
FISIOLOGÍA, NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN DEL CAFETO

Germán Valencia-Aristizabal¹

Clima para el Cafeto

La expresión completa del potencial o carga genética (desarrollo y producción) de un cultivo, depende de la oferta ambiental del lugar de siembra. Se ha demostrado que existen regiones con **Oferta Ambiental o Potencial Ambiental de Producción** limitada debido a condiciones adversas de clima y/o de suelo para la producción de café. Este potencial no puede incrementarse con aplicación de altas dosis de fertilizantes. En otras palabras, la producción de café de un lote o finca depende en gran forma del manejo tecnológico del cafetal, pero esta producción está estrechamente relacionada con las condiciones de clima y de suelo de la finca. Si bien la producción de café no siempre se incrementa aumentando la cantidad de fertilizante, es cierto también que cuando se aplica menos fertilizantes de los requeridos por la producción histórica del lote o finca se hará evidente una reducción del rendimiento.

Se conoce que el cafeto es un cultivo de fotoperíodo corto, es decir, que requiere para florecer, menos de 13 horas sol por día. Los valores más frecuentes en la zona cafetera colombiana están entre 1600 y 2000 horas sol por año (4.4 - 5.6 horas por día). La temperatura media debe estar entre 17 y 23 °C, que se consigue a una altura que va de 1000 y 2000 metros sobre el nivel del mar (msnm), la precipitación media anual debe ser bien distribuida y superior a 1200 mm (no se deben presentar déficit hídricos prolongados) y la humedad relativa debe estar sobre 70%. Estos límites permiten las mayores posibilidades de éxito con el cultivo, sin que ello signifique que el cafeto no pueda vegetar fuera de ellos.

El cafeto necesita 5600 ± 620 unidades térmicas (u.t.) entre la siembra y la primera recolección de café y 2500 u.t. desde la floración hasta la maduración de la cereza, con un gradiente de 38 días por cada °C de temperatura (u.t. = temperatura media - 10 °C durante el período escogido).

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 más favorables para el cultivo de café.

Clima, desarrollo y producción del cafeto.

A continuación se presentan ejemplos de la influencia del clima en el crecimiento, desarrollo y producción de plantas de café. Con respecto a los almácigos, investigación en Colombia sobre la mejor altitud para producir planta (1050 - 1250 - 1550 - 1850 - 2050 m.s.n.m.) demostró que a los seis meses de edad solo están listas para trasplante las plántulas ubicadas a altitudes inferiores a 1600 m.s.n.m., que estos almácigos pueden establecerse con sombra y a altitudes cercanas a 2000 metros no deben instalarse almácigos de café.

¹ Consultor Privado. Correo electrónico: valenaris@hotmail.com

Con respecto a la productividad, se condujeron experimentos en seis lugares de la zona cafetera colombiana para evaluar la producción bajo sombra, sin fertilizantes en huertos con alrededor de 2500 plantas/hectárea. En todos los sitios se obtuvo una producción de alrededor de 100 @ de cps/ha/año en tres o más cosechas (@ de cps = arrobas café pergamino seco, arroba = 25 libras).

Los rendimientos bajo sombra controlada o a plena exposición son más altos que los rendimientos obtenidos a plena sombra. Al comparar el crecimiento y diferenciación de tejidos de plantas de cafeto creciendo bajo sombra con plantas creciendo a plena exposición se encuentran las siguientes diferencias:

El cafeto que crece bajo sombra es:

- Más alto
- Más delgado
- Tiene ramas más largas
- Menor número de ramas
- Menos diferenciación de tejidos
- Menor número de hojas
- Hojas más grandes
- Hojas más verdes
- Menor número de estomas
- Estomas mas pequeños
- Menor número de yemas florales
- Menor número de frutos y menor producción.

El cafeto expuesto al sol presenta mejor conformación para mayor producción.

Condiciones de Suelo

El suelo adecuado para cualquier cultivo debe permitir aireación y retención de humedad indispensables para el desarrollo de un buen sistema de raíces. Se requiere aireación para que la raíz pueda respirar y se requiere humedad para que los nutrientes disuelvan en el agua y puedan ser absorbidos por las raíces para luego ser transportados a todas las partes de la planta. Un buen sistema de raíces permite a la planta explorar suficiente volumen de suelo para obtener agua y nutrientes, lo que se traduce en buen desarrollo vegetativo y buena producción

Un suelo físicamente ideal (suelo productivo) es aquel que tiene de su volumen total alrededor de 50% de espacios porosos y éstos están ocupados mitad por aire y mitad por agua. El otro 50% lo constituyen los sólidos, entre los que debe haber un 8% de materia orgánica .

Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades del suelo

La materia orgánica ofrece una variedad de beneficios que condicionan al suelo para lograr las producciones que permite la oferta ambiental. Un resumen de estas condiciones se presenta a continuación.

Efecto de la materia orgánica en las propiedades físicas:

- Mejora la estructura del suelo
- Aumenta la agregación de las partículas y el suelo resiste mejor la erosión
- Incrementa la aireación, la permeabilidad y la retención de humedad

Efecto de la materia orgánica en las propiedades químicas:

- Aumenta la capacidad buffer o resistencia a cambios de pH
- Aumenta la capacidad de intercambio de cationes
- Suministra nutrientes al cultivo

Efecto de materia orgánica en las propiedades biológicas:

- Incrementa la actividad de los microorganismos que ayudan a la mineralización de los residuos orgánicos

Un suelo puede ser fértil pero improductivo, es decir, de condiciones físicas inadecuadas. Un suelo puede ser infértil pero productivo, es decir de buenas condiciones físicas, en este caso el suelo puede ser manejable desde el punto de vista químico.

Sistema Radicular del Cafeto

En el sistema radicular de un árbol de café, el mayor número de raíces absorbentes (más delgadas, finas y delicadas) se encuentran en los primeros 20 cm de profundidad alrededor del tallo principal. Estas raíces absorbentes se distribuyen en el área cubierta o protegida por el follaje y va hasta la gotera del árbol. Un sistema radicular apropiado tiene abundancia de raíces absorbentes, finas, blancas y sanas.

Una planta de cafeto con un sistema radicular que tiene pocas raíces primarias y secundarias y no tiene raíces absorbentes presenta paloteo, amarillamiento, fuerte ataque de mancha de hierro y continua pérdida y caída de hojas. Todo este cuadro es indicativo de desnutrición, que no siempre se corrige con nueva resepa ni con fertilización puesto que el problema de la raíz puede tener otros orígenes, como mal drenaje del suelo (encharcamiento), ataque de palomilla, nemátodos, presencia de llagas radicales (negra, estrellada, macana), etc.

Producción Potencial del Café

Después de seleccionar la variedad a cultivarse, se debe seleccionar un lugar que reúna los factores de clima y de condiciones físicas del suelo más cercanas a las exigencias del cultivo. Estos factores que constituyen **la Oferta Ambiental** para la producción de café. La máxima eficiencia en la producción se logra cuando se aplica la tecnificación que exige el respectivo grado de Oferta Ambiental.

Se pueden citar casos de regiones con excelente oferta ambiental (clima y suelo adecuados), donde fincas contiguas, separadas únicamente por una alambrada, se diferencian solo en el nivel de tecnología aplicada al cultivo y tienen producciones que van de 450 a 4500 kg (40 a 400 @) de cps/ha/año).

Por otro lado, el efecto de la oferta ambiental de varios sitios se probó en un experimento en cuatro lugares de la zona cafetera colombiana: Sevilla, Santa Rosa de Cabal, Calarcá y Naranjal. Los huertos tenían igual número de plantas/ha, igual fertilización, igual suelo, igual manejo tecnológico y suficiente lluvia. Las diferencias entre los dos primeros sitios (Sevilla y Santa Rosa) y los dos últimos (Calarcá y Naranjal) fueron de 1.5 grados de temperatura, 150 metros de altitud y 200 horas sol por año. La producción en los dos primeros sitios (Sevilla y Santa Rosa) fue aproximadamente la mitad (200 @ cps/ha) de la obtenida en los otros dos (Calarcá y Naranjal), con 400 @) cps/ha. La oferta ambiental en los dos primeros lugares limitó la producción y ésta no se aumentó con el uso de 1400 kg de fertilizante 17-6-18-2-7. Se puede concluir que cuando existe menor oferta ambiental se debe solamente fertilizar para la producción obtenible en el sitio.

Si existen limitaciones en la producción de un cultivo debidas a la oferta ambiental, la producción no podrá aumentarse con el uso de mayor cantidad de fertilizante. Los requerimientos de cantidad de fertilizante de un cultivo son proporcionales a su rendimiento, es decir, a mayor producción mayor fertilización.

Por otro lado, es evidente que si se usa menos fertilizante del que la producción real o histórica requiere, el rendimiento y el vigor de la plantación se reducen. En las fincas que producen 450kg (40 @) de cps no se debe fertilizar, pero las fincas que producen 4500Kg (400 @) si requieren altas dosis de fertilizantes. El uso adecuado de fertilizantes elimina la posibilidad de que la fertilidad del suelo llegue a ser limitante para la producción del cultivo.

Constituyentes Minerales de las Plantas de Café

Las plantas están constituidas por los siguientes elementos minerales: Carbono (C), Hidrógeno (H) y Oxígeno (O) que representan como 96% del peso seco total y que la planta los toma del aire y del agua. Luego están Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S), Boro(B), Hierro (Fe), Cloro (Cl), Cobre (Cu), Manganeseo (Mn), Zinc, (Zn) y Molibdeno (Mo) que representan aproximadamente el 4% del peso seco total y que la planta los toma del suelo por medio de finas y delicadas raíces absorbentes.

La mayoría de los elementos nutritivos necesarios para las plantas se encuentran en el suelo en cantidades variables, a veces insuficientes para lograr una adecuada producción. Cuando no existen suficientes nutrientes en el suelo para satisfacer las demandas de la planta ocurren variaciones en la forma, color o desarrollo de las hojas, características para cada elemento.

Objetivo de la Utilización de Fertilizantes

El objetivo principal del uso de fertilizantes es obtener el mayor rendimiento posible con el mínimo de costo, para hacer rentable la actividad agrícola. Para cafetales, las recomendaciones deben considerar que hasta la floración las plantas de café necesitan principalmente N y P y a partir de la floración, cuando se inicia la etapa de producción, requiere principalmente N y K. Sin embargo, es fundamental mantener el balance de nutrientes como se indica más adelante.

Fertilización foliar

En café se ha comprobado experimentalmente la absorción foliar de soluciones acuosas de urea al 1%, bórax al 1%, sulfato de amonio al 3%, fosfato monoamónico (MAP) al 3%, cloruro de magnesio al 3% y sulfato de magnesio al 3%. El sulfato de hierro al 3% se absorbe pero no se trasloca dentro de la planta.

Con el objeto de determinar el efecto de la fertilización foliar sobre el desarrollo de almácigos de café, se condujeron experimentos que probaron aspersiones foliares de los fertilizantes Coljap, Wuxal, urea, Nutrimins. A los seis meses de edad se hicieron registros de altura, peso seco y peso fresco de la parte aérea y de las raíces, aspecto y vigor de las plantas del almácigo y no se encontró ninguna diferencia significativa atribuible a efecto de los tratamientos.

En general, no se recomienda la fertilización foliar en cafetales, pues su efecto, por las bajas concentraciones de nutrientes utilizadas, es de corta duración, insuficiente, innecesaria y muchas veces antieconómica.

Fertilización al suelo

Por mucho tiempo los caficultores colombianos usaron, para cafetales en producción, una mezcla de urea con la fórmula granulada 12-12-17 (N, P₂O₅, K₂O), buscando entregar la cantidad de N requerida por el cultivo. También fue corriente la mezcla de urea con cloruro de potasio en diferentes proporciones. Ambos tipos de mezclas han dado resultados relativamente satisfactorios. Sin embargo, al momento es más común utilizar una mezcla física, genérica, de grado 25 - 4 - 24 (N, P₂O₅, K₂O) o 17 - 6 - 18 - 6 - 7 (N, P₂O₅, K₂O, MgO, S), más equilibrada para café en producción, más rica en nutrientes y más barata por unidad de peso y por unidad de nutriente.

A pesar de lo anterior, y si se tiene en cuenta la variedad de suelos que desde el punto de vista de fertilidad tienen las zonas cafeteras, no es aconsejable utilizar un fertilizante genérico para todas las fincas y lotes de producción. Las recomendaciones de fertilización derivadas de la interpretación de los análisis de suelos ajusta las necesidades de nutrientes y determina una fórmula para cada sitio. Existe más flexibilidad para disponer de estas fórmulas ajustadas con las mezclas físicas de fertilizantes.

El análisis de suelos es la alternativa más barata, ecológica y segura para reducir los costos de fertilización de cafetales puesto que permite utilizar solamente el fertilizante que el cultivo y el suelo requieren.

Los nutrientes se encuentran en el suelo en cantidades variables. Con frecuencia, esas cantidades no son suficientes para la adecuada alimentación de la planta y por eso hay necesidad de fertilizar los cultivos. Ocasionalmente, se calcula lo que extrae la cosecha del suelo y se hace su reposición, pero se debe tener en cuenta la siguiente ecuación para lograr la forma más rentable, ecológica y razonable de fertilizar los cultivos:

$$\text{Extracción} - \text{Aporte del suelo} = \text{Fertilizante a aplicar}$$

El conocimiento del valor del pH del suelo es muy útil para el manejo de una buena fertilización. Valores entre 5.0 y 5.5 se consideran adecuados para café. En este rango

de pH ocurre cierto grado de actividad microbiana que mineraliza los residuos orgánicos para dejar disponibles nutrientes, especialmente N, P, S y elementos menores.

Si el pH es inferior a 5.0, puede presentarse toxicidad por aluminio (Al) y/o Mn o pueden presentarse deficiencias de P, Ca, Mg, K, B, Cu y Zn. Si el pH es superior a 5.5, pueden ocurrir deficiencias de P, B, Fe, Cu, Zn. Lo anterior permite afirmar que si se conserva el pH del suelo entre 5.0 y 5.5, y si además se hace uso de materiales orgánicos descompuestos, no existirán problemas de elementos menores o S en el cafetal.

Fuentes de nitrógeno y pH del suelo

Existen varias fuentes de N (amoníaco anhidro, agua amoniacal, sulfato de amonio, nitrato de amonio, urea, DAP, MAP, nitrato de potasio, nitrato de calcio y nitrato de amonio cálcico), sin embargo, ninguna de estas fuentes es mejor que otra y en todos los casos y el desempeño depende de factores del suelo como: contenido de agua, temperatura, pH, contenido de arcilla y contenido de materia orgánica.

Estudios conducidos en cafetales colombianos que compararon nitrato de amonio, sulfato de amonio y urea, demostraron el potencial de desplazamiento de cationes del suelo por acción del ión amonio (NH_4^+). Sin embargo, la respuesta en rendimiento fue parecida a iguales dosis de N.

También se compararon fuentes de N y K en cafetales en producción durante varias cosechas. Se comparó el nitrato de potasio con otras fuentes de estos elementos y no se encontraron diferencias significativas. El uso de cualquiera de estas fuentes de N y K depende de los costos del material y de los costos de aplicación. Los resultados de estos estudios permiten sugerir:

- En lo posible, es aconsejable sustituir las fuentes amoniacaes de N por urea o formas de nitratos que también aportan otros nutrientes.
- El uso de fuentes amoniacaes de N debería restringirse a suelos ricos en bases de cambio (K, Ca, Mg).
- No se debe usar N en exceso en la fertilización del cafeto puesto que eventualmente todas las fuentes de N terminan en nitrato (NO_3^-). Las plantas toman preferentemente el N como NO_3^- y un sistema radicular robusto puede tomar las cantidades de NO_3^- requeridas por el cafeto. Todo exceso de N tiene el potencial de lixiviarse como NO_3^- a la tabla de aguas.

Como Fertilizar los Cafetales

Para hacer una fertilización racional, lógica, ecológica y económica es importante responder previamente a las siguientes preguntas: dónde, cuándo, cuánto y qué fertilizante aplicar?.

Donde aplicar el fertilizante

No se recomienda aplicar fertilizantes si el suelo está muy seco, pues en estas condiciones la planta no los puede tomar y se corre el riesgo de quemar las raíces y de perder N por volatilización si se usa urea en la fórmula.

Que y cuanto fertilizante aplicar

La mejor recomendación se obtiene mediante la debida interpretación del análisis químico de suelo. Como son pocos los caficultores que usan este excelente recurso técnico, es posible recomendar cantidades fijas de fertilizantes genéricos que pretenden entregar un balance de nutrientes similar a los requerimientos del cultivo. Una fórmula que entrega este balance es 17 - 6 - 18 - 6 - 7 (N - P₂O₅ - K₂O - MgO - S). Se pueden hacer ajustes a esta fórmula de acuerdo con el análisis de suelo o la experiencia del productor. Se recomienda aplicar de 700 a 800 kg/ha de esta fórmula en el cafetal. Esta cantidad se divide para el número de plantas y se logra de esta forma la cantidad de fórmula que debe aplicarse por árbol.

Mandamientos de una Buena cosecha de Café

A continuación se presentan los pasos que deben seguirse en un cafetal para asegurar una buena cosecha:

- Sembrar una variedad de café adecuada para el sitio.
 - Obtener plántulas en la finca (cuesta 48% menos que comprarlos).
 - Utilizar pulpa en los almácigos (estas plántulas producen hasta 30% más en primera cosecha).
 - Sembrar alto número de plantas/ha (sembrar 5000 plantas, 2 plantas/sitio, reduce 27% de costos).
 - Fertilizar con base en análisis de suelos (reducción de 18% de costos).
 - Aplicar fertilizantes al voleo (reducción de 66% en costos de mano de obra).
 - Manejar integralmente las malezas (reducción de 85% de costos).
 - manejar integralmente la broca (reparar y recoger la fruta caída, *B. Bassiana*, Control químico).
 - Cosechar solamente granos maduros (evita pérdidas de 10% de frutos).
 - Beneficiar ecológicamente (5% más café pergamino, menos agua, menos contaminación, menos mano de obra).
 - Renovar por poda (la zoca cuesta 80% menos que siembra nueva).
 - Producir alimento en los cafetales (entre zocas o siembra nueva se pueden producir suficientes alimentos para mantener la finca)
-

Calidad del Café

La calidad es un atributo que distingue ó caracteriza una cosa y que permite clasificarla en grados ó clases. A finales del siglo XIX, el café se comercializaba teniendo en cuenta solo la apariencia del grano verde (crudo). A principios del siglo XX se empezó a utilizar la prueba de catación para evaluar la calidad del café y actualmente los compradores tienen su propio equipo de catación.

La catación consiste en una serie de pruebas que realiza un experto para calificar un lote de café. Se debe evaluar en cereza, pergamino, almendra, tostado, molido, bebida. El análisis es sensorial por medio de los órganos de los sentidos (vista: tamaño, forma, color, apariencia; olfato: aroma; gusto: acidez, cuerpo, sabor).

Factores que afectan la calidad del Café

En primer lugar, la calidad del café depende de la especie cultivada (Arábicas lavados y no lavados, y Robustas). Luego aparecen numerosos factores como especie, posición geográfica, clima, suelo, altitud, cosecha (granos maduros o verdes), demora entre cosecha y beneficio, beneficio (húmedo o seco), secado, almacenamiento y transporte

Defectos del Café

- Cultivo: ataque de broca, negro, contaminado.
- Cosecha: fermentación.
- Despulpado: fermentación, “stinker”, material mordido.
- Desmucilaginado mecánico: fermentación, sucio, partido.
- Lavado: sucio, contaminado.
- Secado: cristalización, sobresecado, decoloración, sucio, fenol, mohoso, flojo, veteado, micotoxinas, tierra.
- Almacenamiento: fenol, micotoxinas, reposo, contaminado, decolorado.
- Transporte: contaminado.

Características a evaluar (las que dan la impresión global)

Calidad Física y Calidad Sanitaria

- Color
- Apariencia
- Defectos físicos
- Tamaño grano
- Presencia o Ausencia de: hongos, residuos de plaguicidas, contaminantes químicos, toxinas.

Clases de Café

- Cafés especiales: valorados por consumidores debido a sus atributos casi únicos.
 - Café orgánico: cualquiera puede producir café orgánico (sin químicos), sin embargo, los rendimientos son muy bajos.
 - Café de origen: exige clima y suelo de características especiales.
-

Las plantas producen una calidad de café que puede conservarse o dañarse en los procesos que siguen a la cosecha. Las principales variedades de *C. arabica* producen café de buena calidad. Se puede producir café de buena o de mala calidad, el productor elige.

Calidad del Café y la Nutrición Mineral del Arbol

A continuación se discuten varios aspectos documentados de la influencia de la nutrición en la calidad de café.

- Se ha demostrado que la deficiencia de Mg inducida por altas dosis de K promueve la presencia un alto porcentaje de granos color marrón y pobres características de torrefacción. El sabor de la bebida mejora con aplicaciones de Mg.
 - La deficiencia de Fe en suelos con un pH alto producen el grano ámbar.
 - El uso excesivo de N puede aumentar la producción pero reduce la densidad del grano y su calidad.
 - Concentración muy altas de Ca y K en los granos generan un sabor amargo y áspero.
 - No se ha encontrado correlación entre el contenido de P y la calidad física y sensorial del grano.
 - La aplicación de cantidades excesivas de micronutrientes (B-Fe-Cu-Zn-Mn), no se produce respuesta en producción y por el contrario pueden causar problemas intoxicación, particularmente el B.
-