

ALGUNOS ASPECTOS BASICOS EN LA ECOFISIOLOGIA DEL CACAO

Alvaro Caicedo Arana*

1. INTRODUCCION

Para obtener una productividad óptima en cacao, se requiere conocer a fondo todas las variables que influyen directa o indirectamente en cada uno de los componentes básicos del sistema. La planta, como ente central, es en resumen el factor biológico sobre el cual operan una serie de fenómenos físicos, biológicos, bioquímicos y anatómicos que al interactuar entre sí, dan como resultado una variable cuantitativa expresada en Kg/árbol (Figura 1).

Por lo tanto, una parte esencial del sistema lo constituye la comprensión de la fisiología de la planta y los mecanismos de acción, que activan o alteran dicho proceso, en forma positiva o negativa sobre la variable de respuesta: "Productividad". Al analizar en detalle los diferentes fenómenos físicos, como son el clima (temperatura, agua, luz, etc.), la fenología del árbol (floración, brotación, cosecha, etc.) y la forma como el hombre interviene o modifica uno o varios de estos procesos, se da entonces una interacción de tipo ecofisiológico desde el punto de vista del complejo ambiental, clima y suelo, sobre la productividad vegetal, en donde el técnico y agricultor juegan un patrón protagónico.

2. PRODUCTIVIDAD DE CACAO Y REPRODUCTIVIDAD NETA VEGETAL

La productividad de cacao es comúnmente conocida como la cantidad de cacao producido por unidad de área y se expresa normalmente en kg de cacao seco/ha. Este concepto globaliza un todo en términos de resultado final. Cualquier cambio que se registre en términos de producción, entre materiales, Regiones Agroecológicas o de un año a otro, será el resultado de un determinado número de variables (clima, suelo, material, manejo, etc).

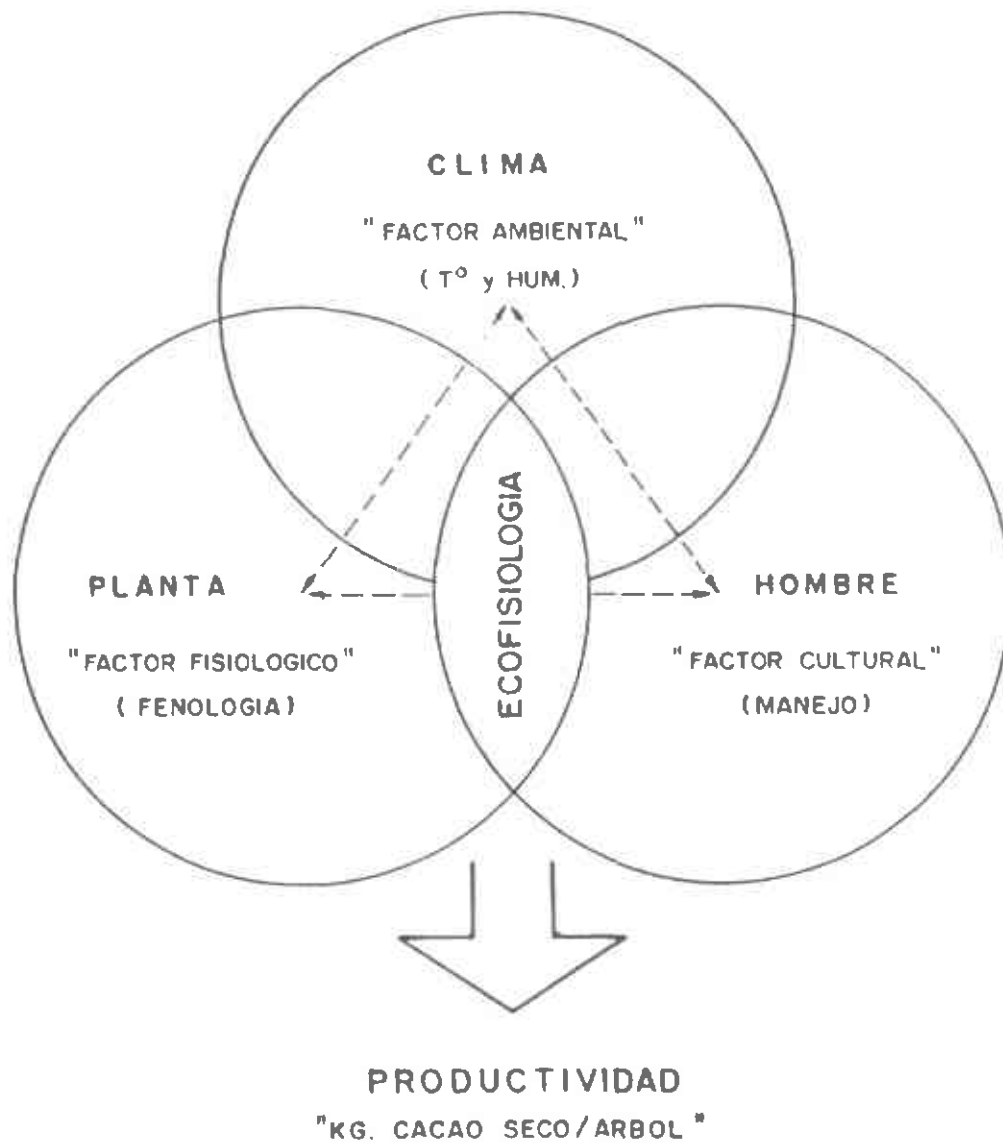


FIG. 1 MODELO BASICO INTERACTIVO DE PRODUCTIVIDAD EN CACAO

No obstante, en el criterio de productividad neta vegetal, contribuye una gran variedad de factores. Su definición no es tan importante como el concepto en sí mismo, pues ésta depende de la integración de una serie de procesos fisiológicos, bioquímicos, genéticos y morfológicos en la planta bajo influencia de los estímulos ambientales, especialmente clima y suelo; en donde dependiendo de la magnitud de los factores ambientales, así mismo se verá modificada la expresión genética, la cual se expresa fenotípicamente modificando la fenología del árbol.

En consecuencia, a nivel práctico se busca combinar condiciones óptimas de establecimiento en presencia de un excelente material de siembra. El manejo agronómico ecofisiológico trata de optimizar el índice de cosecha, expresado en términos de rendimiento económico sobre la variable de rendimiento biológico.

3. ASPECTOS FENOLOGICOS DEL ARBOL EN RELACION AL CLIMA (17,18)

3.1 Floración

Este proceso fisiológico está estrechamente correlacionado con diversos aspectos climáticos, (Figura 3), fundamentalmente con la variación entre períodos alternos de sequía y precipitación (hidroperiodicidad). No obstante la edad en que el cacao comienza a florecer varía dependiendo del tipo de material y prácticas del cultivo, lo cual puede oscilar entre el primero y cuarto año de plantado. Una característica del vigor híbrido en los materiales actualmente producidos para siembras comerciales es su temprana floración y fructificación, lo cual ocurre alrededor de los 18 meses. En términos generales podemos decir que la floración en cacao sigue un patrón estacional definido por la presencia de agua en el suelo, disponibilidad de carbohidratos en relación a la carga de frutos, brotación y elongación foliar y la temperatura (termoperiodicidad básicamente). Las bajas temperaturas, inferiores a 15°C y los períodos prolongados de sequía inhiben este proceso.

En regiones como la zona marginal cafetera de Caldas (1.200 m.s.n.m.)

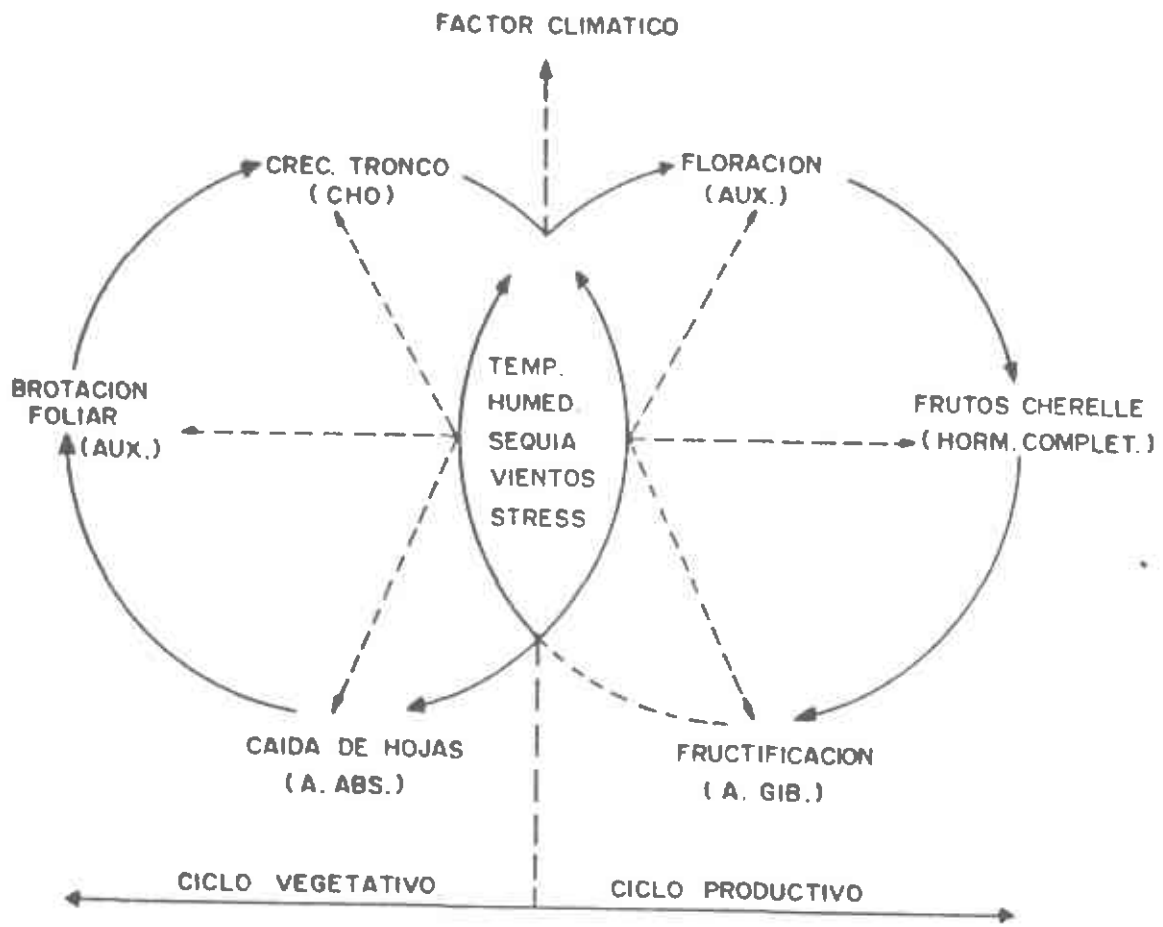


Fig. 3.
PROCESO FISIOLÓGICO DEL ÁRBOL DE CACAÓ EN RELACION AL FACTOR CLIMÁTICO

donde la temperatura fluctua poco y el régimen de lluvias está bien distribuido durante el año, el árbol florece continuamente, observándose dos períodos de intensa floración, responsables de los picos de cosecha. Situación similar se presenta en otras regiones del país, como ocurre en Lebrija, Santander y otras regiones de la zona marginal Cafetera.

Desde el punto de vista fisiológico, la floración está en función de la actividad del tejido cambial y éste a su vez de la temperatura (mayor actividad a temperaturas superiores a 23°C). Aunque la actividad foliar y floral son activadas por el mismo fenómeno físico (hidrotermo-periodicidad), primero se manifiesta fenológicamente la brotación y sólo cuatro semanas más tarde se activa este segundo proceso. La intensidad de la floración también está condicionada a otros factores, tanto de tipo hormonal como de disponibilidad de carbohidratos. La carga de frutos presente inhibe parcialmente la floración (ácido abscísico producido en las semillas de frutos desarrollados).

3.2 Brotación - Elongación Foliar

El árbol de cacao no crece todo el año como ocurre con otros árboles tropicales, se comporta como una planta intermitente de follaje permanente, alternando períodos de intenso crecimiento con reposo vegetativo. El número de brotaciones anuales está en función del tipo de material (factores genéticos) y aspectos de clima (variación estacional: lluvias y temperatura). El rompimiento del stress por sequía activa el fenómeno de brotación foliar tres o cuatro semanas después del evento. Así mismo, se observa una enorme caída de hojas viejas un poco antes o después del flujo foliar (concentración de ácido absicico-sequía), fenómeno estrechamente relacionado.

La longevidad de las hojas de cacao, en nuestro medio, alcanza un año o año y medio. La planta renueva parcialmente su follaje antes de cada emisión foliar. Este crecimiento es más intenso en sentido vertical, por consiguiente, la práctica de poda debe tener especial cuidado en regular la altura del árbol mediante despuntes de ramas superiores y poder permitir que los siguientes flujos foliares restituyan el área foliar fotosintéticamente activa.

Debido a que en el año se presentan 2 ó 3 emisiones foliares intensas y un número igual o ligeramente superior de emisiones foliares secundarias alternadas por períodos de reposo, la remoción de follaje deberá estar acorde con este proceso fenológico al interactuar con el clima como se observa en la figura 4. De esta forma se evitan alteraciones fisiológicas al hacer podas en épocas no apropiadas. Los períodos de mínima carga de frutos o el final de picos de cosecha, baja floración y reducida actividad foliar como también el fin de la época seca y el inicio de las lluvias, son considerados apropiados para realizar esta labor, su ocurrencia dependerá de este criterio en forma correlacionada, interdependientes y en armonía con el árbol.

Las emisiones foliares de árboles en condiciones de bosque húmedo tropical (BHT), como es el caso de Tumaco, Bajo Calima, Urabá y los Llanos Orientales, se ven influenciadas por las altas temperaturas y precipitación superior a los 2.000 mm/año. El vigor y ocurrencia de este proceso estimulado por el clima, demanda una mayor cantidad de carbohidratos en la formación de hojas y ramas a expensas de la producción. El índice de área foliar se incrementa notoriamente, observándose una mayor demanda de nutrientes, siendo la planta más exigente en nutrición y manejo cultural.

3.3. Fructificación

La producción está estrechamente relacionada con el crecimiento vegetativo. La competencia interna por carbohidratos entre frutos en crecimiento y las brotaciones foliares deprimen la fructificación cuando ésta tiene menos de tres meses. En términos generales se ha observado que cuando la edad de frutos supera los tres meses en promedio, la intensidad de la brotación se acentúa, igual situación ocurre con la floración como se anotaba anteriormente.

Estudios realizados en Caldas, sugieren que la competencia interna entre frutos en desarrollo es mayor a nivel del árbol (no a nivel de cojín) y mayor aún entre frutos de diferentes edades. El secamiento o marchitez de pepinos es el resultado de este proceso, aunado posiblemente al déficit de

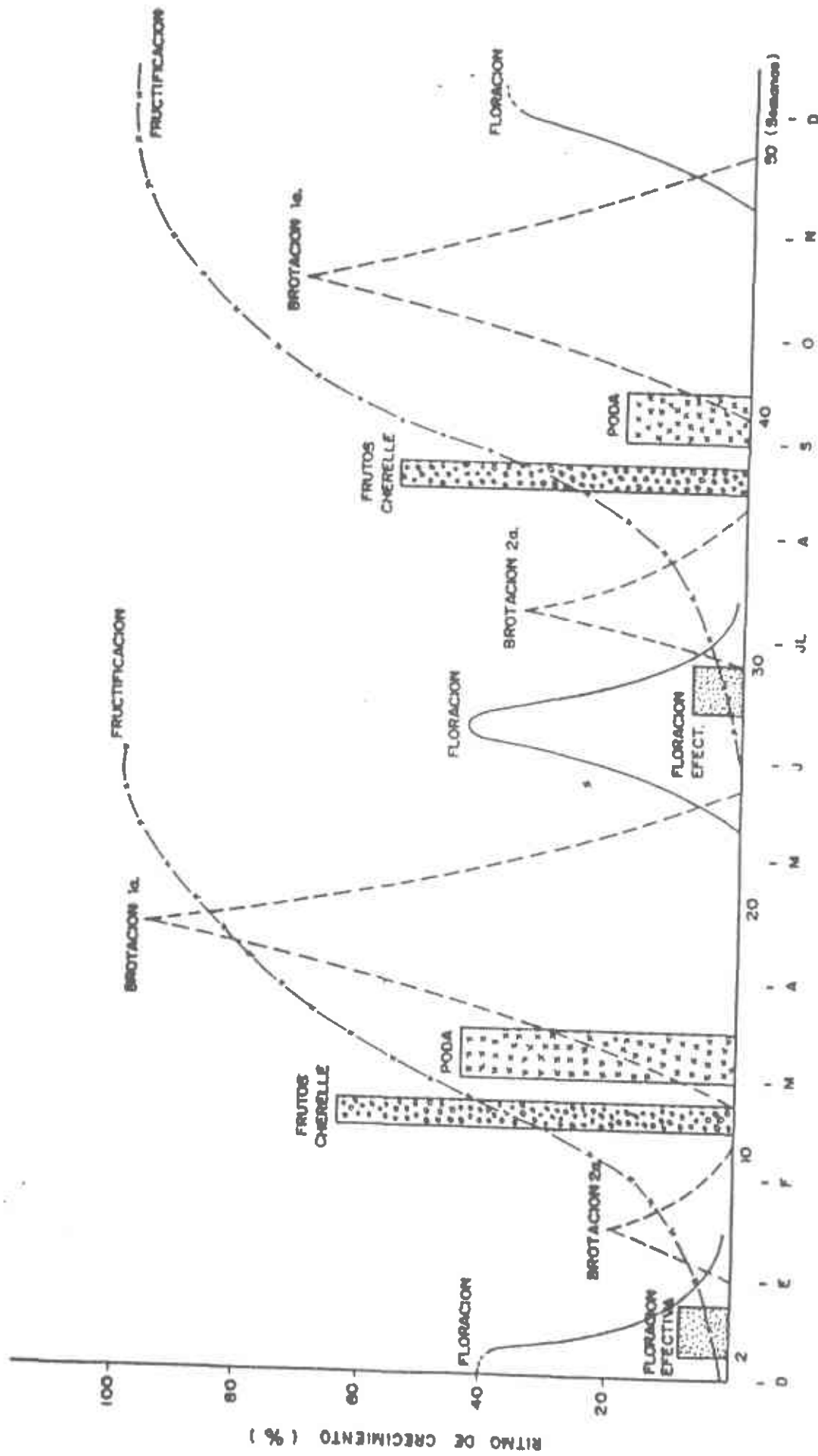


FIGURA 4 ESTIMATIVO FENOLOGICO DEL ARBOL DE CACAO EN TERMINOS DE DESARROLLO VEGETATIVO Y SU INCIDENCIA EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO ANUAL.

humedad del suelo o inhibidores de crecimiento (hormonas) en ciertas etapas de desarrollo, principalmente entre los 65 y 85 días de formado; época considerada como crítica en la formación del fruto.

Los déficits de humedad en el suelo son extremadamente perjudiciales al árbol afectando la producción, pues en todos los procesos interviene el agua hasta constituir finalmente el fruto.

El peso seco de un fruto de cacao es alrededor de 110 ± 20 gramos, se conoce que el 95% de su peso son carbohidratos elaborados y el 5% son minerales absorbidos del suelo. El llenado del fruto dependerá del área foliar, por lo tanto en una plantación el canopy deberá funcionar como un pánel continuo de captación de energía lumínica en el proceso de transformación a carbohidratos. Una reducción del área foliar (poda) en esta etapa crítica altera el proceso fisiológico observándose en corto tiempo la marchitez prematura de pepinos o descarga de frutos.

El concepto de la relación fuente-destino en la formación, transferencia y transformación de asimilados (carbohidratos a grasa) es eficiente en la medida en que el destino o zona de producción activa (1/3 medio del árbol) se le permita producir y canalizar rápidamente estos carbohidratos mediante el manejo de la altura del árbol.

Con respecto a los factores climáticos, las altas temperaturas aceleran el proceso de maduración de los frutos, el cual tarda de cuatro a siete meses en madurar (4-5 meses en Urabá, 5-6 en el Valle y 6-7 en Caldas). Aunque en nuestro medio se cosecha todo el año, se observan dos picos de producción, uno en mayor intensidad que el otro. Al desarrollarse el fruto de cacao se presentan dos fases, una de desarrollo volumétrico seguida de otra en incremento de materia seca. La primera fase es el período crítico y donde mayores pérdidas de pepinos muertos se presentan.

4. El Agua

Entre los elementos básicos del clima la disponibilidad de agua en el suelo, (calculada a partir del balance hídrico) y la disponibilidad de energía

expresada por la radiación solar y la temperatura son quizá los más importantes; por lo tanto la productividad fotosintética (fotosíntatos) dependerá de estos factores en relación a la fotosíntesis y el gasto en respiración (12).

Enríquez (7) considera que la planta de cacao es extremadamente sensible a la falta de agua, pues los estomas se cierran aún con pequeños cambios en el contenido de agua en ellos (3.3%), si la falta de agua es persistente sobreviene rápidamente la muerte de los tejidos y caída de hojas. La cantidad de agua "lluvia" que satisface al cultivo oscila entre 1.500 y 2.000 mm/año para las zonas más bajas y cálidas de 1.000 a 1.500 mm en zonas más frescas (7), como en el Valle del Cauca, Sur del Huila (Gigante, Garzón) y Tolima entre otros, la distribución de la lluvia juega un papel muy importante, debido a que si la época seca se prolonga relativamente en una zona, la cosecha se puede concentrar en períodos más cortos, mientras que en lugares donde no existe ese período durante todo el año con dos o tres picos no muy pronunciados.

Al estudiar las necesidades de agua del cacao, Alvim (2) señala a la "profundidad fisiológica o espacio radical" como de importancia primordial en la determinación de la capacidad del suelo para almacenar agua disponible para el crecimiento de la planta. Es necesario enfatizar en el régimen de lluvias y el balance hídrico debido a que los procesos fisiológicos como comportamiento estomatal, fotosíntesis, transpiración y crecimiento vegetativo, están afectados por este balance. Las respuestas fisiológicas y la producción parecen estar limitadas por la disminución de agua del suelo inferior al 60 - 70 % de humedad.

Además se han establecido correlaciones entre lluvia y la producción de cacao, encontrándose que la cosecha se correlaciona positivamente con las lluvias con cinco a siete meses de anterioridad a ésta; o sea que la disponibilidad de agua influye directamente en el llenado o formación de frutos especialmente en el período crítico (2,8) de mayor muerte de pepinos "Cherelle wilt" que ocurre entre los dos y cuatro meses de formación y llenado del fruto.

En algunas regiones bajas, como la zona plana de Urabá, Tumaco, riberas de ríos o Valles inundables donde se cultiva cacao, el nivel freático superficial limita el desarrollo radicular y por ende la toma de nutrientes, anclaje, aireación y toma de agua disponible para la planta, afectando la producción, crecimiento y desarrollo del árbol.

Estudios realizados en Bahía (16) en suelos hidromórficos, durante cinco años de observaciones, mostraron que en las áreas mal drenadas las cosechas fueron 60% menores que en el área moderadamente drenada y se presume que influye también sobre la distribución de las cosechas en el año.

De otro lado, se ha demostrado (Hardy 10) que los procesos fisiológicos que intervienen en la producción de mazorcas disminuyen progresivamente conforme la humedad del suelo baja de 50 a 70% del contenido total de agua "aproxivechable" y cesan completamente al punto de marchitez. Por lo tanto, al definir o seleccionar una zona o región para cacao se deberá tener conocimiento de la intensidad y duración de los períodos secos o húmedos con relación a la carga de frutos del árbol y su estado fenológico, ya que en casos severos puede presentarse hasta la muerte de los árboles.

Experiencias anteriores realizadas por García y Montoya (9) al relacionar la producción y los excesos hídricos en Costa Rica, permitieron establecer que los rendimientos anuales de cacao seco aumentan paralelamente a los excesos de agua en el suelo hasta alcanzar un nivel óptimo de 1885mm para decrecer cuando estos son mayores. No obstante podemos decir que la producción está en estrecha relación tanto a la precipitación en intensidad y distribución mensual, como el tipo de suelo, en capacidad de retención de humedad y textura (15). Se concluye que el cacao es poco tolerante a la sequía, pues sus hojas mueren al perder del 17 al 25% del agua contenida.

5. Radiación y Luminosidad

Los efectos de la radiación solar sobre los procesos fisiológicos de las plantas, pueden considerarse bajo dos aspectos principales: efectos térmicos o de calor y efectos lumínicos. Los efectos térmicos están en función de la temperatura del aire y del suelo y estos están estrechamente

relacionados con el crecimiento de los tejidos de la planta, la actividad metabólica y la transpiración (7, 10).

Los procesos de fotosíntesis, movimiento estomatal y expansión de células en ciertos tejidos, son señalados por Hardy (8), como los más importantes procesos que dependen del efecto lumínico de la radiación solar. No obstante, el comportamiento fisiológico del árbol, desde el punto de vista lumínico, se basa en las interacciones entre intensidad de luz (sombrio) fertilización y edad de la planta.

Ortíz y Rodríguez (14) establecieron que la radiación solar cobra importancia en el sostenimiento de los frutos 15 a 30 días anteriores a la ocurrencia del evento, se presume que la pérdida de frutos no solamente se le puede atribuir a la repartición de fotosintetizados hacia los frutos sino a la ubicación misma de ellos en el árbol.

El aumento de la productividad fotosintética, no significa necesariamente un aumento directo de los rendimientos. Sin embargo, para alcanzar la productividad máxima se requiere establecer un punto óptimo de equilibrio integrando las variables de producción (físicas y biológicas: agua, sombrío, nutrición, podas, etc) y que conforman el modelo de manejo de los rendimientos máximos.

BIBLIOGRAFIA

1. ALTIERI, M.A. 1983. Agroecología. Bases científicas de la agricultura alternativa. Universidad de California Berkeley. C.I.A.L. 185 p.
2. ALVIM P. de T. 1960. Las necesidades de agua del cacao. Revista Turrialba. Costa Rica. Primer Trimestre 10(1):6-16.
3. ARCILA, P. J. 1989. Fenología y su relación con el manejo de cultivos. En Seminario de actualización en fisiología de cultivos perennes de clima medio. Resúmenes CONALFI-ASOCIA. Manizales, Noviembre 20 y 21. 4p.
4. BARROS, N.O. 1981. Ecología y fisiología del cacao. En cacao. Bogotá (Colombia). ICA. Manual de asistencia Técnica No. 24. p 43-60.
5. CAICEDO, A.A. 1990. Ecofisiología del cacaotero y su relación con el manejo cultural. En Curso de actualización en cacao. San Vicente de Chucurí. Mayo. 7 p.
6. COMPAÑIA NACIONAL DE CHOCOLATES. 1988. Manual para el cultivo de cacao. 3a. edición. 140 p.
7. ENRIQUEZ, G.A. 1985. Curso sobre el cultivo del cacao. Catie, Costa Rica. 240p.
8. FRANCO, G.; Vega, O.A. 1987. Efecto del clima y el manejo sobre la producción del cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) en la vereda Santágueda, Palestina-Caldas. Tesis Universidad de Caldas. Facultad de Agronomía. Manizales. 94p.
9. GARCIA, J.B.; Montoya, M, J.M. 1973. Relación entre la magnitud de excesos hídricos y la producción de cacao (Theobroma cacao) en Turrialba, Costa Rica. Revista, Agronomía tropical. 22(1):57-66 pp.