

FENOLOGIA: FUNDAMENTOS Y METODOS

Mario Mejía Gutiérrez

Ing. Agr. M.Sc. Profesor Asociado - Fac. Ciencias Agrícolas. Palmira - Valle. Universidad Nacional de Colombia.

1. INTRODUCCION

1.1 Antecedentes.

A partir de 1980 el autor ha podido participar en una serie de investigaciones de carácter fenológico, orientadas principalmente al manejo de post-cosecha de frutales subexplotados, sean silvestres o sean cultivados.

Instituciones donde el autor ha colaborado en alguna manera alrededor de estas temáticas han sido: Universidad Nacional de Colombia - Sedes de Bogotá y Palmira; Corporación Araracuara - Campos Experimentales de San José del Guaviare y de Araracuara; Corporación Autónoma Regional del Putumayo.

El trabajo desde la Universidad Nacional de Colombia se ha venido realizando en las siguientes áreas y especies:

- Mocoa-Cordillera Centrooriental - Putumayo: Barniz de Pasto o mopa mopa - *Elaeagia*: clima andino medio, saturado, bimodal con dominancia monomodal.
- Planas - Meta y Vichada: árboles y arbustos de las sabanas de la altillanura disectada y de las "matas de monte": clima ecuatorial, húmedo, bimodal con dominancia monomodal.
- Palmira - Valle: inchí o cacay - *Caryodrendon*; castaño del Chocó o sapotolongo - *Pachira*; Caimarón o uva amazónica - *Pourouma*; borojó - *Borojoa*; árbol del pan - *Artocarpus*: clima andino bajo, subhúmedo, bimodal.
- Sabaletas - bajo Anchicayá - Buenaventura - Valle: Pacó - *Gustavia*; borojó - *Borojoa*; chiguazamia; naidí - *Euterpe*; milpesos o seje - *Jessenia*; Coronilla - *Belluccia*; árbol del pan - *Artocarpus*; clima ecuatorial, saturado, bimodal.
- Argelia-Valle: tomate de árbol - *Cyphomandra*; clima andino medio, húmedo, bimodal.
- En la Bibliografía de la presente lectura se citan algunos de nuestros trabajos, especialmente la

línea de especies alimenticias, arbóreas, promisorias, subexplotadas. La experiencia obtenida en tales investigaciones es la que se trata de compartir aquí.

1.2 Localización científica.

Los antecedentes acabados de mencionar se circunscriben al sector botánico de los fanerofitos. Desde el punto de vista ecológico, se limitan al campo de la autoecología. Ninguno de los antecedentes ha traspasado los límites de la fenología para adentrarse en áreas adyacentes de la fisiología y de la morfología de tejidos. El énfasis se ha puesto en fenología de la reproducción (floración, fructificación) y en el manejo utilitario de poscosecha (consumo y propagación).

1.3 Enfoque social.

Básicamente se trata de profundizar alrededor del conocimiento generado por culturas indígenas en el terreno de la aprehensión de los recursos alimenticios del entorno, sea en la fase silvestre, sea en la fase cultivada: de un lado, la selva podría llegar a entenderse como un sistema productivo ella misma; de otro, a partir de que las culturas indígenas suramericanas han domesticado a cultivo tantas especies como todas las demás culturas primitivas y modernas del resto del mundo juntas, nuestra investigación privilegia el énfasis en la modalidad del huerto habitacional o de las frutas, estructura de origen ritual - alimentario, cuya proyección le señala una capacidad resistencial demográfica del orden de 500 habitantes por kilómetro cuadrado, cifra intermedia entre la de 1.000 habitantes por kilómetro cuadrado atribuida a los "Campos alzados" de los Zenúes (Adams, 1980, en Botero, 1986), y de 70 a la "roza" itinerante (Cogwill, 1962, en Botero, 1986).

Frente a los modelos de producción basados en el arrase de la selva para dar lugar a cultivos y a potreros limpios, nosotros planteamos modelos agrícolas arbóreos y la comprensión de la selva como sistema productivo ella misma; frente a la carne de res, el pescado y la proteína vegetal; frente al monocultivo, los cultivos asociados y multiestrada;

frente a las verduras, las frutas; frente a modos norteamericanos y europeos, modos mestizos e indígenas; frente al modelo gringo alimenticio de trigo y carne de res, el modelo indio basado en raíces, frutas y pescado.

2. FUNDAMENTOS

2.1 Se entiende aquí fenología como aproximación a la descripción de las respuestas exteriores de las plantas a los estímulos ambientales, en particular, climáticos. En el caso de fanerofitos, generalmente son de interés las fases (fenofases) de cambio de corteza, defoliación, yemación vegetativa y su brotación, crecimiento de ramas, crecimiento de hojas, yemación floral y floración, fecundación, crecimiento de frutos y maduración de éstos.

Cuando el objetivo utilitario apunta hacia el aprovechamiento de semillas y frutas, entonces yemación de floración constituye fenofase fundamental; también, la localización de la fecundación,

puesto que de este momento en adelante el fruto crece y madura en períodos bastante precisos.

2.2 Aplicaciones.

Fenología constituye conocimiento básico alrededor de una especie. En general, el ciclo vegetativo compite con el ciclo productivo; durante la sucesión de las diversas fenofases, el interesado, si las conoce, puede intervenirlas en su beneficio mediante prácticas culturales (poda, riego, limpia, abonamiento) y acondicionarse para la fenofase utilitaria (generalmente la maduración de frutos). Valga como ejemplo el cuadro número 1 preparado sobre café a condiciones de Chinchiná: clima andino bajo, húmedo, bimodal.

En estas condiciones de clima andino bajo, húmedo, bimodal, el ciclo fenológico de café se resume como sigue: "durante la estación más seca del año, se producen cambios preliminares en la planta (aparición de nudos y de botones que eclosionan

CUADRO No. 1

Colombia, Chinchiná. Competitividad de fenofases en Café.

Ciclo Vegetativo		Ciclo Productivo	
Fenofases	Semana	Fenofases	Semana
Preparación de nudos	0		
Yemación	3		
Diferenciación de brotes	6	Preparación de yemas florales	6
		Diferenciación de yemas florales	9
		Crecimiento de flores	11
		Apertura de flores	13
Crecimiento de ramas	14	Ovulos	14
		Fruto medio (5mm. diámetro)	18
Crecimiento de hojas nuevas	23	Crecimiento final del fruto (diám. 12 mm)	26
		Maduración frutos	32
Fin del crecimiento de hojas	33		
		Recolección frutos	42
Maduración de hojas y yemas	42		

Fuente: Trojer, 1968.

ulteriormente); al principio de la temporada de lluvias, los botones comienzan a desarrollarse para abrirse en diez o catorce días; en el transcurso de la estación húmeda, donde las condiciones atmosféricas son variables, el fruto se desarrolla en concurrencia con otros crecimientos (ramas, hojas); la maduración comienza con el nuevo período de tiempo seco; el estado último de la maduración y de la cosecha tiene lugar ya sea en tiempo seco ya sea en tiempo lluvioso". . . "Los calendarios agroclimáticos indican una duración diferente para cada fenofase, variando el intervalo entre floración y cosecha desde 215 días para 5°N hasta 240 días para 11°N; los límites extremos pueden situarse entre 175 y 285 días." "Desde el punto de vista meteorológico se puede concluir que el ciclo principal de producción depende de la intensidad relativa de los períodos de tendencia seca: en ellos, durante uno o dos meses, la pluviosidad debe ser inferior siquiera en 50/o al promedio anual". (Trojer, 1968).

2.3 Fundamentos.

Aceptado que fenología haga relación con transcurso anual del tiempo (climatología), los siguientes fundamentos principales deben tenerse en cuenta en territorio colombiano:

- Fundamentos latitudinales, y con ellos las nociones de zona Intertropical de Convergencia, Circulación Atmosférica de Grandes Masas Regionales, y Ecuador Climático o Fenológico.
- Fundamentales altitudinales.
- Consideraciones orográficas.
- Fundamentos meteorológicos.

La combinación de estas diversas consideraciones y fundamentos climáticos y meteorológicos conducen a una regionalización del territorio colombiano con fines fenológicos, introduciendo así, una tendencia al orden y a la economía, dado que no tiene sentido plantear la descripción fenológica de cada especie útil en cada localidad particular.

El cuadro No. 2 propone una regionalización climática ecológica de Colombia compuesta por treinta y cuatro categorías. Para efectos de regionalización fenológica, debe tenerse en cuenta, además, el carácter bimodal o monomodal de la precipitación.

2.3.1 Fundamentos latitudinales.

Los trabajos de Trojer, 1968, en fenología de café, demuestran que el ecuador fenológico coincide con el ecuador climático.

En general, el carácter bimodal de la precipitación está gobernado en Colombia por la cobertura de la Zona Intertropical de Convergencia durante su doble desplazamiento latitudinal a través del año.

Al centro del desplazamiento anual de la ZITC se encuentra la zona del ecuador climático, al norte de éste dominan condiciones climáticas ecuatoriales de hemisferio norte; al sur del ecuador climático predominan condiciones climáticas ecuatoriales de hemisferio sur.

Así alrededor del ecuador climático, la tendencia húmeda del segundo semestre del año y la tendencia seca de principios de año se deben a condiciones dominantes de clima ecuatorial de hemisferio norte; en oposición, la tendencia húmeda del primer semestre y la tendencia seca de mitad de año son controladas por condiciones dominantes climáticas ecuatoriales de hemisferio sur.

Por la misma razón, en regiones desplazadas latitudinalmente hacia el norte con respecto al ecuador climático (costa caribe, por ejemplo) dominarán condiciones norteñas; y en regiones desplazadas hacia el sur (trapezio amazónico) dominarán condiciones sureñas.

Las consecuencias fenológicas de la localización regional al norte o al sur del ecuador climático son obvias.

Nuestra propuesta de localización del ecuador climático sobre Colombia es la siguiente, de occidente a oriente:

- Océano Pacífico: alrededor de 3°Norte.
- Territorio Andino: Andes Centrales, entre 3°N y 8°N.
- Llanura amazónica: alrededor de 1° a 2° Sur.

El método de la "suma de valores pluviales entre equinoccios" (Mejía 1982) permite dirimir la posición de un lugar con respecto al ecuador climático, como se ilustra en el Cuadro No. 3.

Cada región natural imprime su diferencial fenológico. En general, tendencias bimodales en la precipitación parecen generar condiciones para cosecha y mitaca mientras que tendencias monomodales crean condiciones para una sola cosecha anual.

Efectos latitudinales son detectables en el estudio de fenofases: por ejemplo, en café, el intervalo que separa la floración de la recolección varía entre 215 días a 5°N y 240 días a 11°N, con extremos entre 175 y 285 días, respectivamente; la duración del desarrollo de los frutos varía entre 145 días a 5°N y 200 días a 11°N; el proceso de maduración toma 30 o 40 días a 10°N y 70 días a 5°N (este proceso toma períodos más largos a medida que aumentan la altitud y la nubosidad). (Trojer, 1968).

Estadística meteorológica ofrecida en términos mensuales, puede enmascarar condiciones de veranillo, capaces de inducir mitacas en algunas especies: tal es el caso de regiones como Orinoquia,

CUADRO No. 2

COLOMBIA. CLIMA ECUATORIAL ANDINO

Clasificación con base en cocientes P/B y pisos altitudinales

Altitudes metros Rangos P/B	0-1.000 Ecuatorial (caliente)	1.000-1.500 Andino bajo (Cálido)**	1.500-2.000 Andino Medio (Templado)**	2.000-3.000 Andino (Frio)	3.000-3.500 Subpáramo	3.500-4.000 Páramo	4.000-4.750 Superpáramo	> 4.750 Nival
CLIMAS ANDINOS								
< 0.2	Desértido							
0.2 - 0.4	Seco	Seco	Seco	Seco				
0.4 - 0.8	Subhúmedo	Subhúmedo	Subhúmedo	Subhúmedo	Subhúmedo	*	*	*
0.8 - 1.6***	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	*	*	*
1.6 - 3.2	Muy húmedo	Muy húmedo	Muy húmedo	Muy húmedo	Muy húmedo	*	*	*
3.2 - 6.4	Pluvial	Pluvial	Pluvial	Pluvial		*		
6.4 - 12.8	Saturado							
12.8 - 25.6	Quasiacuático							
CLIMAS ALTOANDINOS								

* Situaciones posibles, aún no comprobadas por carencia de observatorios a tales altitudes.

** Modificación, según Arbinaga, 1984.

*** El punto de equilibrio hídrico teórico calculado es P/B 1.33 (Trojer, 1976).

NOTA: Los rangos altitudinales son aplicables con variabilidad de 100 a 200 metros arriba y abajo de cada uno de sus límites

Fuentes: Mejía, 1982 y 1983; Arbinaga, 1984.

CUADRO No. 3

Colombia. Método de la suma de valores pluviales entre equinoccios.

Localidad	Período equinoccial Sept. 23 - Marzo 21	Período equinoccial Marzo 21 - Sept. 23
Al norte del ecuador climático. Pueblo Bello. 10°26' N	Nov. - Abril: 527 mm.	Mayo - Oct.: 1.588 mm
Al interior del ecuador climático. Chinchiná. 4°53' N	Oct. - Marzo: 1.287 mm	Abril - Sept.: 1.273 mm
Del Sur del ecuador climático. Popayán 2°27' N	Oct. - Marzo: 1.345 mm.	Abril - Sept.: 623 mm.

Fuente: Mejía, 1982.

Amazonia y Caribe al occidente del río Magdalena. Por esta razón se aconseja adoptar períodos menores al mes (década, por ejemplo) en el análisis meteorológico.

2.3.2 Fundamentos altitudinales.

Desde este punto de vista es conocido que cada especie posee un rango óptimo altitudinal de crecimiento y producción, el cual es sugerido, a su vez, como localización ideal para la observación fenológica. La altitud es el principal causal de modificación del clima ecuatorial.

La adopción de alguna clasificación ecológica altitudinal confiable (Ver cuadro No. 2) constituye elemento guía en la regionalización para la investigación a condiciones andinas.

El Cuadro No. 4 compara cuatro propuestas de clasificación ecológica para los Andes colombianos, según rangos altitudinales. Arbinaga, 1984, anota que la concordancia entre diversas propuestas de clasificación es notable respecto de la mayoría de pisos altitudinales, excepto en el rango 1.400 - 2.000 m, donde "según nuestros análisis (especialmente la variabilidad de la precipitación y la distribución con la altura de la precipitación promedio) se pone de manifiesto un comportamiento climático de la zona templada (1.400 - 2.000 m.s.n.m.) suficientemente particular como para que merezca un tratamiento por separado". . .

Trojer, 1968, había captado aspectos de esta misma situación cuando dijo: "Se ha constatado que sobre las laderas de la Cordillera Central en Caldas, por donde pasa el ecuador fenológico, el ciclo productivo del café cambia bruscamente, al

interior de una zona poco extensa, con una diferencia de altitud de 100 a 200 metros solamente. Este cambio local aparece igualmente en la secuencia de las reparticiones de la pluviosidad y se explica por la acción del relieve".

2.3.3 Consideraciones Orográficas.

La exposición de las vertientes sea al oriente, sea al occidente, trae como consecuencia caracterizaciones climáticas con efectos fenológicos claros; por ejemplo, la doble producción anual de café en la zona del ecuador climático, sobre la Cordillera Central se resuelve en cosecha de Octubre-Noviembre y mitaca de Abril-Mayo al flanco oriental; mientras que el flanco occidental se caracteriza por cosecha en Abril-Mayo, con mitaca en Octubre-Noviembre. (Trojer, 1968).

Incluso en una misma microcuenca el lenguaje cafetero denomina mayera la vertiente occidental y octubreña la oriental.

Trojer, 1959, compara la exposición oriental de Salazar-San Isidro con la exposición occidental de Blonay, en la cuenca del Zulia: en el primer caso la principal tendencia seca se localiza anormalmente a mitad de año, mientras que en el segundo caso la principal tendencia seca anual ocurre dentro de lo normal regional, es decir a principios de año.

2.3.4 Fundamentos Meteorológicos.

Precipitación y brillo solar constituyen los dos elementos fundamentales en meteorología de climas ecuatoriales. Mientras que elementos del clima ecuatorial como humedad relativa, temperatura, presiones, alcanzan sus mayores variaciones en el

CUADRO No. 4

Colombia. Andes centrales. Comparación entre propuestas de clasificación ecológica, según rangos altitudinales en metros.

Caldas	Holdridge	Arbinaga	Mejía*
0 - 1.000	0 - 1.000	0 - 900	0 - 1.000
Cálido	Tropical	Cálido	Ecuatorial
1.000 - 2.000	1.000 - 2.000	900 - 1.400	1.000 - 1.500
Templado	Subtropical	Cálido moderado	Andino bajo
2.000 - 3.000	2.000 - 3.000	1.400 - 2.000	1.500 - 2.000
Frío	Montano bajo	Templado	Andino medio
3.200 - 3.700	3.000 - 4.000	2.000 - 2.800	2.000 - 3.000
Páramo bajo	Montano	Frío moderado	Andino
> 3.700	Páramo alto	Frío	Subpáramo
		> 3.600	3.000 - 3.500
		Páramo	Páramo
		3.500 - 4.000	3.500 - 4.000
		4.000 - 4.500	4.000 - 4.750
		Subalpino	Superpáramo
		Alpino	
		Nival	
		> 4.750	> 4.750
		Nival	Nival

* Ver cuadro No. 2, que sugiere tolerancias altitudinales del orden de 100 a 200 m entre pisos.

Fuentes: Mejía, 1982 y 1983; Arbinaga, 1984.

ciclo diario, precipitación y brillo solar - nubosidad expresan su comportamiento en el ciclo anual. Los procesos fenológicos responden básicamente al transcurso anual del tiempo.

2.3.4.1 Brillo solar.

La radiación solar que llega a la superficie de la tierra se compone casi totalmente (89^o/o) de brillo solar directo y de luz difusa (esquema ideal a 37^oN, según Trewartha et al, 1967). A condiciones ecuatoriales la luz difusa está presente en el ciclo diario durante un número de horas prácticamente igual a través de todos los días del año. Así la fracción variable de la radiación total está constituida por el brillo solar directo, cuyos valores son inversos a los de la nubosidad.

Según Trojer, 1976, el peso del brillo solar sobre la radiación total va desde 80^o/o bajo cielo totalmente despejado hasta un valor prácticamente nulo bajo cielo totalmente cubierto.

En consecuencia, Brillo solar, es el componente realmente significativo dentro del elemento Radiación; ésta, a su vez es la causa inmediata de la variabilidad climática ecuatorial tanto en el ciclo diario como en el ciclo anual.

En 1924 Angstrom ideó un método para calcular la radiación total realmente recibida en función de la duración del Brillo solar (Chang, 1967).

Black, en 1956, propuso un método para calcular la duración del Brillo solar a partir de la observación de la nubosidad. (Chang, 1967).

“En opinión de De Vries, 1963, desde el punto de vista biológico, sería preferible utilizar la radiación solar como factor climático fundamental, en vez de la temperatura, en la clasificación de los ambientes”. (Chang, 1967).

Ha sido Hans Trojer quien, en sus estudios climáticos realizados en Colombia, Costa Rica e Indonesia en el período 1954-1974, descubrió el cociente P/B como principal expresión de la climatología ecuatorial.

Con bastante frecuencia se presentan trabajos fenológicos a nivel ecuatorial contrastados contra temperatura promedio; isoterminia es condición normal en climas ecuatoriales; de allí que temperatura promedio no revista significancia en análisis fenológico; relaciones claras se han obtenido comparando procesos fisiológicos contra variaciones entre extremos diarios de temperatura; ejemplos: (a) formación de sacarosa en caña, directamente relacionada con la amplitud de extremos en el ciclo diario de la temperatura a nivel de 86^o/o; (b) brotación de esquejes de caña en directa y favorable relación con la duración de la temperatura mínima en el ciclo diario.

Cuando, como ocurre frecuentemente, se carezca de registros de brillo solar, puede apelarse a una aproximación a este concepto mediante el número y distribución de días carentes de lluvia.

2.3.4.2 Precipitación.

Tradicionalmente Precipitación ha sido el elemento meteorológico de obligada utilización en fenología; aparece como evidente la relación entre variaciones en el suministro de agua y variaciones en los procesos biológicos, en particular vegetales; en esta modalidad lineal de pensamiento, se ha hecho clásico en fenología el ejemplo aportado por Alvim (Del Valle, 1981) según el cual puede inducirse una floración en café diez días después de un riego fuerte; otro ejemplo clásico es el de la diferenciación de anillos de crecimiento en troncos de árboles durante la alternancia de temporadas secas y de temporadas húmedas de latitudes medias y altas.

En general hay relación inversa entre floración y precipitación (Del Valle, 1981, citando numerosos autores).

López y García, 1987, con la dirección del autor, realizando un seguimiento fenológico en árboles y arbustos de las sabanas y matas de monte sabaneras orinocenses, encontraron que, tanto en siemprevivas como en caducifolios, domina la tendencia a la floración durante la temporada seca (Diciembre-Marzo).

En zonas ecuatoriales húmedas, donde el suelo suministra sin límites agua a los procesos biológicos vegetales, Brillo solar constituye el más valioso auxiliar en el análisis.

Especies originarias de zonas húmedas con régimen de precipitación monomodal dominante (donde ocurre una cosecha por año) derivan a cosecha y mitaca si se las traslada a zonas de régimen bimodal; ejemplos: *inchí* - *Caryodendron* y *caimarón* - *Pourouma* colectados en el pie de monte de Amazonia Colombiana (régimen bimodal con tendencia monomodal dominante) y cultivados en ICA - Palmira - Valle (régimen bimodal nítido). Para *inchí*, ver Cifuentes y Soto, 1986, con la dirección del autor.

Pacó - *Gustavia superba* H B K Berg, observado en la zona central de Panamá (Mori y Kallunki, 1976) bajo un régimen monomodal dominante, generado a condiciones climáticas de trópico de hemisferio norte, florece sólo durante el primer semestre del año (Enero a Junio) con un máximo entre Mayo y Junio; mientras que la misma especie, observada en el Pacífico Central colombiano (Arango y Martínez 1987, con la dirección del autor), bajo un régimen bimodal en que dominan condiciones climáticas de trópico de hemisferio norte, hace

una floración principal coincidente con la de Panamá y una floración secundaria en el segundo semestre del año.

En cuanto al crecimiento de anillos en troncos de árboles en climas ecuatoriales húmedos, ha sido hallada una correlación positiva entre precipitación y crecimiento en regiones donde sean diferenciales tendencias húmedas con respecto a tendencias secas; Morales, 1970, en Manaus Amazonia, régimen monomodal; Kraglievich, 1980, cuenca del Anchicayá - Litoral Pacífico colombiano, régimen bimodal.

2.3.4.3 Cociente P/B.

En el comportamiento climático Precipitación y Brillo solar son inversos entre sí.

Ambos elementos están indisolublemente ligados en el transcurso anual del tiempo, como que Radiación es causa primera de Precipitación.

Arbinaga, 1984, analizando 32 estaciones meteorológicas del área jurisdiccional de la CVC—Valle del Cauca— Colombia, encontró una correlación del orden de 90 a 96^o/o (según pisos altitudinales) entre Precipitación y Brillo solar. Pero es más: Arbinaga, obtuvo ecuaciones del tipo $Y = B/P = m \cdot X + b$ mediante las cuales (conociendo Precipitación y Brillo solar) calculó los valores correspondientes de temperatura media, evaporación, humedad relativa y recorrido del viento, dentro de correlaciones cercanas al 100^o/o (variando sólo hacia el 74^o/o en el piso altitudinal 1400-2000 m. en cuanto a recorrido del viento). Queda demostrado a partir de estos resultados, sin lugar a dudas, que el equipamiento básico para la observación meteorológica a nivel ecuatorial debe centrarse en la medición de la radiación y de la precipitación.

En especies del sotobosque es de presumirse que la expresión del Brillo solar se desdibuje; no obstante, la fenología de tales especies es sensible al transcurso anual del tiempo, incluso en zonas pluviales; pro ejemplo, Añasco y Toro, 1986, con la dirección del autor, encontraron que la muestra masculina de chigua - Zamia (Cicadácea dioica alimenticia del sotobosque de la formación de natal en el Litoral Pacífico colombiano) parece indicar ciclos de presencia de conos masculinos cada año y medio, los cuales cumplen su papel exterior durante cinco meses apareciendo a partir de los picos máximos de pluviosidad.

El cociente P/B permite calcular la cantidad de agua que haya que agregar para reproducir en cada fenofase las condiciones de regiones húmedas cuando especies de esta procedencia se cultivan en regiones secas.

3. METODOS

3.1 Escogencia de la muestra.

Se ha utilizado generalmente el método de selección según orden de aparición tomando un individuo adulto por mancha o enclave, escogido aquél privilegiando la eficiencia de la observación, y cubriendo el recorrido necesario para obtener el tamaño de la muestra. Fournier y Charpentier, 1975, con su trabajo "El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de los árboles tropicales", han sido la referencia obligada en este punto (Vanegas, 1976; CESPEDESIA, 1978; Del Valle, 1981).

3.2 Tamaño de la muestra.

Este asunto tiene que ver con el sistema de polinización: el número de individuos a escoger como muestra varía con cada especie, según ésta sea hermafrodita autógena, hermádrodita de polinización cruzada obligatoria, monoica (con protoandria o con protoginia), o dioica.

Los tamaños de muestra recomendados en la bibliografía disponible corrientemente acerca de fenología ecuatorial parecen provenir de experiencias en especies hermafroditas, para las cuales generalmente no se especifica si son autógenas o de fecundación cruzada.

El hecho de que la especie sea silvestre o sea cultivada parece influir también en el tamaño de la muestra, en cuanto las especies cultivadas tienden a responder más homogéneamente que las silvestres al estímulo ambiental.

Hermádroditas silvestres parecen ser observables mediante muestras mínimas de cinco individuos y muestras normales de diez individuos (Fournier y Charpentier, 1975).

En general, hermafroditas autógenas cultivadas requieren los menores tamaños de muestra (alrededor de cuatro individuos) y dioicas silvestres los mayores tamaños.

Monoicas de polinización cruzada obligatoria (bien por protoginia o por protoandria, fenómeno tan común en palmas) funcionan realmente como dioicas, y en ambos casos se requiere de los mayores tamaños de muestra (alrededor de veinte individuos para el caso de la palma silvestre milpesos o seje *Jessenia*: Collazos, 1987, con la dirección del autor.

En el caso de dicotiledóneas dioicas parece ser que plantas masculinas "merecen" un tamaño menor de muestra con respecto a plantas femeninas (se sugiere una relación de 1 a 2, respectivamente, en este caso): así, por ejemplo, en borojó parece ser planteable una muestra mínima de dos machos

y de cuatro hembras, y normal una muestra de cuatro a cinco machos por cinco a diez hembras. Cifuentes y Soto, 1986, con la dirección del autor, obtuvieron resultados satisfactorios en fenología de inchi - *Caryodendron*, euforbiácea dioica productora de una nuez altamente alimenticia, utilizando una muestra de cuatro hembras y cinco machos, que observaron durante cuatro años.

El hábitat particular en que se desarrolle cada individuo, influye también en el tamaño de la muestra: parece ser que, dentro de una misma especie, individuos a la sombra diferencian su fenología de individuos al sol; de otro lado especies del sotobosque parecen necesitar muestras de mayor tamaño que especies del dosel o cúpula, según se desprende del trabajo antes citado (Añasco y Toro, 1986) en Chigua, cicadácea dioica, por el cual se concluye que una muestra mínima estaría constituida por diez machos y diez hembras; en esta especie los machos mostraron un comportamiento más claramente comparable contra precipitación que las hembras.

3.3 Frecuencia de las observaciones.

Depende, por una parte, del hábito de crecimiento de cada especie: (hierbas, por ejemplo requieren las mayores frecuencias, si se las compara con leñosas), y, por otra, del desarrollo de cada fenofase (por ejemplo, localizar el momento en que un estigma ha sido fecundado requiere observaciones diarias, lo mismo que las velocidades de crecimiento de yemas, hojas y terminales de ramas).

La rutina de la observación mensual, como frecuencia mínima, puesta tan en boga en fenología de árboles ecuatoriales, debe asumirse cautelosamente. Fournier y Charpentier, 1975, sugiere una frecuencia quincenal como práctica segura, y mensual como mínima aceptable. Trojer, adopta un ritmo semanal de observaciones en sus trabajos sobre café, 1968 A, y sobre cacao, 1968 B.

También parece existir consenso en que para lograr una idea fenológica general debe trabajarse un período mínimo de un año, es decir, un ciclo completo del transcurso anual del tiempo.

Cuando el objetivo fenológico apunta hacia el aprovechamiento de la cosecha, entonces floración constituye la fenofase fundamental, y en ella, la localización de la aparición del botón floral y de la fecundación: de estos momentos en adelante, respectivamente, tanto la flor como el fruto crecen, en períodos bastante precisos, en cada localidad - tipo. Sugeriríamos promover una frecuencia máxima de observaciones en la fenofase de floración (semanales, por ejemplo).

3.4 Cantidad de la observación.

Fournier, 1974, ha propuesto un método orientado a la expresión de observaciones mediante por-

centajes; si la observación es de tipo apreciativo, constituye falacia representarla numéricamente; si la observación es de tipo cuantitativo (que es lo más deseable) resulta secundario reducirla a artificios.

La cantidad de observación depende del hábito de la especie, de su tamaño, de la fenofase misma en observación. . .

En el caso de estructuras reproductivas sentadas sobre las ramas, (cacao, Belluccia, pacó, sapote Matisia) es preciso contar su número por unidad lineal, marcando cada tramo *debidamente* con el objeto de que la observación se haga cada vez sobre la misma área o línea; en café se marcarían nudos sobre líneas de madera productiva.

En el caso de estructuras terminales es preciso marcar un número de éstas suficientemente representativo del individuo, según su tamaño: en algunas especies es posible observar una gran cantidad de terminales, y en ocasiones todos ellos.

Cuando se quiere llegar a la expresión de promedios (número de semillas por fruto, tamaño y peso de frutos, tamaño y peso de semillas, ancho y largo de hojas nuevas, longitud de ramas en brotadura, número de pétalos o de estambres por flor, etc.) el tamaño de la muestra se obtiene mediante la sencilla norma de "llegar a la primera cifra promedio estable"; por ejemplo, en borjón se obtiene el promedio de 330 semillas por fruto mediante el conteo de ellas en alrededor de once frutos: contar más frutos no cambia el promedio de semillas significativamente. (Mejía, 1984).

En casos de obligada apreciación cualitativa, basta, para cada fenofase, señalar en el tiempo el principio y el final de la fenofase, y en especial su máximo.

3.5 Análisis.

Consiste, obviamente, en la comparación del desarrollo de las fenofases contra el de los elementos climáticos a través del tiempo. Está ligado, pues, a la frecuencia de las observaciones; en esta forma, fenología de hierbas requiere registros meteorológicos diarios, así como muestreos fenofásicos en cortos períodos.

Un observador, con cierta práctica, puede analizar en algunas fanerofitas registros de observaciones fenológicas mensuales contra registros meteorológicos de períodos menores (semanales, decadales, quincenales), precisando, así, puntos de diferenciación pertinentes.

Se recomienda realizar el análisis de fanerofitas individuo por individuo, con el objeto de preservar las manifestaciones de la diversidad en la muestra;

esta propuesta es antagónica con la de Fournier, 1974, que utilizando apreciaciones porcentuales en las observaciones, conduce a análisis de conjunto. En numerosas investigaciones fenológicas sobre frutas amazónicas publicadas en Acta Amazónica -INPA- Manaus, se adopta frecuentemente el análisis y la graficación de resultados individuo por individuo; ejemplo: Falcão y Lleras, 1980.

Los gráficos 1 y 2 sugieren, respectivamente, métodos de análisis cualitativo y cuantitativo dentro del contexto propuesto en el presente documento.

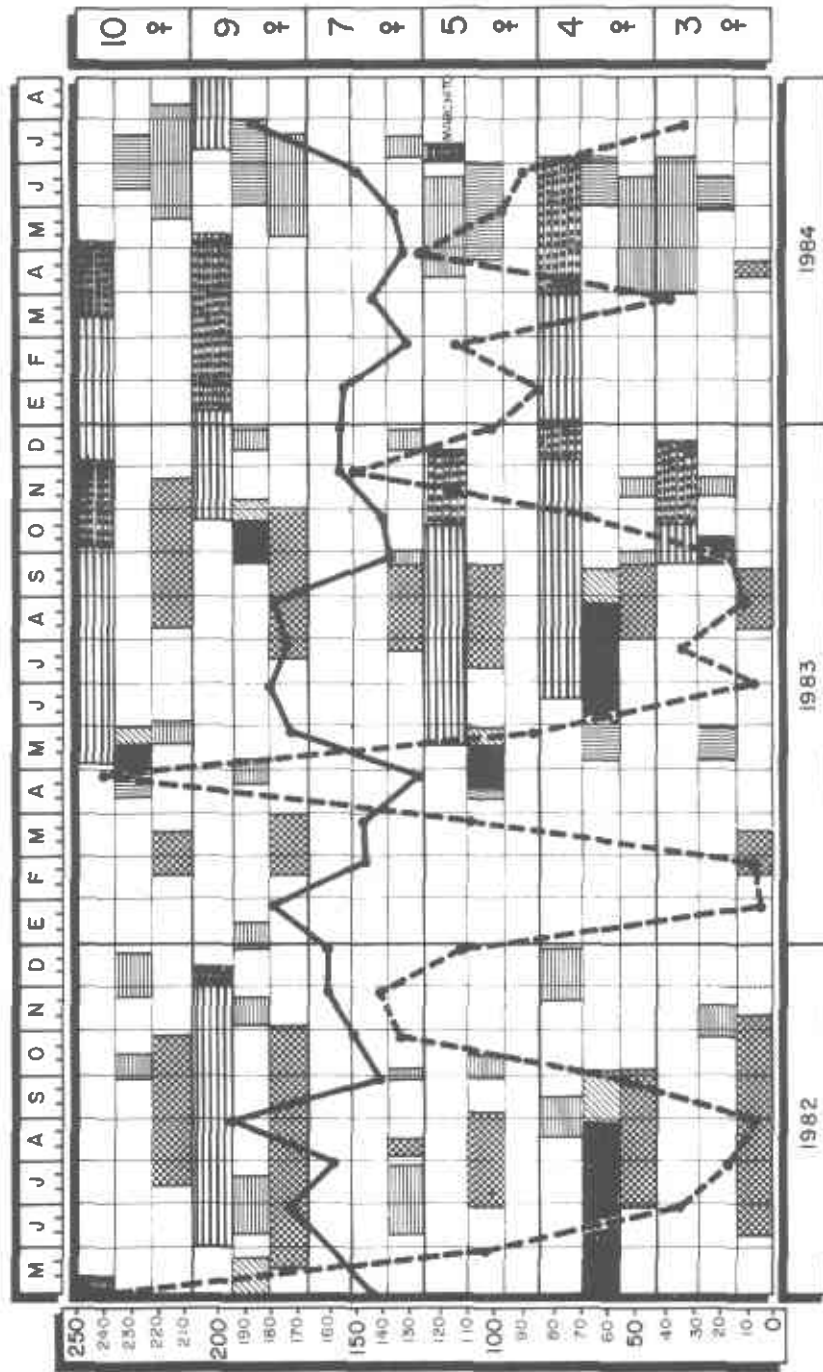
Los gráficos 1A y 1B ilustran en Inchi - *Caryodrendon* la diversidad fenológica entre individuos dentro de tendencias generales presumiblemente causadas por el transcurso anual del tiempo. En el caso de los gráficos 1A y 1B observaciones fenológicas semanales aparecen contrastadas con información meteorológica mensual, circunstancia esta última que obviamente enmascara eventos de menor duración al mes y que son los que realmente desatan los procesos fenológicos. Cifuentes y Soto, 1986, utilizaron en Inchi el contraste de observaciones fenológicas semanales contra períodos meteorológicos de siete días, en cuanto Precipitación y Brillo Solar, obteniendo relaciones muy estrechas entre fenofases y transcurso anual del tiempo, durante

cuatro años de observaciones a condiciones de la Granja ICA - Palmira, régimen bimodal, clima andino bajo, subhúmedo.

Los gráficos 2A y 2B ilustran en Borojó - *Borojó*, (a condiciones de Buenaventura - bajo Anchi-cayá - Sabaletas, clima ecuatorial, pluvial saturado, régimen bimodal) la diversidad individual fenológica, dentro de tendencias generales coincidentes aparentemente regidas por el transcurso anual del tiempo. En el caso de los gráficos 2A y 2B observaciones fenológicas mensuales de apreciación visual de la fenofase de botón floral se contrastan con registros meteorológicos decadales, los cuales permiten hallar una relación directa y estrecha entre Brillo Solar y diferenciación de yemas vegetativas a florales: los máximos de Brillo solar coinciden con los máximos de botones florales, precediendo los picos de Brillo solar en dos a tres semanas a la visualización de los botones florales; en climas húmedos, donde el abasto de agua a las plantas es ilimitado, Brillo solar constituye un excelente elemento de contraste.

Tanto en Inchi (gráficos 1A y 1B) como en Borojó (gráficos 2A y 2B), dioicas ambas especies, la floración de los machos precede a la de las hembras y abarca períodos más prolongados.

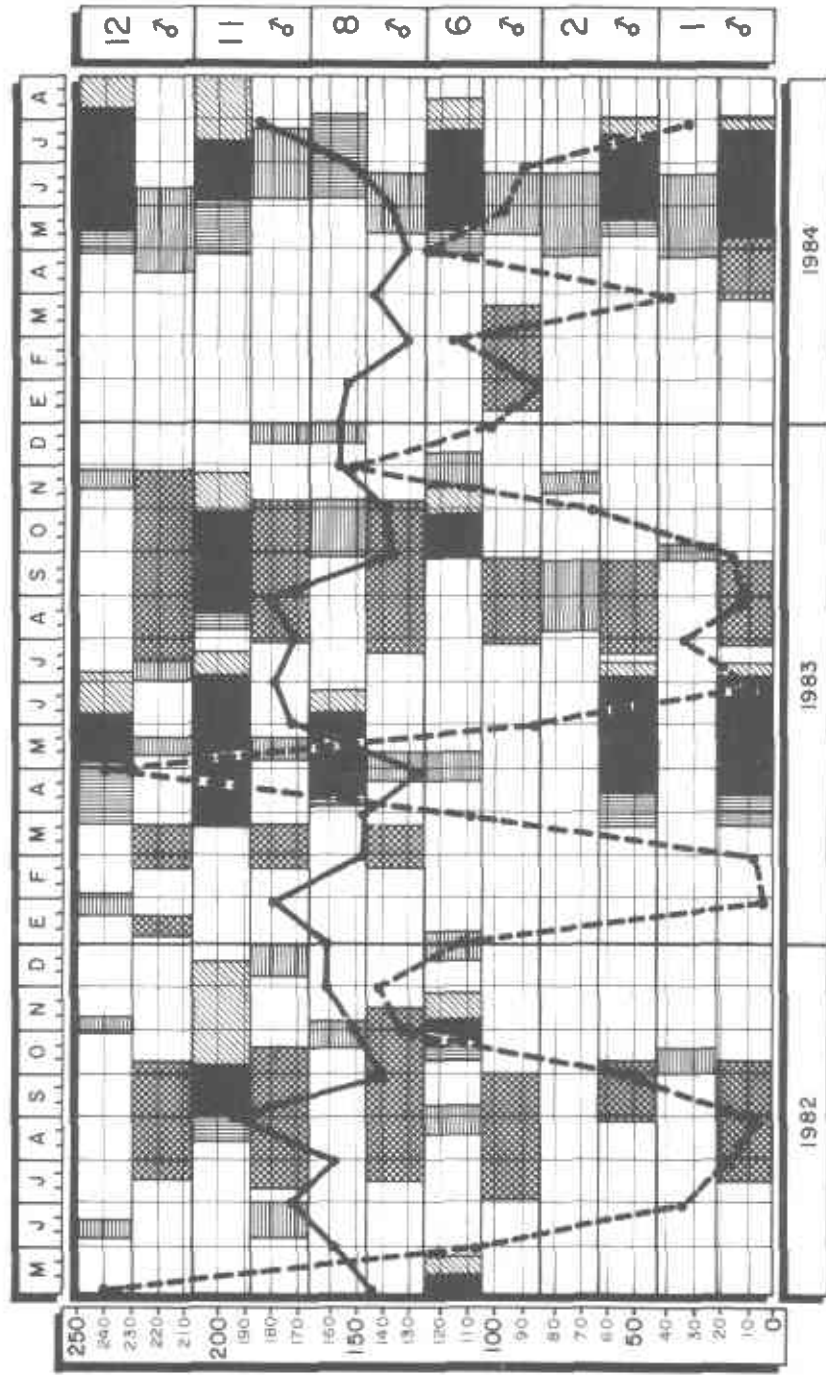
COLOMBIA. PALMIRA. GRANJA ICA. FENOFASES EN INCHI: ARBOLES HEMBRAS (♀)



CONVENCIONES:

- DEFOLIACION
- FRUTOS INMADUROS (constr.)
- FRUTOS MADUROS (constr.)
- INICIO FLORACION
- TERMINO FLORACION
- PRECIPITACION (mm)
- BRILLO SOLAR (horas-luz)
- BROTADURA

COLOMBIA. PALMIRA. GRANJA ICA. FENOFASES EN INCHI : ARBOLES MACHOS (♂)



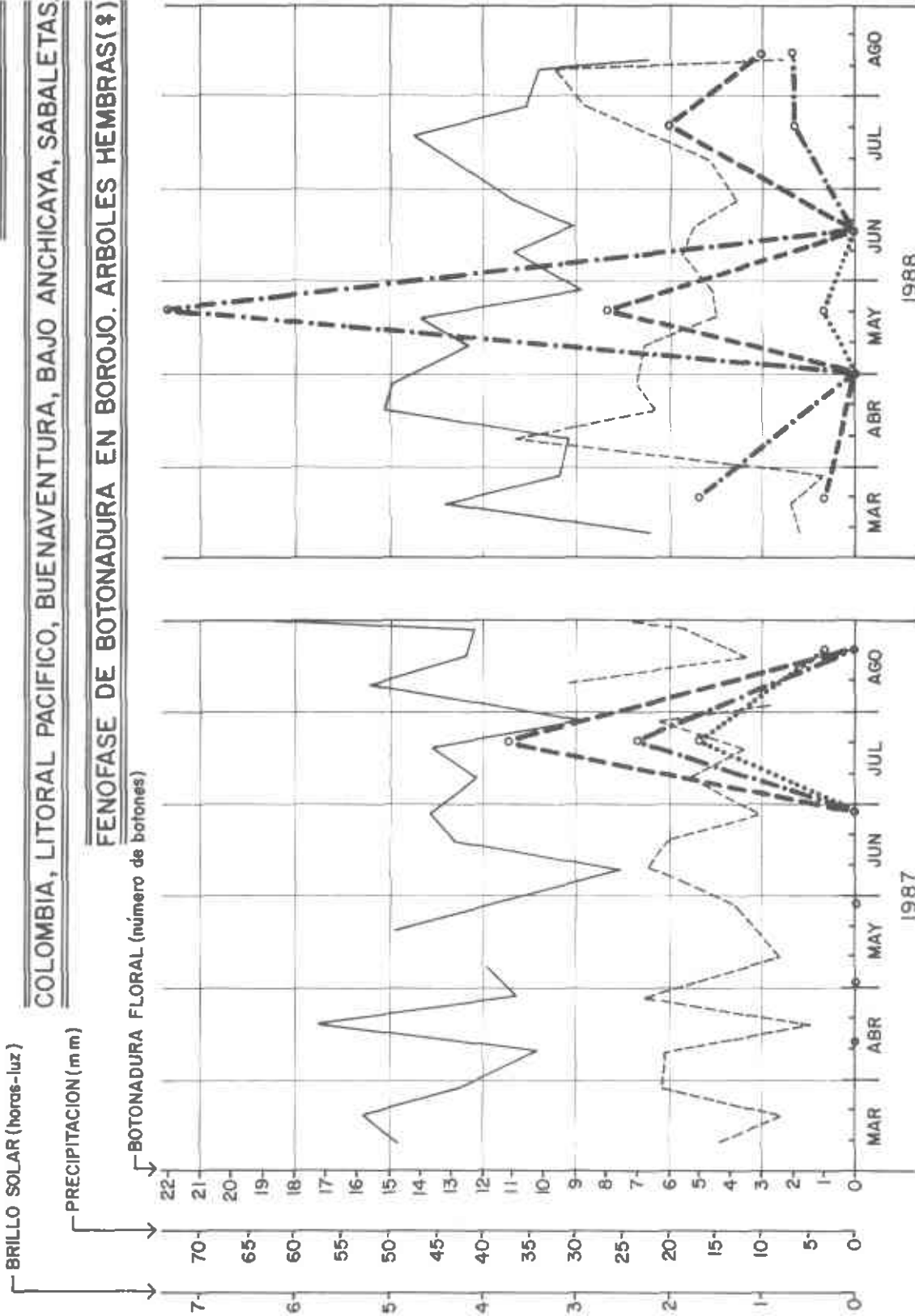
CONVENCIONES :

- DEFOLIACION
- PRECIPITACION (mm)
- INICIO FLORACION
- FLORACION TOTAL
- BRILLO SOLAR (neros-lux)
- TERMINO FLORACION
- BROTADURA

GRAFICO No. 2A

COLOMBIA, LITORAL PACIFICO, BUENAVENTURA, BAJO ANCHICAYA, SABALETAS.

FENOFASE DE BOTONADURA EN BOROJO. ARBOLES HEMBRAS (♀)

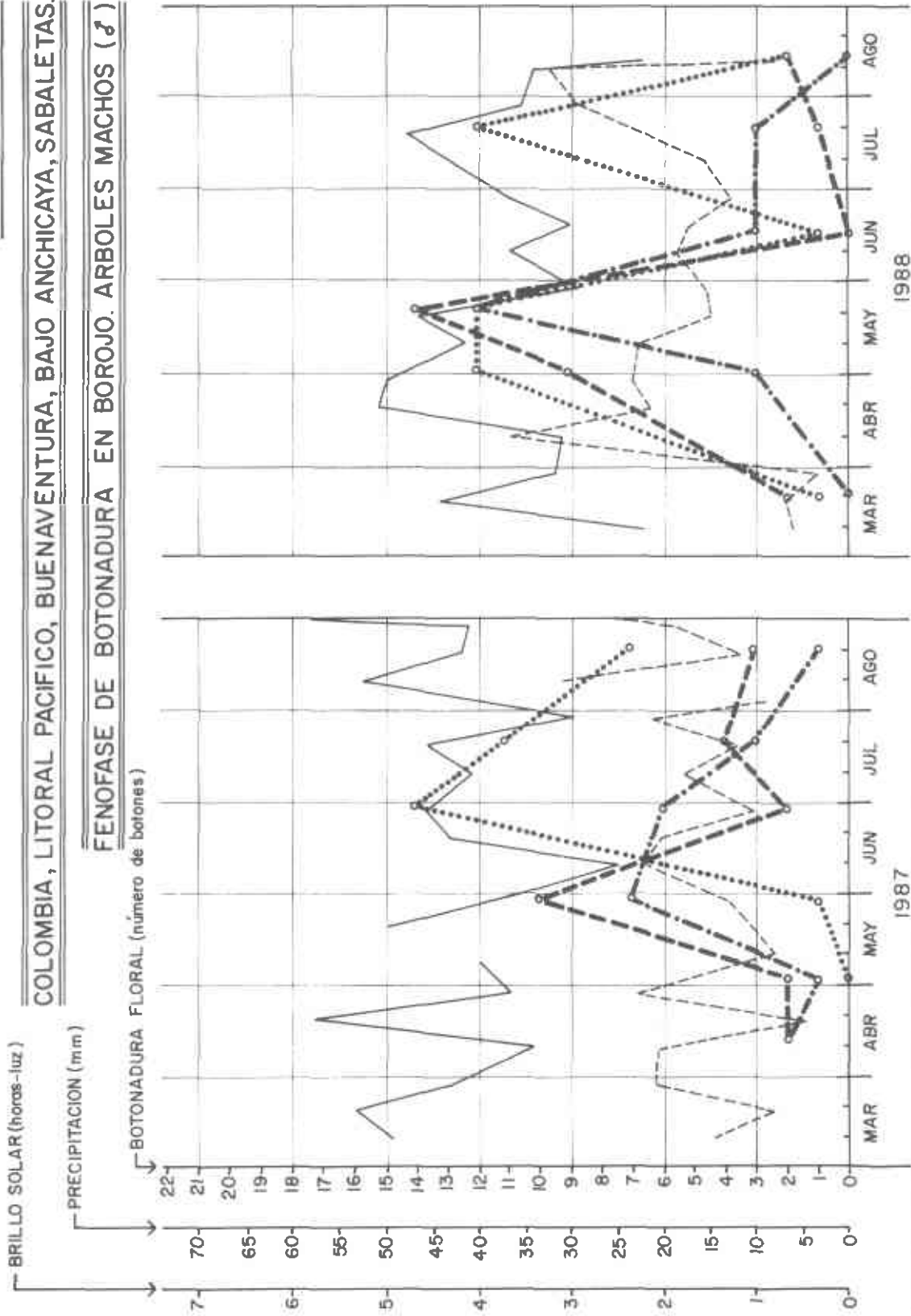


CONVENCIONES:

- INES A (PROMEDIO)
- PRECIPITACION : mm / 10 días (PROMEDIO) - - - - -
- INES B - - - - -
- BRILLO SOLAR : horas / 10 días (PROMEDIO) ———
- DAVID - - - - -

COLOMBIA, LITORAL PACIFICO, BUENAVENTURA, BAJO ANCHICAYA, SABALETAS.

FENOFASE DE BOTONADURA EN BOROJO. ARBOLES MACHOS (♂)



CONVENCIONES :

INES MACHOS MACHO 2 ----- MACHO 5 -----
 PRECIPITACION : mm /10 días (PROMEDIO) ----- BRILLO SOLAR : horas /10 días (PROMEDIO) -----

BIBLIOGRAFIA

- Añasco, Jesús Alfredo y Toro, Carmen. 1986. Contribución al conocimiento de la chigua - *Zamia chigua* Seem. Universidad Nacional de Colombia - Palmira, tesis de grado, 114 págs. y dos gráficos anexos, mecanograf.
- Arango, Jhon - Jairo y Martínez, Jorge - Luis. 1987. Contribución al conocimiento del pacó - *Gustavia superba* HBK Berg. Universidad Nacional de Colombia - Palmira Tesis de grado, 106 págs. y anexos por 12 págs. Mecanogr.
- Arbinaga, Alextu. 1984. Clasificación agroclimática preliminar del área jurisdiccional CVC. (Borrador de discusión), Instituto de Piscicultura Tropical, Buga-Valle, 62 págs.
- Botero, Pedro-José. 1986. Adecuación prehispánica del paisaje y los suelos. CIAF, Bogotá, 29 págs y 5 págs. de figuras. Mecanogr.
- CESPEDESIA. 1978. Fenología vegetal colombiana. INCIVA, Cali, 7 (25-26): 5-177.
- Cifuentes, Luis Eugenio y Rodrigo Soto. 1986. Fenología y manejo de poscosecha del Inchi - *Caryodendron orinocense* Karst. Universidad Nacional de Colombia - Palmira, tesis de grado, 108 págs. y anexos por 16 págs. mecanogr.
- Collazos, María Elena. 1987. Fenología y poscosecha de milpesos - *Jessenia bataua* (Mart.) Burret. Universidad Nacional de Colombia - Palmira, Tesis de grado, 125 págs. mecanogr.
- Chang, Jen-Hu. 1967. Climate and agriculture: an ecological Survey. Aldine Publishing Co., Chicago, 303 págs.
- Del Valle - Arango, Jorge Ignacio. 1981. Fenología. Universidad Nacional de Colombia-Medellín, 46 págs., Mimeogr.
- Falcão, M. de A. y Lleras E. 1980. Aspectos fenológicos e de produtividade do umari (*Poraqueiba sericea* tulasne). En Acta Amazónica, 10 (3): 445-462.
- Fournier, Luis. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. En Rev. Turrialba. 24 (4): 422-423.
- Fournier, Luis A. y Charpantier, Claudia. 1975. El tamaño de la muestra y la frecuencia de las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. En Rev. Turrialba, 25 (1): 45-48.
- Kraglievich, Jorge. 1980. Estudios dendropluviométricos preliminares en la cuenca del río Anchicayá. CVC - Cali, 44 págs., 16 figuras y 10 láminas, mecanogr.
- López - Arévalo, Jaime - Edgar y García - Pinzón, Marco - Rubén. 1987. Árboles de la altillanura orinocense promisorios para el potrero arborizado. Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Agronomía - Bogotá, 183 págs. y anexos por 16 págs. mecanogr.
- Mejía - Gutiérrez, Mario. 1982. Contribución al conocimiento de la climatología colombiana. En Rev. Geografía, Departamento de Geografía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 3: 9-160.
- Mejía Gutiérrez, Mario. 1982 y 1983. Clasificaciones climáticas y clasificaciones ecológicas para el uso de la tierra. Universidad Nacional de Colombia, Palmira Valle, 32 págs.
- Mejía Gutiérrez, Mario. 1984. Borojó: fruta ecuatorial colombiana. En Rev. Colombia Amazónica. Corporación Araracuara, Bogotá, 1 (2): 89-106.
- Morales F., Vicente - Haroldo. 1970. Periodicidade de crescimento do tronco em árvores da floresta amazônica. En Rev. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 5: 315-320.
- Mori, Scott - A. y Kallunki A. Jacquelyn. 1976. Phenology and floral biology of *Gustavia superba* (Lecythidaceae) in central Panamá. En Biotropica, 8 (3): 184-192.
- Ruales, Doris. 1988. Fenología y manejo de poscosecha del Castaño del Chocó *Pachira acuática* Aublet. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, 114 págs.
- Trewartha, Glenn; Robinson Arthur and Hammond Edwin. 1967. Physical elements of Geography. McGraw-Hill Book Co., New York, 527 págs. y 9 mapas.
- Trojer, Hans. 1959. Fundamentos para una zonificación meteorológica y climatológica del trópico y especialmente de Colombia. En Rev. CENICAFE. Chinchiná - Colombia, 10 (8): 287-373.
- Trojer, Hans. 1968A. The phenological ecuador for coffee planting in Colombia. En UNESCO, Natural Resources Research, París, Vol. VII págs. 107-113.
- Trojer, Hans 1968 B. El clima y la producción de cacao en la finca "La Lola". Rev. CACAO, Turrialba Costa Rica, 13 (4): 2-9.
- Trojer, Hans. 1976. Weather classification and plant - weather relationship. ONU - FAO. Soil Research Institute, Bogor, Indonesia, 85 págs.
- Venegas - Tovar, Luis. 1976. Metodología para observaciones fenológicas. Inderena - PNUD - FAO. Proyecto Investigaciones y Desarrollo Industrial Forestal. Bogotá, 45 págs. mimeogr.