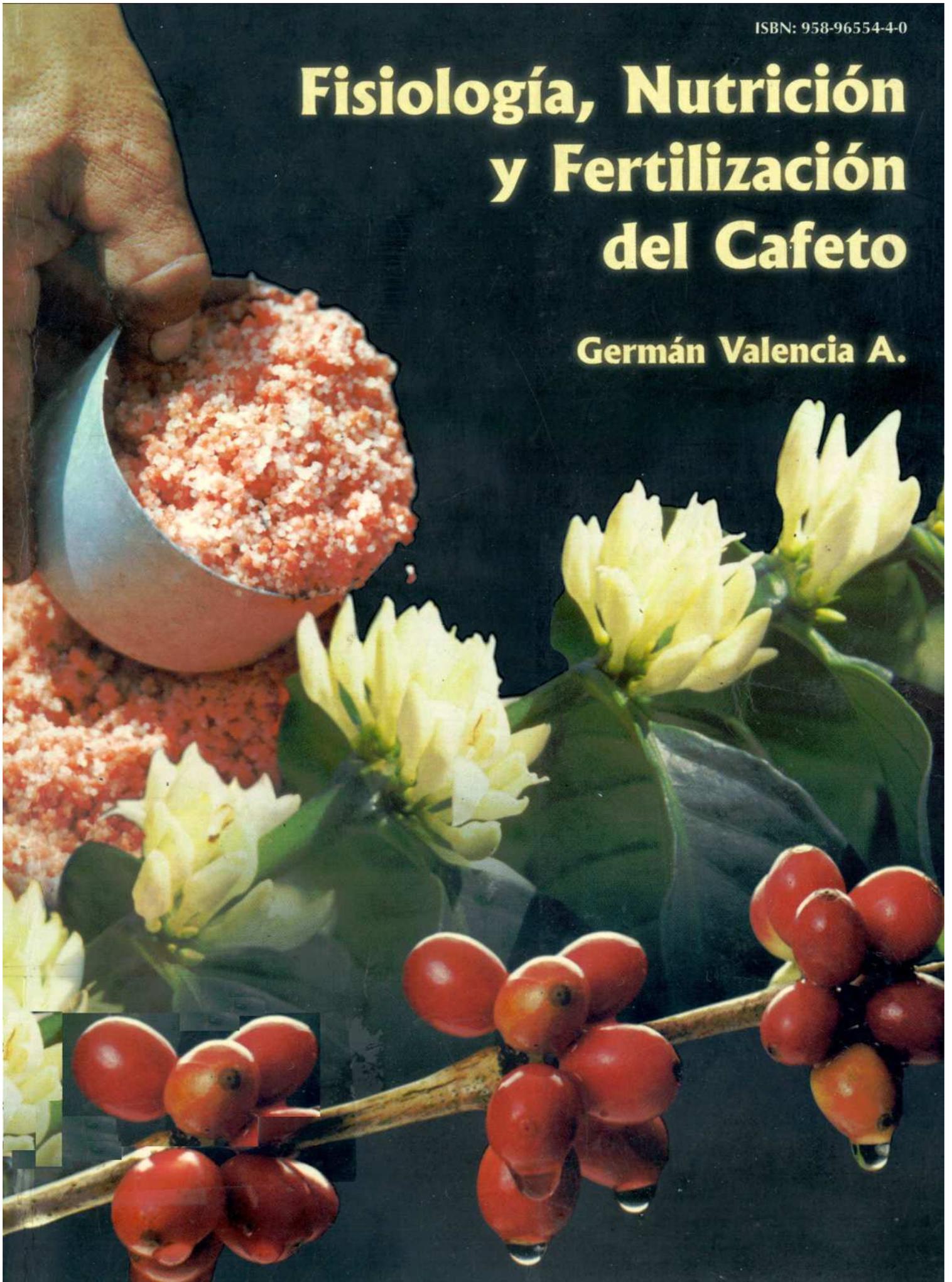


ISBN: 958-96554-4-0

# Fisiología, Nutrición y Fertilización del Cafeto

Germán Valencia A.



## GERMÁN VALENCIA A.

**I**ngeniero Agrónomo egresado de la Universidad de Caldas, con estudios de Postgrado ("Master of Science") en Nutrición de plantas, de la Universidad de Sao Paulo, Brasil. Ha sido investigador del Centro Nacional de Investigaciones de Café -Cenicafé-. Responsable de las áreas de Fisiología, Nutrición y Fertilización del Cafeto, al frente de las cuales se convirtió en la autoridad indiscutible sobre la materia. Conferencista en varios cursos internacionales. Autor de numerosos artículos técnicos en revistas especializadas. Actualmente Asesor Técnico de Agroinsumos del Café S.A.

# FISIOLOGÍA, NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN DEL CAFETO

Germán Valencia Aristizábal



**Agroinsumos del Café S.A.**

5B5Bc:xa

V14

Valencia A., G. Fisiología, nutrición y fertilización del  
cafeto. Chinchiná (Colombia), Agroinsumos del café S.A.  
- CENICAFÉ, 1999. 94 p.

ISBN: 958-96554-4-0

I. Título II. Valencia A., G.

1. Fisiología del café. 2. Nutrición mineral  
3. Fertilización del café 4. Deficiencias nutritivas



Edición  
HÉCTOR FABIO OSPINA O.  
Cenicafé

Diseño y Diagramación  
ANGELA C. MIRANDA C.  
Cenicafé

Fotografía  
GONZALO HOYOS S.  
GERMÁN VALENCIA A.  
Archivo de Cenicafé

Imprenta  
FERIVA, Cali

Noviembre de 1999

---

2.000 ejemplares

## PRESENTACIÓN

*En el umbral del tercer milenio, nada más importante que la revisión y recopilación de todas las técnicas que han contribuido al incremento de la producción de café en Colombia y que seguirán teniendo vigencia frente al compromiso gremial de hacer de aquella una actividad sostenible y mundialmente competitiva. Es por ello que la FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA y AGROINSUMOS DEL CAFÉ S. A., se complacen en presentar ante el último Congreso Cafetero del siglo que concluye, el manual titulado **“Fisiología, Nutrición y Fertilización del Cafeto”**.*

*La mayor parte de este material está constituido por resultados experimentales obtenidos en CENICAFÉ e información bibliográfica de la caficultura colombiana y de otros países. El contenido es el producto de 37 años dedicados a la investigación y estudios de actualización sobre fisiología, nutrición y fertilización de cafetales, todo lo cual le permite al autor proponer alternativas racionales económicas y ecológicas a los caficultores, acordes con las recomendaciones de CENICAFÉ.*

*Además de acoger los dos mandamientos de la buena cosecha relacionados con la fertilización -análisis de suelos y aplicación al voleo- el trabajo se propone hacer total claridad respecto de la interacción entre la oferta climática, las características físicas del suelo y la disponibilidad tecnológica del agricultor. A este respecto, es concluyente el autor al afirmar que no es posible corregir las restricciones físicas del suelo con la adición de mayor cantidad de fertilizantes. La cantidad por aplicar, estará en íntima relación con la cosecha esperada y ésta, con la oferta ambiental disponible (clima y suelo). La vocación productiva de una región o propiedad cafetera es única; su potencial real nunca podrá ser superado con la aplicación de mayores cantidades de fertilizantes, ni su límite máximo alcanzado sin la ayuda de aquellos.*

*Otro de los fines propuestos con el presente estudio, es el de contribuir a la reducción de los costos de producción a partir de una fertilización adecuada. De allí el empeño a lo largo del trabajo, en hacer una didáctica aproximación a las condiciones fisiológicas y nutricionales del café, que permitirán al personal técnico orientar al productor en el uso racional de los fertilizantes.*

*Para la adecuada difusión de los mensajes, resulta indispensable poder contar con el concurso del grupo de extensionistas de la Federación de Cafeteros, razón por la cual se entrega en esta ocasión, la que podríamos llamar una buena plataforma de discusión y estudio*

**ANTONIO HERRÓN ORTIZ**

Gerente Técnico

Federación Nacional de Cafeteros

**BERNARDO LONDOÑO ESTRADA**

Gerente General

Agroinsumos del Café S. A.

# CONTENIDO

## INTRODUCCIÓN

---

Uso de la energía solar en la agricultura .....	2
Los factores ambientales y la producción de los cultivos .....	3
Producción agrícola .....	4
Clima para el caféto .....	5
Función de producción agrícola .....	6

## REACCIONES FISIOLÓGICAS DEL CAFETO A FACTORES AMBIENTALES

---

El fruto y la semilla .....	7
Absorción de agua y nutrimentos .....	8
Transpiración en condiciones de libre exposición solar y bajo sombra .....	9
Balance hídrico del vegetal .....	10
Balance hídrico climático .....	12
Movimiento de estomas en el caféto .....	12
Fotosíntesis o fotólisis del agua .....	13
Crecimiento .....	13

## DESARROLLO DEL CAFETO

---

Conversión de flores a frutos .....	17
Dinámica del desarrollo foliar del caféto .....	17
Crecimiento de la hoja .....	17
Formación de hojas nuevas .....	18
Cantidad de hojas por árbol .....	19
Duración y caída de hojas .....	19
Área foliar .....	20
Índice de área foliar óptimo .....	21
Área foliar y producción de café .....	22
Producción de café por hectárea y por planta .....	22
Composición orgánica de las hojas .....	23
Desarrollo floral y antesis .....	23
Desarrollo del fruto y producción del café .....	23
Experimentación en café con reguladores de desarrollo .....	24

## TRASTORNOS O DISTURBIOS FISIOLÓGICOS EN EL CAFÉ

---

El «paloteo» del caféto .....	27
«Crespera» .....	28
Daños del biuret en el caféto .....	29
Toxicidad de boro en el caféto .....	30
Secamiento y caída de frutos tiernos de café .....	30
«Granos negros» y caída de frutos verdes de café .....	30
Daños por granizo en cafetales .....	31
Daños por descargas eléctricas en cafetales .....	32
«Golpe de sol» .....	32
Defoliación causada por <i>Cercospora coffeicola</i> en café .....	32

# CONTENIDO

## NUTRICIÓN

---

La zona cafetera colombiana .....	36
Suelos de la zona cafetera .....	37
Condiciones físicas del suelo .....	37
Equilibrio químico del suelo .....	38
Suelos para el café .....	39
Suelos <b>adecuados</b> para el café .....	39
Suelos <b>manejables</b> para el café .....	40
Fertilidad natural de los suelos de la zona cafetera .....	41
Sistema radical del café .....	42
Producción relativa de café .....	42
El pH del suelo y la disponibilidad de nutrientes para las plantas .....	45
Formas utilizables de nutrientes para las plantas .....	45
Función de los elementos minerales en la planta .....	46
Deficiencias minerales en el café y manera de corregirlas .....	48
Resistencia a enfermedades y nutrición .....	58
Análisis foliar .....	59
Sistema DRIS para análisis foliares .....	60

## RESULTADOS DE LA EXPERIMENTACIÓN CON ABONOS Y FERTILIZANTES

---

Uso de materia orgánica en café .....	62
Relación C/N en suelos de la zona cafetera .....	64
El azufre en la nutrición del café .....	66
El nitrato de potasio como fertilizante en café .....	67
Fuentes de potasio para café .....	68
Fuentes de magnesio para café .....	68
Elementos menores para el café .....	68
Degradación química de suelos .....	69
Enmiendas .....	72
Otras alternativas .....	74

## FERTILIZACIÓN DE CAFETALES

---

Fertilización .....	75
Modalidades de cultivo de café .....	76
Fertilización foliar .....	76
Fertilización radical o edáfica .....	76
Análisis químico de fertilidad de suelos .....	78
Interpretación de análisis químico de fertilidad .....	79
Cálculo de cantidad de nutrientes y/o enmiendas para café .....	80
Densidad aparente .....	81
Requerimientos nutricionales máximos del café .....	82
Oferta ambiental para producción de café .....	83
Fertilización modular del cafetal .....	85
Dominios de recomendación .....	86

## BIBLIOGRAFÍA

---

# INTRODUCCIÓN

La **agricultura**, definida por Cicerón como “La ocupación más propia del sabio, el oficio más adecuado al ignorante y la profesión más digna de todo hombre libre”, se ha considerado también como “El arte de cultivar la tierra” o como “Un sistema de explotación de la fotosíntesis”, también ha recibido muchas denominaciones a través del tiempo, como por ejemplo:

**Agricultura tradicional o extensiva**, que incluye rotación de cultivos, uso de abonos verdes y de materia orgánica, y mínimo uso de maquinaria y de agroquímicos.

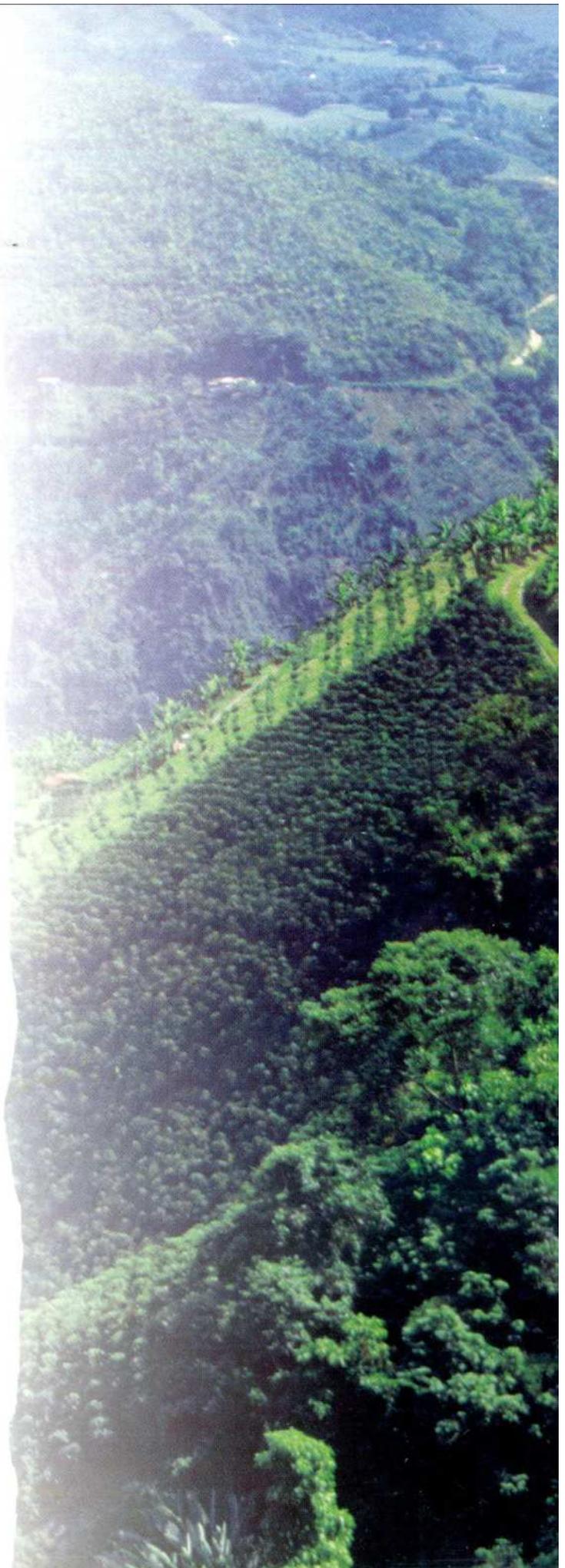
**Agricultura moderna o intensiva**, caracterizada por el incremento en el consumo de energía fósil, por el uso de fertilizantes y agrotóxicos, es la que más daño hace al medio ambiente.

**Agricultura orgánica**, que evita o excluye el uso de fertilizantes sintéticos, de agrotóxicos, de reguladores de crecimiento y de aditivos en la alimentación animal.

**Agricultura biológica o biodinámica**, la cual usa recursos bióticos tanto para el control de plagas y de enfermedades, como para fertilización (rizobium, micorrizas, bacterias nitrificantes, fosfobacterias).

**Agricultura ecológica o natural**, la que usa racionalmente los recursos naturales: agua, suelo, planta, microorganismos.

**Agricultura sostenible**, la que optimiza la efectividad de los insumos sin deterioro del medio ambiente y procura la conservación del suelo, especialmente de su capa orgánica.



## USO DE LA ENERGÍA SOLAR EN LA AGRICULTURA

El uso que de la energía solar hace la agricultura a través del follaje de las plantas (3), se representa esquemáticamente en la Figura 1; de dicha energía, un 20% es reflejada, un 40% se consume en el proceso físico de transpiración o pérdida de agua de la planta, proceso que muchos consideran como un mal necesario; en calentamiento y radiación de calor se consume un 25%; el suelo absorbe un 5% y una mínima parte (10%) es usada en fotosíntesis. Es decir, la agricultura aprovecha solamente un 2% de la luz solar que reciben los terrenos.

La Fotosíntesis o fotólisis del agua (descomposición del agua por la luz solar) es la reacción fotoquímica entre el  $\text{CO}_2$  y el agua catalizada por la clorofila, puede considerarse como el fenómeno fisiológico más importante de las plantas y soporte de los organismos vivos, mediante el cual se convierte la energía lumínica en energía química:



El cultivo de las plantas por el hombre comenzó hace más de 10.000 años (22), y con el cambio de poblaciones nómadas a sedentarias se vio que los rendimientos de los cultivos mermaban después de algunos años de cultivo continuado; entonces, se procedía a utilizar nuevas áreas y los campos ya usados se dejaban “descansar” o se hacía rotación de cultivos.

Para la civilización egipcia la mayor reserva de alimentos provenía de los sitios de acumulación de cieno (fracciones finas y humus) aportadas por los sedimentos transportados por el Río Nilo. Los griegos por sus limitaciones de clima y suelo importaban grandes cantidades de alimentos. Los romanos con mejor **Oferta Ambiental** que los griegos, le dieron gran importancia al conocimiento y cultivo de sus tierras y clasificaron sus suelos según su productividad y su fertilidad y ya practicaban el encalado.

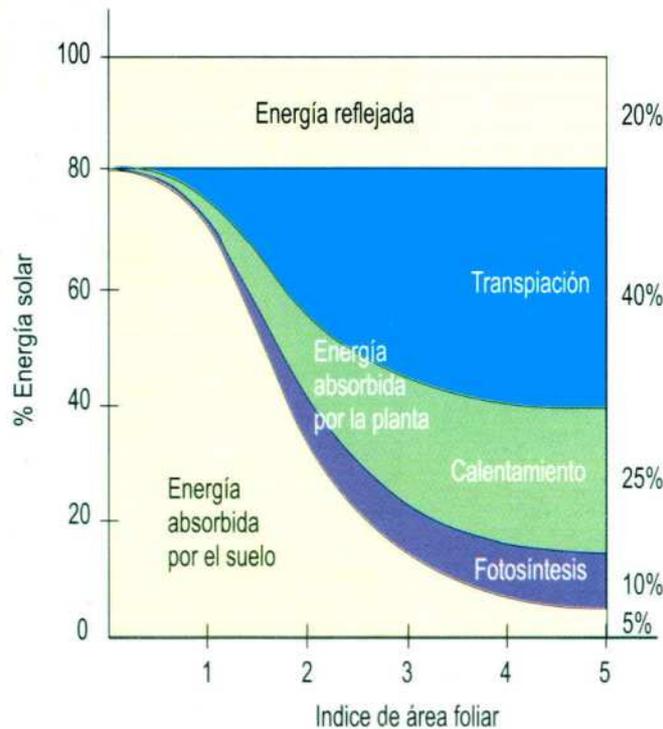


Figura 1. Uso de la energía solar en la agricultura.

## LOS FACTORES AMBIENTALES Y LA PRODUCCIÓN DE LOS CULTIVOS

Son muchos los factores del ambiente que tienen influencia sobre las plantas y para entender el significado biológico y las intrincadas correlaciones que existen entre ellos y los vegetales, Alvim (3) los clasifica en dos categorías según su acción sobre estos organismos: factores de acción directa y factores de acción indirecta.

Esta clasificación permite conciliar las aparentes divergencias que se presentan sobre los re-

querimientos ecológicos de determinado vegetal, pues a veces se definen estos con base en factores de acción indirecta, como lluvia, altitud, textura del suelo; por ejemplo, una altitud de 200msnm puede ser adecuada para el café en una región a 25 grados de latitud, pero no en una región cercana al ecuador geográfico; una precipitación de 1200mm anuales puede ser suficiente en suelos con buena capacidad de retención de agua, pero no en un suelo arenoso.

En la Figura 2, tomada de Alvim (3), se indican los factores ambientales de acción directa y de acción indirecta así como los procesos biológicos y/o fisiológicos afectados.

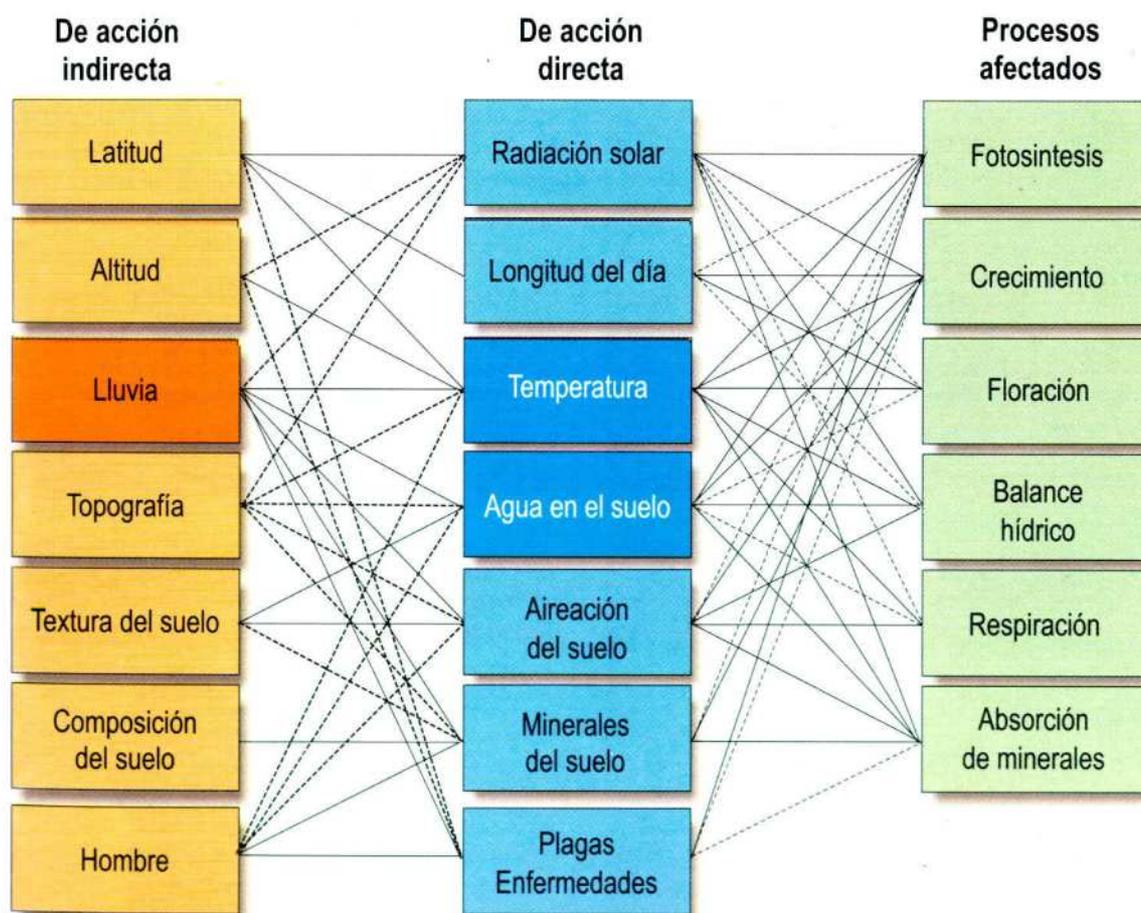
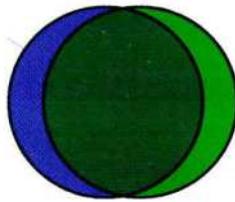


Figura 2. Factores ambientales y productividad agrícola (3).

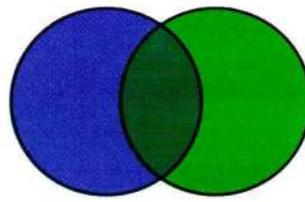
## PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Después de seleccionar la especie y la variedad de la planta que va a cultivarse, el proceso de producción de un cultivo continúa con la selección del lugar que reúna los factores de clima y de condiciones físicas del suelo más ajustados

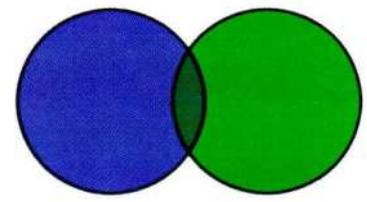
a las exigencias del cultivo, factores que constituyen la **Oferta Ambiental** para la producción agrícola. A continuación se indican tres grados de oferta ambiental para producciones **alta, media y baja**. Estas dos últimas pueden mejorarse mediante adecuadas tecnologías y la fertilización que no interviene en la oferta ambiental será proporcional a la producción.



**alta**  
clima y suelo óptimos

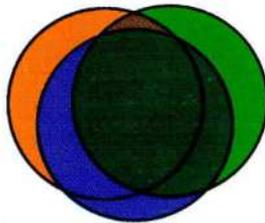


**media**  
clima y/o suelo medios

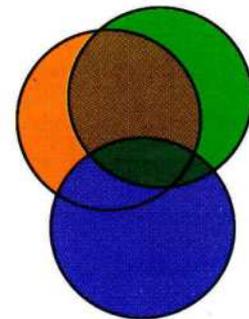


**baja**  
clima y/o suelo limitativos

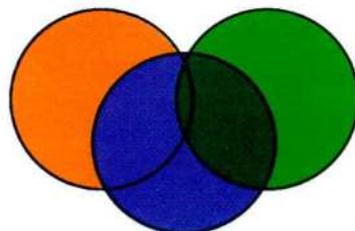
La máxima eficiencia en la producción se logra si se aplica el grado de tecnificación que exige el respectivo grado de oferta ambiental. Ejemplos



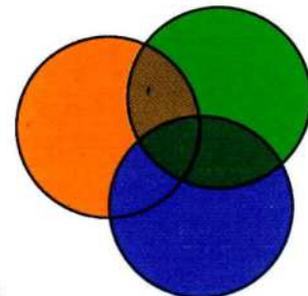
**I**  
Oferta Ambiental alta y tecnología alta: óptimas producciones y alta eficiencia, requiere altas dosis de fertilizante.



**II**  
Oferta Ambiental alta y escasa tecnificación: se obtiene poca eficiencia y se desperdicia Oferta Ambiental, requiere poca fertilización.



**III**  
Baja Oferta Ambiental y alta tecnificación: poca eficiencia y no aumenta la producción.



**IV**  
Oferta Ambiental y Tecnificación medias: se pierde eficiencia, vigor del cultivo, cantidad y calidad de cosecha

## CLIMA PARA EL CAFETO

De los requerimientos de clima para el café se sabe que es un cultivo de fotoperíodo corto, es decir, que para florecer, requiere días con menos de 13 horas sol; los valores más frecuentemente encontrados en la zona cafetera están entre 1.600 y 1.800 horas sol por año (4,4 – 4,9 horas por día); la temperatura media entre 17° y 23° C, que se consigue entre 1.000 y 2.000 metros sobre el nivel del mar (46), precipitación media anual superior a 1.200mm bien distribuidos, o sea, que no se presenten déficit hídricos prolongados y humedad relativa superior al 70%. Estos límites son los que permiten las mayores posibilidades de éxito con el cultivo, sin que ello signifique que el café no pueda vivir bien (vegetar) fuera de ellos.

Por lo demás, el café necesita  $5.600 \pm 620$  Unidades Térmicas (UT) entre la siembra y la primera recolección de café y requiere 2.500 UT desde la floración hasta la maduración de la cereza, con un gradiente de 38 días por cada °C de temperatura (47).

[UT = (Temperatura media - 10 °C)  
durante el período de estudio].

La mayor parte de la zona cafetera colombiana cumple con estas exigencias del café y en casos extremos de radiación o temperatura altas, puede recurrirse al sombrío para atenuarlas.

La caficultura colombiana se desarrolla entre 1.000 y 2.000 msnm y en condiciones de precipitación de 1.200 mm.

En América las plantaciones comerciales de café están distribuidas desde Cuba (22 grados de latitud norte) hasta Paraná, Brasil (26 grados de latitud sur), pero las mejores condiciones climáticas para el cultivo de café se encuentran en el sub-trópico y en las zonas altas de las regiones tropicales, donde la temperatura y la precipitación son los factores que más afectan el cultivo de café.



## FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

La función de producción Y, puede escribirse de la siguiente manera:

<b>Y = f</b>	<b>(clima</b>	<b>+ condición física del suelo</b>	<b>+ grado tecnología</b>	<b>+ fertilización</b>	<b>+ otro)</b>
	radiación	profundidad efectiva	plantas/ha		
	temperatura	densidad aparente	renovaciones		
	lluvia	materia orgánica	sombra		
		textura	control sanitario		
		( pH)	variedad		
<b>Y = menos:</b>	85%	45%	85%	75%	5%

**Si todos los factores son óptimos Y = 400 @ cps/ha/año**

**Si únicamente suelo y clima son óptimos Y = 40 @ cps/ha/año**