

**ANÁLISIS BIOCLIMATOLÓGICO GRÁFICO DE LAS
FORMACIONES VEGETALES. CASO DE LA
CORDILLERA DE TILARÁN Y LA CUENCA
INFERIOR DEL RÍO BEBEDERO, COSTA RICA.**

Gilbert Vargas Ulate
Profesor
Departamento de Geografía
Universidad de Costa Rica

RESUMEN

Estudio de algunos componentes del geosistema que explican la configuración de grandes unidades de comunidades, esto es, las formaciones vegetales. Se describen los factores de primer orden (de acción preponderante) y los de segundo orden (de acción secundaria), así como las correlaciones numéricas, cromáticas y gráficas que permiten identificar tales formaciones vegetales. Se aplica esa metodología a la cordillera de Tilarán y la cuenca inferior del río Bebedero en Costa Rica.

SUMMARY

Studies are made of some of the components of the geosystem that explains the configuration of large community units such as, the vegetable formations.

A descripción is made of the first order factor (of preponderant action) and of the second. Order (secondary action), as well as the numerical correlations, chromatics and graphs that permit the identification of these vegetable formations. This methodology is applied to the Tilaran Mountain range and the inferior basin of the bebedero river in Costa Rica.

RESUME

Etude du geosystème dans sa relation avec les grandes zones biogéographiques, en particulier pour l'extension des formations végétales. On décrit les facteurs de premier ordre puis de seconde ordre, ainsi que diverses correlations, numériques, chromatiques, graphiques qui permettent d'identifier ces formations végétales. Cette methodology est appliquée à la Cordillère de Tilaran ainsi qu' au bassin inférieur du Rio Bebedero, au Costa Rica.

I. INTRODUCCION

Los organismos vivos y su ambiente abiótico están inseparablemente ligados y actúan recíprocamente entre sí. Cualquier unidad que incluya la totalidad de los organismos, es decir la comunidad, de un área determinada constituye un sistema ecológico en la medida en que los organismos actúen recíprocamente con el medio físico, de modo que una corriente de energía conduzca a una estructura trófica, una diversidad biótica y a ciclos materiales. En ecología vegetal, tanto la bioma como la formación constituyen una comunidad. La bioma es una unidad total de comunidad en donde se consideran tanto plantas como animales, mientras que la formación es una unidad floral o de fauna. En el presente estudio nosotros utilizaremos el término de formación como unidad floral.

Las condiciones atmosféricas (clima regional), elementos bióticos (cobertura vegetal) y la litosfera (substratos) actúan en forma recíproca para producir grandes unidades de comunidades llamadas formaciones, caracterizadas por una fisionomía, estructura y composición florística determinada.

En una determinada formación vegetal, la forma biológica de la vegetación climática clímax es uniforme. Así pues, la vegetación clímax de la formación sabana es herbácea y la del bosque ombrófilo es arbórea. Aunque debemos aclarar que una formación no incluye solamente la vegetación climática clímax, la cual constituye la clave para su reconocimiento, sino que también se incluyen los clímax edáficos y las etapas sucesionales que están dominadas en muchos casos por otras formas biológicas (hierbas, arbustos). Los clímax edáficos no están condicionados en forma determinada por el clima regional, sino por condiciones físicas (drenaje, estructura) y químicas (acidez, alcalinidad) muy particulares de los suelos. En lo concerniente a la sucesión vegetal, ésta puede ser originada tanto por factores naturales (erupciones, huracanes, rayos, etc.), como por factores antrópicos (pastos, cultivos itinerantes); así por ejemplo, dentro de una formación como el bosque ombrófilo sempervirente pueden existir comunidades herbáceas o arbustivas, que se encuentran en estados de desarrollo temporal, que evolucionarán hacia el estado clímax.

Hemos mencionado las relaciones recíprocas que existen entre el ser vivo (formaciones vegetales) y el medio en el cual se encuentra, estas relaciones entre el medio y el organismo se realizan por medio de ciertos factores que ejercen una influencia sobre ciertas funciones, es decir por un mecanismo de orden fisiológico.

Los factores del medio son numerosos y pueden estar clasificados de muchas formas y generalmente ninguna clasificación es completamente satisfactoria, pues los diferentes factores presentan numerosas interferencias. Nosotros tomaremos aquí la más conocida y distinguiremos los factores climáticos, edáficos, topográficos y bióticos.

Anteriormente, citamos que los factores ecológicos son numerosos y que cada uno de ellos puede influir de diferente manera. Si admitimos que el desarrollo de la planta puede estar condicionada por una decena de factores, donde cada uno es susceptible de presentar 5 ó 6 modalidades diferentes, su desarrollo es pues, teóricamente una función de cincuenta o sesenta variables que no sería posible estudiar bajo esta forma.

Para solucionar dicho inconveniente se utiliza el criterio del factor limitante y la jerarquía de factores.

El factor limitante puede ser determinado por la ley del mínimo de Liebig (Odum 1972), ley del mínimo de Gaussen (H. Gaussen, 1967) o la ley de tolerancia de Shelford (Odum, 1972). Nosotros seguiremos la ley de tolerancia de Shelford, la cual se enuncia así: "la ausencia de un organismo podrá ser debida a la deficiencia o al exceso cualitativo y cuantitativo con respecto a uno cualquiera de los diversos factores que se acercan al límite de la tolerancia" (Odum, 1972); es decir se hace referencia a una amplitud ecológica la cual se calcula por medios estadísticos que se especificarán más adelante.

La jerarquía de factores consiste en ordenar los factores según sea su acción, así pues se dividen en factores de primer orden (acción preponderante) y factores de segundo orden (acción secundaria).

Una vez establecidos los factores limitantes (principalmente los de orden climático) se establece una correlación entre éstos y las formaciones vegetales. Esta correlación puede realizarse de tres formas, a saber:

- a. correlación numérica;
- b. correlación cromática;
- c. correlación gráfica.

La correlación numérica utiliza en la mayoría de los casos, fórmulas que permiten plantear en una única variable la acción de dos o excepcionalmente varios factores ecológicos. La temperatura y la precipitación son casi siempre los factores más utilizados y son igualmente los datos más numerosos y disponibles gracias a las observaciones meteorológicas. Estas fórmulas que combinan

los elementos precipitación y temperatura son llamados pluvio-térmicas y los más conocidos son: el índice de lluvia de Lang C. (O zenda, 1975), índice de aridez de (De Martonne, 1942), índice de lluvia de Thornthwaite (Thornthwaite, 1956), índice pluviométrico cotidiano de Emberger (Emberger, 1930), índice xerotérmico de Gaussen y Bagnouls (1952), el déficit de saturación de Aubreville (Aubreville, 1965).

La correlación cromática fue introducida por Gaussen (1961) y consiste en otorgarle a cada uno de los factores ecológicos un color, siguiendo en la medida de lo posible convenciones lógicas. Es decir, se le otorga una significación ecológica a los colores. Este sistema fue aplicado por Vargas, G. (1983a), en su cartografía fitogeográfica.

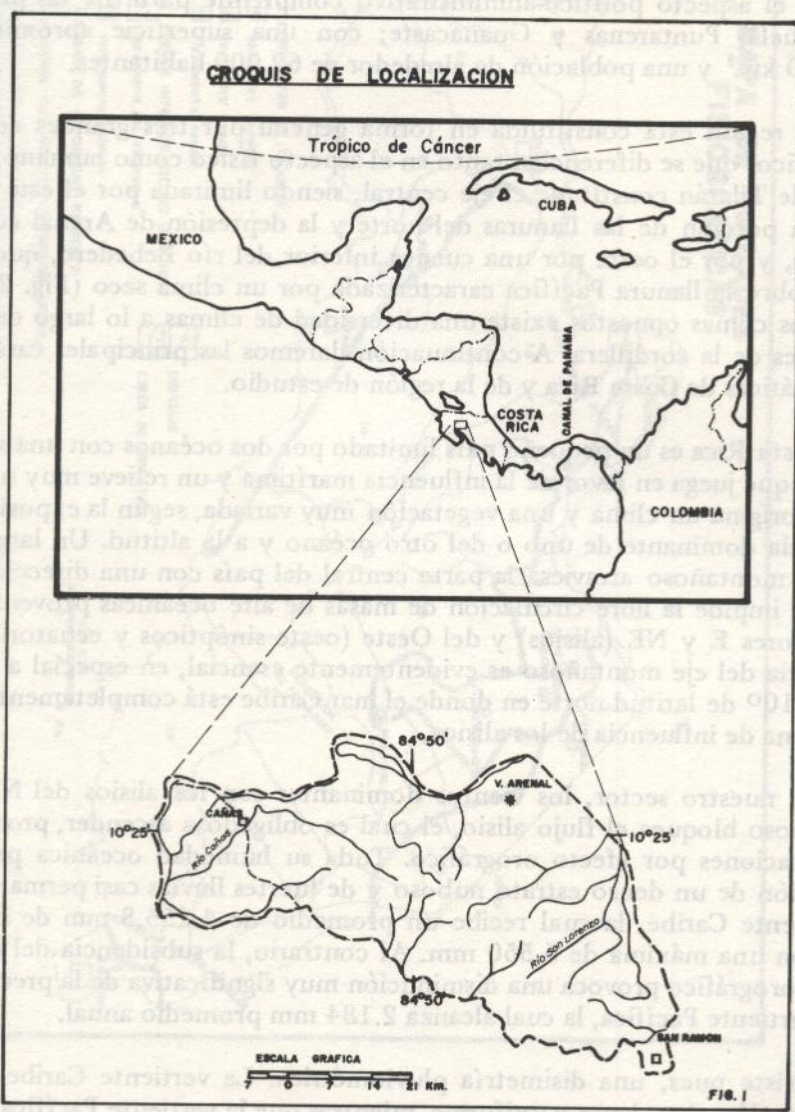
La correlación gráfica consiste en representar gráficamente las relaciones existentes entre las formaciones vegetales y dos factores ecológicos. Existen varias formas de procedimiento en la correlación gráfica, entre ellas tenemos el Diagrama de Plantefol (Plantefol, 1927), las áreas ombrotérmicas de P. Rey (Rey, 1960), el Diagrama de Zona de Vida de L. R. Holdridge (1947) y la representación climatológica de la vegetación de Dobremez J. P. y Vartanian, M. C. (1974). Nosotros analizaremos a continuación las dos últimas correlaciones gráficas.

Holdridge utiliza en el sistema de zonas de vida 3 parámetros climatológicos (precipitación, biotemperatura y humedad para delimitar las principales formaciones vegetales potenciales que se localizan latitudinal y altitudinalmente en el globo. Estas formaciones vegetales llamadas por Holdridge "Zonas de Vida", se resumen en un gráfico tridimensional en el cual se puede delimitar cualquier zona de vida a partir de datos de precipitación y temperatura, cuyos registros son fáciles de consultar en la región intertropical. Para una mayor información sobre el sistema de zonas de vida puede consultarse Holdridge, L.R. (1947, 1952, 1962, 1971).

Dobremez y Vartanian se basaron en las áreas ombrotérmicas de Paul Rey, sin embargo introducen un análisis estadístico más profundo a su estudio, lo cual da una mayor precisión para establecer las amplitudes ecológicas de las formaciones vegetales. Ellos operan inversamente a Holdridge, ya que parten primeramente de un análisis de la vegetación actual, lo que conlleva la existencia previa de una cartografía de la vegetación actual, para luego estudiar y determinar las amplitudes ecológicas de cada formación vegetal a partir de dos parámetros climatológicos como son la precipitación y la temperatura. Existen dos diferencias fundamentales entre el método utilizado por L. R. Holdridge y el de Dobremez y Vartanian; la primera diferencia tiene que ver con la forma de procedimiento, la cual ha sido ya descrita, y la segunda, con el sistema de descripción de la vegetación, Holdridge describe la vegetación en forma potencial, es decir, la que existiría en ausencia de la intervención antrópica; mientras que Dobremez y Vartanian describen la vegetación que existe en la actualidad.

En el presente artículo, seguimos el método de Dobremez y Vartanian, el cual aplicamos a la región de la cordillera de Tilarán y la cuenca inferior del río Bebedero. Esta región de estudio fue escogida debido a que es la única re-

La región de la cordillera de Talara y la cuenca interior del río B. se localiza al noroeste del país (Fig. 1), entre los 10°12' y los 10°30' de latitud norte y los 84°12' y 82°18' de longitud oeste.



gión de Costa Rica que presenta una cartografía actual de la vegetación (consultar Vargas, G. 1983a).

La región de la cordillera de Tilarán y la cuenca inferior del río Bebedero se localiza al noroeste del país (Fig. 1), entre los 10°12' y los 10°30' de latitud norte y los 84°12' y 85°13' de longitud oeste.

En el aspecto político-administrativo comprende parte de las provincias de Alajuela, Puntarenas y Guanacaste; con una superficie aproximada de 2,380.90 km² y una población de alrededor de 62,000 habitantes.

La región está constituida en forma general por tres grandes conjuntos fisiográficos que se diferencian tanto en el aspecto físico como humano. La cordillera de Tilarán constituye el eje central, siendo limitada por el este por una pequeña porción de las llanuras del norte y la depresión de Arenal con clima húmedo, y por el oeste por una cuenca inferior del río Bebedero, que se proyecta sobre la llanura Pacífica caracterizada por un clima seco (Fig. 2). Entre estos dos climas opuestos existe una diversidad de climas a lo largo de las dos vertientes de la cordillera. A continuación daremos las principales características climáticas de Costa Rica y de la región de estudio.

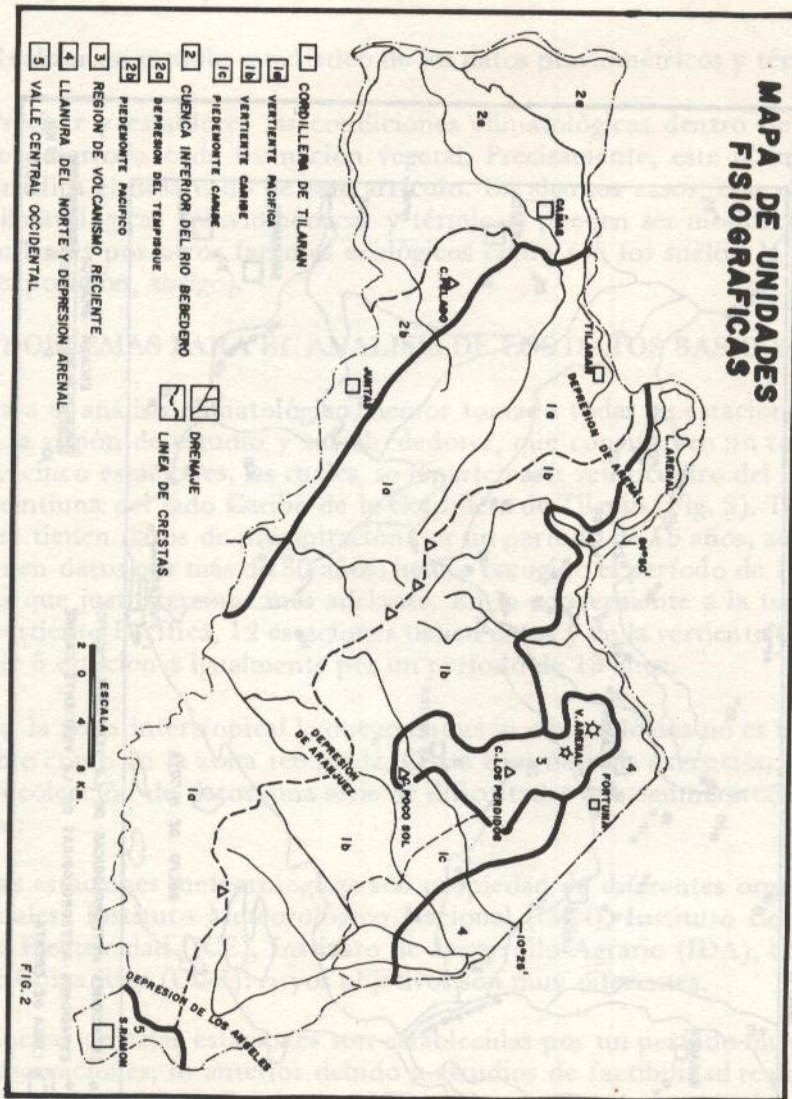
Costa Rica es un pequeño país limitado por dos océanos con una situación ístmica que juega en favor de la influencia marítima y un relieve muy montañoso que origina un clima y una vegetación muy variada, según la exposición a la influencia dominante de uno o del otro océano y a la altitud. Un largo y alto sistema montañoso atraviesa la parte central del país con una dirección NW a SE, que impide la libre circulación de masas de aire oceánicas provenientes de los sectores E y NE (alisios) y del Oeste (oeste sinópticos y ecuatoriales). La influencia del eje montañoso es evidentemente esencial, en especial a una latitud de 10° de latitud norte en donde el mar Caribe está completamente dentro de la zona de influencia de los alisios.

En nuestro sector, los vientos dominantes son los alisios del NE. El eje montañoso bloquea el flujo alisio, el cual es obligado a ascender, produciendo precipitaciones por efecto orográfico. Toda su humedad oceánica provoca la formación de un denso estrato nuboso y de fuertes lluvias casi permanentes en la vertiente Caribe, la cual recibe un promedio de 4.255,8 mm de lluvia por año, con una máxima de 5.550 mm. Al contrario, la subsidencia del alisio por efecto orográfico provoca una disminución muy significativa de la precipitación en la vertiente Pacífica, la cual alcanza 2.184 mm promedio anual.

Existe pues, una disimetría pluviométrica. La vertiente Caribe con una precipitación abundante y uniforme, mientras que la vertiente Pacífica presenta una larga estación seca y una disminución considerable de la precipitación. Esta disimetría origina dos formaciones vegetales diferentes, a saber: las formaciones siempre verdes (ombrófilas e higrófilas) del lado Caribe; y las semi-decíduas y decíduas del lado Pacífico.

El presente trabajo tiene como objetivos:

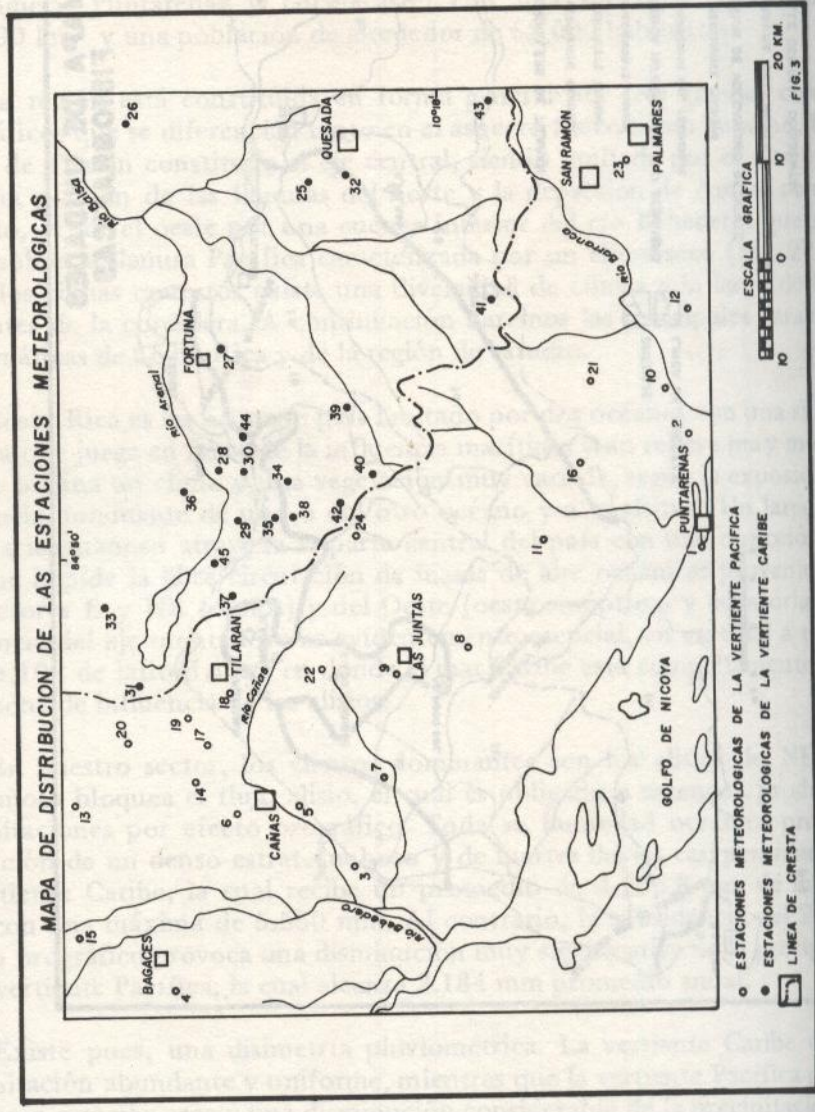
MAPA DE UNIDADES FISIOGRAFICAS



gún de Costa Rica que presenta una cartografía actual de la región (El
 mular Vargas, G., 1983a).

La región de la cordillera de Tilarín y la cresta del Cerro de la Cruz
 se localiza al noroccidente del país (Fig. 3), entre las 10°15' N y 10°30' N de
 latitud norte y la 84°17' y 84°13' de longitud oeste.

En el aspecto político-administrativo, esta zona pertenece a los
 de Alajuela, San José y una parte del departamento de Heredia.



- a. Reunir todos los datos concernientes a la temperatura y precipitación promedio anual.
- b. Localizar todas las estaciones meteorológicas en un mapa fitogeográfico (Vargas, G. 1983).
- c. Realizar un estudio estadístico de los datos pluviométricos y térmicos.
- d. Precisar y establecer las condiciones climatológicas dentro de las cuales se desarrolla cada formación vegetal. Precisamente, este último aspecto justifica el desarrollo de este artículo. En algunos casos, esas condiciones climatológicas (pluviométricas y térmicas) pueden ser modificadas o perturbadas por otros factores ecológicos como son los suelos, la topografía (exposición, abrigo).

II. PROBLEMAS PARA EL ANALISIS DE LOS DATOS BASICOS

Para el análisis climatológico, hemos tomado todas las estaciones localizadas en la región de estudio y sus alrededores, que constituyen un total de cuarenta y cinco estaciones, las cuales se reparten así: veinticuatro del lado Pacífico y veintiuna del lado Caribe de la Cordillera de Tilarán (Fig. 3). Todas las estaciones tienen datos de precipitación por un período de 15 años, aunque algunas tienen datos por más de 30 años; hemos escogido el período de 15 años por razones que justificaremos más adelante. En lo concerniente a la temperatura, en la vertiente Pacífica, 12 estaciones tienen datos y en la vertiente Caribe, únicamente 5 estaciones igualmente por un período de 13 años.

En la zona intertropical la documentación climatológica no es tan sólida y confiable como en la zona templada. Costa Rica no es la excepción, presentando la recolección de datos, una serie de dificultades que enumeraremos a continuación:

- * Las estaciones meteorológicas son propiedad de diferentes organismos estatales: Instituto Meteorológico Nacional (IMN), Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), Instituto de Desarrollo Agrario (IDA), Universidad de Costa Rica (UCR); cuyos objetivos son muy diferentes.
- * Muchas de estas estaciones son establecidas por un período muy corto de observaciones, lo anterior debido a estudios de factibilidad realizados por organismos del estado como el ICE o a investigaciones particulares llevadas a cabo por la UCR y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Este último es el caso de las estaciones de Peñas Blancas y Cataratas.
- * La mayoría de estaciones pluviométricas se encuentran a baja altitud, a pesar de las grandes diferencias altitudinales en la región de estudio. Así encontramos el 69.2 % de las estaciones a menos de 700 metros de altitud y solamente el 20.5 % sobre los 1,000 metros de altitud, lo que demuestra una heterogeneidad espacial y las imperfecciones de la red de estaciones.

ESTACIONES METEOROLOGICAS

VERTIENTE PACIFICA

VERTIENTE CARIBE

<u>N°</u>	<u>ESTACION</u>	<u>N°</u>	<u>ESTACION</u>
1	PUNTARENAS	25	QUEB. AZUL
2	NAGATAY	26	LOS LLANOS
3	TABOGA	27	FORTUNA
4	BAGACES	28	SANGREGALDO
5	SAN LUIS	29	GUAYABOS
6	HDA. LA PACIFICA	30	PUEBLO NUEVO
7	LAJAS	31	LA UNION
8	LAGARTO	32	QUESADA
9	JUNTAS	33	LAGUNA DE COTE
10	SAN MIGUEL DE BARRANCA	34	CAÑO NEGRO
11	SARMIENTO	35	RINCON DE LA LEONA
12	MACACONA	36	CERRO INDIIO
13	HDA. TENORIO	37	SILENCIO
14	EL COYOL	38	LOS ANDES
15	GUAPILA	39	POCO SOL
16	MIRAMAR	40	PEÑAS BLANCAS
17	QUEB. LAVAS	41	CATARATAS
18	TILARAN	42	SAN GERARDO
19	LA QUESERA	43	PALMIRA
20	TIERRAS MORENAS	44	JILGUERO
21	GUADALUPE DE ESPARZA	45	ARENAL
22	CERRO SAN JOSE		
23	PALMARES		
24	MONTEVERDE		

FIG. 4

CARACTERISTICAS CLIMATICAS DE LOS PISOS, FORMACIONES VEGETALES													FIG. 5					
Pisos y Formaciones Vegetales	DATOS		ALTITUD en m.				PRECIPITACION en mm.				TEMPERATURA en °C				VERTIENTE			
	Nº de estaciones	Promedio (X)	Extremos		Amplitud	Prom. anual	Extremos		Amplitud Desv. Estándar (σ)	x - σ x + σ	Promedio (X)	Extremos		Amplitud Desv. Estándar		x - σ x + σ		
			Inf.	Sup.			Inf.	Sup.				Inf.	Sup.					
BAJA ALTITUD Bosque decíduo por secura	18	216	3	562	559	1962	1296	2600	1304	520	1442 - 2482	22	19.7	25.4	5.7	1.8	20.2 - 23.8	VERTIENTE PACIFICA
SUBMONTANO Bosque semidecíduo estacional	6	940	645	1380	735	2468	1865	2900	1035	641	1847 - 3129	17.2	14.9	19.6	4.7	1.9	15.3 - 19.1	VERTIENTE PACIFICA
BAJA ALTITUD Bosque ombrófilo sempervirente	11	432	83	670	587	3508	2927	4682	1755	530	2978 - 4038	21.4	18.7	25.2	6.5	2.3	19.1 - 23.7	VERTIENTE PACIFICA
SUBMONTANO Bosque ombrófilo sempervirente	6	9025	720	1150	430	4131	3412	4964	1552	575	3556 - 4706	17.3	16.3	18.5	2.2	0.7	16.6 - 18	VERTIENTE CARIBE
MONTANO Bosque higrófilo sempervirente	4	1706	1525	2100	575	4408	2900	5673	2773	1277	3131 - 5685	13.6	12.1	14.4	2.3	0.9	12.7 - 14.5	VERTIENTE CARIBE

- * Los datos de las estaciones presentan una gran heterogeneidad en cuanto a la fecha de implantación, período de observación, y sitios de instalación que hacen difícil la comparación entre las estaciones. Por ejemplo, los datos pluviométricos existen para dos estaciones desde 1921, pero entre 1950 y 1982, los períodos de registros presentan grandes diferencias.
- * Los datos de temperatura son muy escasos: únicamente 17 estaciones lo indican. En Costa Rica los datos de temperatura son menos numerosos que los datos de precipitación y las regiones de montaña carecen de ellos.
- * La repartición de estaciones dentro de una determinada formación vegetal plantea numerosos problemas. Las estaciones son siempre instaladas en espacios abiertos, lejos de los elementos característicos de la formación vegetal. A menudo se encuentran en pisos de transición o en fases muy particulares de la dinámica vegetal.
- * Para el análisis bioclimatológico utilizamos 45 estaciones repartidas en una superficie de 2.380,49 km², es decir, una estación por cada 52,89 km². Sin embargo, estos cálculos esconden una realidad, pues ciertas formaciones vegetales están representadas por un número muy reducido de estaciones (Fig. 5).

III. ETAPAS DEL ANALISIS BIOCLIMATOLOGICO

El análisis bioclimatológico consta de 4 etapas, las cuales están relacionadas con los objetivos planteados al inicio del artículo.

La primera etapa consiste en la recolección de datos de temperatura y precipitación. En esta tarea nos enfrentamos a algunos de los problemas ya mencionados, en especial con la heterogeneidad y discontinuidad de los registros en el tiempo y en el espacio. En lo que concierne a los datos pluviométricos, las cuarenta y cinco estaciones tienen registros durante los últimos quince años (1967 a 1982).

Es necesario manifestar que antes de escoger el período 1967-1982 como representativo de las condiciones climatológicas de cada formación vegetal, realizamos para cada estación, gráficos de precipitación por lotes de quince años y en forma regresiva a partir de 1982, a saber: 1982-1967, 1967-1952, 1952-1937, etc. Al final se superpusieron cada uno de los gráficos al del período 1967-1982 para constatar la validez y representatividad de las condiciones climatológicas del período escogido. Por ejemplo, en la estación de San Luis (Nº 5) que tiene registros desde 1921 hasta 1982, es decir durante 61 años, se hicieron gráficos quincenales a partir de 1982. Cada uno de los gráficos quincenales se superpuso al del período 1967-1982. Este mecanismo se aplicó igualmente para todas las restantes 44 estaciones. La superposición nos confirmó la representatividad de las condiciones climatológicas del período 1967-1982. Solamente las estaciones con datos anteriores a 1940 presentaban un ligero aumento en los totales anuales de precipitación, pero la morfología del gráfico que revela el régimen pluviométrico era la misma. Por esta razón hemos escogido dicho período para el presente análisis, el cual nos parece representativo,

aunque somos conscientes de que es un período muy corto; los problemas antes expuestos en la recolección de datos básicos (precipitación y temperatura) nos ha obligado a tomar dicho período.

En cuanto a los datos de temperatura, hemos extrapolado las temperaturas para todas aquellas estaciones carentes de registro, en particular las de montaña; la extrapolación se realizó a partir de la estación más cercana y con características topográficas y ecológicas más parecidas. El gradiente térmico utilizado fue de 0,55 °C por cada 100 metros en la vertiente Pacífica y de 0,50 °C por cada 100 metros en la vertiente Caribe, logrado a partir de una correlación entre la temperatura media anual y la elevación sobre el nivel medio del mar, utilizado por el Instituto Meteorológico Nacional.

La segunda etapa estriba en la localización de las estaciones en la formación vegetal o piso altitudinal correspondiente. Lo anterior presupone la existencia de un mapa de vegetación actual (Vargas, G, 1983). El sitio de cada estación es analizado en forma crítica y precisa desde el punto de vista geomorfológico y fitogeográfico y de correlación atmosférica regional y/o local. Para este análisis se necesita tanto un análisis de oficina de los mapas topográficos (1:50.000), mapas geomorfológicos, mapas de circulación atmosférica regional mensuales, mapas fitogeográficos, así como un trabajo de terreno muy intenso, en donde la observación analítica sobre aspectos geomorfológicos, climatológicos y fitogeográficos es fundamental.

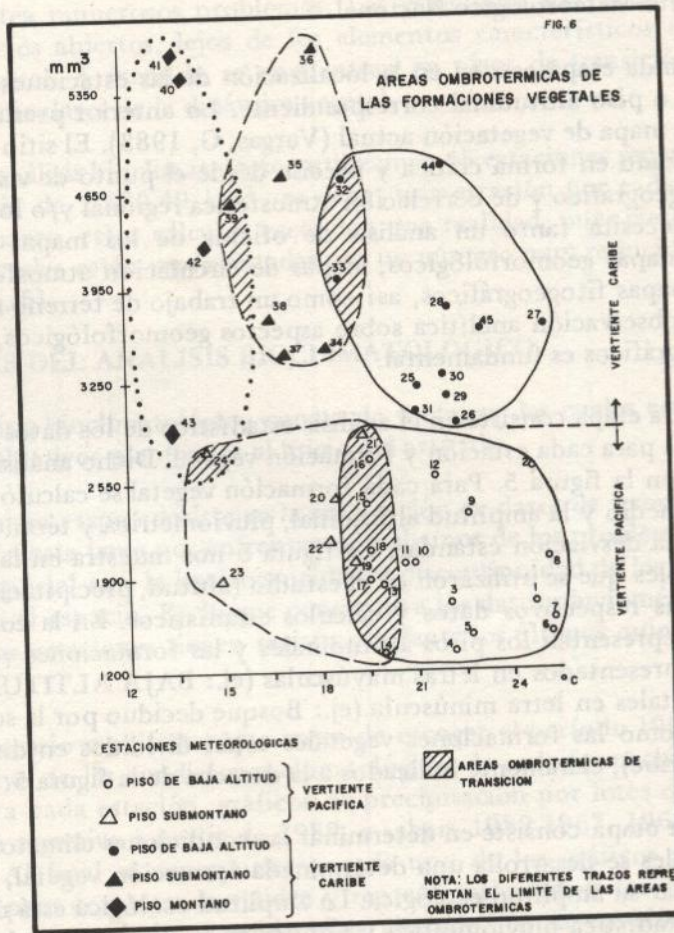
La tercera etapa consiste en el análisis estadístico de los datos pluviométricos y térmicos para cada estación y formación vegetal. Dicho análisis se encuentra resumido en la figura 5. Para cada formación vegetal se calculó sistemáticamente el promedio y la amplitud altitudinal, pluviométrica y térmica, así como la varianza y la desviación estándar. La figura 5 nos muestra en la parte superior, las variables que se utilizaron en el estudio (altitud, precipitación y temperatura) con sus respectivos datos y cálculos estadísticos. En la columna de la izquierda se representan los pisos altitudinales y las formaciones vegetales; los pisos están representados en letras mayúsculas (ej.: BAJA ALTITUD) y las formaciones vegetales en letra minúscula (ej.: Bosque deciduo por la sequía). Tanto los pisos como las formaciones vegetales están divididos en dos vertientes (Pacífica y Caribe), claramente indicados a la derecha de la figura 5.

La cuarta etapa consiste en determinar las condiciones climatológicas dentro de las cuales se desarrolla una determinada formación vegetal, es decir, se trata de precisar su amplitud ecológica. La amplitud ecológica está definida por la amplitud estadística pluviométrica y térmica en la cual pueden desarrollar su ciclo vital las especies de una determinada formación vegetal. Esta amplitud está dada por la siguiente fórmula:

$$x - o \quad a \quad x + o \quad (\text{ver figura 5}),$$

en donde "x" es igual al promedio de la precipitación o la temperatura de cada formación vegetal y "o" representa la desviación estándar para la precipitación y temperatura de cada formación vegetal. Tomemos el siguiente ejemplo dentro de la formación vegetal bosque deciduo por la sequía de baja altitud.

(... a la reducción de las... temperatura...)
 ... la... el...
 ... los...
 ... las...
 ... la...
 ... la...
 ... la...
 ... la...
 ... la...
 ... la...
 ... la...
 ... la...



Datos

Promedio de precipitación: 1962 mm (x)

Desviación estándar: 560 mm (o)

Entonces

$x - o$

$x + o$

Sustituyendo

1.962 - 520

1.962 + 520

1.442 mm

2.482 mm

Así la amplitud pluviométrica dentro de la cual se desarrolla dicha formación vegetal está comprendida entre 1.442 mm y 2.482 mm.

IV. CLIMATOLOGIA DE LAS FORMACIONES VEGETALES

La figura 6 representa en forma simple y sintética los caracteres climatológicos de las formaciones vegetales, los cuales son completados por los cálculos de la figura 5, resaltando de este modo las estaciones con características excepcionales.

En la figura 6 la abcisa representa la temperatura promedio anual en grados centígrados y la ordenada la precipitación promedio anual en milímetros.

A cada estación escogida se le asignó un número y un símbolo (0, Δ , \bullet , \blacktriangle , \blacklozenge). Este último representa el piso altitudinal en el cuál se encuentra la estación. En consecuencia, cada piso de vegetación está representado por un conjunto de signos uniformes, en donde el contorno indica teóricamente la amplitud pluviométrica y térmica en la cual puede desarrollarse la formación vegetal considerada, aunque esas exigencias sean perturbadas o modificadas por la intervención de otros factores ecológicos tales como: los suelos, la exposición, el grado higrométrico y la intervención humana.

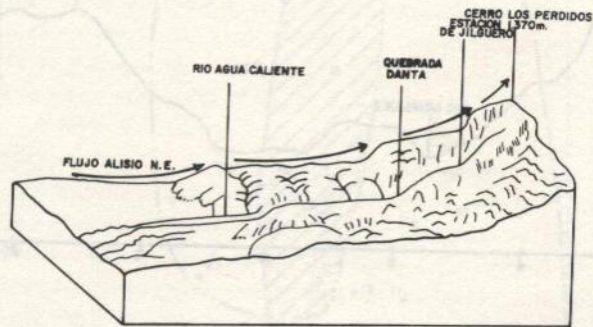
Los rasgos más importantes que se destacan del análisis de la figura 6 son los siguientes:

1. Los datos térmicos permiten diferenciar los diversos pisos de vegetación a lo largo de la cordillera volcánica de Tilarán. Así los pisos de baja altitud presentan las temperaturas más elevadas (22 y 21.4 °C), pero a medida que la altitud aumenta las temperaturas disminuyen. En el piso submontado se produce una disminución significativa de las temperaturas (17.3 y 17.2 °C) y por último en el piso montano se dan los valores mas bajos (13.6 °C). Es lamentable, la ausencia de estaciones a partir de los 1,500 metros del lado Caribe y la ausencia total de estaciones en el piso montano del lado Pacífico, lo que nos hubiera permitido realizar un análisis más preciso.

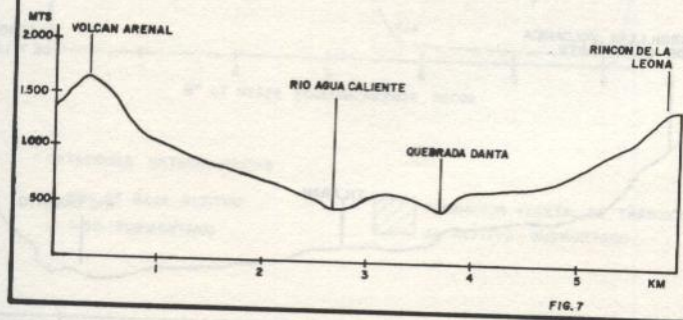
Observamos igualmente que las temperaturas de un mismo piso altitudinal del lado Pacífico y Caribe mantienen una cierta homogeneidad, aunque la vertiente Caribe presenta una ligera disminución de temperaturas con respecto a la vertiente Pacífica. Tomemos un ejemplo: las temperaturas del piso de baja altitud del lado Pacífico están comprendidas entre 25.4 y 19.7 °C, mientras que para el mismo piso en la vertiente Caribe están comprendidas entre 25.2 y 18.7 °C. Lo anterior se debe a que la vertiente Caribe está expuesta al viento alisio del Noreste.

2. Constatamos también, que los valores más débiles de precipitación se producen en los pisos de baja altitud de ambas vertientes. A partir de este piso y subiendo la cordillera de Tilarán se observa un claro aumento de la precipitación en los pisos submontano y montano en relación con el piso de baja altitud. Muchos autores atribuyen una cierta altitud al máximo pluviométrico para la zona intertropical: De Martonne (1.000 m), Barry Chorley (1.200 a 2.000 m), Estienne y Godard (1.500 a 2.000 m), Cuatrecasas (1.600 a 1.800 m) y H. Rhiel (1.500 a 1.600 m). A partir de estas altitudes la precipitación decrece. No es nuestro interés en este artículo establecer cuál es la altitud más conveniente para nuestra región de estudio. Sin embargo, de acuerdo a nuestras propias observaciones, en la región montañosa de la cordillera de Tilarán podemos decir, que el máximo pluviométrico se localiza entre los 1.600 y 1.700 metros de altitud, lo cual es corroborado por los altos valores de precipitación de la estación de Cataratas, situada a 1.630 m (N° 41), siendo esta la altitud donde se produce la condensación del alisio del N.E. Citemos igualmente que la estación de Palmira (N° 43) a 2.100 m de altitud, presenta ya una disminución pluviométrica de 2.773 mm en relación con la estación de Cataratas.
3. Los datos pluviométricos permiten ver la división clara que existe entre las formaciones vegetales de la vertiente Pacífica y los de la vertiente Caribe. Las estaciones Guadalupe de Esparza (N° 21) y Monteverde (N° 24) presentan la mayor pluviometría del piso submontano de la vertiente Pacífica. Sin embargo, esta pluviometría es netamente inferior de la del piso de baja altitud de la vertiente Caribe, como se puede observar en las estaciones de Los Llanos (N° 26) y La Unión (N° 31) que tienen una precipitación más elevada. El piso submontano Pacífico presenta un tipo de vegetación ombrófilo semi-decíduo estacional, mientras que el piso de baja altitud Caribe tiene una vegetación ombrófila sempervirente. Lamentablemente, la ausencia de datos meteorológicos arriba de los 1400 m del lado Pacífico y de 2100 m del lado Caribe, no nos permite analizar, por una parte los pisos intermedios submontano-montano del lado pacífico y por otra parte, la variación pluviométrica y ecológica del piso montano de ambas vertientes hasta la línea de crestas.
4. Las exigencias térmicas y pluviométricas que caracterizan cada formación vegetal pueden ser afectadas y perturbadas por la intervención de otros factores ecológicos: exposición, suelo, viento e higrometría. A pesar de que estos factores ecológicos no sean tomados en consideración en este estudio, éstos se pueden deducir a partir de las estaciones con características excepcionales. Tomemos dos ejemplos: a) En términos generales, ha-

A. BLOQUE DE DIAGRAMA MOSTRANDO LA LOCALIZACION DE LA ESTACION JILGUERO



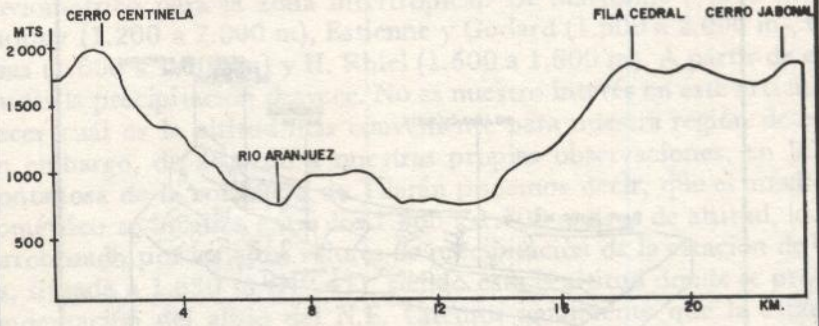
B. PERFIL TOPOGRAFICO DEL VALLE DEL RIO AGUA CALIENTE



para la vertiente Pacífico. Los datos en el cuadro del cuadro muestran que el nivel de agua subterránea del lado Pacífico es más bajo que el nivel de agua subterránea del lado Atlántico, como se puede apreciar en el cuadro siguiente, que para el mismo punto en la vertiente Atlántica el nivel de agua subterránea está entre 25.2 y 18.7 m. El nivel de agua subterránea en este caso está expuesto a varias causas: Norte.

PERFILES TOPOGRAFICOS DE LAS
DEPRESIONES DE:
ARANJUEZ Y ARENAL

A. DEPRESION DE ARANJUEZ



B. DEPRESION DE ARENAL

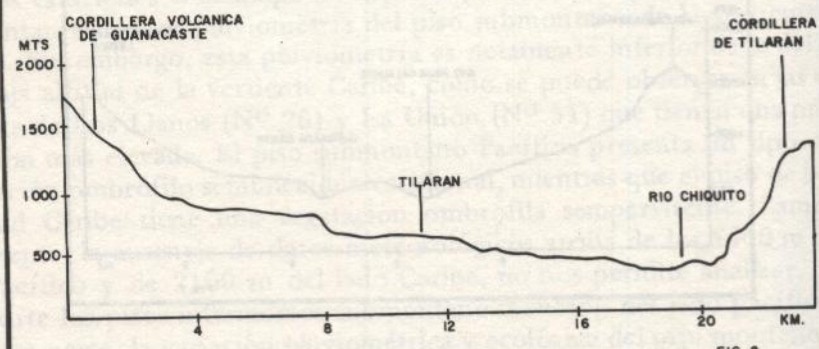
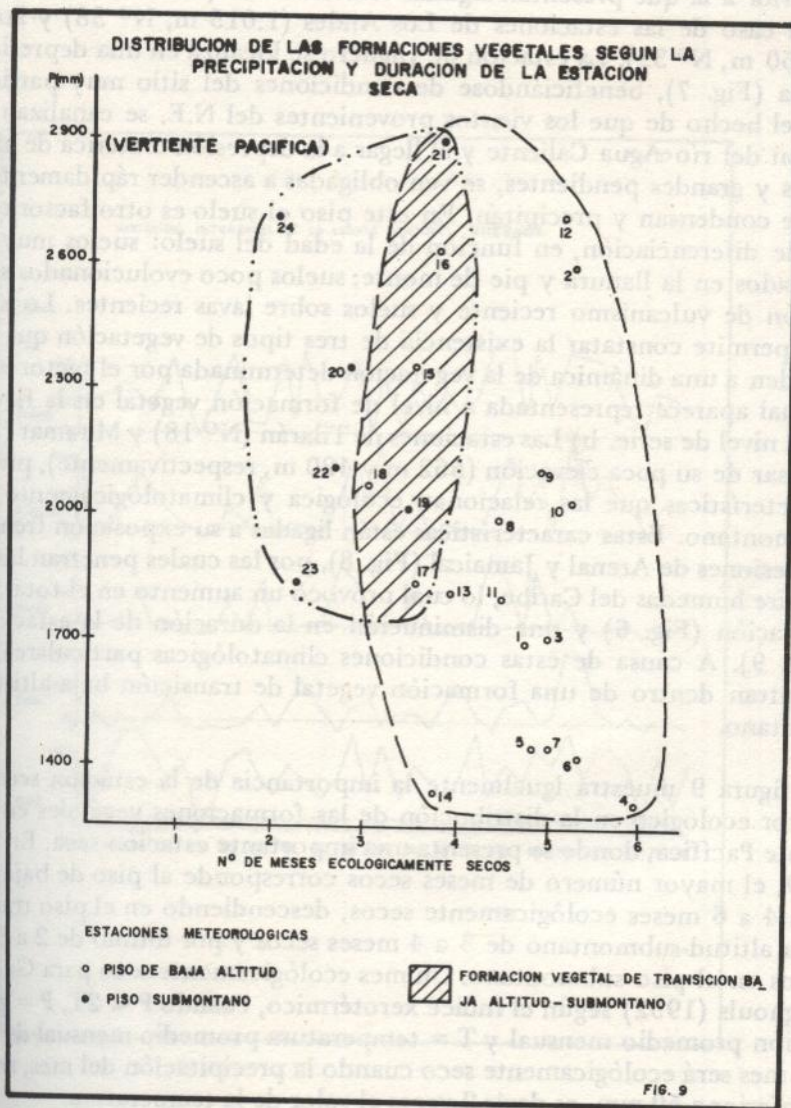


FIG. 8



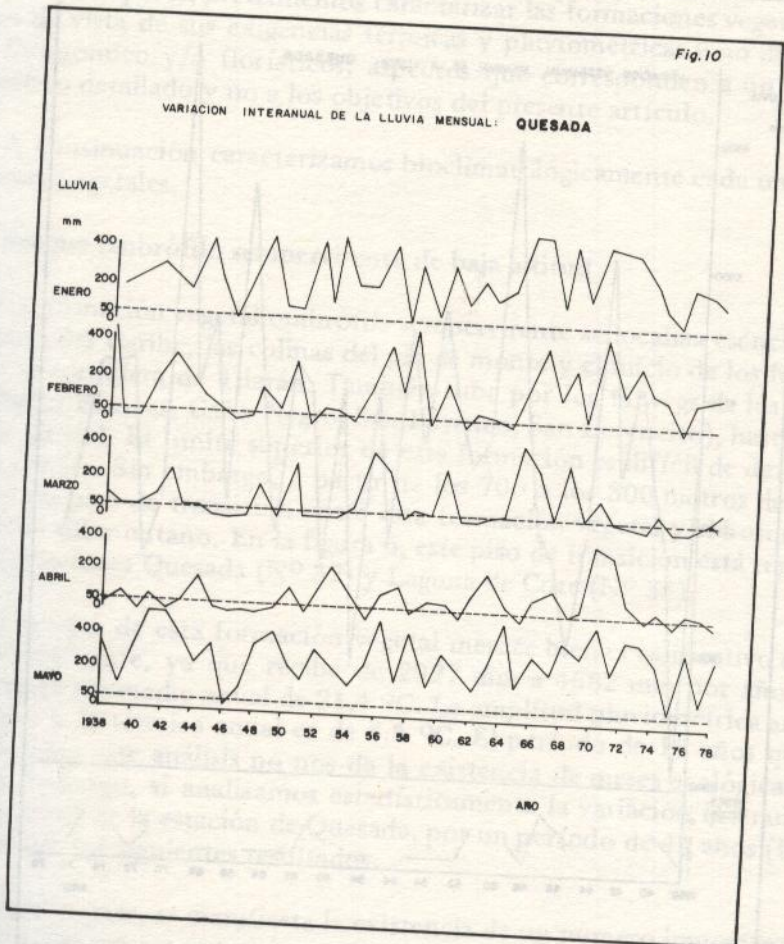
bíamos dado a conocer que la precipitación aumenta con la altitud. Sin embargo, este esquema general no es la regla ya que en ciertas condiciones topográficas locales provocan excepciones. Es así, que la estación de Jilguero N° 44 (770 m), en el piso de baja altitud Caribe, presenta las mayores precipitaciones de este piso (4.737 mm de lluvia). Esta pluviometría es superior a la que presentan algunas estaciones del piso submontano, como es el caso de las estaciones de Los Andes (1.015 m, N° 38) y Poco Sol (1.150 m, N° 39). La estación de Jilguero se localiza en una depresión cratérica (Fig. 7), beneficiándose de condiciones del sitio muy particulares por el hecho de que los vientos provenientes del N.E. se canalizan por el cañón del río Agua Caliente y al llegar a la depresión cratérica de altas paredes y grandes pendientes, se ven obligadas a ascender rápidamente, donde se condensan y precipitan. En este piso el suelo es otro factor ecológico de diferenciación, en función de la edad del suelo: suelos muy evolucionados en la llanura y pie de monte; suelos poco evolucionados sobre la región de vulcanismo reciente y suelos sobre lavas recientes. Lo anterior nos permite constatar la existencia de tres tipos de vegetación que corresponden a una dinámica de la vegetación determinada por el factor edáfico, la cual aparece representada a nivel de formación vegetal en la figura 4 y no a nivel de serie. b) Las estaciones de Tilarán (N° 18) y Miramar (N° 16) a pesar de su poca elevación (562 m y 420 m, respectivamente), presentan características que las relacionan ecológica y climatológicamente al piso submontano. Estas características están ligadas a su exposición frente a las depresiones de Arenal y Jamaical (Fig. 8), por las cuales penetran las masas de aire húmedas del Caribe, lo cual provocó un aumento en el total de precipitación (Fig. 6) y una disminución en la duración de la estación seca (Fig. 9). A causa de estas condiciones climatológicas particulares, se encuentran dentro de una formación vegetal de transición baja altitud-submontano.

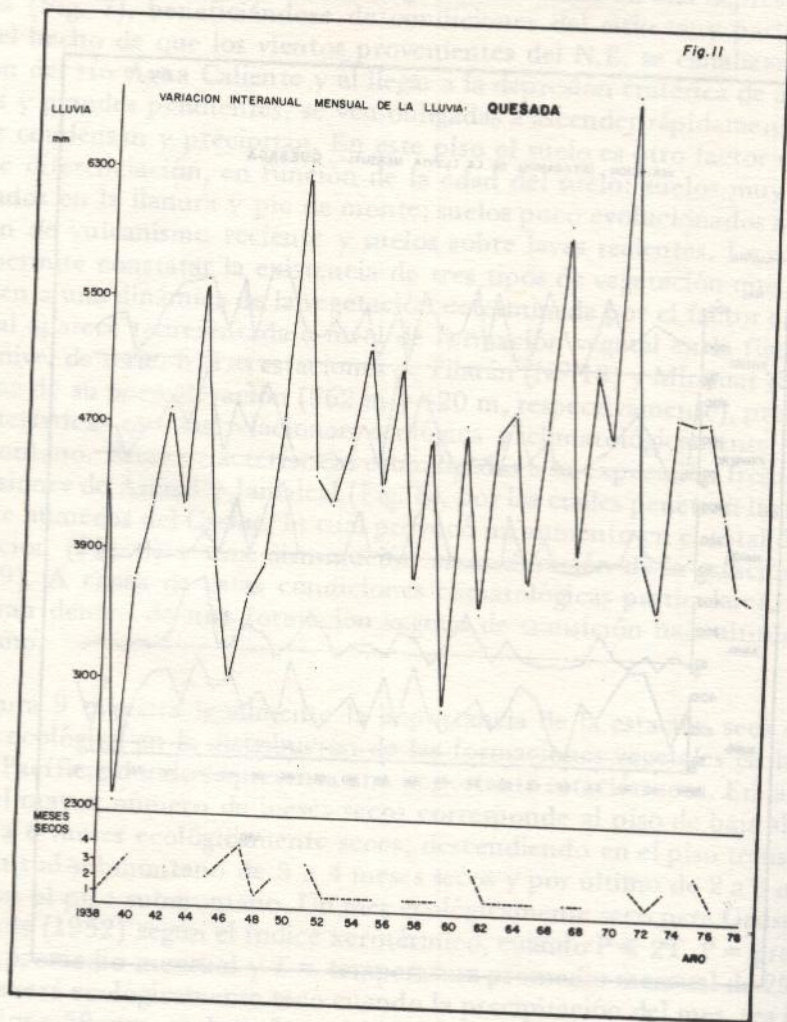
4. La figura 9 muestra igualmente la importancia de la estación seca como factor ecológico en la distribución de las formaciones vegetales en la vertiente Pacífica, donde se presenta una importante estación seca. En la figura 9, el mayor número de meses secos corresponde al piso de baja altitud con 4 a 6 meses ecológicamente secos, descendiendo en el piso transición baja altitud-submontano de 3 a 4 meses secos y por último de 2 a 3 meses secos en el piso submontano. Un mes ecológicamente seco para Gaussen y Bagnouls (1952) según el índice xerotérmico, cuando $P \leq 2T$, P = precipitación promedio mensual y T = temperatura promedio mensual de 25 °C, un mes será ecológicamente seco cuando la precipitación del mes, sea igual o inferior a 50 mm, es decir 2 veces el valor de la temperatura.

Realizando una comparación entre la precipitación promedio anual (ordenada) y la duración de la estación seca (abcisa), constatamos que existe una relación inversa de estos dos elementos. Las precipitaciones aumentan en términos generales con la altitud, mientras que la duración de la estación seca disminuye.

CARACTERIZACIÓN BIOCLIMATOLÓGICA DE LAS FORMACIONES VEGETALES

La bioclimatología como ciencia aplicada, analiza los factores de la vegetación, las periodos de espeso o de adaptación de la vegetación desfavorable, la duración de la estación ecológicamente adecuada y las amplitudes térmicas y pluviométricas bajo las cuales se desarrollan las formaciones vegetales.





V. CARACTERIZACION BIOCLIMATOLOGICA DE LAS FORMACIONES VEGETALES

La bioclimatología tiene como objetivo, analizar los períodos de crecimiento vegetativo, los períodos de reposos o de adaptación de la vegetación a la estación desfavorable, la duración de la estación ecológicamente seca, así como establecer las amplitudes térmicas y pluviométricas bajo las cuales se desarrollan las diferentes formaciones vegetales.

En este aparte, pretendemos caracterizar las formaciones vegetales desde el punto de vista de sus exigencias térmicas y pluviométricas y no desde un enfoque fisionómico y/o florísticos, aspectos que corresponden a un análisis fitogeográfico detallado y no a los objetivos del presente artículo.

A continuación caracterizamos bioclimatológicamente cada una de las formaciones vegetales.

a. Bosque ombrófilo sempervirente de baja altitud

La formación vegetal ombrófila sempervirente se localiza esencialmente en la llanura del Caribe, las colinas del pie de monte y el inicio de los fuertes relieves de la cordillera de Tilarán. También sube por los talwegs de los principales ríos (Peñas Blancas, Caño Negro, San Lorenzo, San Lorencito), hasta 1000 metros de altitud. El límite superior de esta formación es difícil de determinar en forma precisa. Sin embargo, a partir de los 700 a los 800 metros de altitud, se observa un piso de transición entre esta formación vegetal y el bosque tropical ombrófilo submontano. En la figura 6, este piso de transición está representado por las estaciones Quesada (Nº 32) y Laguna de Cote (Nº 33).

El bosque de esta formación vegetal merece bien el calificativo de ombrófilo sempervirente, ya que recibe de 2927 mm a 4682 mm por año, con una temperatura promedio anual de 21.4 °C. La amplitud pluviométrica anual es de 1755 mm y la térmica anual es de 6.5 °C. El período de 15 años que hemos utilizado para este análisis no nos da la existencia de meses ecológicamente secos. Sin embargo, si analizamos estadísticamente la variación interanual de la lluvia, a partir de la estación de Quesada, por un período de 40 años (Figs. 10 y 11), tenemos los siguientes resultados:

- * Primeramente, se manifiesta la existencia de un número importante de meses secos, que no aparecían en el análisis de los promedios quincenales. Este número de meses secos es de 1 a 3, lo cual tiene importancia ecológica fundamental.
- * Las probabilidades de que un año presente 1 ó 2 meses secos es del 68,3 %. Por otro lado, los años sin meses secos se producen cada 4 años. Es importante entonces resaltar esta corta e irregular estación seca desde el punto de vista ecológico.
- * El mes de febrero es seco cada 4 años, marzo cada dos años y abril cada tres años. Igualmente, ya habíamos mencionado el papel fundamental del

factor suelo en la diferenciación de series de dinámica vegetal dentro de esta misma formación.

b. Bosque ombrófilo sempervirente submontano.

Esta formación vegetal se encuentra sobre la vertiente Caribe de la cordillera de Tilarán, caracterizada por las fuertes pendientes (25° a más de 30°). Los límites, tanto superior como inferior, no son muy claramente establecidos para este piso altitudinal, aunque a grosso-modo, se puede situar el límite superior cerca de los 1,400 m. de altitud y el límite inferior a 800 m., sin embargo, éste puede descender hasta los 600 m. por los interfluvios, dándose de esta manera el piso de transición baja altitud-submontano, el cual ya ha sido tratado al describir la anterior formación, aunque cabe mencionar que en este piso se produce un encuentro corológico entre las especies del piso inferior que suben con especies del piso superior que descienden.

La precipitación promedio anual es superior a la de la formación analizada anteriormente, comprendida entre 3,412 y 4,964 mm, con una amplitud de 1.552 mm. Las temperaturas son del orden de 16.3 y 18.5 $^{\circ}\text{C}$, con una amplitud térmica de 2.2 $^{\circ}\text{C}$. Al análisis de los promedios quincenales de precipitación y temperatura, así como la variación interanual de la precipitación, no da la existencia de meses ecológicamente secos. En este piso altitudinal existe una remarkable diferencia en el grado higrométrico entre las diversas regiones según la exposición que presenten las vertientes con respecto al flujo del alisio del N.E. Este factor higrométrico y particularmente, la neblina, casi permanente entre los 700 y 1.500 metros de altitud, provoca diferencias tanto fisionómica como florísticamente en la vegetación.

En conjunto, esta formación vegetal se extiende sobre suelos andosoles, los cuales se desarrollan bajo condiciones propicias para su génesis: primero, rocas volcánicas ricas en vidrios y jóvenes; segundo, una alta precipitación uniformemente distribuida en el año y tercero, una vegetación clímax que provee materia orgánica.

c. Bosque higrófilo sempervirente montano.

Esta formación vegetal se localiza a partir de los 1,400 m. de altitud en ambas vertientes hasta la línea de cresta (1.800 a 2.200 m. de altitud).

La pluviometría en este piso altitudinal tiene un pico máximo cerca de los 1,600 a los 1,700 metros de altitud (ver figura 6, estación N $^{\circ}$ 41). Sin embargo, a partir de esta altitud, la pluviometría desciende en forma significativa como ya fue analizado. La pluviometría promedio anual de este piso de vegetación es de 4.408 mm, promedio un poco elevado a causa de la existencia de una sola estación arriba de los 1.800 m. (Estación de Palmira, N $^{\circ}$ 43). Es importante mencionar a manera de complemento que en la cordillera de Talamanca, al sur de nuestra región de estudio y en donde existen un total de 13 estaciones en el piso montano, 6 de las cuales arriba de los 2,000 metros, el promedio de precipitación anual para dicho piso altitudinal es de 3,641.33 mm. Este promedio es más representativo con respecto al obtenido en nuestra región de estudio.

Ciertamente, la precipitación promedio anual desciende en este piso con respecto al submontano, pero al contrario el grado higrométrico aumenta en forma considerable. Un ejemplo de este elevado grado higrométrico lo constituye la estación de Palmira con una humedad relativa promedio anual de 91 $\%$. Como consecuencia de esta alta humedad relativa existe una alta nubosidad, la cual origina una neblina y la llovizna casi permanente y de una gran frecuencia durante el año. La amplitud térmica es de 2.3 $^{\circ}\text{C}$, siendo la temperatura máxima de 14.4 $^{\circ}\text{C}$ y la mínima de 12.1 $^{\circ}\text{C}$.

Las anteriores condiciones climatológicas favorecen la existencia de un bosque higrófilo, llamado también "Clouds forest" por los autores anglosajones. El bosque higrófilo se desarrolla sobre suelos orgánicos de montaña, poco profundos, con gran cantidad de materia orgánica en la superficie, la cual es recubierta por musgos.

d. **Bosque semideciduo estacional submontano.**

Esta formación vegetal se encuentra abajo de los 1.400 m de altitud en la vertiente Pacífica de la cordillera de Tilarán. Su límite inferior es muy difícil de establecer, ya que en esta formación existen manchas forestales aisladas. Sin embargo, de manera general puede decirse que desciende por los interfluvios hasta los 700 m de altitud.

La precipitación promedio anual es de 2.488 mm con una amplitud pluviométrica de 1.035 mm. El volumen de precipitación promedio anual es suficiente como para encontrar una formación ombrófila sempervirente. Sin embargo, la desigual distribución de la precipitación en el año, la existencia de una estación seca que aumenta al descender la altitud (Fig. 9) y suelos poco profundos, erosionados, y con excesivo drenaje en algunos sectores (pie de monte), dan origen a una formación vegetal semi-decidua, manifestándose en menor grado esta característica a mayor altitud. Ejemplo: la estación Monteverde (N $^{\circ}$ 24). Las temperaturas promedio anuales están comprendidas entre 14.9 y 19.6 $^{\circ}\text{C}$.

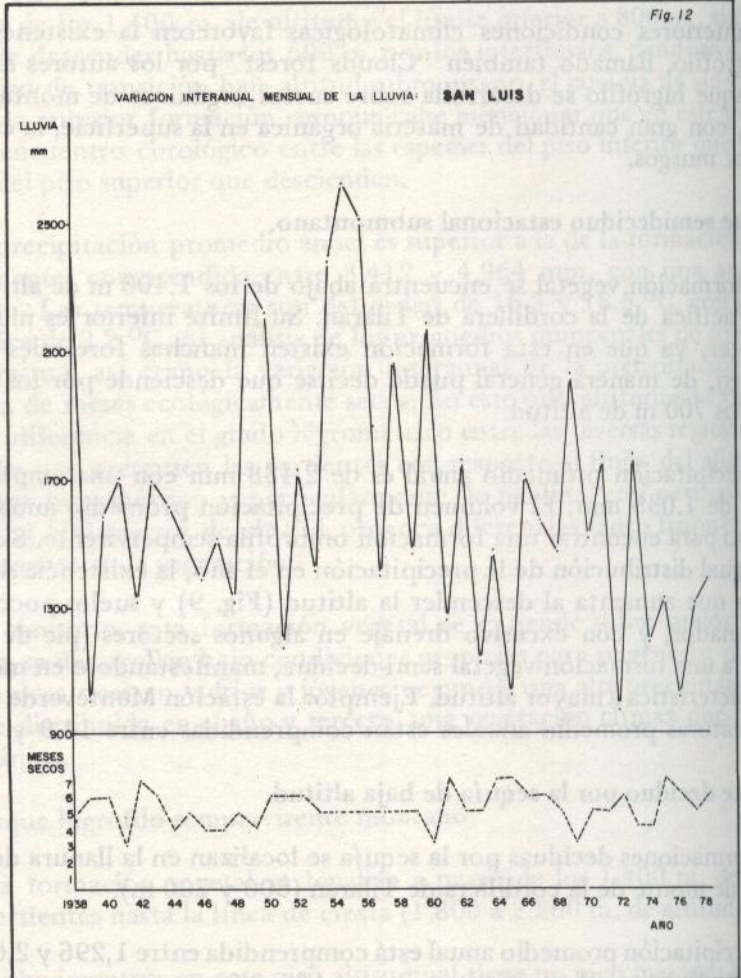
e. **Bosque deciduo por la sequía de baja altitud.**

Las formaciones deciduas por la sequía se localizan en la llanura del Pacífico y el pie de monte de la cordillera de Tilarán (600 y 700 m).

La precipitación promedio anual está comprendida entre 1,296 y 2,600 mm, promedios bajo los cuales encontramos en Africa formaciones sempervirentes muy bien descritas por Ainslie J. R. (1926), Aubreville A. (1949) y Schneell, R. (1952) y otros; y no deciduas como es el caso de nuestra región. Lo anterior es un excelente ejemplo de la influencia dominante de la estación seca, del fuerte índice de aridez, de la desigual repartición de la lluvia durante el año y los valores pluviométricos extremos que dan una amplitud pluviométrica de 1,304 mm (Fig. 5), con lo cual se demuestra que juegan un rol más importante que el de los promedios anuales de precipitación.

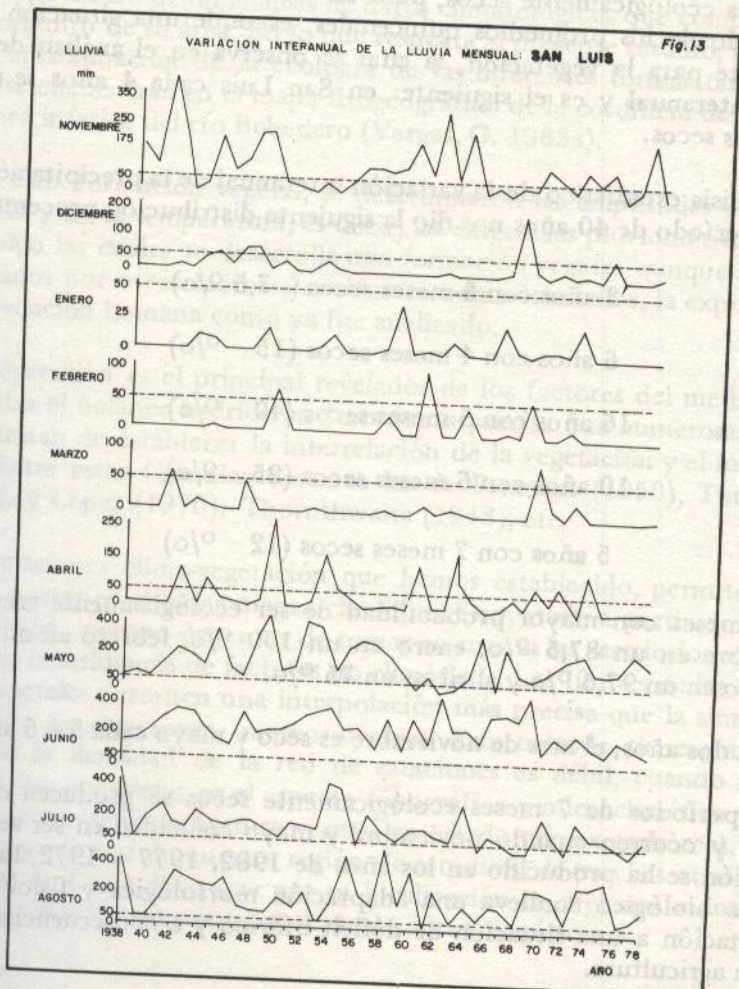
A causa de la gran importancia que tiene la duración de la estación seca, damos a conocer los resultados que hemos obtenido del análisis de la figura 9

... las condiciones climáticas favorables la existencia de las
 ... las lluvias también "Chubasco fuerte" por los fuertes vientos
 ... el interaño se ...
 ... con una cantidad de ...
 ...



El estudio estadístico de la variación interanual de la precipitación por un período de 40 años en la estación de San Luis (No. 54 (Figs. 12 y 13)).

Las figuras 9 nos da una duración de 4 a 5 meses ecológicamente secos para la mayoría de las estaciones del piso de las sierras bajas, en los meses de agosto, septiembre y octubre.



La importante subrayar que el mes de junio es húmedo en un 100% por julio es seco cada 5 años, lo que provoca un corto período seco para los primeros días de agosto. Esto aumenta las consecuencias negativas en el plano agrícola.

La mayor amplitud pluviométrica la presentan los meses de noviembre con 30 mm a 400 mm y mayo con 10 mm a 475 mm.

Obsérvese el porcentaje tan importante de 5 a 6 meses secos con respecto al menos 5 meses secos, que dan las medias de los 12 años.

y del estudio estadístico de la variación interanual de la precipitación por un período de 40 años en la estación de San Luis (Nº 5) (Figs. 12 y 13).

- * La figura 9 nos da una duración de 4 a 5 meses ecológicamente secos para la mayoría de las estaciones del piso de baja altitud Pacífico, entre ellos la estación de San Luis.
- * La figura 9 nos da a conocer que la estación de San Luis tiene menos de 5 meses ecológicamente secos, pero en realidad este número, que ha sido obtenido de los promedios quincenales, esconde una situación muy importante para la vegetación, la cual se observa en el análisis de la variación interanual y es el siguiente: en San Luis cada 4 años se producen 6 meses secos.
- * El análisis estadístico de la variación interanual de la precipitación, durante el período de 40 años nos dio la siguiente distribución porcentual:

3 años con 3 meses secos (7,5 0/o)

6 años con 4 meses secos (15 0/o)

16 años con 5 meses secos (40 0/o)

10 años con 6 meses secos (25 0/o)

5 años con 7 meses secos (12 0/o)

- * Los meses con mayor probabilidad de ser ecológicamente secos son diciembre en un 87,5 0/o; enero en un 100 0/o; febrero en un 92,5 0/o; marzo en un 97,5 0/o y abril en un 75 0/o.
- * Cada dos años, el mes de noviembre es seco y mayo cada 5 ó 6 años.
- * Los períodos de 7 meses ecológicamente secos se producen cada 5 ó 6 años y ocurren cuando noviembre y mayo coinciden en ser secos, tal situación se ha producido en los años de 1982, 1977 y 1972, lo cual en el plano biológico conlleva una adaptación morfológica y fisiológica de la vegetación a una situación de déficit hídrico y a consecuencias negativas en la agricultura.
- * Es importante subrayar que el mes de junio es húmedo en un 100 0/o, pero julio es seco cada 5 años, lo que provoca un corto período seco hasta los primeros días de agosto. Esto aumenta las consecuencias negativas en el plano agrícola.
- * La mayor amplitud pluviométrica la presentan los meses de noviembre con 30 mm a 400 mm y mayo con 10 mm a 472 mm.
- * Obsérvese el porcentaje tan importante de 5 á 6 meses secos con respecto al menos 5 meses secos, que dan las medias de los 13 años.

En lo concerniente a la temperatura los promedios anuales son de 22 °C y la amplitud térmica de 5.7 °C.

V. CONCLUSION

Del análisis anterior de los datos pluviométricos y térmicos de cada formación vegetal podemos retener los siguientes cuatro resultados:

1. El verdadero clima de cada formación vegetal, únicamente podrá ser conocido por medio de un análisis de datos climatológicos que comprenda todo el conjunto de su área. En lo que respecta al presente estudio, hemos dado una aproximación de la ecología de las diferentes formaciones vegetales que se encuentran en el mapa fitogeográfico de la cordillera de Tilarán y la cuenca inferior del río Bebedero (Vargas, G. 1983a).
2. Para cada formación vegetal, se determinaron las amplitudes de la pluviometría y de la temperatura, es decir, las exigencias pluviométricas y térmicas bajo las cuales se desarrolla una formación vegetal, aunque a veces son alterados por otros factores ecológicos como los suelos, la exposición y la intervención humana como ya fue analizado.
3. La vegetación es el principal revelador de los factores del medio natural. Muestra el balance hídrico en forma más precisa que numerosas fórmulas que tratan de establecer la interrelación de la vegetación y el medio natural. Entre estas fórmulas tenemos las de Pemman (1950), Turc (1961), García y López (1970), Thornthwaite (1948), etc.
4. Las relaciones clima-vegetación que hemos establecido, permiten en una etapa posterior, dibujar mapas climáticos (isoyetas), a partir de mapas de vegetación, aunque debemos de tomar en cuenta las restricciones provocadas por la influencia de factores no climáticos. Los límites de las formaciones vegetales permiten una interpolación más precisa que la simple interpolación de estaciones meteorológicas. Este método tiene gran validez cuando la densidad de la red de estaciones es débil, cuando el país o región son complejas en el aspecto topográfico y microclimático y cuando existe una extensa cobertura vegetal en estado clímax (arbórea), como es el caso particular de nuestra región de estudio y de muchas otras áreas forestales de Costa Rica que por su localización en regiones montañosas o poco accesibles, carecen totalmente de datos climáticos.

BIBLIOGRAFIA

- AINSLIE, L. R. The physiography of southern Nigeria and its effects in the forest flora of the country. Oxford forest memory. 1962, 5, Oxford.
- AUBREVILLE, A. Climat, forêts et desertification de l'Afrique tropicale. París, 1949, 351 p.

- _____. Conferencia sobre ecología forestal tropical. Turrialba, CATIE, mimeografiado, traducido del francés por J.M. Montoya Maquín, 1965.
- _____. Conception modernes en bioclimatologie et classification des formations végétales. *ADANSONIA*, 5 (3), 1965, pp. 297-306, París.
- DE MARTONNE, E. Nouvelle carte mondiale de l'indice d'aridité. *Annales de Geographie*, 1942, pp. 241-250, París.
- DOBREMEZ, J. F.; VARTANIAN, M. C. Climatologie des series de végétation des Alpes du Nort. *Documents de cartographie ecologique*, 13 (29-48), 1974, Grenoble.
- EMBERGER, L. Essai d'une classification des groupemens végétaux. *Rev. Gén. Bot.* 42, pp. 641-662, 1980.
- GARCIA, L.; LOPEZ, L. Fórmula para el cálculo de la evapotranspiración potencial adaptada al trópico (15°N-15°S). *Agronomía tropical*, 19 (5), 1970, pp. 335-345.
- GAUSSEN, H. Les cartes de la végétation. *Travaux de la section scientifique et technique de l' Institut français de Pondichery*, (Pondichery) 1, 2, 1957, 51-87.
- _____. Emploi des couleurs en cartographie de la végétation in: *Colloque Internationale, Méthodes de la cartographie de la végétation*. Toulouse, CNES, 1961, pp. 137-145.
- _____. Ecologie et phitogeographie in Grassé P. -*Précis de Botanique*, París, Masson et Cie., 1963, pp. 921-972.
- GAUSSEN, H.; BAGNOULS, F. L' indice xerothermique. *Bull Asoc. Géog. Français*, N° 222-223, 10-16, 1952.
- GOUNOT, M. *Méthodes d'études quantitatives de la végétation*. París, Masson et Cie., 1975.
- IMN. Datos pluviométricos y térmicos. San José, Instituto Meteorológico Nacional, 1968 a 1982.
- HOLDRIDGE, L. R. Determination of world plant formation from simple climatic data. *Science*, 105: 267-363, 1947.
- _____. Ecological indication of the need dor a new approach to tropical land use. *Economic botanic*, 13, 1959, pp. 271-280.
- _____. The determination of atmospheric water movements. *Ecology*, 43 (1), 1962, 1-9.
- _____. *Ecología basada en zonas de vida*. Turrialba, Editorial IICA, 1978, 216 p.
- ODUM, P. E. *Ecología*. México, Editorial Interamericana S. A., 1972.
- OZENDA, P. *Biogeographie végétale*. París, Editions Doin S. A., 1975.
- PEMMAN, H. L. Natural evaporation from open water, base soil and grass. *Proceeding Royal Society of London. Serie A*, 193, 1948.
- PLANTEFOL, L. Etude biologique de l' *Hypnum triquetum*. *Am. Sc. Nat. Botanique*, 10° Serie, IX, 1, 263, 1925.

REY, P. Initiation a l' utilisation scientifique et pédagogique des cartes de la végétation. París, CNRS, 1958.

_____. Essai de Phytocinetique biogéographique. Toulouse, Thèse, 1960.

ROUGERIE, G. Biogeographie des montagnes. París, SEDES, 1968.

SCHNELL, R. Contribution a une étude phytosociologique et phytogéographique de l'Afrique occidentale: les groupements et les unités géobotaniques de la région guinéenne. Mélanges bot. Memoire de l'Institut. Franç. d'Afrique Noire, 1952, 18, 43-234.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a national classification of climate. The Geographical Reviews, 38: 55-94, 1948.

_____. Classifications climatologique et forestiere. Revue bois et forets des tropiques, N° 47, 1956.

TURC, L. Evaluation des besoins en eau d'irrigation, evapotranspiration potentielle. Annales agronomiques, 1961, 13-49, París.

VARGAS, G. Mapa fitogeográfico: cordillera de Tilarán y cuenca inferior del río Bebedero. San José, Instituto Geográfico Nacional, 1:200 000, en color, 1983a.

_____. Metodología para una cartografía fitogeográfica. Publicaciones geográficas del Informe semestral, Suplemento del volumen 29, Instituto Geográfico Nacional, 1983b.

Miguel Morán

RESUMEN

En este artículo se analiza la estructura productiva económica del sector agrícola en la zona de estudio y se describe la actividad agrícola y la industrialización impulsada y desarrollada en Nicaragua entre 1945-1975.

SUMMARY

This article analyzes the disproportionate productive structure of the agricultural sector in the study area and describes the agricultural and industrial activities developed by rural areas and the country and the industrialized sector.

Nicaragua: economía 1945-1975

RESUME

Dans cet article, on analyse la structure productive économique du secteur agricole dans la zone d'étude et on décrit l'activité agricole et l'industrialisation impulsée et développée en Nicaragua, entre 1945-1975.

Parte de la investigación fue financiada por el Fondo de la Universidad de Costa Rica para el estudio de la estructura productiva del sector agrícola en Nicaragua, 1945-1975.