

# REACCIONES FISIOLÓGICAS DEL CAFETO A FACTORES AMBIENTALES

## EL FRUTO Y LA SEMILLA

El fruto es una baya drupácea, con dos almendras con su respectivo embrión que constituyen la semilla (23). La semilla es una nuez oblonga, plana convexa en uno de cuyos extremos y muy superficialmente se encuentra el embrión; está constituida en un 60% por carbohidratos, 13% de lípidos, 13% de proteínas y 1-2 % de cafeína (6).

La madurez fisiológica de la semilla se alcanza aproximadamente a los 220 días después de la apertura de las flores; carece de período de latencia y su germinación ocurre después de 60 días de puesta en el germinador; pero, si se elimina el endocarpio o pergamino, la germinación se anticipa unos 20 días (7).

El secado de la semilla debe hacerse hasta un 12-13% de humedad y a temperatura no superior a 45 grados centígrados. La viabilidad de la semilla se reduce drásticamente después de cinco meses si se almacena en condiciones de alta humedad y/o alta temperatura.

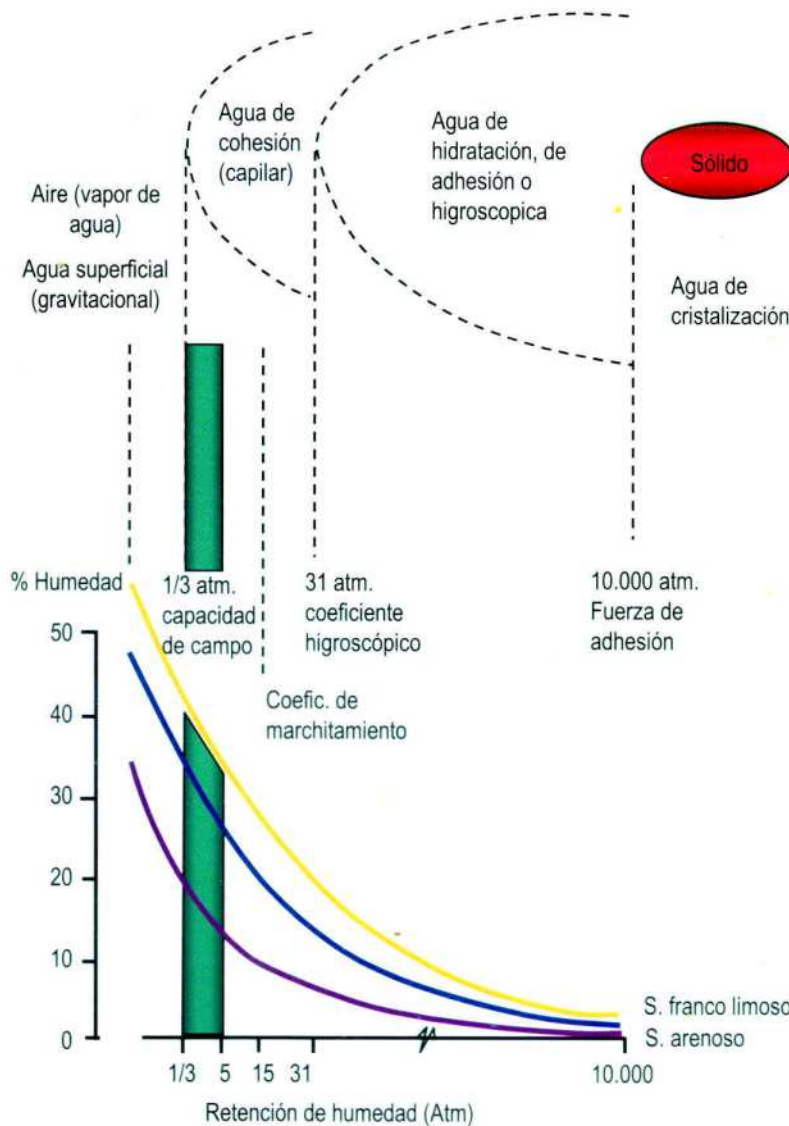


## ABSORCIÓN DE AGUA Y NUTRIMENTOS

El cafeto como todas las plantas, toman el agua y los nutrimentos desde el suelo a través de su sistema radical, principalmente por sus partes más tiernas, como la zona donde se ubican los pelos absorbentes. Aunque se considera como una planta con cierta tolerancia a la sequía, se sabe que la cosecha se reduce cuando el suministro de agua es inadecuado, debido a que la falta de

agua reduce el crecimiento vegetativo y al hecho de que usualmente el cafeto produce flores y frutos solamente en los tejidos formados por el crecimiento de las ramas laterales durante el año anterior; por eso la disminución de la cosecha por una deficiencia de agua, rara vez se observa en el mismo año en que ésta ocurre.

Nutman (67), calculó la velocidad de absorción de agua, considerando la pérdida de un litro por hora en 5.300 hojas de cafeto y un área de absorción de las raíces de café de 400 a 500m<sup>2</sup>, en 2,5g/ m<sup>2</sup> /hora.



**FIGURA 3.**  
Retención de agua en el suelo (115)

Del agua que hay en el suelo se sabe que no toda es aprovechable por los vegetales y puede encontrarse en cuatro formas (Figura 3):

- Agua gravitacional o agua libre, que se mueve por gravedad, no es aprovechable por las plantas y su persistencia es perjudicial por impedir la respiración radical; en estas condiciones el suelo se halla biológicamente saturado.
- Agua capilar, la que se encuentra en los espacios o poros del suelo cuando se ha perdido el agua gravitacional y se dice que el suelo está en su "capacidad de campo". El agua capilar es el agua aprovechable por las plantas y es retenida con una tensión entre 1/3 y 15 atmósferas, que corresponden a la capacidad de campo y al punto de marchitamiento.
- Agua higroscópica, es una película de agua de las partículas del suelo retenida por éste cuando después de secarlo a 100°C se expone a un ambiente saturado de humedad. La tensión de retención va desde 31 a 10.000 atmósferas.
- Agua de constitución o agua químicamente combinada, retenida con más de 10.000 atmósferas de tensión.

En la parte inferior de la Figura 2 se señala el contenido de humedad en suelos de textura diferente, a tensiones entre 1/3 y 5 atmósferas.

## TRANSPIRACIÓN EN CONDICIONES DE LIBRE EXPOSICIÓN SOLAR Y BAJO SOMBRA

Se sabe que el suelo en el interior de un bosque es más seco que fuera de él, excepto en la capa superficial; algunos datos de contenido de agua del suelo de una plantación sombreada de café (79), muestran que el porcentaje de humedad en los primeros cinco centímetros es más alto que a 15 centímetros de profundidad, debido a que en el bosque hay menos evaporación, pero de las capas profundas se pierde más agua por absorción y transpiración.

Interesante es la información obtenida por Franco e Inforzato (36) en Campinas, Brasil, al estimar en 31,46m<sup>2</sup> el área foliar de una planta adulta de café y comparar su pérdida de agua por transpiración al sol con el promedio de precipitación. Se observó que en cinco meses ésta fue mayor que la transpiración y sólo en tres meses ésta fue mayor que la precipitación.

El promedio de transpiración diurna para el café fue de 17,6mg/decímetro cuadrado/minuto y para el guamo 36,7 (un poco más del doble de la del café).

En el caso del café a la sombra, la transpiración conjunta del café y del guamo (*Inga sp*) excede a la precipitación durante seis meses (36), lo cual impide tener éxito en la siembra de café a la sombra en el Estado de São Paulo, Brasil. En esos suelos se encontró que la curva de tensión de humedad era menor que la de los suelos en América Central y por tanto, los cafetales en São Paulo transpiran más libremente y llegan más fácilmente al punto de marchitamiento, contrariamente a lo que ocurre en América Central, donde la mayoría de las plantaciones están sombreadas y la estación seca es tan prolongada como en São Paulo.

Huerta (44) en Cenicafé encontró que la transpiración del café al sol era de 428 mg/decímetro cuadrado/hora y 162 bajo sombra (más del doble al sol que a la sombra). Encontró además que la transpiración era influenciada por la temperatura, la humedad relativa y la radiación y ésta era la más importante en la interacción de los tres factores, ya que como consecuencia de la incidencia de la luz solar sobre la hoja a pleno sol, se aumenta la temperatura y la presión de difusión de vapor de agua contenido en los espacios intercelulares del tejido parenquimatoso foliar, por lo que se hace mayor el gradiente de presión de difusión entre la hoja y el aire que la circunda. A la sombra, el gradiente de presión de difusión entre los dos medios es menor.

En la Tabla 1, se compara la transpiración de cuatro variedades de café al sol y bajo sombra, según estudio realizado por Huerta (44) durante 27 meses; en ella puede verse que al sol la canti-

**TABLA 1.** Promedios de transpiración, área foliar, intensidad de transpiración, número de hojas y equivalente en mm de lluvia, en cuatro variedades de café al sol y bajo sombra. (44).

Variedad.	Condición	Transpiración mm	Área foliar m <sup>2</sup>	Intensidad transpiración litros/m <sup>2</sup>	Número hojas	Equivalencia mm lluvia anual
Típica	sol	58,7	6,4	9,2	2.240	1109
	sombra	38,7	4,6	8,4	948	750
Borbón	sol	62,4	6,8	9,2	1.870	1.312
	sombra	52,7	5,9	8,9	1.106	987
Caturra	sol	62,3	7,5	8,3	1.916	1.373
	sombra	34,4	4,7	7,4	942	708
Mdo.Novo	sol	55,0	5,2	10,6	1.527	1.121
	sombra	44,0	4,7	9,4	1.010	819

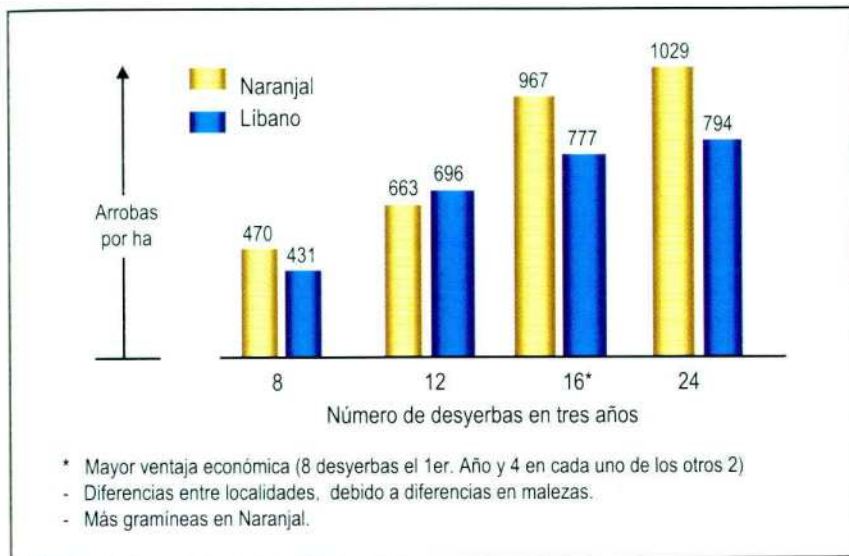
dad de agua transpirada por cada una de las variedades es mayor que a la sombra, lo mismo que el área foliar y el número de hojas por caféto. Se aprecia también que la variedad Caturra es la de menor intensidad de transpiración y que aún con buena disponibilidad de agua, en ningún caso se sobrepasa el promedio anual de lluvia de la zona, que es de 2.500mm aproximadamente. Esto significaría que para la mayor parte de la zona cafetera colombiana, con buen régimen de lluvias anuales, no habrá limitación para el cultivo del café.

## BALANCE HÍDRICO DEL VEGETAL

El balance hídrico de una planta es el equilibrio que existe entre la cantidad de agua que entra a la planta por absorción y la cantidad de agua que ella pierde por transpiración. Cuando la transpiración es mayor que la absorción ocurre el déficit hídrico y el balance será desfavorable para el vegetal.

Es necesario considerar también que las malezas, a más de competir por nutrimentos con el caféto, transpiran grandes cantidades de agua por la que también compiten seriamente con esta planta. Por tanto, en el cultivo de café sin sombra el control de las malezas es importante para conservar un balance hídrico positivo para el caféto, sobre todo si la precipitación no es suficiente y bien distribuida, caso en el que la aplicación de mulch a los cafetos es una práctica aconsejable.

En la Figura 4 se presentan los resultados del experimento C-28 realizado por Cenicafe en dos localidades, en la cual se muestra la producción de café de dos años según el número de desyerbas realizadas en tres años. La mayor ventaja económica se obtuvo con ocho desyerbas en el primer año y cuatro en cada uno de los otros dos; las diferencias entre localidades se deben a diferencias en las malezas: en Naranjal hubo más presencia de gramíneas y éstas compiten más por nutrimentos que otro tipo de malezas (59); por eso al aumentar allí el número de desyerbas se incrementa más la producción.



**Figura 4.** Producción de café (dos cosechas) según el número de desyerbas en tres años (59).

Es tan importante el control de malezas en los tres primeros años de vida de los cafetos en el campo, que ésta labor debe considerarse más importante que la fertilización.

Los factores que inciden en la absorción de agua y en la transpiración incidirán en el balance hídrico, por consiguiente en el crecimiento y por ende, en la producción, puesto que un balance hídrico negativo puede provocar:

- marchitamiento temporal, del que la planta se recobra sin agregarle agua.
- marchitamiento permanente, del que la planta no se recobra sin agua.
- disminución de la apertura estomatal y por consiguiente
- disminución de la fotosíntesis y como consecuencia
- disminución del crecimiento y por ende
- disminución de la producción.
- puede ocurrir también amarillamiento de la planta, así como caída de hojas, de flores y de frutos.
- en el café se pueden presentar también secamiento de frutos tiernos (87) y formación de granos negros (88).

## BALANCE HÍDRICO CLIMÁTICO

Para determinar la dinámica de crecimiento de la planta es necesario conocer los períodos de disponibilidad de agua en el suelo para el cultivo, cuando éste se encuentra en su máximo crecimiento.

Para determinar esta disponibilidad de agua es necesario el cálculo del balance hídrico climático, el cual tiene en cuenta la lluvia, la evaporación y la retención de humedad en el suelo. En el caso de la zona colombiana óptima para café, todo el año hay suficiente agua en el suelo para el desarrollo de la planta (38). En la Figura 5 se presenta un ejemplo de este balance para una región cualquiera. Es de anotar también que el café soporta mejor la falta de agua que la falta de oxígeno en el suelo por exceso de humedad.

## MOVIMIENTO DE ESTOMAS EN EL CAFETO

Los estomas de las plantas no permanecen abiertos todo el tiempo, pues de acuerdo con las características genéticas y las condiciones

ambientales tienen horas de apertura y cierre; en general están cerrados durante la noche y abiertos durante ciertas horas del día.

En cuanto al movimiento diario de los estomas del café, Nutman (67) encontró que éstos permanecen abiertos todo el día en tiempo nublado y bajo sombrío; se cierran cuando la luz directa del sol cae sobre ellos entre las 10 a.m. y las 4 p.m. y la reapertura puede inducirse con el sombrío en cualquier momento. A bajas intensidades de luz, hasta  $0,7g \text{ cal/cm}^2 / \text{minuto}$ , hay relación directa entre la intensidad de radiación y la apertura de estomas, pero a intensidades superiores a  $0,9g \text{ cal/cm}^2 / \text{minuto}$  la correlación es inversa.

Franco (34) y Alvim (1) encontró que los estomas del café se cierran durante los momentos de fuerte iluminación. Se encontró que los estomas ubicados en la misma rama reaccionan diferentemente según la exposición al sol así: en hojas sombreadas los estomas se abren por la mañana y quedan abiertos todo el día y por la tarde se cierran; en cambio en hojas al sol los estomas empiezan a cerrarse a las 10 a.m. y permanecen prácticamente cerrados durante el resto del día.

Alvim (2) observó que la apertura de estomas aumentó con la intensidad de la luz hasta 20000

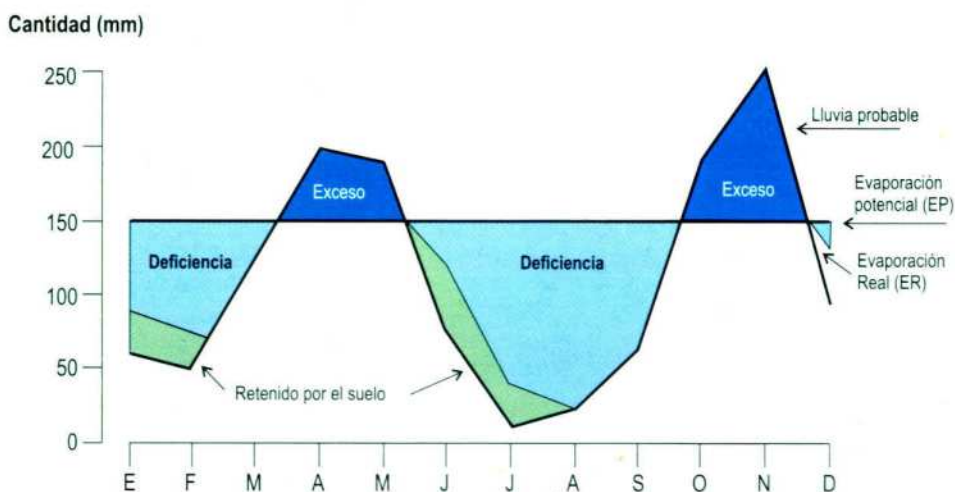


FIGURA 5. Balance hídrico climático para una localidad. (46).

luxes (1860 bujías pié) y mostró disminución a 60.000 luxes (5574 bujías pié).

El cierre parcial de los estomas bajo luz solar directa se ha tomado como indicador de que el café es una especie que prefiere la sombra y poca atención se ha dado al hecho de que en una planta adulta pocas hojas están de continuo expuestas a la luz solar directa. Es decir, si se analiza la apertura de estomas de todas las hojas de una planta, el promedio de dicha apertura en todo el conjunto es mayor en cafetos sin sombra que en plantas sombreadas.

## FOTOSÍNTESIS O FOTÓLISIS DEL AGUA

Son varios los factores que inciden sobre la fotosíntesis en el café, así por ejemplo, si otros factores no son limitativos, aumentará con la temperatura hasta los 24°C, cuando empieza a disminuir hasta en un 10% por cada grado, y llega a ser despreciable a 34 grados. Si la luz y la temperatura son altas, la concentración de CO<sub>2</sub> en el aire por debajo de 0,03% puede ser limitativa (66).

Tiό (80) encontró que la saturación de luz para la fotosíntesis del café se alcanzaba a 2.000 bujías pié y se mantenía hasta 6.000 b.p., para reducirse a intensidades mayores de luz. Estos

valores están muy cerca de los encontrados por Alvim (2) en sus estudios ya mencionados de movimiento de estomas del café.

## CRECIMIENTO

Si se divide el desarrollo total de las plantas entre crecimiento y diferenciación de tejidos, el crecimiento incluirá los procesos de división y de alargamiento celular, dando como resultado un aumento en el tamaño y en el peso fresco de las plantas, mientras que la diferenciación incluye todos los cambios en tejidos orgánicos, pared celular, en el protoplasma o las inclusiones de las células aún no diferenciadas.

Según el ambiente, la planta puede mostrar más crecimiento o más diferenciación; los árboles de café tienen períodos de crecimiento rápido y períodos en los que el crecimiento es apenas aparente.



En general, el crecimiento es más activo con buen suministro de agua y nutrimentos y cualquier factor que detenga el crecimiento sin reducir la fotosíntesis, aumentará la tendencia a la diferenciación de los tejidos y al consiguiente aumento de las condiciones de la planta para rendir mayores cosechas, así, aumento de la iluminación tiende a producir plantas más bajas y más diferenciadas por el aumento de carbohidratos y la disminución del agua.

Al tiempo que ocurre la diferenciación de las yemas florales puede ocurrir el alargamiento de los entrenudos y la formación de los nudos y

cuando hay crecimiento de frutos el alargamiento de las ramas es menor.

Jaramillo y Valencia (45) en un estudio de evaluación de la influencia de factores climáticos en el crecimiento y diferenciación de tejidos en *C. arabica* var. Caturra encontraron que los parámetros de la planta que mejor reflejan la influencia del clima son altura de la planta, crecimiento de ramas y número de flores y que los factores climáticos que mejor explican estos cambios son el brillo solar, la evaporación, la temperatura y la duración de la temperatura máxima.