentes accidentes que normalmente están constituidos por los cauces de los arroyos y por cárcavas regresivas. En estos es común la presencia de materiales grandes y pequeños mezclados, caracterizándolos principalmente la irregularidad microtopográfica.

3) Zonas de acumulaciones.

En estas zonas se hicieron separación e identificación por medio de las fotografías aéreas de las áreas siguientes:

a) Acumulación aluvial.

Se reconocieron así las áreas que se encuentran localizadas en los niveles más bajos de la cuenca. Presentan topografía plana con muy leve inclinación hacia el río San Lázaro. Tienen cárcavas regresivas de diferentes tamaños en longitud, anchura y profundidad. Son las áreas mayormente ocupadas para los cultivos anuales de la región (maíz, arroz y frijol). En las fotografías aéreas se aprecian con una microtopografía muy uniforme.

b) Depresiones inundables.

Se reconoce así a las zonas adyacentes al río San Lázaro y al río San Antonio. Ocupan los niveles más bajos y con la más leve inclinación,

razón por la que algunos años en la temporada de lluvias se inundan. En parte, están cubiertas estas áreas por árboles y arbustos que se localizan en la orilla de los ríos. Una pequeña zona de este tipo se localiza también al norte del cerro Matagalpa. (ver anexo).

En el mapa de geomorfología que se anexa, elaborado a base de foto-interpretación, la hipsometría (curvas de nivel) y la geología (litología) no se añaden, debido a que se presentan en mapas por separado.

d. Hidrografía.

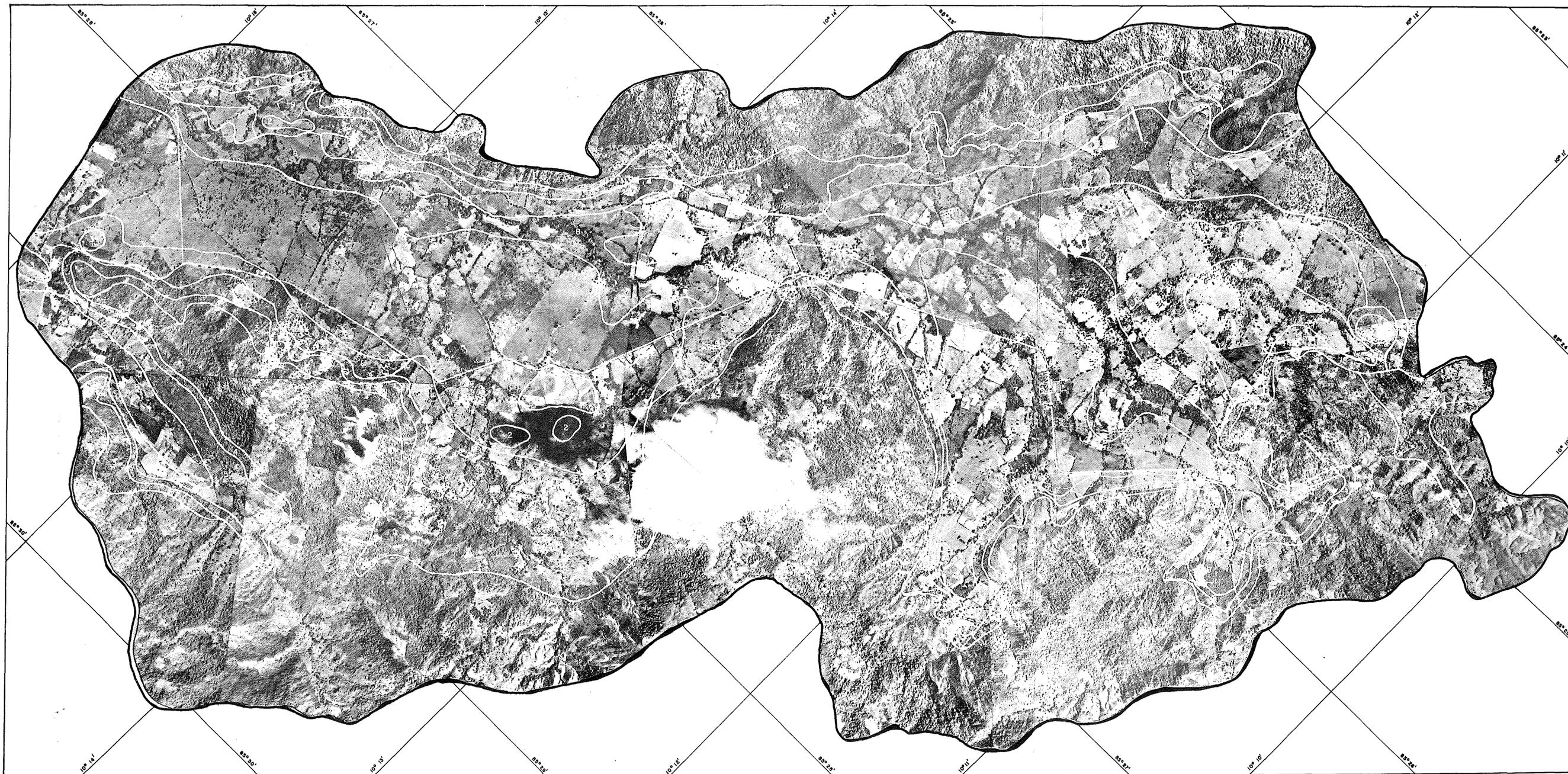
En el mapa hidrográfico elaborado por medio de las fotografías aéreas se señalan únicamente las corrientes de agua, ya que en el mapa topográfico de traspaso (escala 1:20,000) no se muestran ni aparecerían todas si se desearan trazar por medio de las curvas de nivel.

En las áreas boscosas y montañosas en que existe una cubierta vegetal densa, sólo se marcan las corrientes grandes porque las pequeñas no es posible distinguirlas. (ver anexo).

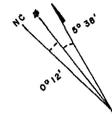
e) Vegetación y uso actual.

El mapa correspondiente contiene una separación de áreas con la ocupación a que están destinados los suelos. Para la obtención de tales separaciones, se contó con la ayuda del Dr. J. M. Montoya (especialista en ecología) con quien se discutió y definió las unidades posibles de cartografiar y el proceso a seguir para ello, habiendo optado por realizarlo en la forma y orden siguiente:

- : - Análisis detallado en las aereofotos con los binoculares del estereoscopio.
- : - Determinación de las características (forma, tamaño, color, textura, composición) apreciadas en las aereofotos, de cada uno de los cuatro



LOCALIZACION DE LA PENINSULA DE NICOYA Y DEL AREA DE ESTUDIO EN COSTA RICA



DECLINACION MEDIA APROXIMADA AL 1º DE ENERO DE 1957.

S I M B O L O G I A

ZONAS DE VERTIENTES

- Escurrimiento concentrado 1
- Escurrimiento moderado 2
- Escurrimiento difuso 3

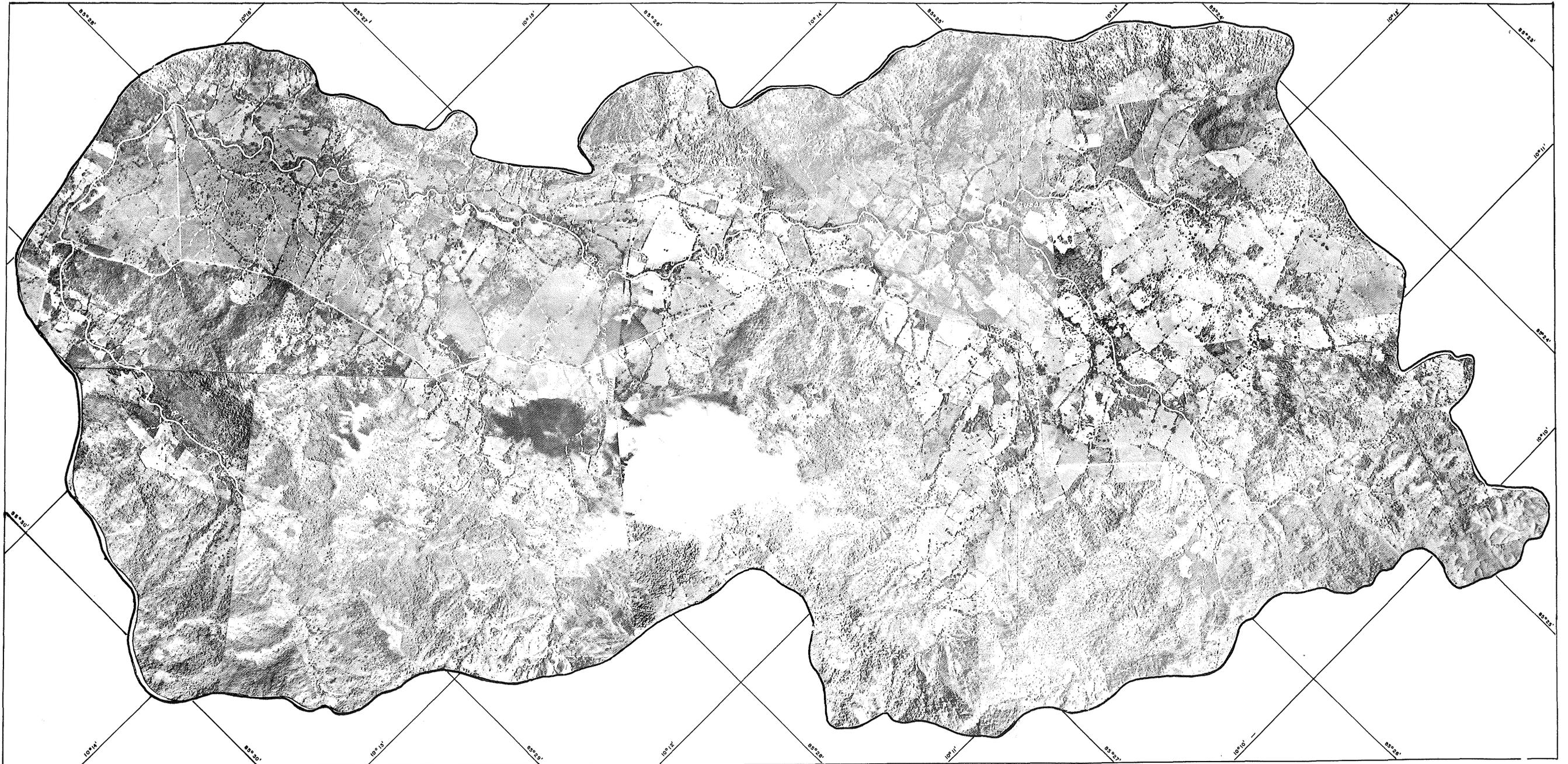
ZONAS DE GLACISES

- Glacis de denudación 4
- Glacis de sedimentación 5
- Glacis de sedimentación mixta 6

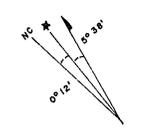
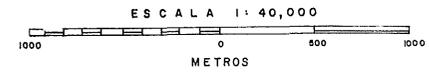
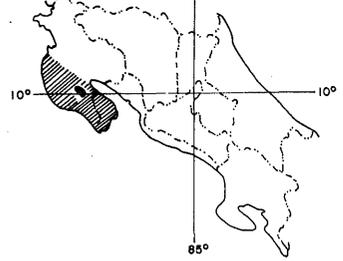
ZONAS DE ACUMULACIONES

- Acumulaciones aluviales 7
- Depresiones Inundables 8
- Conos de deyección 9

Este mapa es parte del proyecto de tesis "Foto-interpretación, su aplicación en la determinación de la clasificación y cartografía de los suelos de un área de la Península de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica" de Ricardo Torres Cossío (México) estudiante graduado del Programa de Recursos para el Desarrollo del Centro de Enseñanza e Investigación del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A.



LOCALIZACION DE LA PENINSULA DE NICOYA Y DEL AREA DE ESTUDIO EN COSTA RICA.



DECLINACION MEDIA APROXIMADA AL 1º DE ENERO DE 1957.

S I M B O L O G I A

- Línea divisoria de la cuenca
- Río
- Arroyo
- Cárcava

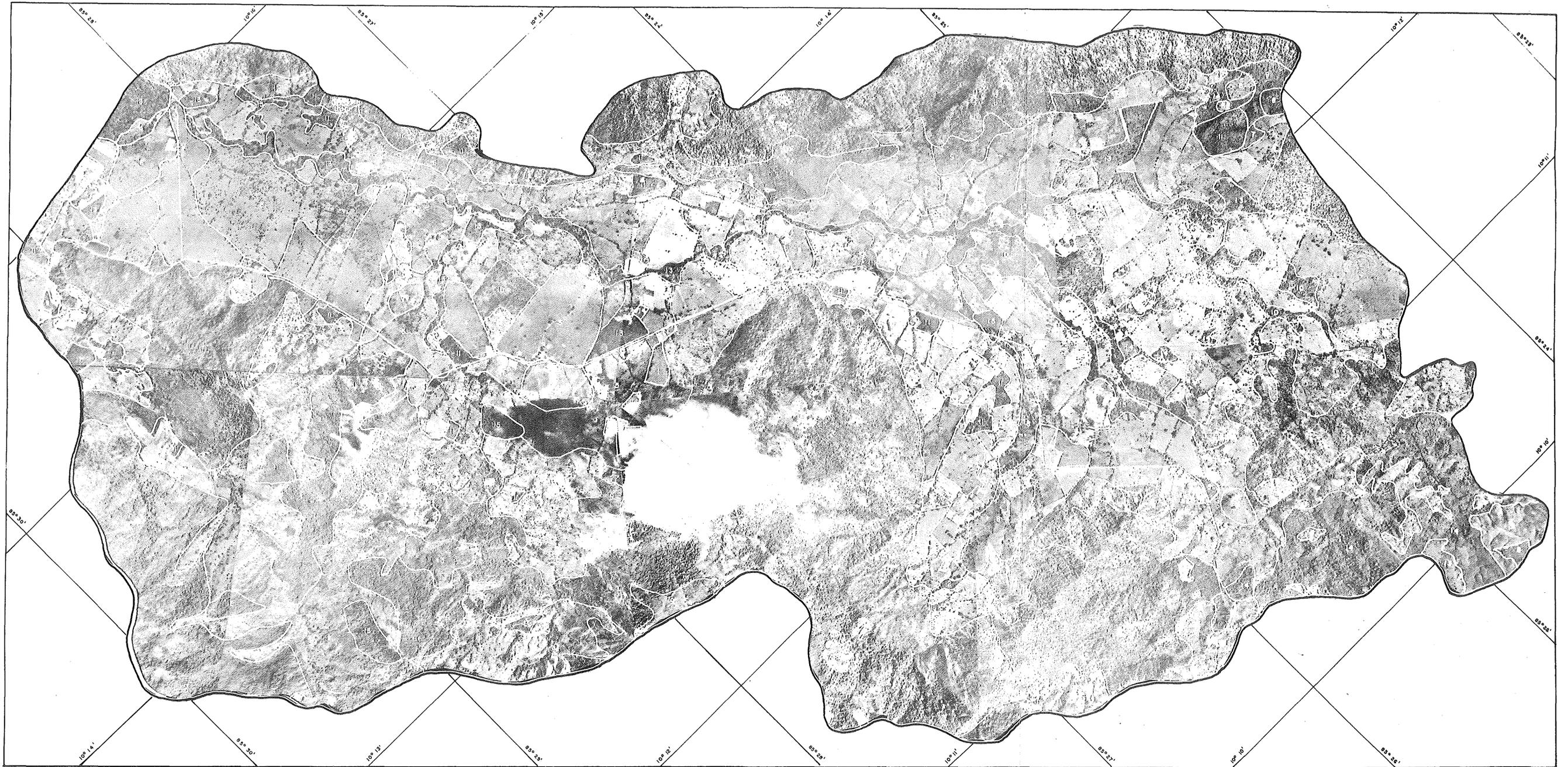
Este mapa es parte del proyecto de tesis "Foto-interpretación, su aplicación en la determinación de la clasificación y cartografía de los suelos de un área de la Península de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica" de Ricardo Torres Cossío (México) estudiante graduado del Programa de Recursos para el Desarrollo del Centro de Enseñanza e Investigación del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A.

tipos de vegetación (cultivada, herbácea, arbustiva y arbórea) que cubren el suelo en el área estudiada.

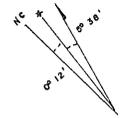
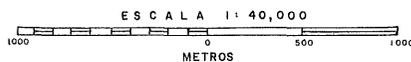
- : - Separación de las áreas dedicadas a cultivos (aunque se encuentran en descanso, pues recuérdese que la fecha de toma de las fotografías aéreas no coincide con la temperatura de siembra de los cultivos anuales) en áreas dedicadas a cultivos anuales y permanentes, considerando entre estos últimos solamente a los frutales, pues a los pastizales se les consideró como vegetación herbácea.
- : - Separación de las áreas dedicadas exclusivamente a pastizales.
- : - Separación de las áreas ocupadas con arbustos.
- : - Separación de las áreas ocupadas con árboles con cobertura abierta y densa.
- : - Determinación de las mezclas entre los distintos tipos de vegetación y separación de aquellos que presentaron un mismo patrón de mezclas de vegetación dentro de una superficie cualquiera. Esto se realizó teniendo como factor determinante de su reconocimiento a través de la fotografía, la abundancia o dominancia de uno de los tipos de vegetación sobre los otros, el que fué marcado en primer orden en la clave descriptiva de cada unidad.

Las unidades reconocidas son las siguientes:

Cultivos anuales; cultivos perennes; pastizal; pastizal con matorral; pastizal con árboles; pastizal con matorral y árboles; matorral; matorral con pastizal; matorral con árboles; matorral con pastizal y árboles; bosque abierto natural; bosque abierto natural con pastizal; bosque abierto natural con matorral; bosque abierto con pastizal y matorral; bosque denso. (ver anexo).



LOCALIZACION DE LA PENINSULA DE NICOYA Y DEL AREA DE ESTUDIO EN COSTA RICA



DECLINACION MEDIA APROXIMADA AL 1° DE ENERO DE 1957.

S I M B O L O G I A

1 Cultivos anuales	4 Pastizal con matorral	7 Matorral	10 Matorral con pastizal y árboles	13 Bosque abierto natural con matorral
2 Cultivos perennes	5 Pastizal con árboles	8 Matorral con pastizal	11 Bosque abierto natural	14 Bosque abierto natural con pastizal y matorral
3 Pastizal	6 Pastizal con matorral y árboles	9 Matorral con árboles	12 Bosque abierto natural con pastizal	15 Bosque denso natural

Este mapa es parte del proyecto de tesis "Foto-interpretación, su aplicación en la determinación de la clasificación y cartografía de los suelos de un área de la Península de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica" de Ricardo Torres Cossío (México) estudiante graduado del Programa de Recursos para el Desarrollo del Centro de Enseñanza e Investigación del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A.

Considerando que se tiene la suficiente base, adquirida principalmente por el estudio de los aspectos que anteceden se procedió a hacer sobre las aereofotografías la separación de dos aspectos importantes en todo estudio de clasificación de suelos, esto es, la delimitación de áreas de diferente origen, así como la separación de áreas con distinto modo de formación.

Para la delimitación de las áreas cuyos suelos correspondan a diferente origen se disponía del mapa de geología que muestra la litología. Para la delimitación de las áreas cuyos suelos obedecen a distinto modo de formación, se contaba con los mapas de topografía y geomorfología.

En el área de estudio del presente trabajo, la única separación posible de hacer en cuanto a origen, consistía en delimitar las zonas pertenecientes a las formaciones Rivas, Sabana Grande y al Complejo Nicoya, pero, como de estas unidades geológicas las rocas son similares y se presentan en todas no se realizó tal separación.

La primera delimitación de unidades de suelos propiamente, correspondió a la separación que sobre las fotografías aéreas se hizo de las zonas con distinto modo de formación de los suelos. Sin embargo, con el estudio y elaboración del mapa de geomorfología y su delimitación de zonas de vertientes, glacíses y acumulaciones, prácticamente se tenían ya demarcadas las áreas de suelos "in-situ" y las áreas donde los suelos han sido formados a partir de materiales de arrastre y deposición. En esta forma, la elaboración de la foto-carta con la delimitación de áreas de diferente modo de formación de los suelos se realizó tomando como base el levantamiento geomorfológico.

D. Establecimiento de Elementos de Juicio.

Se denota como "elementos" a las partes que componen al suelo o que

están en él y que podemos observar a través de las aereofotografías, así como aquellos que sin ser posibles de observar han actuado y contribuído para que el suelo se haya formado.

Se les denomina "de juicio" porque al distinguirlos o percibirlos podemos obtener un concepto y dictaminar sobre su actuación.

Se consideró como elementos de juicio "primarios" aquellos que sin ser vistos en las aereofotografías forman parte de los factores universalmente reconocidos como formadores del suelo, enumerados por Jenny (36) en 1941, a saber: roca madre, tiempo, clima, organismos y topografía. Se dejan sin embargo los factores de topografía y vegetación de los organismos entre los elementos de juicio "secundarios".

Como elementos de juicio "secundarios" se consideraron a aquellos que si pueden apreciarse en las aereofotografías, en especial si son vistas estereoscópicamente. Estos elementos se dividieron en "naturales" siendo aquellos en los que el hombre no ha intervenido para que estén presentes o lo ha hecho en muy pequeña escala, y en los "culturales" cuya presencia sí es enteramente motivada por la acción humana.

Se hace a continuación el análisis de tales elementos para el área de nuestro estudio.

1. Elementos de juicio primarios.

Una estimación de la intensidad con que los elementos primarios han intervenido en la formación de los suelos se resume de la manera siguiente:

a. Material de partida.

Conviene hacer mención que de los conceptos actuales sobre la formación del suelo se reconoce como roca madre aquella de la cual se forma el suelo y como material de partida el material no consolidado que puede

dar lugar a la formación de suelo.

Según Jenny (36) el material de partida es el estado inicial del suelo y normalmente corresponde al horizonte C. La roca madre con cierto grado de meteorización también da lugar a un horizonte C, pero esto no implica siempre que los horizontes A y B sean desarrollados de ella y consecuentemente de ahí provengan, ya que algunos suelos transportados por ejemplo, pueden haber sido originados por un material distinto del que se hallan depositados.

En nuestra zona de estudio, se considera especialmente para las áreas localizadas en los cerros y montañas, que los suelos provienen de la roca madre (punto A 4 de este capítulo) e indiscutiblemente, que los suelos localizados en las partes bajas y planas de la cuenca corresponden a suelos transportados, pero cuyos materiales tienen una procedencia similar a la de las áreas cerriles y montañosas.

b. Tiempo,

La deducción principal del tiempo y consecuentemente de la edad posible de los suelos del área cuyo estudio nos ocupa, la obtenemos esencialmente de los datos recopilados en el punto A de este capítulo, a ello debemos añadir algunas consideraciones de Jenny (36) que se ajustan a cualquier zona.

El tiempo como los demás factores se puede considerar una variable independiente, siéndonos conveniente saber la edad aproximada de un suelo porque ello nos sirve para establecer las posibles diferencias de los horizontes de un perfil.

En la práctica se toman en consideración solamente unas cuantas características cuando se quiere decidir sobre la madurez del suelo, ellas son principalmente: la morfología del perfil y los estados de

eluviación e iluviación de los horizontes, además, la reacción materia orgánica, acumulaciones calizas, etc.

El factor tiempo o edad es un aspecto prominente en los sistemas de clasificación de suelos. A partir de éste, Dukachiaev y sus seguidores empezaron asociando los suelos en tres grandes órdenes: Zonales (que tienen características edáficas bien desarrolladas y reflejan la influencia de los factores activos de la formación), Intrazonales (que tienen características más o menos bien desarrolladas pero que reflejan la influencia dominante de algún factor local) y Azonales (que no tienen horizonte bien desarrollado debido a que son jóvenes o a condiciones especiales de relieve o roca madre) quedando incluidos en los dos últimos órdenes aquellos suelos que no presentan perfiles completamente desarrollados.

Las consideraciones anteriores y la información obtenida nos sirven para saber con un grado razonable de confianza, que en el área del presente estudio podemos encontrar tanto suelos zonales como azonales e intrazonales.

c. Clima.

Un claro análisis del clima y su acción sobre el suelo, solo es posible si las propiedades de ambos son investigadas y pueden ser expresadas en términos numéricos.

El factor clima es muy complejo de apreciar porque tiene varios elementos aunque generalmente dos de ellos (humedad y temperatura) son los que se toman en consideración. De esos dos elementos podemos obtener los datos de evaporación y transpiración a partir de los cuales se determinan las relaciones de evapo-transpiración que son de mucha utilidad.

La acción del clima es mostrada comunmente en la coloración que

imprime a los suelos, pues el color del suelo muestra para muchos climas la acción a que ha sido sometido, así, tenemos por ejemplo: suelos pardos forestales, suelos amarillos de desierto, suelos rojos lateríticos, etc. cada uno de los cuales implica un tipo de clima característico para el lugar en que se encuentra.

Una satisfactoria evaluación de la influencia del clima en la formación de los suelos es algo complicada por la variedad de factores que intervienen, a pesar de esto, el conocer el clima de una región ha servido de guía a algunos científicos del suelo para asociar los suelos de acuerdo con las funciones del clima a que han estado sometidos. Glinka por ejemplo, clasifica a los suelos en endodinamomorfos que se refiere a los que han recibido principalmente la influencia de la roca madre y los ectodinamomorfos, refiriéndose a los formados por otras influencias distintas a las de la roca madre.

Mediante el análisis de lo contenido en el punto A 3 de este capítulo, en nuestra área de estudio al presentar una precipitación anual mayor que la evapotranspiración y una temperatura media anual superior a 25°C , puede esperarse la presencia de los suelos latosólicos, que, según la ley de Vant'Hoff estarán caracterizados por una rápida meteorización del material de partida o roca madre, además, de acuerdo con la temperatura crítica de Mohr debe presentarse una rápida y constante descomposición de la materia orgánica, motivada principalmente por la actividad microbiana. Por otra parte, es de esperar también que a causa de la intensidad de la precipitación se presente una fuerte lixiviación durante la temporada de lluvias.

d. Organismos.

Entre los organismos que afectan grandemente la formación del suelo

tenemos desde luego a la vegetación, ésta sin embargo, por ser como la topografía un elemento casi siempre visible en las aereofotos, la dejamos entre los elementos de juicio secundarios (visibles) que adelante se discuten.

De la acción de los microorganismos, existe un conocimiento relativamente pequeño, ya que los grandes tipos de éstos, su variación y distribución hacen difícil su apreciación, pudiendo suponer apenas que para cada tipo de suelo, de acuerdo al clima y vegetación que lo cubre, habrá una población microbiana característica. La apreciación del factor biótico que impera en cualquier área está determinada por el clima y vegetación del sitio. De acuerdo con este punto de vista, la población microbiana en cada región es consecuencia de la acción de otros factores de formación como lo serían el clima y la vegetación principalmente.

En la zona de estudio que nos ocupa, considerando el clima y vegetación que presenta, es de esperar que haya una alternancia en la acción de los microorganismos, siendo moderada en la temporada de sequía e intensa en la temporada de lluvias, esto principalmente, establece la alternancia en la meteorización y en la producción y destrucción de la materia orgánica.

2. Elementos de juicio secundarios.

Los elementos de juicio "secundarios" son aquellos que se pueden apreciar en las aereofotografías vistas tridimensionalmente, estando su apreciación muy ligada a la escala y calidad de las fotos. Se les ha separado en elementos de juicio naturales y culturales, siendo los naturales aquellos que aparecen en la superficie terrestre sin que para ello el hombre haya intervenido o bien lo ha hecho en escala muy pequeña.

a. Naturales.

Estos elementos de juicio para su estudio los dividimos a su vez en:

1) Topografía.

La topografía (que es de los factores de formación del suelo) constituye uno de los elementos de juicio de más valor, especialmente porque el relieve es apreciado estereoscópicamente con mucha claridad, debido a la distancia a que es tomada cada fotografía en el aire. El estudio de la topografía que comprende un análisis cuidadoso de las formas de la tierra, las pendientes, la posición y orientación, es de extrema utilidad en la elaboración de los mapas de geología y geomorfología.

El estudio de las formas de la tierra queda representado en el presente trabajo por la elaboración del mapa de geomorfología de cuyas unidades se hizo la descripción en el punto C 3 de este capítulo.

La pendiente tiene particularmente influencia en el escurrimiento y penetración del agua, consecuentemente establece las posibles diferencias en profundidad y presencia de humedad en el suelo. Para nuestra área de estudio, mediante la gradiente representada por las curvas de nivel del mapa de hipsometría, se dibujaron toposecuencias de varios sitios, a fin de obtener una serie de perfiles a lo largo de la cuenca. Estos perfiles muestran (en forma un poco exagerada debido a la escala dibujada) los cambios de pendiente que sirven de guía (en la etapa III) en el establecimiento de las unidades de geomorfología y posteriormente de las unidades de suelos (en la etapa V). La observación de la posición y orientación del suelo es útil porque mediante ello, si en una zona como en la que se desarrolló el trabajo que se describe, existe cierto grado de diastrofismo donde los fallamientos se presentan en forma paralela, es de esperar que los cambios en el suelo motivados por

la presencia de diferentes estratos rocosos, se presenten también paralelos y en dirección similar a los de las fallas.

2) Vegetación.

La vegetación es un aspecto visible en las aereofotografías, constituyendo por ello uno de los elementos de juicio. El análisis de la vegetación es de mucha utilidad en un estudio de clasificación de suelos, ya que ésta responde a cualquier cambio en el ambiente. La vegetación ofrece un índice del clima y de la naturaleza del suelo, así como de la posición del sitio en que se encuentra - latitud, longitud y altitud -. La vegetación también depende de la acción del hombre, pero, en términos generales, la vegetación, sea natural o cultivada, constituye un elemento de juicio del cual, por medio de su análisis, se puede percibir el grado de influencia con que han intervenido los factores que dieron origen a una formación vegetal dada.

Algunos autores llegaron a establecer categorías de suelos substancialmente en base del tipo de vegetación natural que se presenta en un lugar dado, por ejemplo, Marbut (42) en 1929, estableció suelos de pradera, suelos café forestales, etc.

La forma ideal de asociar la vegetación a los tipos de suelos es mediante estudios de geobotánica, pero para ello es conveniente que la vegetación sea natural, es decir, que no haya sufrido cambios en su estructura.

Para el área de nuestro estudio, los aspectos de la vegetación estudiados que fueron de bastante utilidad son: el tipo de vegetación, que se diferenció en natural y cultivada; la cubierta, es decir la predominancia aparente o visible en las aereofotos de un tipo sobre los otros y la distribución en el área estudiada. Esta delimitación tuvo como

finalidad principal, hacer una fácil y clara separación de la forma en que el agricultor ha preferido utilizar la tierra, lo que es de tomar en cuenta porque, tratándose de una región actualmente dedicada a la explotación agropecuaria, la tierra, de acuerdo a sus aptitudes, es destinada al tipo más remunerativo, lo que indudablemente nos muestra los suelos de mejor calidad que son dedicados a la horticultura y fruticultura, los de mediana calidad que son ocupados para pastoreo y los que están en peores condiciones que se dejan con el bosque natural.

3) Drenaje externo.

La forma en que se presenta el drenaje del suelo es otro elemento que permite formarse un juicio sobre el estado actual del suelo,

Al arreglo o distribución de los ríos, arroyos, quebradas y cárcavas de una superficie que generalmente comprende una cuenca, se le denomina modelo o sistema de drenaje, y para su estudio se le ha clasificado en base a su forma o distribución que se refiere al arreglo geométrico de los tributarios (primarios, secundarios, tercearios, etc.) y en base a la textura o densidad que se refiere al espaciamiento relativo entre tales tributarios.

La importancia de su estudio radica en el hecho de que el modelo o sistema de drenaje provee información sobre las características físicas de los materiales superficiales del suelo, ya que el diseño de drenaje que presente un área por ejemplo, es principalmente resultado de la relación entre la infiltración y escurrimiento que caracterizan al material presente en esa área.

Hay que tomar en cuenta que existen algunas variables que tienen efecto importante en la relación infiltración-escurrimiento, que son tipo y densidad de la vegetación; grado de humedad del suelo;

composición mineral de los suelos y rocas y las pendientes relativas. Se puede citar por ejemplo, que en función de una pendiente leve, una área presente pocos rasgos del drenaje externo, lo que indicará que el suelo está formado de materiales gruesos o porosos que dan lugar a una rápida infiltración y nulo escurrimiento, o bien, si el área aún con pendiente leve presenta marcados rasgos del drenaje externo, indicará esto que el suelo está formado de materiales finos que impiden la infiltración del agua y la obligan a escurrir.

4) Erosión.

En las fotografías aéreas el tipo de erosión más fácil de apreciar es aquel que produce cárcavas. La estimación de la erosión está muy ligada a la del drenaje externo y por consiguiente se llevan a cabo simultáneamente.

Se considera como elemento de juicio porque en caso de presentarse, la evaluación de su grado o estado de avance, es un indicativo no solo de la textura superficial probable y de la pendiente, sino también del probable espesor del suelo.

b. Culturales.

Se consideran elementos de juicio secundarios "culturales" a las interferencias en las tierras que ha provocado la actividad humana.

La evaluación de estos aspectos es realizada en las áreas relativamente cercanas a las poblaciones o bien en aquellas que ya están siendo en alguna forma sometidas a su explotación.

Aunque de orden secundario, son un indicativo de la aptitud de las tierras hacia los tipos de explotación más adecuados (clima, demanda de algunos productos, etc.) en la región en que se localicen. Se les considera de orden secundario, porque desde luego existe la probabilidad

de que el suelo no esté siendo utilizado en la forma más conveniente.

Desde un punto de vista general se toman en cuenta:

1) Uso de la tierra.

De éste se puede encontrar ocupación en horticultura, fruticultura, ganadería y bosques. En el área estudiada se localizó predios con cultivos anuales (maíz principalmente), plantaciones frutales (mango, plátano, papayo), pastizales y bosques naturales.

2) Parcelamiento.

Considérase la distribución a que se tiene sometida la tierra, particularmente el tamaño. Esto desde luego es especulativo, pero también puede ser indicativo de la buena calidad del suelo y su consecuente demanda. En nuestra zona de estudio se aprecia claramente la distribución en pequeñas parcelas de los suelos dedicados a cultivos anuales y predios grandes sembrados con pastos permanentes.

3) Infraestructura física.

La presencia de vías de comunicación terrestres, canales, pozos y otros, son indicadores de la probable potencialidad del suelo, por lo cual se constituyen también en un indicador y consiguiente elemento de juicio.

E. Segundo Estudio de Foto-interpretación.

Esta etapa corresponde a la quinta de la metodología y es en la que se lleva a cabo el trazo de linderos para la separación preliminar de los suelos por unidades. Hasta el momento se cuenta con las fotocartas de hipsometría, geología, geomorfología, hidrografía, vegetación y uso actual, además, se tienen suficientemente establecidos los elementos de juicio.

1. Determinación preliminar de la clasificación.

Los pasos seguidos en la determinación preliminar de la clasificación de los suelos, son los siguientes:

- : - Traspaso de las unidades geológicas de la foto-carta de geología determinada durante la etapa III, al estereograma en que se está trabajando. Esto indica la primera delimitación para el levantamiento de suelos que puede existir con respecto al material de partida o roca madre, si son suelos "in-situ".
- : - Traspaso de las unidades geomorfológicas de la foto-carta de geomorfología que se determinaron en la etapa III, al estereograma en que se esté trabajando. Esto da principalmente la delimitación entre unidades con suelos cuyo modo de formación es secundario, así como las diferentes posiciones de nivel, además, confirma la delimitación de las áreas con suelos residuales.
- : - Una observación de la foto-carta de hidrografía nos indica para el área del estereograma en que se esté trabajando, el modelo o sistema que predomina. Indica también para las áreas con niveles y gradientes similares, los posibles cambios en los tipos de materiales que cubren la superficie.
- : - La observación de la topografía con todos sus detalles prácticamente se está haciendo en todo momento y ello es una buena ayuda para regularizar las apreciaciones.
- : - Por último, la observación de la vegetación y uso actual se dirigió especialmente hacia aquellos lugares en que se presentaron cambios bruscos. Anteriormente se hizo una separación de las zonas dedicadas a cultivos intensivos, extensivos, pastizales y bosques, utilizando para ello la foto-carta respectiva.

Como resultado de la mecánica descrita y con la evaluación de los elementos de juicio presentes en la zona estudiada, se marcó con un número clave las áreas consideradas similares para su reconocimiento posterior. Con esto queda hecha la clasificación preliminar de cada unidad.

Durante esta etapa, para cada unidad ya clasificada, se hizo en borrador una descripción parcial de sus características apreciables estereoscópicamente sobre: pendiente, elevación, vegetación natural y cultivada, uso actual, tono, modelo de drenaje, erosión y fisiografía que representa la leyenda preliminar del levantamiento.

2. Trazo de linderos.

El acto siguiente consistió en marcar los linderos solo en forma preliminar, ya que en forma definitiva se hizo en la etapa IX de estudio final de foto-interpretación. En esta etapa es en la que se presentaron las "áreas dudosas". Estas áreas no fueron clasificadas pero sí delimitadas y marcadas para ser vistas y aclaradas en la etapa VIII.

3. Selección de sitios de muestreo y estudio de perfiles.

Este paso consistió en marcar sobre las fotografías aéreas y de ahí pasar a un mapa, los lugares que siendo más representativos de cada unidad de suelos deben ser visitados en el campo para hacer el estudio y descripción de sus características intrínsecas y extrínsecas.

El número de observaciones directas o de campo en nuestra zona de trabajo, se ajustó a las condiciones de homogeneidad de los suelos, por consiguiente, no estuvo sujeto a un número de observaciones por unidad de superficie previamente establecido.

La cantidad de sitios en que se hizo estación para realizar observaciones en excavaciones fué diferente en cada unidad. Así tenemos que, para las áreas de suelos localizadas en las zonas de acumulaciones, que

agrícolamente son las más importantes, se calcula que se hicieron en una densidad con promedio de 4 por kilómetro cuadrado. En las áreas de suelos de acarreo y deposición la densidad promedio de observaciones se calcula que fué de 2 por kilómetro cuadrado. Por último, en las áreas de suelos residuales se calcula un promedio de observaciones con densidad de 0.5 por kilómetro cuadrado.

4. Trazo del itinerario de campo.

Con el fin de programar y facilitar el trabajo de la etapa siguiente, durante el presente segundo estudio de foto-interpretación se planeó el itinerario que convenía seguir en el recorrido terrestre. Esto se hizo tomando en cuenta primeramente los sitios en que deben hacerse las calicatas ya señaladas con anterioridad en las aereofotografías. En seguida se marcaron los caminos factibles de transitar que unieran a estos sitios siguiendo los recorridos más adecuados para facilitar todas las observaciones, pasándose al mapa base de topografía.

F. Primer Reconocimiento de Campo.

Con el mapa preliminar de la clasificación que contiene la delimitación de áreas similares, con la descripción preliminar de los aspectos extrínsecos de cada unidad y con el mapa de itinerario de recorrido terrestre, se procedió a llevar a cabo el primer reconocimiento de campo que tuvo por objeto hacer:

1. Estudio y descripción de perfiles.

Se realizó en hoyos que se excavaron. También se aprovechó los cortes de las orillas de arroyos y caminos en que fué posible hacer observaciones del perfil.

2. Toma de muestras.

Fueron tomadas por horizontes de los lugares establecidos como

"tipo" o representativo de cada unidad.

3. Descripción de áreas modelo o representativas.

Se hizo la descripción de las características intrínsecas observadas en cada perfil representativo, además, la descripción parcial elaborada en la etapa V se amplió y corrigió con las observaciones directas, quedando aún como leyenda parcial.

4. Visita local a puntos dudosos.

Una visita expresa a los sitios dudosos se llevó a cabo para dilucidar sus características tanto extrínsecas como intrínsecas que mediante la foto-interpretación no fué posible determinar. Conocidas éstas, teniendo la base del levantamiento preliminar por foto-interpretación y ahora el conocimiento de campo, se procedió ahí mismo a hacer un bosquejo general del mapa pedológico con las notas generales para cada lugar y las específicas pertenecientes a los sitios de duda.

G. Trabajo de Laboratorio.

Los análisis químicos y físicos de las muestras recolectadas son complementarios y determinantes para el conocimiento de los suelos y su consiguiente caracterización.

Las determinaciones químicas y físicas practicadas van de acuerdo con el detalle que se pretende alcanzar, o sea con la categoría del levantamiento. Indudablemente, un mayor número de determinaciones químicas permiten un mejor conocimiento del suelo, sin embargo, deben tomarse en consideración aquellas que realmente interesan y que con fines de clasificación son necesarias, tales como la textura, pH, materia orgánica, relación carbono-nitrógeno, nitrógeno total, capacidad de cambio y cationes cambiables.

El resultado de los análisis y su interpretación viene a formar

parte y complementar la descripción de cada unidad de suelos. Hecho esto, se pasa a la etapa siguiente de segundo reconocimiento de campo.

Como se mencionó en el capítulo I, del presente estudio se determinaría el nivel o categoría del levantamiento alcanzado con el método descrito; ahora bien, las alternativas terminada la etapa VII de la metodología, son:

- : - No hacer la etapa VIII (segundo reconocimiento de campo para comprobaciones generales) y consecuentemente tampoco la IX (estudio final de foto-interpretación para la reclasificación de áreas, relocalización y retrazo de linderos) en caso de no presentarse durante la etapa VI (primer reconocimiento de campo) grandes diferencias entre la clasificación y delimitación preliminar de áreas hecha exclusivamente por medio de la foto-interpretación.
- : - Hacer la etapa VIII (segundo reconocimiento de campo para comprobaciones generales) y consiguientemente la IX (estudio final de foto-interpretación para la reclasificación de áreas, relocalización y retrazo de linderos), si el mapa preliminar elaborado exclusivamente por foto-interpretación había requerido cambios substanciales.
- : - Hacer las etapas VIII y IX en caso de que, durante la etapa V (segundo estudio de foto-interpretación) se hubieran establecido "áreas dudosas" de indispensable visita en el campo.

En el presente trabajo se requirió hacer las etapas VIII y IX por dos razones:

- : - Porque se presentaron "áreas dudosas" en la zona que en un principio se dió énfasis y en otro sitio de la cuenca estudiada.
- : - Porque para conocer y evaluar cualesquiera que fuesen los resultados del trabajo, tenía que trasladarse al campo un profesor especializado

en la materia.

H. Segundo Reconocimiento de Campo.

El segundo reconocimiento de campo que corresponde a la etapa VIII de la metodología, consiste en una nueva visita al área de estudio con el fin principal de hacer las comprobaciones generales de la descripción de las características internas y externas de cada unidad de suelo. Específicamente contiene:

1. Comprobaciones de la clasificación de unidades de suelos cartografiados.

Establecida en la etapa anterior la descripción completa de cada unidad, o sea, en sus características fisiográficas, del perfil y físico-químicas de cada horizonte, el presente paso consiste en trasladarse al campo acompañado de tales descripciones y de las aereofotografías y aprovechando los caminos disponibles, tomar algunos de éstos al azar para que en los terrenos adyacentes a ellos se hagan observaciones que tendrán por objeto ir comparando la descripción de cada unidad con lo presente en el campo. En este trabajo se usa preferentemente la barrena de tornillo para la extracción de muestras y mediciones de la profundidad; se usa también un clisímetro para la medición de la gradiente llevando a la mano el estereoscopio de bolsillo y las aereofotografías que cubren la faja o zona sobre la que se está trabajando, para que los sitios de estación y sus alrededores sean observados. Las anotaciones resultado de las presentes comprobaciones, se hacen en las fotografías así como en la libreta de campo.

2. Comprobaciones de los linderos de suelos.

Simultáneamente a las comprobaciones de la clasificación de las unidades de suelos cartografiadas, se hacen las comprobaciones de los

linderos que fueron trazados durante la etapa V. Cualquier modificación en el trazo de linderos se hace dibujando una línea diferente o con lápiz de otro color para distinguirla de la primera dibujada.

Si como resultado de las comprobaciones se presenta la necesidad de hacer modificaciones en la clasificación o en los linderos en esta etapa, es preciso establecer en forma clara y precisa los factores que influyeron para que se hicieran tales modificaciones, ya que éstos se constituirán en los puntos de partida en función de los cuales habrá que hacer modificaciones en el resto del área de estudio.

En número de recorridos y la densidad de las observaciones para comprobaciones que se hagan, estará de acuerdo con la cantidad (número y superficie) de "áreas dudosas" que se contenía y de los visibles resultados que se van presentando.

I. Estudio Final de Foto-interpretación.

Realizadas las comprobaciones y establecidos los índices de posibles modificaciones, tanto de la clasificación de las unidades de los suelos como de los linderos, se procede a llevar a cabo para toda el área, el estudio final de foto-interpretación, cuyo objetivo es hacer en las fotografías aéreas las correcciones a que haya lugar, tomando como base las modificaciones hechas en las zonas de los recorridos que se hicieron durante la etapa anterior.

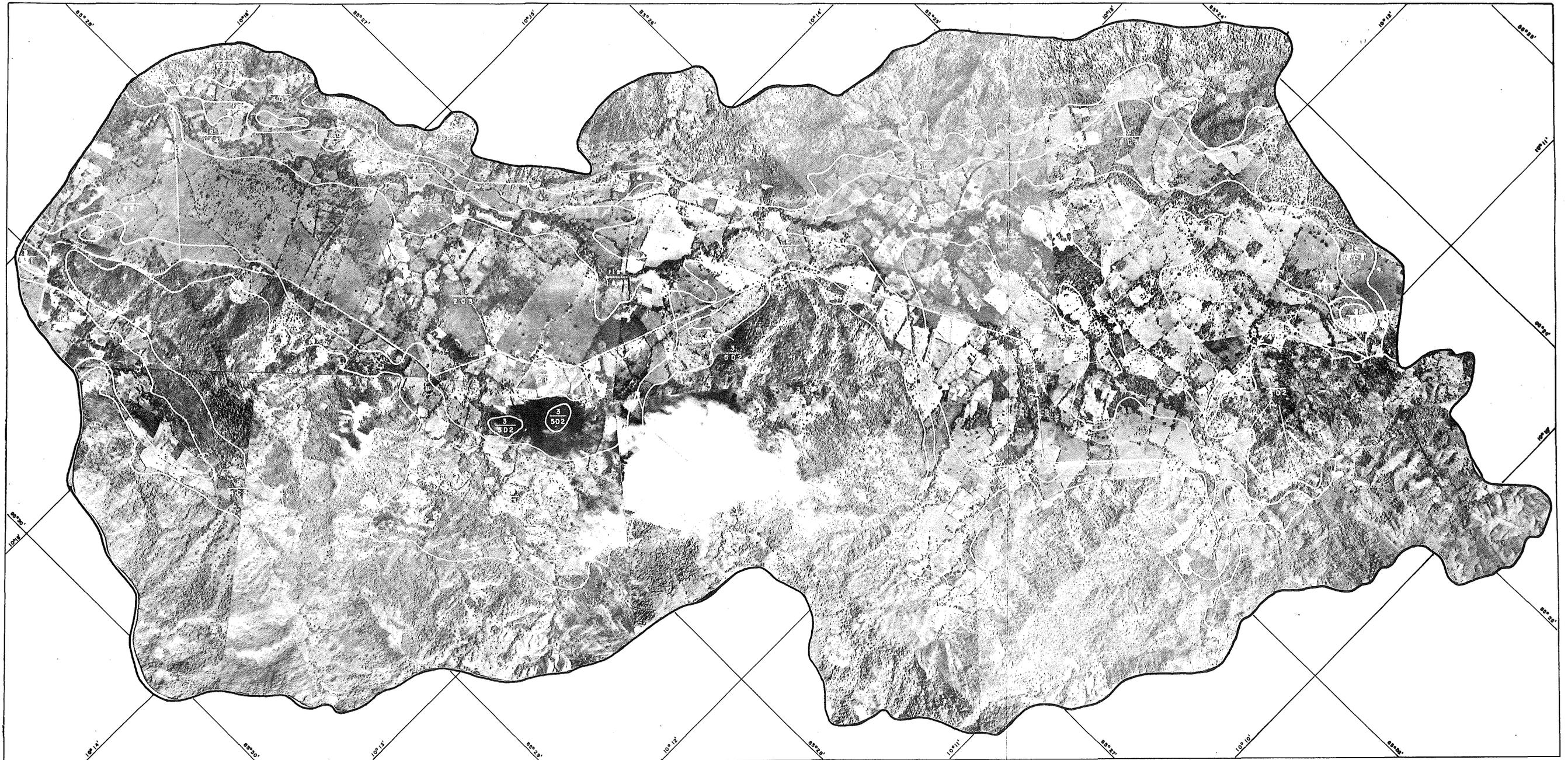
En caso de haberse hecho modificaciones o correcciones durante la etapa anterior (segundo reconocimiento de campo), esto representa que probablemente para toda la zona de estudio habrá de hacerse la reclasificación de unidades de suelos y la relocalización y retrazo de linderos.

J. Restitución y Dibujo Final del Mapa.

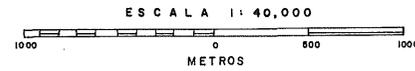
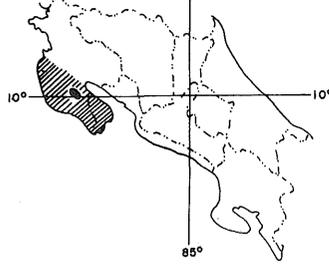
Corregidas y revisadas las aereofotos en sus números clave de identificación de la clasificación, así como en los trazos de los linderos de suelos, se procede a llevar a cabo la restitución y dibujo final del mapa pedológico.

La restitución, que es el traspaso de lo contenido en las aereofotos a un mapa, en el presente trabajo se hizo usando el método de triangulación radial, en la forma siguiente:

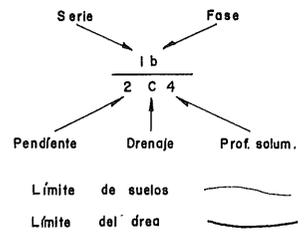
- : - Se puso en una mesa el mapa punteado (lámina de cartón) que se preparó en la etapa II.
- : - Se puso sobre el mapa punteado papel "albanene" que es en el cual se dibuja.
- : - Se colocó el aparato diseñador (Sketch master) sobre el papel "albanene".
- : - Se colocó la aereofotografía, cuyo contenido se deseaba restituir en el aparato diseñador.
- : - Mirando a través del prisma del diseñador se hicieron coincidir los puntos principales y auxiliares marcados en la foto con los correspondientes puntos marcados en la lámina de cartón. Para lograr la coincidencia de dichos puntos generalmente hay que mover el aparato diseñador en el sentido necesario.
- : - Terminado el traspaso de una foto, se retiró y colocó otra procediendo en la forma explicada y así hasta terminar con el área que se requirió restituir.
- : - Retirado del papel sobre el cual se hicieron los trasposos, se llevó a cabo su dibujo final.



LOCALIZACIÓN DE LA PENINSULA DE NICOYA Y DEL AREA DE ESTUDIO EN COSTA RICA.



DECLINACION MEDIA APROXIMADA AL 1º DE ENERO DE 1957.



S I M B O L O G I A

- 1. Serie : San Antonio
 - a: Fase de pend. 0 - 1 %
 - b: Fase de pend. 1 - 3 %
 - c: Fase de pend. 3 - 6 %
- 2. Serie : Florida.
- 3. Serie : Montaña.

PENDIENTES

1. -	0 - 1 %
2. -	1 - 3 %
3. -	3 - 6 %
4. -	6 - 15 %
5. -	15 - 30 %
6. -	30 - %

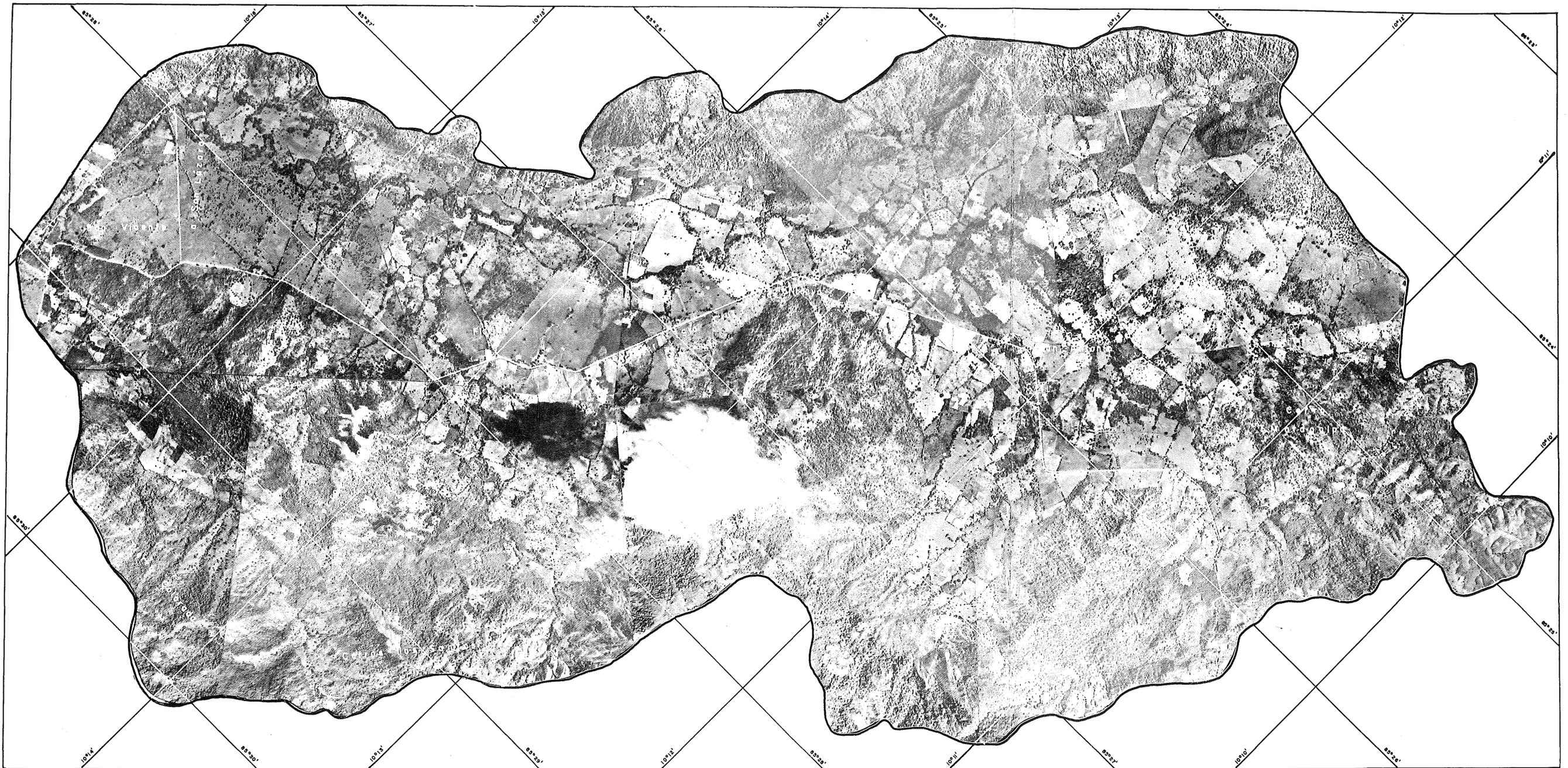
DRENAJE

A. -	Muy pobremente drenado
B. -	Pobremente drenado
C. -	Bien drenado
D. -	Algo excesivo
E. -	Excesivo

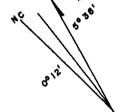
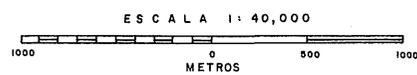
PROF. SOLUM.

1. -	0 - 30 cms.
2. -	30 - 60 "
3. -	60 - 100 "
4. -	100 - ó más

Este mapa es parte del proyecto de tesis "Foto-interpretación, su aplicación en la determinación de la clasificación y cartografía de los suelos de un área de la Península de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica" de Ricardo Torres Cossío (México) estudiante graduado del Programa de Recursos para el Desarrollo del Centro de Enseñanza e Investigación del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A.



LOCALIZACION DE LA PENINSULA DE NICOYA Y DEL AREA DE ESTUDIO EN COSTA RICA



Declinacion media aproximada al 18 de enero de 1957.

Este fotomosaico controlado fue elaborado con fotografías aéreas pancromáticas de escala aproximada 1:20.000 rectificadas por técnicos e instrumentos de la oficina de catastro del Gobierno de Costa Rica. Pertenecen al proyecto Nicoya, misión de vuelo num. 3 de fecha 16 de diciembre de 1964 y a las líneas de vuelo 9 y 10 fotos números 522 a 532 y 580 a 590 respectivamente.

Este mapa es parte del proyecto de tesis "Foto-interpretación, su aplicación en la determinación de la clasificación y cartografía de los suelos de un área de la Península de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica" de Ricardo Torres Cossío (México) estudiante graduado del Programa de Recursos para el Desarrollo del Centro de Enseñanza e Investigación del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A.

V. RESULTADOS

En el capítulo anterior de metodología se describe cual es la secuela de cada una de las etapas y se explica COMO se hace el examen de cada uno de los aspectos que intervienen para llegar a la descripción final de las unidades de suelos y el mapa pedológico. En el presente capítulo se asientan las descripciones de lo QUE se obtuvo con la metodología utilizada. Así tenemos:

A. Descripción de las Unidades de Suelos.

Es aquí el momento de señalar que considerando los resultados obtenidos, se hace la descripción de las unidades de suelos siguientes denominándolas como series, toda vez que esta es la categoría que se estima haber obtenido.

1. Descripción de la Serie San Antonio.

a. Localización, superficie y fisiografía general.

Suelos situados en la parte baja del área de la cuenca. Ocupan una extensión de 2,084 has que corresponden a 31.98 % del área total estudiada. Su posición pertenece a terrazas medias y bajas localizándose consiguientemente en las márgenes adyacentes al río San Lázaro desde unos tres kilómetros al este del poblado de San Antonio hasta el límite este de la cuenca y área estudiada. La macrotopografía general dominante es plana con leve inclinación hacia el cauce del río San Lázaro. La gradiente varía desde 0.4 % en los terrenos circunvecinas al poblado de San Antonio hasta 4.00 % en diversos lugares. La microtopografía es sumamente uniforme y únicamente presenta las modificaciones causadas por los arroyos que bajan de las partes altas hacia el río San Lázaro.

En la mayor parte de esta unidad, a excepción de un área perteneciente a la fase a), el drenaje superficial es adecuado y no ocasiona por ello problemas derivados de un largo estancamiento de las aguas pluviales, por tanto si bien la textura superficial dominante de esta unidad es arcillosa, la gradiente permite que el agua se retire con facilidad aunque no con mucha rapidez. La erosión es laminar y apenas perceptible. Los suelos tienen pocos surcos de erosión, no apreciándose alteración en el espesor y carácter del horizonte A por esta causa. Esta unidad presenta suelos completamente exentos de piedras de cualquier tamaño que dificultan las labores agrícolas. La vegetación que cubre el área de esta unidad, está constituida principalmente por pastizales, especialmente el conocido en la región con el nombre de "jaragua" (Hyparrhenia rufa) presentándose también bastantes parcelas pequeñas que son dedicadas a cultivos anuales mediante el aprovechamiento de la época lluviosa, siendo el maíz el principal cultivo. Los materiales de los cuales están formados los suelos de esta unidad son los provenientes de la meteorización de las rocas que forman la estructura geológica de los cerros y montañas circunvecinas. Aunque existen unidades geológicas bien establecidas y diferenciadas (Complejo Nicoya y Formación Sabana Grande) que ocupan diversas zonas dentro del área de estudio, debido a la mezcla de materiales de tales unidades, que son muy similares, y a que hay depósitos en las zonas de acumulación como lo es esta unidad, no se consideró conveniente hacer separaciones con base en la geología. Estos suelos son transportados y no residuales estando depositados en la parte baja y plana donde las aguas pierden su velocidad. A pesar de lo anterior y de que por ello era de esperar variaciones grandes en la constitución del perfil, éste se encuentra bastante uniforme, lo que ha permitido

agruparlos dentro de una misma unidad y darles la denominación de Serie.

Debido a la constitución arcillosa del primer horizonte en toda esta unidad, no se hizo ninguna separación de tipo, en cambio, mediante la foto-interpretación fué posible subdividir esta unidad básicamente por el relieve en áreas de menor tamaño que se consideran fases; así tenemos:

Fase a) Se presentan en zonas planas casi horizontales con gradientes menor del 1 %. Adyacentes al río San Lázaro se presentan como pequeñas terrazas que ocasionalmente son inundadas por éste. Se localizan también al este del poblado de San Antonio, ocupando la zona más plana del área estudiada. Estas áreas son las que presentan sus horizontes A_1 y A_2 con mayor espesor.

Fase b). Se presentan en zonas planas ligeramente inclinadas con gradiente que varía de 1 a 3 %. Son suelos con profundidad mayor de un metro.

Fase c). Se presentan en zonas planas medianamente inclinadas, con gradiente mayor de 3 %, con cambios en la topografía más frecuente e interrupciones principalmente causadas por los cauces de los arroyos. El horizonte A_1 es de menor espesor y el perfil en general más delgado.

La edad de los suelos de esta unidad pertenece al Holoceno.

b. Características del perfil.

0.00 - 0.20 m Horizonte A. Arcilloso; color en amasado húmedo, pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2), en seco, pardo oscuro (10 YR 4/3); estructura, en bloques subangulares de tamaño mediano y dureza moderada; consistencia, en húmedo friable, en seco, ligeramente dura; permeabilidad, moderadamente lenta; retención de humedad, buena; presencia de raicillas, regular; límite, abrupto.

0.20 - 0.50 m Horizonte B. Arcilloso; color en amasado húmedo, pardo rojizo oscuro (5 YR 3/3), en seco, pardo rojizo (5 YR 4/4); estructura, en bloques subangulares de tamaño mediano y dureza moderada; consistencia, en seco dura, en húmeda friable; permeabilidad, moderadamente lenta; retención de humedad, buena; presencia de raicillas, regular; límite, abrupto.

0.50 - 1.00 m Horizonte C. Arcillo arenoso; color en amasado húmedo, pardo oscuro (7.5 YR 3/2), en seco, pardo (7.5 YR 4/4); estructura, granular de tamaño pequeño y dureza moderada; consistencia, en seco, suave a ligeramente dura, en húmedo, friable; permeabilidad, moderada; retención de humedad, moderada; presencia de raíces, escasa.

En todo el perfil no se presentan macroorganismos ni hay efervescencia al H Cl.

c. Características químicas y físico-mecánicas.

	Profundidad (cm)		
	0 - 20	20 - 50	50 - 100
pH. (1:1 en H ₂ O)	5.8	5.8	5.8
Materia orgánica %	1.99	0.58	0.26
Nitrógeno total %	0.119	0.043	0.020
Relación carbono-nitrógeno	9.6	7.9	7.5
Capacidad total de cambio me/100 gr...	79.84	65.87	56.39
Calcio cambiable me/100 gr.....	24.15	19.96	19.96
Magnesio cambiable me/100 gr.....	7.40	8.62	9.24
Potasio cambiable me/100 gr.....	4.60	4.19	3.89
Saturación de bases %	45.28	49.70	58.68

	Profundidad (cm)		
	0 - 20	20 - 50	50 - 100
Arena muy gruesa % (2-1 mm)	0.38	2.69	7.67
" gruesa % (1-0.5 mm)	0.62	0.31	10.62
" media % (0.5 - 0.25 mm).....	1.19	0.36	7.49
" fina % (0.25 - 0.1 mm).....	15.94	3.05	17.37
" muy fina % (0.1 - 0.05 mm).....	11.80	5.04	7.21
Limo % (0.05 - 0.002 mm)	15.93	12.78	8.88
Arcilla % (menos - 0.002 mm)	54.14	75.77	40.76

d. Apreciación del análisis químico.

Suelo ligeramente ácido. Pobre en materia orgánica. Pobre en nitrógeno total. Baja relación Carbono-Nitrógeno. Alto en capacidad de cambio. Calcio, magnesio y potasio abundantes. Mediana saturación de bases.

e. Taxonomía Pedología (Thorp y Smith(68)).

Orden: _____ Azonal

Sub-orden: _____ No hay

Gran Grupo: _____ Aluvial

Serie: _____ San Antonio

Fases: _____ a) Pendiente: menos de 1 %

b) Pendiente: 1 a 3 %

c) Pendiente: 3 a 6 %

2. Descripción de la Serie Florida.

a. Localización, superficie y fisiografía general.

Suelos situados al pie de las pendientes fuertes de las montañas y lomeríos que forman la unidad denominada serie Montaña. Ocupan una extensión de 1,064.6 has que corresponden al 16.43 % del área total

estudiada. Se localizan generalmente en fajas de pequeña amplitud, continuas en su mayor parte aunque hay secciones aisladas. Ocupan el área de menor extensión y quedan repartidas en toda la zona de estudio. La microtopografía general dominante es ondulada con pendientes que varían de 4.0 a 15.0 %. La microtopografía que se presenta es muy irregular debido a que existen múltiples accidentes provocados por los cauces de las corrientes que bajan de los cerros y montañas. El drenaje externo es excesivo y consiguientemente el agua tiene poca oportunidad de penetración. Lo anterior sin embargo, es compensado por la presencia de materiales gruesos y de tamaño grande en el segundo horizonte que sí permiten o facilitan la infiltración. La erosión es fuerte, presentándose múltiples cárcavas de diversos tamaños en amplitud y profundidad que en ocasiones dejan a la vista la roca. La presente unidad está constituida por depósitos de los materiales que han sido desprendidos de las zonas situadas en un plano superior y arrastrados por las fuerzas del agua y la gravedad. La vegetación natural que cubre esta unidad, está formada principalmente por arbustos y árboles de poca altura. En su mayor parte la vegetación natural ha sido eliminada y sustituida por pastizales. Los suelos que cubren esta unidad han tenido su origen en las rocas pertenecientes al Complejo Nicoya y a las formaciones Rivas y Sabana Grande que son las que forman el basamento litológico del área. Su modo de formación es secundario. Los materiales pertenecen a la primera deposición por lo cual en este perfil se observan abundantes gravillas.

La edad de los suelos que ocupan esta unidad es sumamente reciente estimándose que pertenece al Holoceno.

b. Características del perfil.

0.00 - 0.20 m Horizonte A. Arcilloso; color de amasado húmedo; pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2), en seco, pardo oscuro (10 YR 3/3); estructura, en bloques subangulares de tamaño mediano y dureza moderada; consistencia, en húmedo, friable, en seco, dura; permeabilidad, moderadamente lenta; retención de humedad, buena; presencia de raicillas, regular; límite, abrupto.

0.20 - 1.00 m Horizonte B. Arcilloso; color en amasado húmedo, pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2); en seco, pardo (10 YR 5/3); estructura, en bloques angulares de tamaño mediano y grado de dureza fuerte; consistencia, en húmedo, firme, en seco, dura; permeabilidad, moderadamente lenta; retención de humedad, buena; presencia de raicillas, regular; límite, claro y ondulado. Presenta gravillas angulosas de diversos tamaños fuertemente compactadas entre la masa de suelo.

Se observan pequeñas manchas claras que pertenecen a los elementos en disolución de las gravillas (ftanitas) ahí presentes.

1.00 - X m Horizonte C. Horizonte gravoso y pedregoso en alto grado de meteorización.

c. Características químicas y físico-mecánicas.

	Profundidad (cms)	
	0 - 25	25 - 100
pH (1:1 en H ₂ O)	5.7	5.7
Materia orgánica %	5.01	0.72

	Profundidad (cms)	
	0 - 25	25 - 100
Nitrógeno total %	0.285	0.052
Relación carbono-nitrógeno	10.3	7.8
Capacidad total de cambio me/100 gr.....	69.86	59.88
Calcio cambiabile me/100 gr	19.36	17.96
Magnesio cambiabile me/100 gr.....	5.26	11.08
Potasio cambiabile me/100 gr	4.09	7.06
Saturación de bases %	41.10	60.29
Arena muy gruesa % (1-2 mm).....	2.12	2.82
" gruesa % (1-0.5 mm).....	1.42	1.84
" media % (0.5 - 0.25 mm).....	1.12	0.99
" fina % (0.25 - 0.1 mm).....	7.98	3.04
" muy fina % (0.1 - 0.05 mm).....	13.20	5.49
Limo % (0.05 - 0.002 mm).....	14.98	13.98
Arcilla % (menos - 0.002 mm).....	59.18	71.84

d. Apreciación del análisis químico.

Suelo ligeramente ácido. Pobre en materia orgánica. Pobre en nitrógeno total. Baja relación carbono-nitrógeno. Mediana capacidad de cambio. Calcio, magnesio y potasio abundantes. Mediana saturación de bases.

e. Taxonomía pedológica (Thorp Smith (68)).

Orden: _____ Azonal
 Sub-orden: _____ No hay
 Grupo: _____ Regosol
 Serie: _____ Florida

3. Descripción de la Serie Montaña.

a. Localización, superficie y fisiografía general.

Está constituida por suelos situados en las áreas montañosas y cerriles. Tiene una extensión de 3,369.2 has que corresponden al 51.59 % del área total estudiada. Ocupa todas las laderas o zonas de escurrimiento que abarcan la mayor parte de la superficie de la cuenca. La macrotopografía general dominante es muy accidentada, presentando en su mayor parte grandes desniveles que producen pendientes muy fuertes. La gradiente varía desde 100 % en las áreas más accidentadas hasta 15 % en las colindantes con la unidad de suelos coluviales. El drenaje superficial en las áreas de mayor pendiente y sin cubierta vegetal es sumamente drástico, perdiéndose la mayor parte de la precipitación. El drenaje disminuye proporcionalmente con la pendiente y con la presencia de vegetación, lo que permite una mayor infiltración del agua en el suelo. La microtopografía es sumamente accidentada, presentando gran cantidad de pequeños cauces de escorrentía así como pequeños y frecuentes obstáculos constituídos por salientes de piedras grandes. La erosión es fuerte, presentándose cárcavas de diversas profundidades. Los perfiles adyacentes a las cárcavas han sido destruídos. En la mayor parte de estos suelos la capa arable ha sido extraída y consiguientemente son de poco espesor. Se observa poca cantidad de piedra suelta, pero en cambio en las áreas donde la curva de descenso se hace más convexa, hay afloramientos rocosos, lo cual se debe en gran parte a la eliminación de la vegetación que ha provocado la erosión y consiguiente pérdida del suelo. En las zonas de pendientes muy fuertes y sin cubierta vegetal en que se ha perdido casi todo el espesor de suelo, puede considerarse la presencia de Litosoles. En el mapa anexo no se separan como tales, debido a que

su presencia no fué determinada por la foto-interpretación y de que su presencia es seguramente muy pequeña. La vegetación consiste principalmente en árboles y arbustos de regeneración, debido a que el área ha sido fuertemente intervenida en la extracción de las pocas maderas existentes que se utilizan para cercos y construcciones caseras. Algunas áreas de esta undad, también están cubiertas de pastizales sembrados, en su mayor parte mezclados con árboles y arbustos.

El origen de estos suelos corresponde al de las rocas del Complejo Nicoya que son principalmente basaltos y rocas de las Formaciones Rivas y Sabana Grande que en su mayor parte son grauwacas y ftanitas. El modo de formación de los suelos de esta unidad es primario, es decir, son suelos "in-situ" o formados en el sitio en que se localizan. La edad que se puede atribuir a los suelos de esta unidad está estrechamente vinculada con la edad a que corresponden las unidades geológicas, estimándose por ello que los suelos localizados sobre la formación del Complejo Nicoya debieron empezar a formarse durante el Cretacio medio e inferior y los suelos localizados sobre la formación Rivas-Sabana Grande debieron empezar a formarse durante el Cretacio medio y superior.

b. Características del perfil.

0.00 - 0.20 m Horizonte A. Arcilloso; color en amasado húmedo, pardo amarillento oscuro (10 YR 3/4), en seco, pardo oscuro (10 YR 3/3); estructura, en bloques subangulares de tamaño mediano y grado de dureza fuerte; consistencia, húmedo, friable, en seco, ligeramente dura; permeabilidad, moderadamente lenta; retención de humedad, buena; presencia de raicillas, regular; límite, abrupto.

0.20 - 0.40 m Horizonte B. Arcilloso; color en amasado húmedo, pardo rojizo oscuro (7.5 YR 3/5), en seco, pardo rojizo (7.5 YR 4/4);

estructura, en bloques subangulares de tamaño mediano y dureza moderada; consistencia, en seco, ligeramente dura, en húmedo, friable; permeabilidad, moderadamente lenta; retención de humedad, buena; presencia de raicillas, regular; límite, abrupto.

g.40 - X m Horizonte graviloso pedregoso en alto grado de meteorización.

c. Características químicas y físico-mecánicas.

	Profundidad (cms)	
	<u>0 - 20</u>	<u>20 - 40</u>
pH (1:1 en H ₂ O).....	6.5	5.9
Materia orgánica %	4.29	1.67
Nitrógeno total %	0.223	0.114
Relación Carbono-Nitrógeno	11.1	8.5
Capacidad total de cambio me/100 gr.....	47.76	49.95
Calcio cambiable me/100 gr.....	22.95	21.95
Magnesio cambiable me/100 gr.....	6.25	8.71
Potasio cambiable me/100 gr.....	9.46	5.93
Saturación de bases %	80.90	73.25
Arena muy gruesa % (2-1 mm).....	1.68	0.24
" gruesa % (1-0.5 mm).....	1.48	0,22
" media % (0.5 - 0.25 mm).....	2.36	0.68
" fina % (0.25 - 0.1 mm).....	13.79	11.32
" muy fina % (0.1 - .05 mm).....	3.89	8.73
Limo % (0.05 - 0.002 mm).....	11.81	15.51
Arcilla % (menos - 0.002 mm).....	64.99	63.30

d. Apreciación del análisis químico.

Suelo ligeramente ácido. Bien proporcionado de materia orgánica en

el primer horizonte pero pobre en el segundo. Medianamente proporcionado en nitrógeno total en el primer horizonte y ligeramente bajo en el segundo. Adecuada relación Carbono-Nitrógeno en el primer horizonte y baja en el segundo. Abundante calcio, magnesio y potasio. Alta saturación total.

e. Taxonomía pedológica (Thorp y Smith (68)).

Orden: _____ Zonal
 Sub-orden: _____ De región boscosa cálido tropical
 Grupo: _____ Latosol
 Serie: _____ Montaña.

Los métodos por los cuales se hicieron los análisis descritos son:

Para la determinación de la actividad del ión hidrógeno se usó el método de Peech (54), llevando al potenciómetro suelo y agua en relación 1:1.

Para la determinación de la materia orgánica se usó el método Walkey y Black modificado por Allison (6) denominado comunmente como de combustión húmeda y titulación rápida.

La determinación del nitrógeno total se hizo por el método macro Kjeldall, descrito por Bremner (11).

Los cationes cambiabiles y la capacidad total de cambio se determinaron por el método de Jackson (35).

La textura se determinó por el método de la pipeta descrito por Kilmer y Alexander (37).

B. Descripción del Mapa Pedológico.

En la representación de las unidades de suelos del mapa pedológico, se utilizó una clave formada de un quebrado en el cual, como numerador y con un número arábigo se identifica la serie y seguidamente, con una letra minúscula se identifica la fase. Debido a que únicamente de la serie San Antonio se determinaron fases, solo en áreas de esos suelos aparece el

numerador del quebrado con letra minúscula.

El denominador del quebrado está compuesto de un número seguido de una letra mayúscula y otro número. Estos corresponden a la pendiente, drenaje interno y profundidad del sólum respectivamente. Cada uno de estos componentes del suelo se fraccionó conforme en la zona estudiada se presentaron los cambios, a fin de dar mayor información en la clave sobre cada uno de esos aspectos, así tenemos:

1. Pendientes.

Las divisiones y números adoptados para la identificación de la pendiente son: 1 para 0 a 1 %; 2 para 1 a 3 %; 3 para 3 a 6 %; 4 para 6 a 15 %; 5 para 15 a 30 % y 6 para pendientes mayores de 30 %.

2. Drenaje interno.

Las divisiones que se hicieron en reconocimiento del drenaje interno son estimativas y se fundan principalmente en las texturas y pendientes del suelo. Se identifican con letras mayúsculas de la manera siguiente: A para suelos muy pobremente drenados; B para suelos pobremente drenados; C para suelos bien drenados; D para suelos con drenaje excesivo y E para suelos de drenaje muy excesivo.

3. Profundidad del sólum.

Las divisiones y los números adoptados para la identificación de la profundidad del sólum son: 1 para 0 a 30 cms; 2 para 30 a 60 cms; 3 para 60 a 100 cms y 4 para más de 100 cms de profundidad del sólum.

En el apéndice se acompaña la clave de registro de datos de campo utilizada con las especificaciones para cada factor así como una muestra de las hojas de registro de campo.

VI. DISCUSIONA. Consideraciones sobre la Bondad del Método Empleado.

Como se puede apreciar a través de lo explicado en el capítulo IV, los aspectos básicos de la metodología empleada, consisten en la explotación máxima de la información cartográfica y bibliográfica del área por estudiar; en el aprovechamiento racional de las fotografías aéreas que cubren el área, de las visitas al campo para la toma de datos y muestras de suelo de los sitios representativos y de duda, así como de las verificaciones posteriores.

Al considerar la bondad del método, debe mencionarse que este sistema de levantamiento pedológico, implica la elaboración de varias foto-cartas (hipsometría, geología, geomorfología, hidrografía, vegetación y uso actual) cuyo contenido se pasó a papel transparente para hacer una sobreposición de estudios. Los resultados de su utilidad son satisfactorios, por lo que ese método de sobreposición de estudios puede considerarse que representa una buena guía en la determinación de los linderos de suelos pero la forma en que en este estudio fueron hechos los mapas, requirió de mucho trabajo y sobre todo tiempo para hacer las restituciones, lo cual va en demérito de uno de los objetivos del método, que consiste en buscar un ahorro de tiempo.

Se considera por tanto, que el estudio de estos aspectos es necesario e indispensable, por lo cual no deben descuidarse, pero que debe buscarse la forma de no tener que hacer de cada uno la correspondiente restitución.

Para ahorrar el trabajo laborioso de las mencionadas restituciones, sería conveniente hacer únicamente si es que no existe, el mapa topográfico, (planimétrico y altimétrico) por el método fotogramétrico con el uso del estereómetro, y trasladar a este mapa los estudios u observaciones

de geología, geomorfología, hidrografía, vegetación y uso actual, pasan directamente de la fotografía cartografiada al mapa, sin necesidad de llevar al aparato restituidor. Al optar por lo anterior, se haría necesario que la hechura del mapa topográfico se hiciera de escala similar a la escala promedio de las aereofotografías, para facilitar el traspaso en la forma antes mencionada. Aun con lo anterior es posible esperar que la precisión en el traspaso directo de lo contenido en las fotos al mapa, no sea absoluta, hecho que puede motivar errores en el trazo final de los linderos de suelos.

Otra forma de eximirse de la restitución o traspaso a mapas de los trazos que muestran los aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrográficos de vegetación y uso actual, es mediante la elaboración de un foto-mosaico controlado, al cual se pueden trasladar fácilmente los trazos de dichos estudios suplementarios. Este foto-mosaico controlado vendría a constituirse en el almacén de datos que nos servirán para las deducciones pedológicas.

Como se ve, lo más conveniente para tener conjuntamente en forma cartográfica, las apreciaciones hechas sobre la geología, geomorfología, etc. es disponer de un foto-mosaico controlado. La desventaja que ello representa, lo constituye el hecho de que para que el mosaico sea controlado, es necesario contar con el control terrestre de apoyo y de que se requieren aparatos rectificadores de las aereofotografías que son costosos y que no siempre son disponibles. En cuanto al método utilizado, se considera que difiere principalmente de los sistemas de levantamiento a base de caminamientos terrestres, en que por el método de foto-interpretación, la mayoría de los linderos de suelos son trazados sobre las fotografías en el laboratorio, lo cual ahorra una gran cantidad de tiempo (estimado un 60 % en el presente estudio) y por otro lado, la precisión es mayor,

pues los métodos de levantamiento con plancheta, contienen un examen directo del suelo, la vegetación, las rocas, etc., pero este análisis no se lleva a cabo sobre todos los puntos del terreno, sino que se van haciendo interpolaciones y por ello también, cuando la vegetación es alta y densa, ella misma impide apreciar muchos detalles de los suelos, quedando estos detalles fuera del conocimiento del reconocedor. Por el método de fotointerpretación en cambio, todos esos detalles son apreciados en la medida necesaria a través de las fotografías, haciéndose las comprobaciones directas en el campo en los sitios representativos y de duda.

Por lo que se refiere a los levantamientos auxiliares o suplementarios, debe mencionarse que en el estudio de la geomorfología, si se ha apreciado ésta en su forma dinámica, quedan comprendidos con cierta medida los factores de formación del suelo, de ahí que el análisis geomorfológico se constituye en uno de los de mayor utilidad para muestras futuras deducciones pedológicas, debido a las estrechas relaciones de la geomorfología con el desarrollo de los suelos, ayudando mucho esto a la final definición de las unidades de suelo. Este análisis de la geomorfología, es casi siempre más fácil de realizarse con la ayuda de las aereofotografías.

Como se ha visto, el método descrito, contiene el establecimiento, estudio y evaluación de varios elementos de juicio, entre los que se incluyen los factores de formación del suelo y algunos otros aspectos que se presentan en la superficie terrestre y que son apreciados en las aereofotografías. Todos ellos influyen grandemente para establecer las hipótesis sobre las condiciones particulares que deben presentarse en el área estudiada. Mediante las hipótesis se pueden eliminar en forma razonada a base del proceso deductivo inductivo, aquellas condiciones cuya presencia no se puede explicar racionalmente, al igual que se puede inferir aquellas que deben presentarse. Sobre estos aspectos el método

descrito resulta práctico y seguro porque durante el primero y segundo reconocimiento de campo se obtienen las comprobaciones o rectificaciones a las hipótesis antes establecidas.

B. Consideraciones sobre el Grado de Exactitud Obtenido.

Como resultado de haber llevado a la práctica la metodología descrita, se obtuvo el mapa pedológico anexo y las descripciones de las unidades de suelos que se asientan en el capítulo anterior.

De la visita que se llevó a cabo al área estudiada con el fin de juzgar sobre el grado de precisión alcanzado en el trazo de los linderos y en la descripción de cada una de las unidades, se desprende lo siguiente:

- : - No se requirió hacer cambios a los linderos preliminarmente trazados, consecuentemente se considera que su localización es correcta.
- : - Aclaradas las condiciones especiales de los suelos de las dos únicas "áreas dudosas" que se presentaron, una de dichas áreas quedó en la serie Florida y la otra forma parte de la serie San Antonio, fase a) de suelos con pendiente menor de 3 %.
- : - No se requirieron cambios y sólo se amplió la descripción preliminar de las unidades de suelos originalmente presentadas.

En función de lo anterior podemos hacer las consideraciones siguientes:

- : - Que el grado de precisión obtenido nos permite categorizar el levantamiento como semi-detallado.
- : - Que si bien los linderos de suelos no son líneas finitas, siempre existe una faja de terreno dentro de la cual se localizan los cambios que hacen diferir a una unidad de otra. En el presente levantamiento, tales linderos se considera que quedaron colocados dentro de dicha faja.
- : - Que las situaciones especiales o de "áreas dudosas" que se presentaron, fueron creadas principalmente por la falta de un análisis más profundo de la micro-topografía ya que ambas áreas son debidas a condiciones

especiales de relieve y debieron asociarse con base en lo anterior a las unidades de las cuales forman parte estudiando para ello detenidamente el relieve.

- : - Que comparadas las descripciones fisiográficas y las características del perfil elaboradas con el método utilizado, con esos aspectos vistos en el terreno durante la comprobación, no se consideró necesario hacer correcciones.
- : - Que la sobreposición de los levantamientos auxiliares (geología, geomorfología, hidrografía, vegetación y uso actual) elaborados por foto-interpretación, fué determinante para conseguir la separación y clasificación posterior de las unidades de suelos.

C. Consideraciones sobre los Análisis de Laboratorio de Suelos y la Evaluación de los Resultados.

Como se ha visto, siguiendo la metodología propuesta, teniendo la base de la información disponible, los elementos de juicio establecidos y las foto-cartas elaboradas, se hizo un mapa preliminar de suelos con la separación de áreas por unidades categorizadas como series, pero tales unidades no es posible considerarlas conocidas si de ellas no se hacen los análisis de las muestras de suelos, que han de permitir conocerlos intrínsecamente. Por ello, debe tenerse en cuenta que tan necesario como es el trabajo de campo, lo es también el trabajo de laboratorio que nos determina las condiciones particulares o especiales que caracterizan a cada unidad. El verdadero conocimiento del suelo lo tenemos hasta que sabemos de cada unidad sus propiedades, ya sean favorables o limitantes para su aprovechamiento.

D. Consideraciones Generales.

Sobre algunos aspectos generales del uso de la foto-interpretación aplicada a los levantamientos pedológicos, se anotan las consideraciones siguientes:

- : - Que la interpretación de fotografías aéreas está siendo cada vez más usada en varias ciencias, en estas, se incluye la rama de suelos, por lo que se requiere desarrollar una técnica que sea práctica y aplicable para que sea útil y ampliamente aprovechable, pues actualmente su uso no es todavía suficientemente conocido debido en parte a su reciente origen.
- : - Que la utilización de la foto-interpretación en la rama de suelos, implica la observación de reglas y la acumulación de conocimientos afines, por lo que el pedólogo foto-intérprete para considerarse como tal, debe tener un amplio entrenamiento en foto-interpretación y una preparación interdisciplinaria que contenga conocimiento y entrenamiento fundamentalmente de pedología, pero también de geología, geomorfología, ecología vegetal, climatología, hidrografía e hidrología y edafología principalmente, para que la foto-interpretación pueda ser técnica y científicamente aplicada.
- : - Que como consecuencia de lo mencionado en el párrafo anterior, el uso de la foto-interpretación en levantamientos de suelos, debe hacerse exclusivamente por pedólogos, ya que, lógicamente el científico de suelos es el que tiene las bases necesarias para relacionar lo visto en la foto-imagen con lo presente en el terreno, considerándose también que aún éste, no puede a través de la fotografía deducir todas las características internas del suelo, por lo tanto el examen de los **perfiles** en el campo y la investigación de las características químicas, físicas y biológicas detalladas, sólo es posible con el conocimiento del suelo mismo. Así, las fotografías aéreas deberán considerarse una valiosa ayuda para el levantamiento pedológico, pero el trabajo de campo y laboratorio no puede ahorrarse, por lo tanto, para que la definición detallada y final de los suelos sea completa es

indispensable el conocimiento de campo, requiriéndose para obtener mejores resultados, utilizar una forma sistemática y seguir una clasificación.

- : - Que debe tenerse presente que hay una diferencia entre foto-interpretación de suelos e interpretación de objetos, los cuales pueden ser claramente visibles en las aereofotos, como la vegetación, de la cual se puede estudiar su medida, su forma, su color, etc; pero los suelos no son visibles porque casi siempre están cubiertos con vegetación herbácea, árboles o cultivos y aún en los que están descubiertos, la capa superficial puede diferir mucho de las internas. Debe entonces considerarse a la fotografía aérea como un cúmulo de información sin verificar y que para establecer la validez de su información o sea, para comprobar lo aparecido en la foto-imagen y lo deducido, se requiere la verificación de campo.
- : - Que el intérprete en suelos debe estar consiente de las limitaciones que imponen los factores críticos de la foto-interpretación y debe tener cuidado de no sobreestimar las posibilidades de utilización de las aereofotos. Es necesario que la observación de éstas se haga siempre estereoscópicamente ya que hay mucha información que no puede ser visible sino con el uso del estereoscopio y binoculares para ser apreciada tridimensional y detalladamente.
- : - Que el reconocedor de suelos que se auxilie de la foto-interpretación debe aprovechar al máximo las fotografías aéreas a fin de definir e identificar para su análisis y consiguiente interpretación aquellos factores que están íntimamente relacionados con el suelo y que ayudan a su reconocimiento, tales como: las formas de la tierra, la pendiente, la posición y orientación, el color, la vegetación, el diseño de drenaje superficial y el uso de la tierra.

VII. CONCLUSIONES

Como resultado de haber puesto en práctica la metodología que comprende de la presente tesis, y de haber comprobado los resultados obtenidos, se concluye lo siguiente:

- : - Es un método aplicable para zonas de características ecológicas similares a la estudiada que permite obtener la suficiente exactitud para colocar el levantamiento hecho en la categoría de semi-detallado.
- : - La exactitud obtenida en el trazo de los linderos, se considera que se debió en gran parte a muchos detalles de la topografía que se pueden apreciar por la ausencia de una cubierta vegetal espesa y la escala adecuada de las fotografías para esta categoría de estudio.
- : - El conocimiento real y final de los suelos de cada unidad, se obtiene teniendo como base los resultados de las visitas de campo y los análisis de las muestras de suelo, por medio de los cuales se puede llegar a su caracterización,
- : - La utilización de un método como el descrito para la cartografía de suelos, permite un ahorro en tiempo comparado con los sistemas de levantamiento tradicionales. La estimación del tiempo utilizado en el presente trabajo comparativamente sería: tomando a razón de 50 hectáreas por técnico por día en el levantamiento a base de plancheta, se hubiesen requerido para cubrir el área estudiada 130 días de trabajo exclusivamente de campo. Con el método utilizado fueron ocupados 52 días de trabajo de cartografía por foto-interpretación. Esto representa un ahorro en tiempo que equivale al 60 % del anterior.
- : - El método utilizado es más económico que el sistema de levantamiento a base de caminamientos terrestres, siempre y cuando existan las fotografías aéreas de la zona por estudiar como en el caso presente, ya

ya que si no las hay, el costo del estudio estaría condicionado a la superficie estudiada y a la obtención de las aereofotografías requeridas, debido a que la toma de éstas es más cara en superficies pequeñas que en superficies grandes.

- : - La elaboración de las foto-cartas de hipsometría, geología, geomorfología e hidrografía es plenamente justificada para levantamientos semi-detallados como el elaborado; su utilidad es absoluta para la obtención de suficiente precisión en la localización de los linderos de suelos.
- : - La elaboración de la foto-carta de vegetación y uso actual, se justificará en áreas de características fisiográficas como las del estudio presente y en levantamientos de carácter generalizado y con fotografías aéreas de escala pequeña (1:40,000 o más). La elaboración del mapa de vegetación y uso actual de la tierra, se justificará también, cuando éste levantamiento forme parte de un inventario integrado, ya que en estos si se requiere conocer en forma específica cada uno de los recursos naturales.
- : - La densidad de las observaciones directas en el campo para el estudio de los sitios representativos y de duda y la toma de muestras de suelo, está de acuerdo con la homogeneidad que presentan los suelos y no obedece a un número de observaciones por unidad de superficie previamente establecido.
- : - La presencia de "áreas dudosas" aparecidas durante el segundo estudio de foto-interpretación, representa la falta o la falla en las apreciaciones por foto-interpretación, aunque también puede representar la presencia de factores críticos de la foto-interpretación. Consecuentemente, si hubiera habido necesidad de dejar muchas áreas en duda, podría decirse que la utilización del método no es conveniente

o que es deficiente debido a que sus objetivos ideales (obtener suficiente precisión, ahorrar tiempo y ahorrar trabajo de campo innecesario) no son satisfechos.

- : - El grado de conocimientos sobre los elementos de juicio "primarios" está en función principalmente de los detalles conseguidos en la etapa I de la metodología (recopilación y estudio cartográfico y bibliográfico del área de estudio).
- : - El grado de conocimientos sobre los elementos de juicio "secundarios" está en función de la escala y calidad de las aereofotografías, pero también de la experiencia del intérprete y de su agudeza visual y mental.
- : - Se puede tener plena confianza en lo establecido a base de interpolaciones, pero lo establecido a base de extrapolaciones solo es digno de confianza cuando se conocen y se tienen datos de campo tomados durante el primer reconocimiento de campo, con visita a la zona de extrapolaciones.
- : - El tipo de fotografía aérea (pancromático) y la escala (1:20,000 aproximada) son adecuados para estudios de la categoría del presente.
Se espera que la metodología utilizada en este trabajo de tesis, sirva de guía a nuevos levantamientos pedológicos y que estos se hagan en regiones distintas ecológicamente a la estudiada, a fin de poner a prueba este método. El propósito fundamental será el de obtener el conocimiento de los suelos en la forma más rápida, económica y precisa, que sirva de base para su mejor aprovechamiento.

RESUMEN

El objetivo fundamental del presente trabajo consiste en someter a una prueba de campo o de aplicación práctica, un método compuesto de diez etapas, para hacer un levantamiento pedológico, basado esencialmente en el uso de fotografías aéreas, a fin de clasificar y cartografiar un área de suelos y a continuación determinar la categoría del levantamiento hecho principalmente con el uso de las fotografías aéreas.

Los aspectos básicos de la metodología consisten en:

- 1) Recopilación y estudios de información cartográfica y bibliográfica del área por estudiar.
- 2) Preparación del material fotográfico a usar.
- 3) Elaboración de foto-cartas de hipsometría, geología, geomorfología, hidrografía, vegetación y uso actual.
- 4) Establecimiento de elementos de juicio a) Primarios (factores de formación del suelo) y b) Secundarios (aspectos visibles en las aereofotografías).
- 5) Elaboración de un mapa preliminar de suelos tomando como base 1), 3) y 4).
- 6) Visita al campo para el estudio de perfiles y recolección de muestras.
- 7) Análisis de las muestras de suelo, interpretación de los resultados y caracterización de los suelos.
- 8) Nueva visita al campo para comprobaciones generales.
- 9) Correcciones al mapa preliminar de suelos y descripción de las unidades cartografiadas.
- 10) Elaboración final del mapa pedológico.

Para llevar a la práctica la metodología propuesta, se seleccionó un área de la Península de Nicoya en Costa Rica, en la que se ejecutó

parcialmente el trabajo. Cada una de las etapas se realizó estrictamente en el orden establecido, siguiendo la sana política de encarar y descubrir todos los defectos que la metodología propuesta contuviera.

Realizado el trabajo, se obtuvo como resultado un mapa con la delimitación de unidades de suelos categorizadas como series, mostrándose en el mapa las series determinadas y las fases de una de ellas, además de distintos valores para la pendiente, el drenaje interno y la profundidad de solum mediante una clave arreglada en forma de quebrado compuesto de números y letras mayúsculas y minúsculas.

Para juzgar sobre la precisión en el trazo de los linderos y en la descripción de cada una de las unidades, se trasladó al área estudiada un profesor especialista en pedología, quien en compañía del autor, a base de caminamientos por lugares previamente seleccionados y de las observaciones correspondientes, se procedió a verificar lo presente en el campo con las descripciones de las unidades y el mapa pedológico. De esta visita para comprobaciones se desprendió lo siguiente:

- a) No se requirió hacer cambios en la localización de los linderos de suelos trazados en base de la foto-interpretación, consecuentemente su localización en el mapa es correcta.
- b) Tuvieron que dejarse dos áreas de duda para aclararse en el primer re conocimiento de campo las condiciones particulares del suelo, corres pondiendo cada una a distintas series. Estas áreas no pudieron ser definidas por foto-interpretación debido a la falta de un análisis más minucioso del relieve, ya que éste es el causante de las condicio nes particulares de dichas áreas.
- c) Comparadas las condiciones fisiográficas y del perfil de las unidades cartografiadas mediante la foto-interpretación, con lo presente en el campo, se consideraron correctas por lo cual no hubo necesidad de

hacer cambios.

Por los resultados obtenidos se llegó a la conclusión de que el levan
tamiento realizado se puede considerar de carácter semi-detallado.

SUMMARY

The principal objective of this study was to field test a method of ten steps in order to make a pedological survey. The method was based on the use of aerial photographs with the purpose of classifying the soils in an area, mapping the area, and later, determining the usefulness of the aerial photographs in making the survey.

The ten steps in the methodology are as follows.

- 1) Complilation and study of cartographical and bibliographical information on the study area.
- 2) Preparation of photographic material.
- 3) Hypsometric, geologic, geomorfologic, hydrographic, vegetation and actual land use photo-chart preparation.
- 4) Establishment of primary interpretation criteria such as are represented by the soil formation factors, and of secondary criteria, such as those aspects recognizable and identifiable on the aerial photograph.
- 5) Preparation of a preliminary soil map based on steps 1), 3) and 4).
- 6) Field survey of soil profiles and soil sampling.
- 7) Soil sample analysis, interpretation and soil description.
- 8) General field checking.
- 9) Correction of preliminary soil map and of the description of cartographical units.
- 10) Preparation of the final pedological map.

In order to put the proposed methodology into practice, an area was selected within the Nicoya Peninsula of Costa Rica. Only part of the work was done directly on the area. Each of the steps was followed in the established order, while trying to detect all possible inadequacies that the method might have.

Once the field work was completed, the result was a map showing the soil unit boundaries that were classified as soil series. These were shown by way of a formula composed of letters and numbers, indicating soil series, soil phases and slope, internal drainage and solum depth.

In order to judge the accuracy of the established boundaries, the map was field tested by a pedological specialist, along pre-selected transects. Both the soil units and soil descriptions were checked. From this final field work, the following conclusions were made:

- a) That no changes were necessary in the boundaries established by photo-analysis.
- b) There were two small areas where soil conditions had to be field checked since their classification was subject to doubt. This was because their respective soil series could not be interpreted from the aerial photographs.
- c) There was no need to make changes in the physiographical and soil profile descriptions of units charted through aerial photography, since after field observation they were found to be accurate.

From the results obtained, it can be concluded that a semi-detailed survey was attained.

BIBLIOGRAFIA

1. ABDULGHANI, S. A. Relations between photo interpretation and soil survey in Texel Island. Delft, Netherlands, International Training Centre, 1965. 56 p. (Serie B Number 29).
2. AGUILAR, L. A. Estudio para el desarrollo agropecuario de la cuenca del río Cañas, Nicoya, Guanacaste, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1966. 166 p.
3. AGUIRRE, J. A. y PLATH, C. V. Mapa de uso potencial de la tierra, cuenca del río Cañas, Nicoya, Provincia de Guanacaste, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1966. 14 p. (Publicación miscelánea no 36).
4. AID RESOURCES INVENTORY CENTER. Corps of Engineers, US Army. Costa Rica; análisis regional de recursos físicos Centroamerica y Panamá. Washington, D. C., 1965. s.p.
5. ALBERTIN, W. The southern tip of the Nicoya Peninsula in Costa Rica; a report to the International Commission of National Parks. Turrialba, Costa Rica, Inter-American Institute of Agricultural Sciences, 1962. 59 p.
6. ALLISON, L. E. Organic carbon. In Black, C. A., ed. Methods of soil analysis. Madison, Wis., American Society of Agronomy, 1965. pp. 1367-1378. (Series Agronomy no 9).
7. AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of photogrammetry, 3ra. ed. Washington, D. C., American Society of Photogrammetry, 1966. 2 v.
8. _____. Manual of photographic interpretation. Washington, D. C., American Society of Photogrammetry, 1960. 868 p.
9. ASCHENBRENNER, C. M. Problems in getting information into and out of air photographs. Photogrammetric Engineering 20(3):398-401. 1954.
10. ASOCIACION REGIONAL PARA EL DESARROLLO DE LA PENINSULA DE NICOYA. Datos generales, introducción a los inventarios e inventario de los recursos naturales de la Península de Nicoya, Cantones de Carrillo, Santa Cruz, Nicoya y Nandayure y los Distritos de Lepanto y Paquera de Puntarenas. Nicoya, Guanacaste, Costa Rica, 1965. 332 p. (mimeografiado).

11. BREMNER, J. M. Total nitrogen. In Black, C. A. ed. Methods of soil analysis. Madison, Wis., American Society of Agronomy, 1965. pp. 1149-1155. (Series Agronomy no 9).
12. BRUNNSCHWEILER, D. H. Seasonal changes of the agricultural pattern: a study in comparative air photo interpretation. Photogrammetric Engineering 23(1):131-139. 1957.
13. BUCKMAN, H. O. y BRADY, N. C. Naturaleza y propiedades de los suelos. Trad. del inglés por R. Salord Barleló. México, UTEHA, 1966. 590 p.
14. BURINGH, P. The applications of aerial photographs in soil survey. In Manual of Photographic Interpretation. Washington, D. C., American Society of Photogrammetry, 1960. pp. 663-666.
15. CLINE, M. Basic principles of soil classification. Soil Science 67(2):81-91. 1949.
16. COEN, E. La metodología de Costa Rica. In Atlas Estadístico de Costa Rica. San José, Costa Rica, Ministerio de Economía y Hacienda, Dirección General de Estadística y Censos, 1953. pp 34-37.
17. COLWELL, R. N. A sistematic analysis of some factors affecting photographic interpretation. Photogrammetric Engineering 20(3):433-454. 1954.
18. COSTA RICA. CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCION. Mapa de asociaciones vegetales de la zona tropical seca de Costa Rica. San José, 1960. (Escala 1:250,000).
19. _____ . INSTITUTO GEOGRAFICO. Hojas topográficas. Cantones Santa Cruz, Nicoya, Provincia de Guanacaste. San José, 1963. (Escala 1:50,000 y 1:25,000).
20. _____ . SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL, 1961-1965. San José 1965.
21. _____ . Mapa de lluvias de Costa Rica. Ed. prov. San José 1961.
22. _____ . Mapa de isotermas de Guanacaste. Ed. prov. San José 1965. (Escala 1:500,000).
23. DENGGO, G. Estudio geológico de la región de Guanacaste y zonas adyacentes. San José, Costa Rica, Instituto Geográfico, 1962. 112 p.
24. DERRUAU, M. Precis de geomorphologie. 4a. ed. París, Masson, 1965. 390 p.

25. DONDOLI, C. y TORRES, J. A. Estudio geoagrónómico de la región oriental de la meseta central. San José, Costa Rica, Ministerio de Agricultura e Industrias, 1954. 180 p.
26. EIJK, J. J. Soil mapping from aerial photographs. *Photogrammetric Engineering* 18(1):162-166. 1958.
27. HALL, A. D. Estudio científico del suelo; una introducción al estudio del crecimiento de las cosechas. Traducción del inglés por José García V. Madrid, Aguilar, 1953. 337 p.
28. HEATH, G. R. A comparison of two basic theories of land classification and their adaptability to regional photo interpretation key techniques. *Photogrammetric Engineering* 22(1):144-168. 19
29. _____. Correlations between man's activity and his environment which may be analyzed by photo interpretation. *Photogrammetric Engineering* 23(1):108-114. 1957.
30. HILGARD, E. W. Soils; their formation properties, composition, and relations to climate and plant growth in the humid and arid regions. London, McMillan, 1930. 593 p.
31. HOFFMAN, P. R. Interpretation of radar scope photographs. *Photogrammetric Engineering* 20(3):406-411. 1954.
32. _____. La vegetación de Costa Rica. In *Atlas Estadístico de Costa Rica*. San José, Costa Rica, Ministerio de Economía y Hacienda, Dirección General de Estadística y Censos, 1953.. pp. 32-33.
33. HOLDRIDGE, L. Simple method for determining potential evapotranspiration from temperature data. *Science* 130-572. 1959.
34. INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS. Inventario de recursos físicos del área Nicoya-Puerto Jesús, Guanacaste, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1966. s.p. (mecanografiado).
35. JACKSON, M. L. Análisis químico de suelos. Trad. del inglés por José Beltrán Martínez. Barcelona, Omega, 1964. 662 p.
36. JFNNY, H. Factors of soil formations; a system of quantitative pedology. 9th. ed. New York, McGraw-Hill, 1941. 281 p.
37. KILMER, V. J. and ALEXANDER, L. T. Methods of soil making mechanical analysis of soils. *Soil Science* 68(1):15-24. 1949.
38. LADMIRANT, H. Photographies aériennes et géologie. Bruxelles, Université Libre de Bruxelles, 1962. 205 p.

39. LEITON, S. J. y SAENZ, R. R. Estudio semi-detallado de suelos de la región comprendida entre los ríos Barranca y Lagarto. San José, Costa Rica, Ministerio de Agricultura e Industrias, Departamento de Conservación de Suelos, 1958. 70 p. 1 mapa.
40. LOBECK, A. K. Geomorphology; an introduction to the study of landscapes. New York, McGraw-Hill, 1939. 731 p.
41. LUEDER, D. R. Aerial photographic interpretation; principles and applications. New York, McGraw-Hill, 1959. 462 p.
42. MARBUT, C. F. Soils; their genesis and classification. Madison, Wis., Soil Science Society of America, 1957. 134 p.
43. MEYER, M. P. A preliminary study of the influence of photo paper characteristics upon stereo image perception. Photogrammetric Engineering 23(1):149-155. 1957.
44. MONTOYA MAQUIN, J. M. Ecosysteme et photo-interprétation: fondement théorique et pratique des inventaires de ressources intégrées. In Symposium International de photo-interpretation, 2^e éme. Paris, Septembre, 1966. Actes, Paris, Société Française de Photo-grammetrie, 1967. pp. 188-190.
45. MOON, J. W. et al. Soil classification and soil maps; original field surveys. Soil Science 67(3):169-175. 1949.
46. MUCKENHIRN, R. J. et al. Soil classification and the genetic factors of soil formation. Soil Science 67(2):93-105. 1949.
47. NYGARD, J. I. y HOLE, F. D. Soil classification and soil maps: units of mapping. Soil Science 67(3):163-168. 1949.
48. O'NEILL, H. T. Keys for interpreting vegetation from air photographs. Photogrammetric Engineering 19(3):422-424. 1953.
49. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. Vocabulario multilingüe de la ciencia del suelo. Roma, 1960. 430 p.
50. ORVEDAL, A. C. et al. Soil classification and soil maps; compiled maps. Soil Science 67(3):177-181. 1949.
51. PASTO, J. K. Soil mapping by stereoscopic interpretation of air-photos. Soil Science Society of America Proceedings 17(2):135-138. 1953.
52. PLAISANCE, G. y CAILLEUX, A. Dictionnaire des sols. Paris, La Maison Rustique, 1958. 594.p.

53. PLATH, C. V. y SLUIS, A. J. VAN DER. República de Costa Rica; mapa de uso potencial de la tierra. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1965. (Escala aproximada 1:1,000.000).
54. PEECH, M. et al. Hydrogen ion activity. In Black, C. A. ed. Methods of soil analysis. Madison, Wis., American Society of Agronomy, 1965. pp. 914-926. (Series Agronomy no. 9).
55. ROSALES, A. Bosquejo climatológico de Liberia. San José, Costa Rica, Servicio Meteorológico Nacional, 1963. 6 p. (mimeografiado).
56. SAENZ MAROTO, A. Curso de tecnología y conservación de suelos. San José, Facultad de Agronomía de la Universidad de Costa Rica, 1958. 204 p.
57. _____ . Suelos tropicales. San José, Facultad de Agronomía de la Universidad de Costa Rica, 1966. 230 p.
58. SANDNER, G. Investigaciones geográficas en la sección oriental de la Península de Nicoya, Costa Rica. Revista Geográfica (Río de Janeiro) 28(54):5-27. 1961.
59. SALMON, W. C. Lógica. Traducción del inglés por Carlos Gerhard. México, UTEHA, 1965. 117 p.
60. SEYMOUR, T. D. The interpretation of unidentified information a basic concept. Photogrammetric Engineering 23(1):114-121. 1957.
61. STONE, K. H. Air photo interpretation procedures. Photogrammetric Engineering 22(1):123-132. 1956.
62. SUMMERSON, C. A. A philosophy for photo interpreters. Photogrammetric Engineering 20(3):396-397. 1954.
63. SYS, C. La cartographie des sols au Congo; ses principes et ses méthodes. Bruxelles, Institut National pour l'Etude Agronomique du Congo, 1961. 149 p.
64. TATOR, B. A. Drainage anomalies in coastal plains regions. Photogrammetric Engineering 20(3):412-417. 1954.
65. TEIXEIRA GUERRA, ANTONIO. Diccionario geológico - geomorfológico. Río de Janeiro, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, Comisión de Geografía, 1954. 242 p.
66. THOMPSON, L. M. Soils fertility. New York, McGraw-Hill, 1957. 451 p.

67. THORNBURY, W. D. Principles of geomorphology. New York, Wiley, 1965. 618 p.
68. THORP, J. y SMITH, G. Higher categories of soil classification; order, suborder and great soil groups. Soil Science 67(2):117-126. 1949.
69. TREWARTHA, G. T. An introduction to climate. 3th. ed. New York, McGraw-Hill, 1954. 402 p.
70. TRICART, J. Epidérme de la terre. Paris, Masson, 1962. 160 p.
71. _____. Principes et méthodes de la geomorphologie. Paris, Masson, 1965. 496 p.
72. UNION PANAMERICANA. Técnicas de inventario de la tierra agrícola. Washington, D. C., 1964. 136 p.
73. U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Soil; the yearbook of agriculture 1957. Washington, D. C., Government Printing Office, 1957 784 p.
74. _____. Soil survey manual. Washington, D.C.; Government Printing office, 1951. 503 p. (Agriculture Handbook no. 18).
75. VARGAS VAGLIO, O. Proyecto de riego del río Tempisque; estudio preliminar de suelos. San José, Costa Rica, Ministerio de Agricultura e Industrias, 1959. 48 p. (Boletín técnico no. 30).
76. VEENENBOS, J. S. Aerial photo-interpretation and analysis for soil survey and land classification purposes. Photogrammetric Engineering 12(4):276-381. 1955.
77. VENGOECHEA, F. DE. Manual de foto-interpretación geomofológica. Bogotá, Colombia, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", 1966. 131 p.
78. VERHOEVEN, H. A study of soil survey and photointerpretation in the Grand Duchy of Luxemburg. Delft, Netherlands, International Training Centre. 1963. 48 p. (Serie B Number 19/20).
79. VINK, A. P. A. Aspects de pédologie appliquée. Neuchatel, Suisse, Baconnière, 1963. 174 p.
80. _____. et al. Some methodological problems in interpretation of aerial photographs for natural resources surveys. Delft, Netherlands, International Training Centre, 1965. , 23 p. (Serie B Number 32).

81. VINK, A. P. A. Practical soil survey and their interpretation of practical purposes. Delft, Netherlands, International Training Centre, 1962. 20 p. (Serie B Number 16).
82. WINTERS, E. Interpretative soil classifications; genetic groupings. Soil Science 67(2):131-139. 1949.
83. WORTHEN, E. L. Suelos agrícolas; su conservación y fertilización. Trad. de la 4a. ed. en inglés, por José L. de La Loma. México, UTEHA, 1949. 463 p.

A P E N D I C E S

APENDICE ALIMITACIONES DE LA FOTO-INTERPRETACION

La utilización de la interpretación estereoscópica de fotografías aéreas, en estudios pedológicos, puede estar limitada por los factores sig:

1. Fotografías aéreas.

Puede variar principalmente por causa de:

- a) Escala y
- b) Tonalidad.

2. Elementos naturales en la foto-imagen.

La falta de su apreciación es un factor negativo, pueden ser:

- a) Vegetación
- b) Topografía
- c) Hidrografía
- d) Fisiografía

3. Elementos culturales en la foto-imagen.

Su identificación es un factor positivo, puede ser:

- a) Uso de la tierra
 - 1) Cultivos intensivos y extensivos
 - 2) Pastizales
 - 3) Bosques
 - 4) Mixtos
- b) Vías de comunicación
- c) Areas pobladas

4. Información, su variedad, calidad y cantidad.

Sirve de base para las deducciones pedológicas, puede ser:

- a) Bibliográfica y
- b) Cartográfica.

5. Instrumentos.

Su buena o mala calidad influye en la precisión, Puede ser:

- a) Estereoscopios
- b) Restituidores

APENDICE BCARACTERISTICAS DE LA FOTOGRAFIA AEREA

La fotografía aérea puede ser vertical u oblicua. Es vertical cuando el axis óptico de las lentes de la cámara es perpendicular al plano fotografiado.

La escala de la fotografía aérea varía de acuerdo con la altura a que es tomada. Mayor altura da una escala más pequeña.

El tamaño de la fotografía aérea puede ser de: 15 por 15 cms, 18 por 18 cms o de 23 por 23 cms, siendo éstas últimas las más usadas.

La fotografía aérea puede ser pancromática, infraroja o de color, lo que depende de la clase de película utilizada.

La fotografía aérea puede estar afectada de distorsiones provocadas por los movimientos del avión durante la toma. Las distorsiones son de cabeceo, ladeo y giro.

Algunas de las condiciones referentes a la toma de las fotografías aéreas son:

- : -El terreno debe ser enteramente cubierto por las aereofotos.
- : -Las aereofotos deben representar o cubrir fajas rectas y paralelas.
- : -En sentido longitudinal deben de tener un recubrimiento mínimo de 60 %.
- : -En sentido lateral deben de tener un recubrimiento mínimo de 15 %
La altura de vuelo debe ser lo más constante posible.
- : -El eje óptico de la cámara debe mantenerse lo más rigurosamente vertical.
- : -El ángulo lateral de deriva del avión debe ser compensado con la reorientación de la cámara.

Algunas de las condiciones para observar con el estereoscopio son:

- : -Los dos ojos deben ver simultáneamente.
- : -Cada ojo debe ver la misma imagen desde sitios diferentes y distantes.
- : -La línea interpupilar y la línea que une los puntos principales de las fotos deben quedar paralelas.

APENDICE CSINTESIS DESCRIPTIVA DE LOS SUELOS DE LA MARGEN DERECHA DEL
RIO TEMPISQUESuelos aluvionales.

Se extienden hacia el oeste del río Tempisque hasta los ríos Las Palmas y Ponce. Son originados por el desbordamiento del río Tempisque. Tienen topografía plana con leves ondulaciones. Son fácilmente erosionables por el viento principalmente en la temporada de sequía.

Suelos fluvio-lacustres.

Tienen topografía casi plana con ondulaciones muy suaves. Proviene de la acción combinada de las corrientes que arrastran los materiales y los depositan en los lugares bajos, apareciendo a medida que las aguas estancadas van desplazándose. Son de drenaje deficiente, principalmente a causa de la poca pendiente.

Suelos coluvio-aluviales.

Se localizan al pie y bordeando algunos cerros de la parte nor-occidental de la Península de Nicoya. Proviene de la acción combinada del agua y la gravedad que bajan de los cerros los materiales de tamaños medianos y pequeños, depositándolos en los sitios donde la pendiente empieza a disminuir.

Suelos lateríticos rojizos.

Se localizan en las áreas de topografía muy irregular. Son residuales y presentan piezas con alto contenido de man-ganeso. Tienen buen drenaje superficial e interno.

Vargas Vaglio, (75)

APENDICE C

SINTESIS DESCRIPTIVA DE LOS SUELOS DE LA MARGEN
DERECHA DEL RIO TEMPISQUE.

ASOCIACIONES.	SERIE	CARACTERISTICAS DEL HORIZONTE SUPERFICIAL	OBSERVACIONES
ALUVIONALES.	Tempisque	Text. Moderadamente ligera. (Franco arcillo arenoso) Color café grisáceo oscuro Mat.Org.cont. medio.	Dren. Superficial bueno a excesivo.
FLUVIO LACUSTRES	Las Palmas	Text. Pesada. (arcilloso). Color gris oscuro. M.O.Cont. medio a bajo.	Sub-horizontes alternos de arena y grava
	Sonsocuite	Text. Muy pesada (arcilla coloidal) Color gris muy oscuro casi negro M.O. contenido bajo	A prof. de 1.50 m fuerte concentración de piezas de carbonato de calcio.
	El Porvenir	Text. Pesada (arcilloso). Color café oscuro a café amarillento. M.O. Contenido bajo.	Susceptibles a erosión ólica cuando están al descubierto.
	Sardinal	Text. Moderadamente pesada. (arcillo-limoso). Color café oscuro M.O. Contenido mediano.	Localízase en topografías planas y onduladas.
	Las Trancas	Text. Moderadamente pesada (arcillo limoso). Color café oscuro M.O. Contenido bueno.	Substrato compactado
COLUVIO-ALUVIALES	Castilla	Text. Pesada (arcilla con grava). Color café oscuro M.O. Contenido medio a bajo.	Se consideran sin importancia agrícola.
LATERITICOS ROJIZOS.	Cerro Grande	Text. Moderadamente pesada (Franco arcillosa). Color rojizos amarillentos. M.O.Cont. medio a bajo.	Considerados sin importancia agrícola.

APENDICE DSINTESIS DESCRIPTIVA DE LOS SUELOS DEL AREA
NICOYA-PUERTO JESUSSuelos planos

Se localizan en los llanos colindantes a los cerros y a lo largo de los ríos Potrero, Grande y Nacaome. Tienen pocas ondulaciones y pendientes no mayores de 3 %. Son profundos. Presentan algunas cárcavas regresivas.

Suelos de manglar

Son hidromórficos y permanecen la mayor parte del tiempo inundados.

Suelos de coluvios

Se presentan en lugares de relieve ligeramente inclinado con pendientes de 3 a 8 %. Tienen gravas, cascajo y materiales en proceso de meteorización. Presentan cárcavas grandes y pequeñas.

Suelos ligeramente ondulados

Ocupan las zonas de pendiente entre 6 y 10 %. Se localizan principalmente al pie de los montes y las áreas planas.

Suelos ondulados

Tienen pendientes que varían entre 8 y 16 %. La erosión se presenta de moderada a severa. Son poco profundos y bien drenados.

Suelos ondulados a cerriles

Presentan fuerte pendiente que varía de 16 a 30 %. Tienen erosión de moderada a muy severa.

Suelos cerriles a escarpados

Tienen pendientes entre 30 y 50 %. La erosión es muy fuerte en zonas sin cubierta vegetal. Hay algunas áreas con pedregosidad superficial.

APENDICE D

SINTESIS DESCRIPTIVA DE LOS SUELOS DEL AREA
NICOYA-PUERTO JESUS.

ASOCIACION	' CARACTERISTICAS SUPERFICIALES '	OBSERVACIONES
Planos	Text. Franco arcillo limoso	Material Parental
	Color, café muy oscuro	variable
Manglar (de)	Hidromórficos	Vegetación de manglar
Coluvios	Text. Franco arcillo limoso	Material parental: rocas de Form. Rivas y Sabana Grande
	Color negro	
Ligeramente ondulados.	Text. Franco y franco arcilloso.	Tiene erosión laminar en las partes más planas, ligera en las onduladas.
	Color café gris-oscuro	
Ondulados	Text. Franco arcillo limoso	Material parental de rocas de Basálticas del Complejo Nicoya.
	Color café oscuro	
Ondulados a cerriles.	Text. Franco arcillo limoso	Material parental de rocas de las formaciones Rivas y Sabana Grande.
	Color café oscuro	
Cerriles a <u>es</u> carpados.	Text. Franco arcillo limoso	Prof. de 30 cms
	Color café oscuro	

APENDICE EVEGETACION CULTIVADA EN LA PENINSULA DE NICOYA
AGUILAR (2)

<u>Nombre común</u>	<u>Nombre técnico</u>
Yuca	<u>Manihot aipi</u>
Titisque	<u>Xanthosoma violaceum</u>
Ñapi	<u>Colocasis sp.</u>
Ñame	<u>Dioscorea alata</u>
Camote	<u>Ipomoea batatas</u>
Chayote	<u>Sechium edule</u>
Ayote	<u>Cucurbita moschata</u>
Calabaza	<u>Lagenaria siceraria</u>
Chile	<u>Capsicum sp.</u>
Quelite	<u>Jatropha aconitifolia</u>
Cuadrado	<u>Musa sp.</u>
Guásimo	<u>Guazuma ulmifolia</u>
Jícaro	<u>Crescentia cujete</u>
Marañón	<u>Anacardium occidentale</u>
Mango	<u>Mangúifera indica</u>
Guayaba	<u>Psidium guajava</u>
Papaya	<u>Carica papaya</u>
Zapote	<u>Calocarpum mammosum</u>
Zacate guinea	<u>Panicum maximum</u>
Aguacate	<u>Parsea americana</u>
Carao	<u>Cassia grandis</u>
Pará	<u>Panicum purpurascens</u>
Jaragua	<u>Hyparrhenia rufa</u>

APENDICE FVEGETACION DE LA PENINSULA DE NICOYAIICA (34)Cultivos anuales

Arroz, maíz, frijol, sorgo, milo.

Nombres técnicosBosques

Almácigo
 Jobo
 Chaperno
 Poro-poro
 Guayabo de monte
 Carboncillo
 Guarumo
 Jabillo
 Sólamo
 Roble
 Saino
 Ojoche
 Guácimo

Bursera simaruba
Spendias mombin
Lonchocarpus spp.
ochlopermum vitifolium
Terminalia lucida
Trichilia sp.
Cecropia peltata
Hura crepitans
Calycophyllum candidissimum
Tabebuia pentaphylla
Acacia spp.
Brosimum sp.
Guazuma ulmifolia

Manglares

Piñuela
 Pimientillo
 Salado
 Caballero
 De gato

Pelliciera rhizophorae
Conocarpus erectus
Avicennia nitida
Rhizophora harrissoni
Rhizophora mangle

Pastizales

Jaragua
 Pará
 Guinea

Hyparrhenia rufa
Panicum pupurascens
Panicum maximum

APENDICE G

DATOS, MAPAS Y GRAFICOS CLIMATOLOGICOS DE LAS ESTACIONES
NICOYA, SANTA CRUZ Y PUERTO HUMO DE LA PENINSULA DE NI -
COYA, GUANACASTE, COSTA RICA

CUADRO AD A T O S G E N E R A L E S

Lugar	Latitud (Norte)	Longitud (W. de G.)	Altitud (m.s.n.m.)	Promedios Anuales		
				Temperatura (°C)	Precipit. (mm)	Evapo-transpiración Potencial (")
NICOYA	10° - 09'	85° - 37'	130	26.8 (17)*	2254 (18)*	1574
SANTA CRUZ	10° - 16'	85° - 35'	53	27.8 (11)*	1977 (15)*	1994.4
PUERTO HUMO	10° - 19'	85° - 21'	11	27.2 (3)*	1742 (5)*	1955.4

* Años de registro hasta 1964.

(") Calculada por el Método de Holdridge (33)

CUADRO BPROMEDIOS MENSUAL Y ANUAL DE PRECIPITACION Y TEMPERATURA DE TRES ESTACIONES DE LA PENINSULA DE NICOYA

Lugar	Informe	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
NICOYA	Precipit. (mm)	1	14	21	97	210	355	329	338	343	416	104	26	2254
	Temperat. (°C)	25.9	26.9	28.4	28.0	27.7	26.5	26.6	26.8	26.6	26.3	25.5	25.4	26.8
SANTA CRUZ	Precipit. (mm)	3	0	1	11	310	312	223	151	381	497	66	23	1977
	Temperat. (°C)	27.2	28.3	29.0	29.4	28.9	28.1	27.6	27.2	27.0	26.9	26.4	26.4	27.8
PUERTO HUMO	Precipit. (mm)	0	2	13	62	161	327	234	157	300	365	94	28	1742
	Temperat. (°C)	27.1	28.5	29.2	29.6	28.5	26.8	26.5	26.6	26.4	26.0	25.6	26.1	27.2

GUADRO CNICOYA. Precipitación y Temperatura promedio, Evapotranspiración Potencial y Exceso de lluvia

Dato	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
Temperatura (°C)	29.9	26.9	28.4	28.0	27.7	26.5	26.6	26.8	26.6	26.3	25.5	25.4	26.8
Precipitación (mm)	1	14	21	97	210	355	329	338	343	416	104	26	2254
Evapo-transpiración Potenc. (mm)	130	122	142	136	139	128	133	134	129	132	123	127	1574
Exceso-lluvia (mm)	129	108	121	39	71	227	196	204	214	284	19	99	681

CUADRO DSANTA CRUZ. Precipitación y temperatura promedio, Evapo-transpiración Potencial y Exceso de lluvia

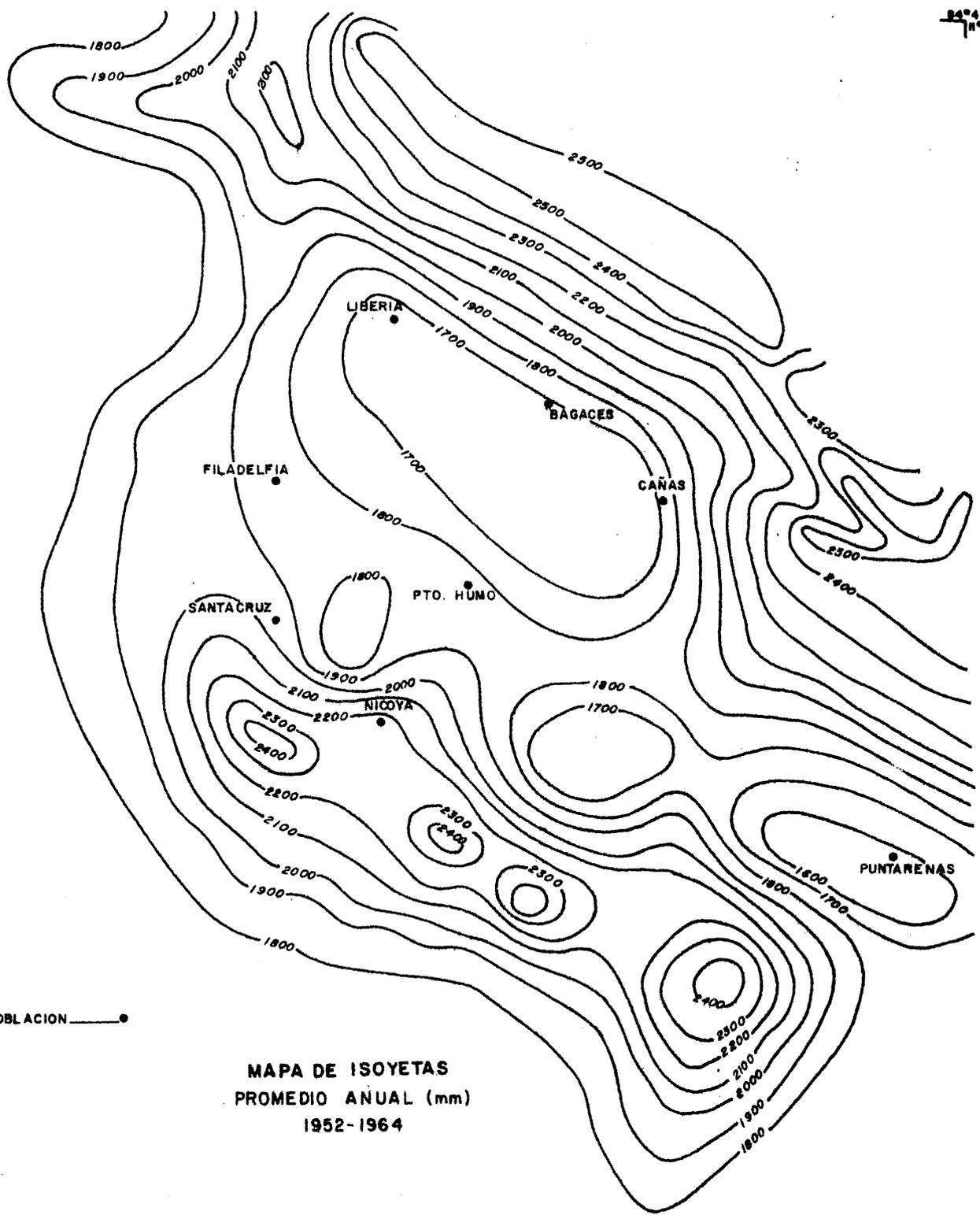
DATO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agos.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
Temperatura	27.2	28.3	29.0	29.4	28.9	28.1	27.6	27.2	27.0	26.9	26.4	26.4	27.8
Precipitación	3	0	1	11	310	312	223	151	318	497	66	23	1977
Evapo-transpi- ración Poten- cial.	163.2	-169.8	174.0	176.4	168.6	165.6	165.6	163.2	162.0	161.4	158.4	158.4	1994.4
Exceso-lluvia	-160.2	-169.8	-173.0	-165.4	136.6	143.4	57.4	-12.0	219.0	335.6	-92.4	135.4	16.2

CUADRO E

PUERTO HUMO. Precipitación y temperaturas promedios, Evapo-transpiración Potencial y exceso de lluvia

Dato	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo.	Jun.	Jul.	Agos.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
Temperatura	27.1	28.5	29.2	29.6	28.5	26.8	26.5	26.6	26.4	26.0	25.6	26.1	27.2
Precipitación	0	2	13	62	161	327	234	157	300	365	94	28	1742
Exceso-lluvia	162.6	169.0	162.2	115.6	-10.0	166.2	81.0	-2.6	141.6	209.0	-59.6	-128.6	-212.4

84°45'
11°00'



POBLACION ●

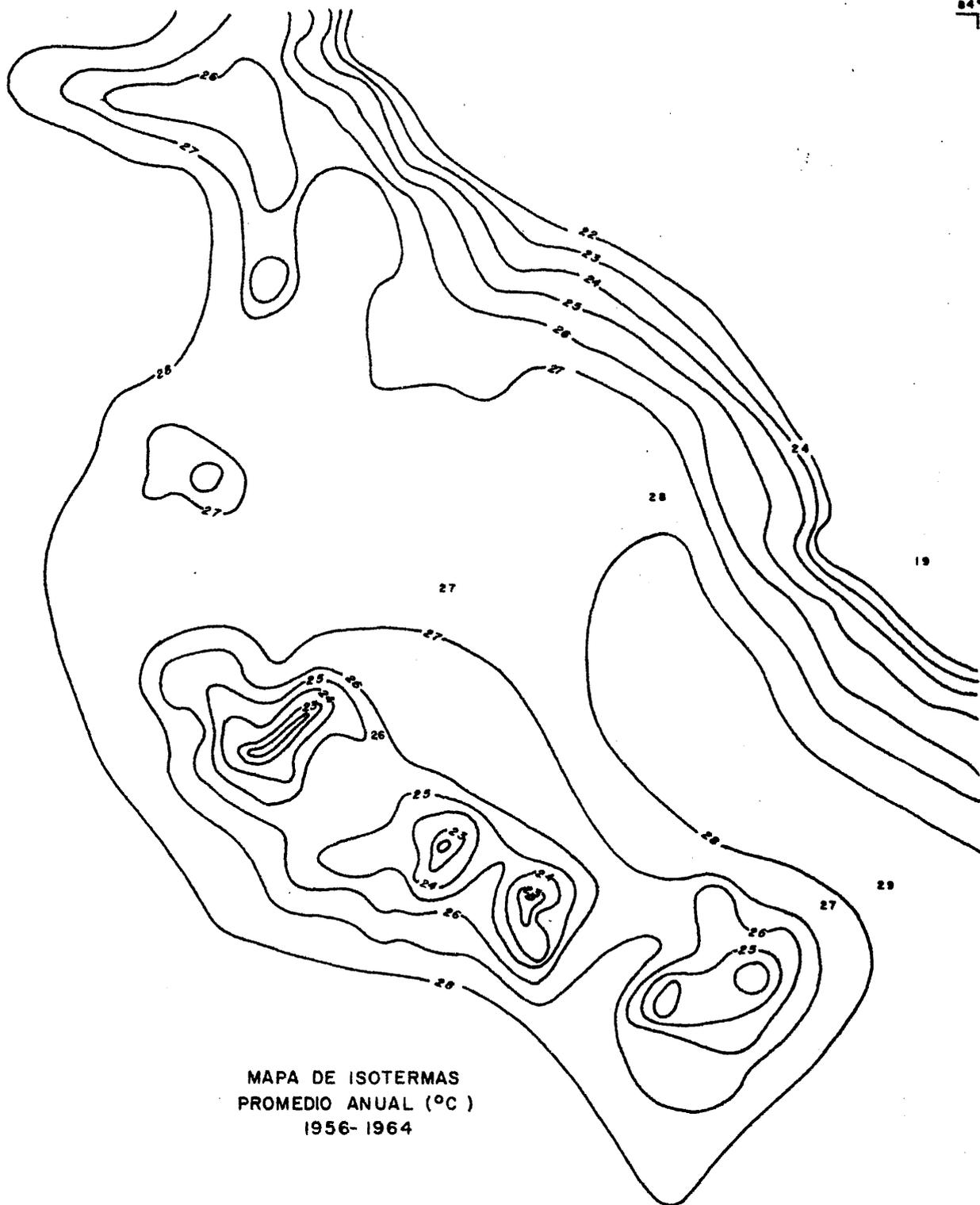
MAPA DE ISOYETAS
PROMEDIO ANUAL (mm)
1952-1964

10°30'
84°45'

FUENTE: ASOCIACION REGIONAL PARA EL DESARROLLO DE LA PENINSULA DE NICOYA.- INVENTARIO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA PENINSULA DE NICOYA, 1965.-

86°00'
00'

84°45'
11°00'



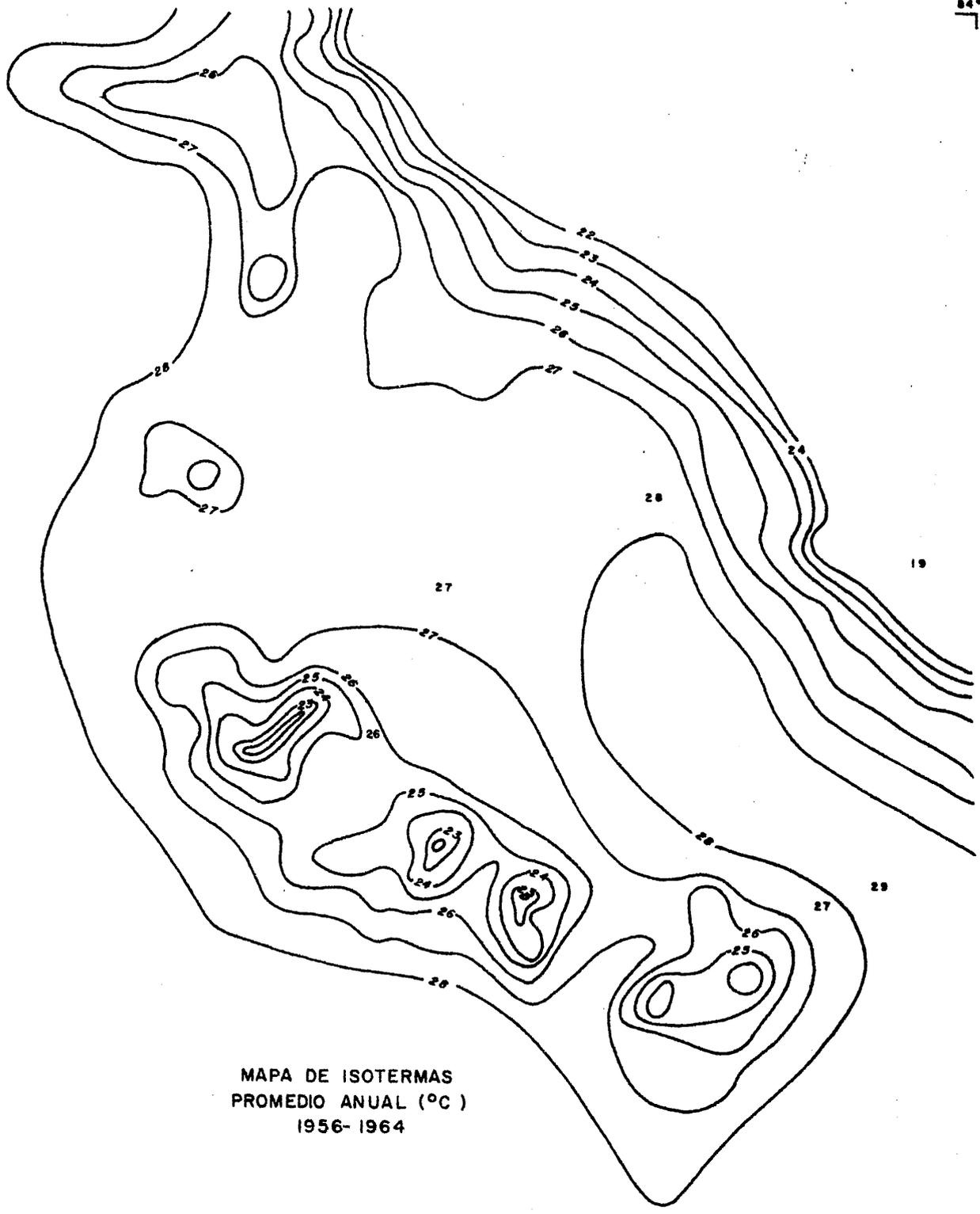
MAPA DE ISOTERMAS
PROMEDIO ANUAL (°C)
1956- 1964

86°30'
00'

84°45'

FUENTE: ASOCIACION REGIONAL PARA EL DESARROLLO DE LA PENINSULA DE NICOYA.- INVENTARIO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA PENINSULA DE NICOYA, 1965

84°48'
11°00'

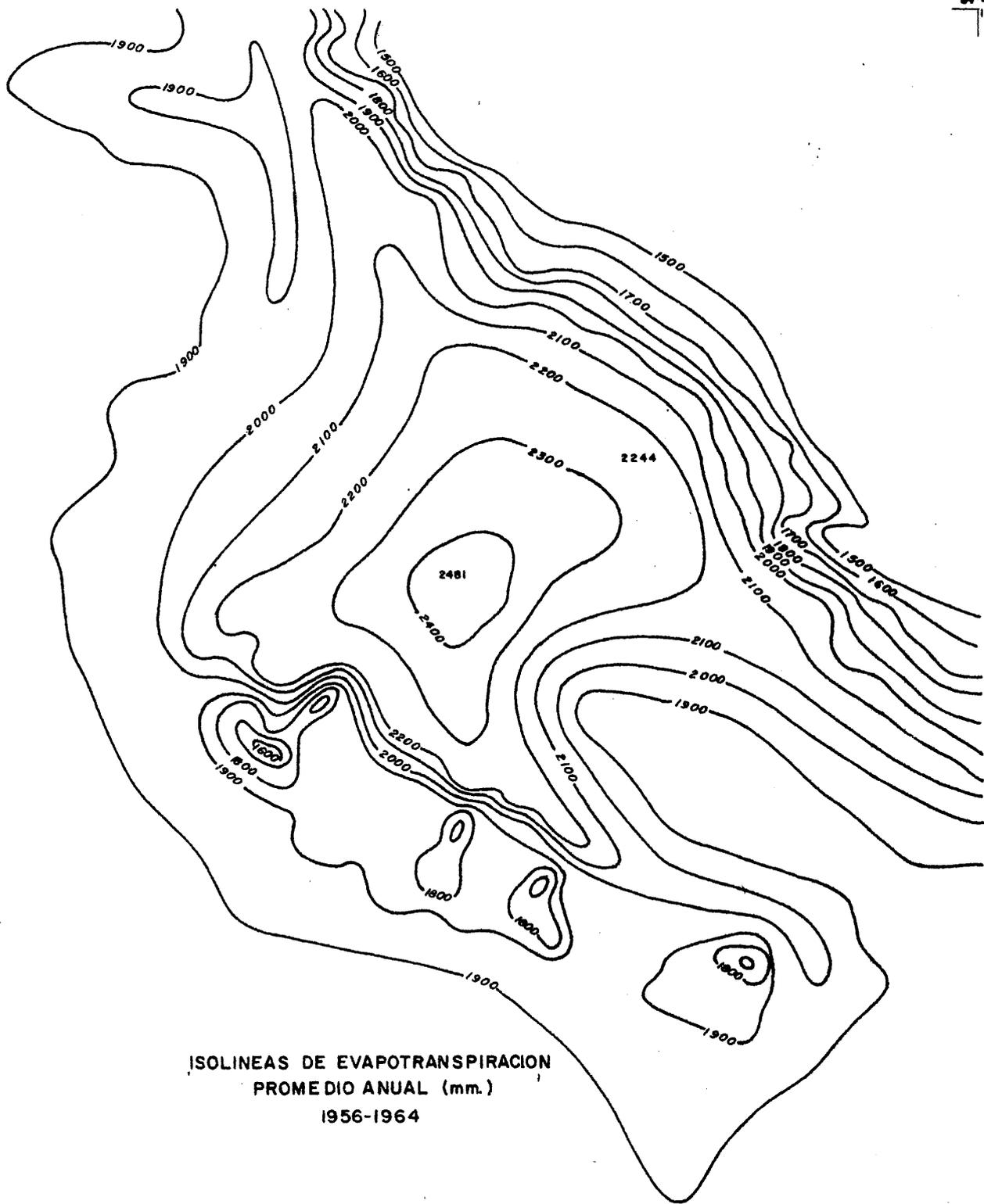


MAPA DE ISOTERMAS
PROMEDIO ANUAL (°C)
1956- 1964

84°48'
11°00'

9°00'

84°45'



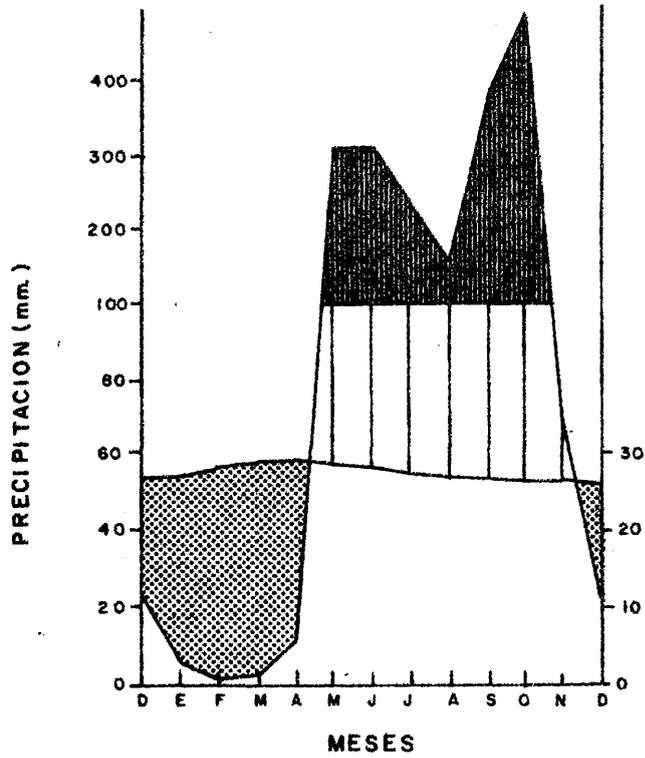
ISOLINEAS DE EVAPOTRANSPIRACION
 PROMEDIO ANUAL (mm.)
 1956-1964

6°00'

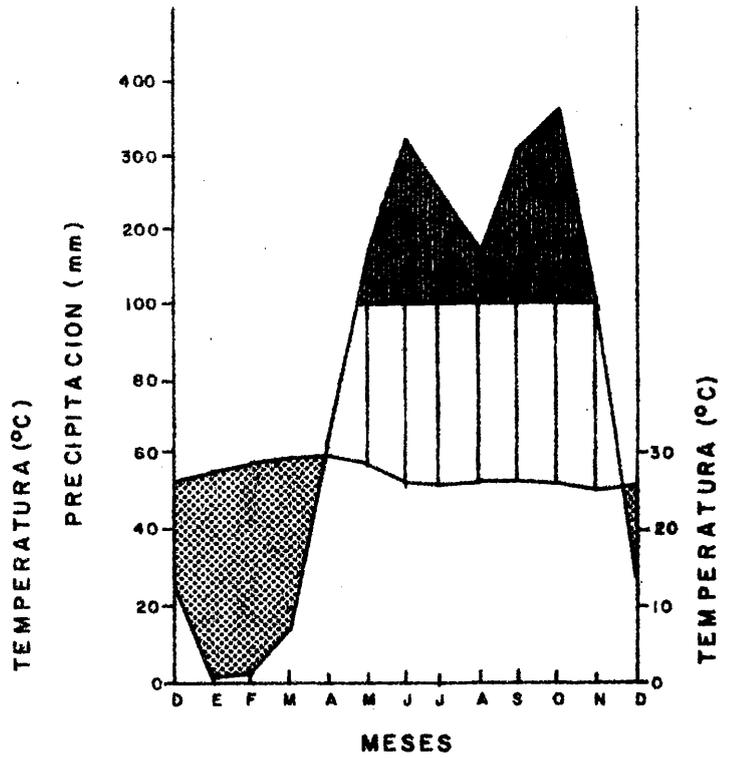
84°30'

FUENTE: ASOCIACION REGIONAL PARA EL DESARROLLO DE LA PENINSULA DE NICOYA.- INVENTARIO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA PENINSULA DE NICOYA, 1965

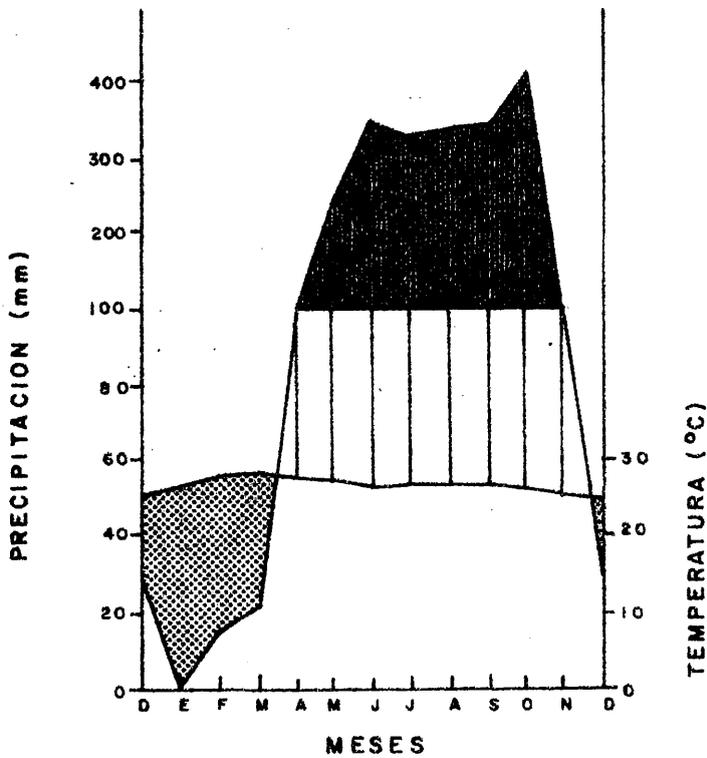
SANTA CRUZ (53m. s.n.m.)
1,917 mm. 27.7°C



PUERTO HUMO (11m. s.n.m.)
1,742 mm. 27.2°C



NICOYA (130m. s.n.m.)
2,254 mm. 26.8°C

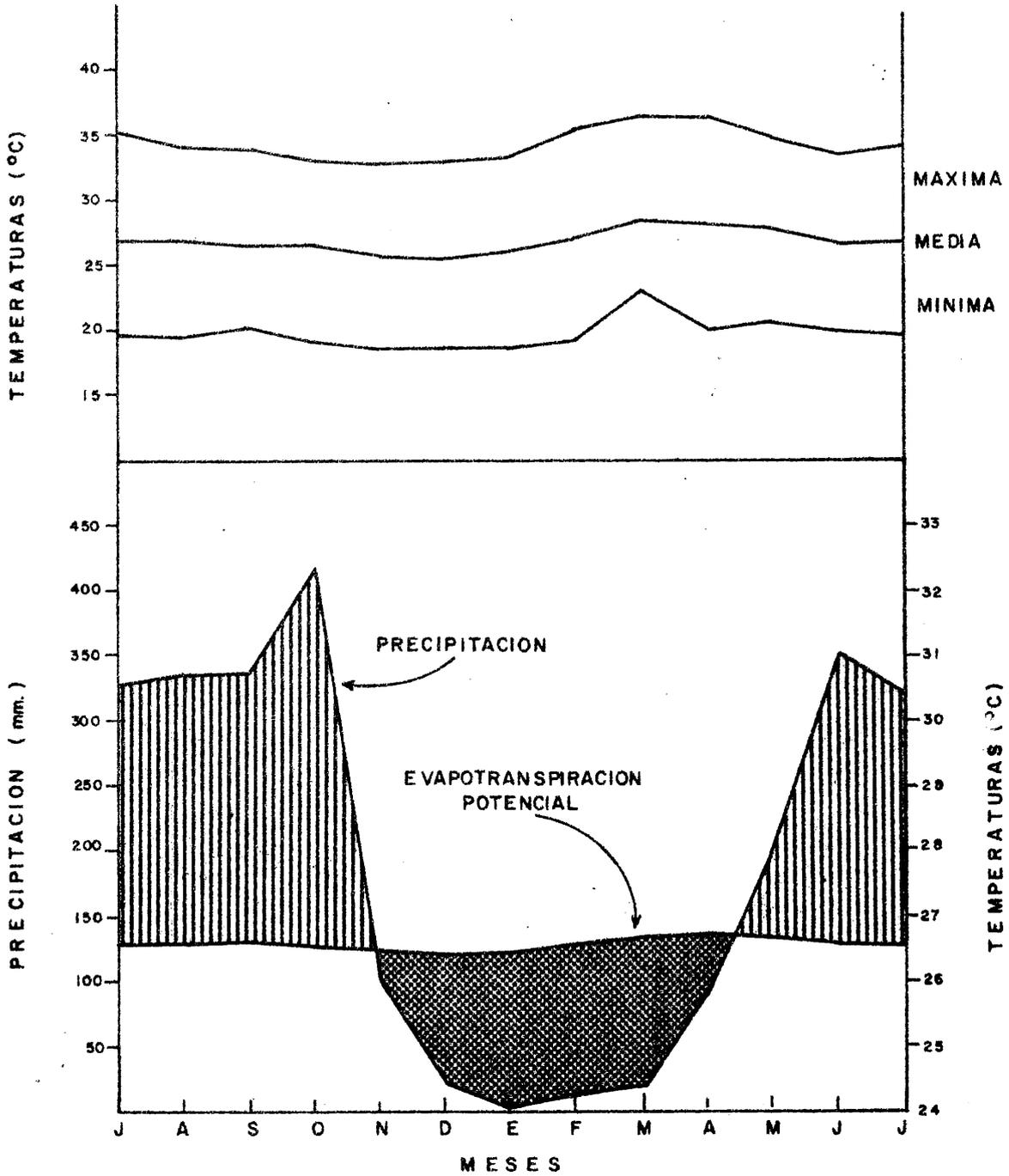


CLIMADIAGRAMAS
DE 3 ESTACIONES EN LA
PENINSULA DE NICOYA

I. I. C. A.
TESIS
RICARDO TORRES C.

ESTACION: NICOYA

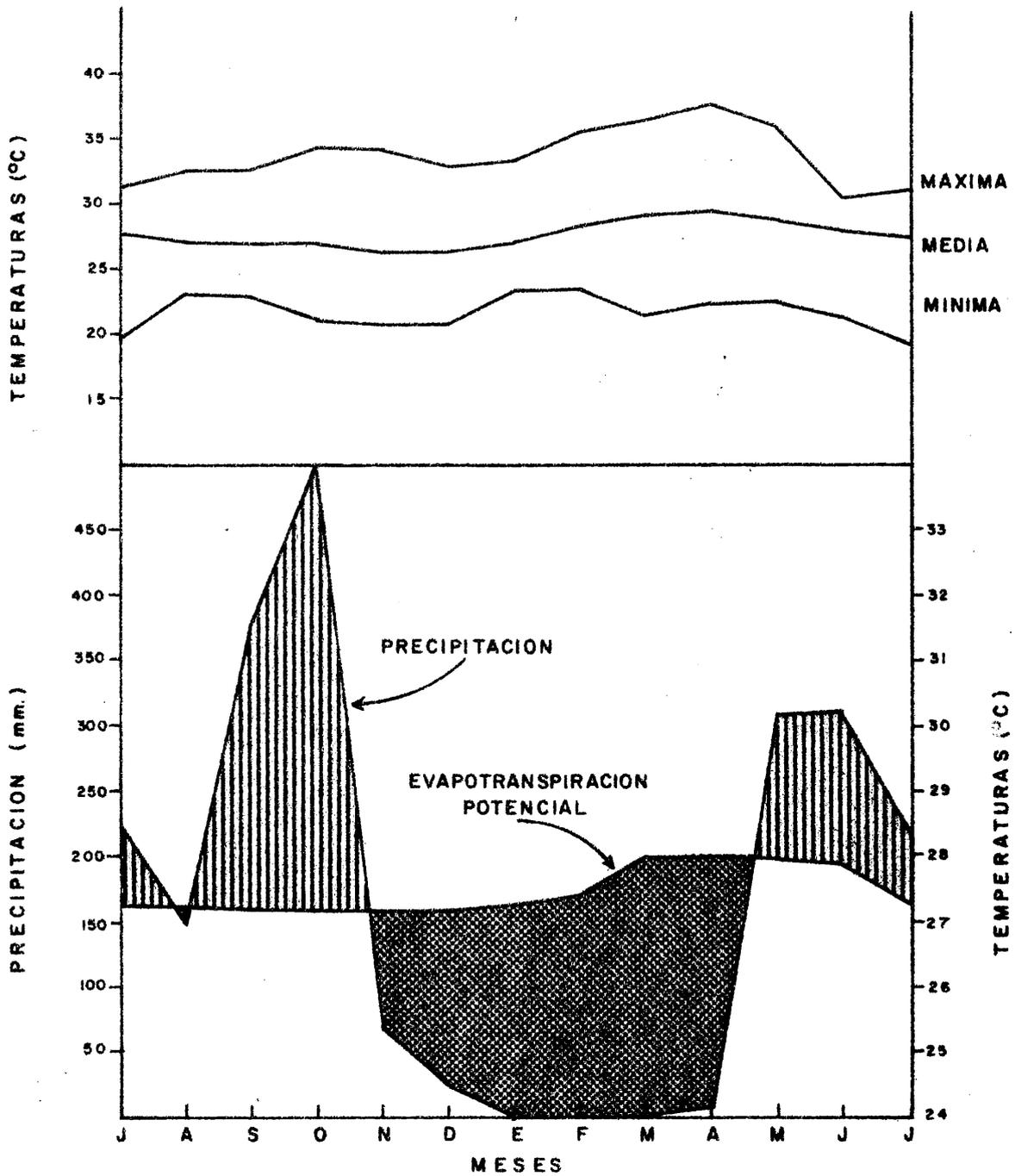
MARCHA DE LAS TEMPERATURAS, PRECIPITACION Y EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL A TRAVES DEL AÑO



I. I. C. A.
TESIS
RICARDO TORRES C.

ESTACION: SANTA CRUZ

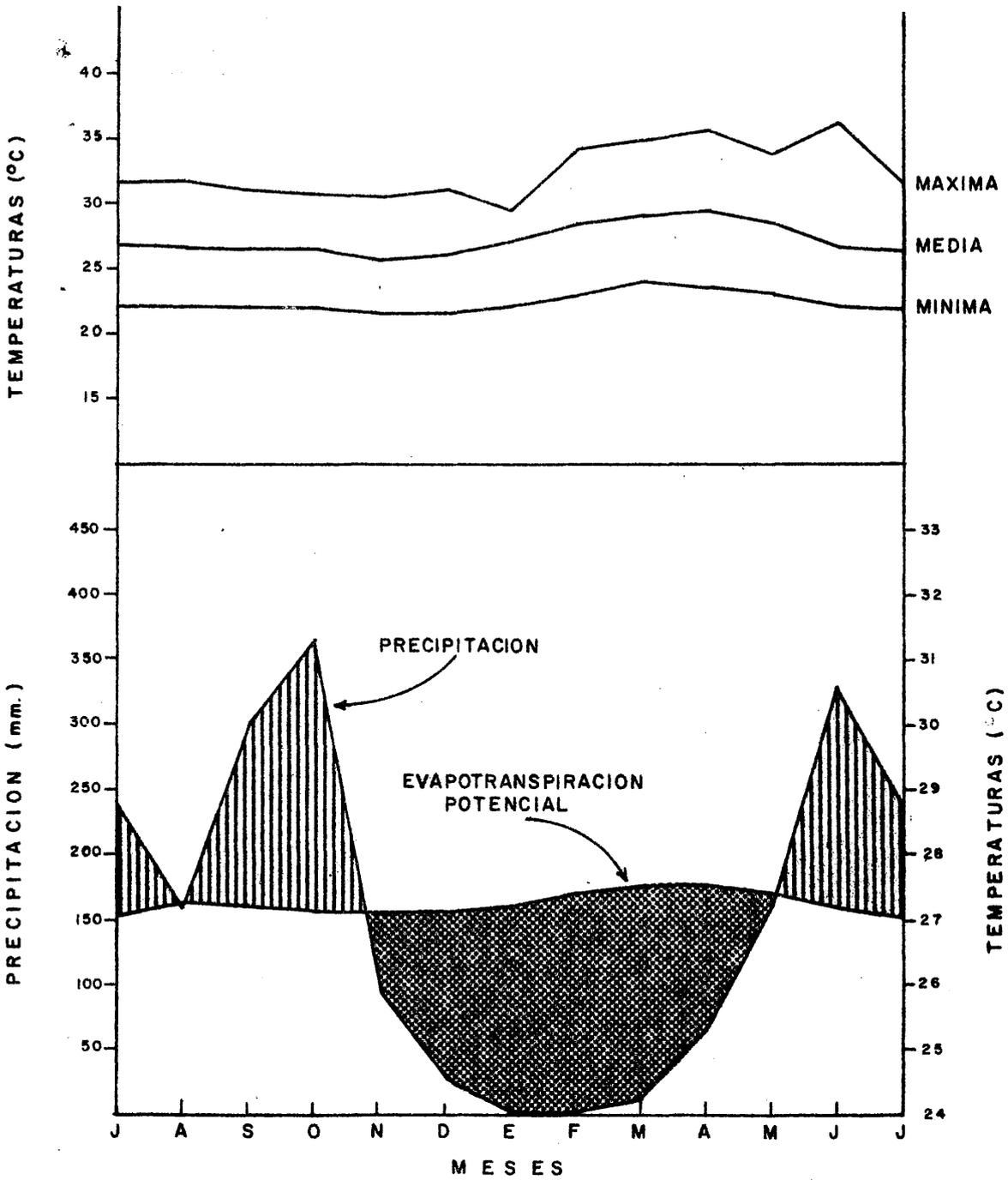
MARCHA DE LAS TEMPERATURAS, PRECIPITACION Y EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL A TRAVES DEL AÑO



I. I. C. A
 TESIS
 RICARDO TORRES C.

ESTACION: PUERTO HUMO

MARCHA DE LAS TEMPERATURAS, PRECIPITACION Y EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL A TRAVES DEL AÑO



I. I. C. A.
TESIS
RICARDO TORRES C.

APENDICE H

PRINCIPALES ROCAS PERTENECIENTES A LAS FORMACIONES
 GEOLOGICAS RIVAS, SABANA GRANDE Y COMPLEJO
 NICOYA, DE LA PENINSULA DE NICOYA,
 GUANACASTE, COSTA RICA

UNIDAD ESTRATIGRAFICA	Principalmente	Secundariamente
Formación Rivas	Areniscas compactas	
Formación Sabana Grande	Calizas silíceas ftanitas	ftanitas asociadas con basaltos
Complejo Nicoya.	Igneas Coladas de basalto. Aglomerados de basalto	gabro diabasa diorita

APENDICE I

DESCRIPCION DE MUESTRAS DE ROCAS RECOLECTADAS EN DISTINTOS
SITIOS DEL AREA DE ESTUDIO

No. de Muestra	Unidad Estratigráfica a que pertenece	D e s c r i p c i ó n	
1	Cretácico (K)	Arenisca Compacta (Sedimentaria)	Grauwaca gris, grano muy fino, silíceas.
2	Complejo Nicoya (K-nc)	Arenisca (Sedimentaria)	Grauwaca gris, grano fino, muy levemente calcáreo.
3	Complejo Nicoya (K-nc)	Arenisca (Sedimentaria)	Grauwaca gris amarilla, con delgados lentes color gris del material más fino.
4	Complejo Nicoya (K-nc)	(Sedimentaria)	Lutita silícea, gris.
5	Complejo Nicoya (K-nc)	Arenisca Compacta (Sedimentaria)	Grauwaca gris café con franjillas ligeramente calcáreas y de color gris.
6	Complejo Nicoya (K-nc)	Basalto (Ignea)	Basalto verde ligeramente serpentizado y brecha.
7	Complejo Nicoya (K-nc)	Arenisca (Sedimentaria)	Grauwaca gris amarillo, grano fino, ligeramente calcárea.
8	Cretácico (K)	(Sedimentaria)	Limolita silícea gris os <u>u</u> ro alterada.
9	Complejo Nicoya (K-nc)	Basalto (Ignea)	Basalto negro con tonos verdes.

APENDICE J

FORMULARIOS PARA REGISTRO DE DATOS DE CAMPO, FISIOGRAFICOS Y
DEL PERFIL DEL SUELO

FECHA _____

PROYECTO _____

MUESTREO.
SITIO N° _____

DESCRIPCION DEL PERFIL

Hori- zonte	Profun- didad	Textura (tacto)	Color (Munsell)	Estructura			Consis. tencia.	Poros Cement	Reacción		Observaciones
				F	T	G			pH.	H Cl S C	
			h								m
			s								h
			s								s
			h								m
			h								h
			s								s
			h								m
			s								h
			s								s
			h								m
			h								h
			s								s
			h								m
			h								h
			s								s

OBSERV. GUALES. _____

- 1.- Proyecto _____
- 2.- Sitio N° _____
- 3.- Fecha muestreo _____
- 4.- N° de muestras _____
- 5.- N° de Fotos _____
- 6.- Localización _____
- 7.- _____
- 7.- Elevación _____
- 8.- Fisiografía (clave) _____

- 9.- Pendiente (clave) _____

- 10.- Drenaje sup. (clave) _____

- 11.- Erosión (clave) _____

- 12.- Pedregosidad (clave) _____

- 13.- Roccosidad (clave) _____

- 14.- Humedad - Sequedad (clave) _____

- 15.- Cultivos y su Edo. _____

- 16.- Prof. raíces _____

- 17.- Material parental _____

- 18.- Prof. capa freática _____

- 19.- Veget. natural _____

- 20.- Observaciones grales. _____

APENDICE K

SIGNIFICADO DE LAS CLAVES PARA LA DESCRIPCION DE LA PENDIENTE,
DRENAJE SUPERFICIAL, EROSION, PEDREGOSIDAD, ROCOSIDAD, -
FISIOGRAFIA Y ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL PERFIL -
DEL SUELO

CLAVE DE LA PENDIENTE

Clase A En esta clase se incluyen áreas de suelo a nivel o casi a nivel en las cuales el escurrimiento superficial es lento o muy lento. La pendiente del terreno por sí sola no ofrece dificultad alguna para la utilización de la maquinaria agrícola, ni tampoco hay posibilidades de erosión hídrica significativa excepto posiblemente en pendientes largas.

Límite inferior: 0 % Límite superior: 3 %

Clase B A esta clase pertenecen las áreas suavemente onduladas o suelos de pendientes suaves en los cuales el escurrimiento superficial es lento o de velocidad media para la mayoría de los suelos. La pendiente no limita el uso de todos los tipos de maquinaria agrícola ordinaria. Los suelos con pendiente clase B varían ampliamente en cuanto a susceptibilidad a la erosión, la cual depende de otras características. En algunos suelos con esta pendiente la erosión no ofrece ningún problema serio para los cultivos, mientras que para otros se requiere la protección de terrazas u otras prácticas de manejo.

Límite inferior: 3 % Límite superior: 6 %

Clase C En esta clase están comprendidas las áreas ligeramente quebradas a medianamente quebradas en las cuales el escurrimiento para la mayoría de los suelos es de medianamente rápido a rápido. Los suelos con pendiente clase C varían ampliamente en cuanto a susceptibilidad a la erosión bajo cultivo, lo cual depende de las otras características edáficas así como de las prácticas de manejo.

Límite inferior: 6 % Límite superior: 15 %

Clase D Esta clase corresponde a suelos con pendientes fuertes en los cuales el escurrimiento es rápido o muy rápido. Los suelos con pendiente clase D son susceptibles de erosiones cuando se los dedica a cultivos escardados, excepto los muy permeables.

Límite inferior: 15 % Límite superior: 30 %

Clase E En esta clase se incluyen los suelos con pendientes muy pronunciadas en las cuales el escurrimiento superficial es muy rápido. Los suelos con pendiente clase E no se consideran aptos para cultivos de aradura. A excepción del uso de prácticas especiales para su utilización, solo estarán cubiertos de pastos o bosque.

Límite inferior: 30 % Límite superior: 60 % ó más.

CLAVE DEL DRENAJE SUPERFICIAL

- Clase A Corresponde a suelos muy pobremente drenados donde el agua sale del suelo tan lentamente que la napa freática permanece en o sobre la superficie durante la mayor parte del tiempo. Suelos con esta clase de drenaje generalmente ocupan sitios a nivel o depresiones y frecuentemente están enlagnados.
- Clase B Corresponde a suelos pobremente drenados en que el agua sale del suelo lentamente y éste permanece húmedo por una gran parte del tiempo. El nivel freático está comúnmente en o cerca de la superficie. Las condiciones de los suelos pobremente drenados se deben a un nivel freático alto, a un horizonte en el suelo de baja permeabilidad, a infiltración general lenta o a combinación de éstas condiciones.
- Clase C Corresponde a suelos imperfectamente drenados o pobremente drenados donde el agua es removida del suelo con una lentitud que hace que permanezca húmedo por lapsos significativos, pero no todo el tiempo. Los suelos imperfectamente drenados tienen comúnmente una capa de lenta permeabilidad en su perfil, un nivel freático alto o combinación de estas condiciones.
- Clase D Corresponde a suelos moderadamente drenados en que el agua se retira del suelo con alguna lentitud por lo que el perfil permanece húmedo por un tiempo corto aunque importante. Los suelos moderadamente bien drenados tienen una capa de lenta permeabilidad en o inmediatamente bajo el solum, un nivel freático relativamente alto o una combinación de estas condiciones.
- Clase E Corresponde a suelos bien drenados en que el agua se retira del suelo con facilidad pero no con rapidez. Los suelos bien drenados tienen comúnmente textura media, aunque hay suelos de otras clases texturales que tienen también buen drenaje.
- Clase F Corresponde a suelos con drenaje algo excesivo en que el agua se retira del suelo con rapidez. Muchos de ellos tienen una pequeña diferenciación de horizontes y son arenosos y muy porosos.
- Clase G Corresponde a suelos excesivamente drenados en que el agua se retira del suelo muy rápidamente. Los suelos con esta clase de drenaje se presentan en áreas de relieve pronunciado, son muy porosos o tienen ambas características.

CLAVE DE LA EROSION

- Clase A El suelo tiene pocos surcos o manchas con el horizonte A disminuido en espesor, lo cual indica que no hay una erosión que lleve a alterar el espesor y carácter del horizonte A, excepto en suelos que tengan horizontes A muy delgados. Dentro de esta clase de erosión se considera el tipo laminar de difícil apreciación a simple vista.
- Clase B El suelo presenta una erosión con cárcavas que atraviesan el horizonte A si es muy delgado (de menos de 20 cms). Puede haber lugar a la pérdida del suelo superficial.
- Clase C El suelo ha sido erosionado todo o parte del horizonte A ó del suelo superficial. La capa arable consiste principalmente de materiales del horizonte B o de otros horizontes subyacentes.
- Clase D El suelo ha sido erosionado hasta un punto en que presenta una combinación intrincada de cárcavas profundas o de moderada profundidad. Los perfiles del suelo han sido casi destruidos, excepto en pequeñas zonas entre cárcavas.

CLAVE DE LA PEDREGOSIDAD

Se considerarán como piedras las piezas de 25 cms de diámetro que se encuentran sobre la superficie del suelo.

- Clase A Corresponde a suelos sin piedras o con muy pocas que no interfieren en forma alguna con los cultivos. Las piedras cubren menos del 0.01 % del área.
- Clase B Corresponde a suelos que tienen suficientes piedras para interferir pero no para imposibilitar las labores requeridas por los cultivos de escarda. Cubren una superficie entre 0.01 y 0.1 % del área, tomando como unidad la hectárea.
- Clase C Corresponde a suelos con piedras suficientes para imposibilitar las labores requeridas por los cultivos de escarda. Ocupan una superficie entre el 0.1 y 3.0 %.
- Clase D Corresponde a suelos que tienen piedras suficientes para impedir el uso de maquinaria. Ocupan una extensión del 3.0 al 15.0 % de la superficie de una hectárea.
- Clase E Corresponde a suelos con piedras suficientes para hacer totalmente imposible todo uso de maquinaria. La tierra sólo puede tener algún valor para ser utilizada con pastos de inferior calidad o para bosques. Cubren una superficie del 15 al 90 % de una hectárea.

CLAVE DE LA ROCOSIDAD

Se consideran rocas a las piezas firmes o fijas que están semi-enterradas o salientes del suelo y de tamaño grande.

- Clase A Esta clase corresponde a las áreas en que no existen afloramientos de la roca firme o son muy escasos para interferir la labranza del suelo. El porcentaje del lecho rocoso expuesto ocupa menos del 2 % de la superficie.
- Clase B Esta clase corresponde a áreas en que los afloramientos de rocas pueden interferir la labranza pero no hacer imposible el cultivo a escarda. Las exposiciones rocosas se encuentran aproximadamente de 30 a 90 metros unas de otras y cubren del 2 al 10 % de la superficie.
- Clase C Esta clase corresponde a las áreas en que los afloramientos de la roca firme son suficientes para ser impracticable la labranza del suelo, pero éste puede cubrirse con pastos o bosques. Los afloramientos se encuentran aproximadamente de 10 a 30 metros de distancia unos de otros y cubren del 10 al 25 % de la superficie.
- Clase D Esta clase corresponde a áreas en que los afloramientos rocosos son suficientes para impedir todo uso de maquinaria. Las rocas expuestas o las manchas de suelos demasiado delgadas para uso, se encuentran aproximadamente cada 3 a 10 metros una de otra y cubren del 25 al 50 % de la superficie.
- Clase E Esta clase corresponde a áreas en que hay afloramientos rocosos que se encuentran cada 3 metros o menos y cubren del 50 al 90 % del área.

CLAVE DE LA FISIOGRAFIA

- | | |
|--|-------------------------------|
| 1 para: Lomo de colina | 7 para: Valle aluvial |
| 2 para: Falda de colina | 8 para: Valle fluvial |
| 3 para: Pie de colina | 9 para: Valle fluvio-lacustre |
| 4 para: Terraza alta, media o baja | 10 para: Delta de río |
| 5 para: Llanura de inundación activa | 11 para: Duna |
| 6 para: Llanura vieja formada por conos de deyección unidos y similares. | |

CLAVE DE LA HUMEDAD-SEQUEDAD

- | | |
|----------------|----------------------------|
| 1 para: Mojado | 3 para: Moderadamente seco |
| 2 para: Húmedo | 4 para: Seco |

CLAVE DE LA REACCION AL H Cl

- | | |
|----------------|------------------|
| 1 para: No hay | 3 para: Moderada |
| 2 para: Ligera | 4 para: Violenta |

S indica en suelo

C indica en concreciones

CLAVE DE LA TEXTURA

1 para:	Arenas	Con textura	} ARENOSOS
2 para:	Arena franca	gruesa	
3 para:	Franco arenoso	Con textura moderada	} FRANCOS
4 para:	Franco arenoso fino	gruesa	
5 para:	Franco arenoso muy fino.....		
6 para:	Franco		
7 para:	Franco limoso	Con textura media	} FRANCOS
8 para:	Limo		
9 para:	Franco arcilloso		} ARCILLOSOS
10 para:	Franco arcillo-arenoso	Con textura moderada	
11 para:	Franco arcillo-limoso.....	fina	
12 para:	Arcillo-arenoso		} ARCILLOSOS
13 para:	Arcillo limoso	Con textura fina	
14 para:	Arcilla		

CLAVE DE LA ^STRUCTURA

1 para:	Prismática.....	} FORMA
2 para:	Columnar	
3 para:	Blocoso angular	
4 para:	Blocoso sub-angular	
5 para:	Granular	
6 para:	Laminar	
1 para:	Fino o pequeño	} TAMAÑO
2 para:	Mediano	
3 para:	Grande	
1 para:	Sin textura ^{estructura}	} GRADO
2 para:	Débil	
3 para:	Moderada	
4 para:	Fuerte	

CLAVE DE LA CONSISTENCIA

(Suelo Mojado)	(Suelo Húmedo)	(Suelo Seco)
1 para: No pegajoso	1 para: Suelto	1 para: Suelto
2 para: Lig. pegajoso	2 para: Muy friable	2 para: Suave
3 para: Pegajoso	3 para: Friable	3 para: Lig. Duro
4 para: Muy pegajoso	4 para: Firme	4 para: Duro
5 para: No plástico	5 para: Muy firme	5 para: Muy duro
6 para: Lig. plástico	6 para: Extrem. Firme	6 para: Extrem. duro
7 para: Plástico		
8 para: Muy plástico		

APENDICE LDESCRIPCION DEL PROCESO DE IMPRESION DE LOS MAPAS

- 1er. Paso Se fotografió el mapa original hecho a escala 1:20,000 para obtener un negativo de línea, reducido a la escala 1:40,000 que es la escala de publicación.
- 2do. Paso Por contacto, con el negativo de línea obtenido en 1er. paso se obtuvo un positivo, (quedó ya a escala 1:40,000).
- 3er. Paso Se fotografió el mosaico aereofotográfico original de escala 1:20,000, para obtener un negativo a medio tono, reducido a la escala 1:40,000 que es la escala de publicación.
- 4to. Paso. Al negativo de línea obtenido en 1er. paso, se le cubrió la parte interior de la cuenca o área estudiada.
- 5to. Paso El negativo a medio tono obtenido en el 3er. paso, que corresponde al foto-mosaico, se cortó por la línea divisoria de la cuenca para sacar solo el área estudiada.
- 6to. Paso Se preparó una máscara con el negativo obtenido en el 1er paso.
- 7mo. Paso Se preparó otra máscara con el negativo obtenido en el 2do. paso, en el cual se adhiera el negativo a medio tono obtenido en el 3er. paso.
- 8vo. Paso Se colocó en la lámina de aluminio para fotografar la máscara obtenida en el 6to. paso y se llevó a marco de foto grabado, dándole exposición por cinco minutos.
- 9no. Paso La misma lámina de aluminio para fotografar, usada en el paso anterior, después de retirada la máscara perteneciente al 6to. paso, se le colocó la máscara obtenida en el 7mo. paso y se llevó a marco de fotografado, dándole exposición por cinco minutos (Se procuró colocar las máscaras, una cada vez, exactamente en el mismo sitio de la placa de aluminio cuando se hizo el fotografado).
- 10mo. Paso Una vez fotografada la placa de aluminio se llevó a la máquina offset.