

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNANDEZ
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA
GRADO EN INGENIERIA AGROALIMENTARIA Y
AGROAMBIENTAL



“REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LA PRODUCCIÓN Y
DESARROLLO DEL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN
COLOMBIA”

TRABAJO FIN DE GRADO

MARZO 2021

Autora: Yina Milena Quintero Rada

Tutor/es: Vicente Lidon Noguera

ABSTRACT

"BIBLIOGRAPHIC REVIEW OF PRODUCTION AND DEVELOPMENT OF THE CULTIVATION OF COFFEE (*Coffea arabica* L.) IN COLOMBIA"

Coffee consumption grows day by day and in the last thirty years it has increased by 95%, reaching the figure of almost 10 billion kilos of coffee consumed per year. On average, a person consumes 1.3 kilos of coffee in a year. The United States is the world's largest coffee importer and Brazil is the leading coffee producer and exporter today. It is followed by Colombia, which markets 100% of the arabica variety.

Currently we find a market an increasingly sectorized market where there is a greater difference between prices and quality of products and more and more and new consumers, in addition there is greater dynamism in emerging countries that has favored the demand for coffee of lower quality and price compared to the traditional coffee-growing countries that have more stable prices, a more developed product and good quality.

The cultivation of coffee is a fundamental economic factor in the economic and social development of Colombia, its participation worldwide boosted exports, generating employment and new investments in the 20th century, now the country faces a modernization, more demanding market, new coffee producing economies and countless trends in the product and consumers.

Keywords: coffe, Colombia, production, cultivation, cost effectiveness.

RESUMEN

“REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LA PRODUCCIÓN Y DESARROLLO DEL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN COLOMBIA”

El consumo del café crece día a día y en los últimos treinta años ha aumentado un 95%, llegando a la cifra de casi 10.000 millones de kg de café de consumo al año. De media una persona consume 1,3 kg de café en un año. Estados Unidos es el mayor importador de café del mundo y Brasil es el principal productor y exportador de café en la actualidad. Le sigue Colombia que comercializa un 100% de la especie arábica.

Actualmente encontramos un mercado cada vez más sectorizado donde hay mayor diferencia entre precios, calidad de productos y cada vez más consumidores, además existe un mayor dinamismo en países emergentes que ha favorecido la demanda del café de menor calidad y precio comparados con los países tradicionales cultivadores de café que tienen un precio más estable, un producto más desarrollado y de buena calidad.

El cultivo de café es fundamental en el desarrollo económico y social de Colombia, su participación a nivel mundial impulsó las exportaciones, generando empleo y nuevas inversiones en el siglo XX, ahora el país se enfrenta a una modernización; mercado más exigente, nuevas economías productoras de café y un sin número de tendencias en el producto y los consumidores.

Palabras clave: café, Colombia, producción, cultivo, rentabilidad.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis abuelos quienes me enseñaron el amor a la agricultura y me dieron el ejemplo en las labores del campo.

Al profesor Vicente Lidon Noguera por las directrices y consejos para realizar este trabajo.

A mi compañero de carrera Jonathan Galindo por su colaboración y tiempo.

A mi familia por el apoyo que me brindaron para llegar hasta el final.

A mis hijas Paula Nicole y Wanda Mailín por sus palabras de ánimo y fuerza.



ÍNDICE.

ÍNDICE GENERAL.

	Página.
1. INTRODUCCIÓN.....	10
1.1. Origen del café.	11
1.1.1. Llegada del café a Asia.....	11
1.1.2. Llegada del café a Europa.....	12
1.1.3. Llegada del café a las Américas.	12
1.1.4. Llegada del café a Colombia.	13
1.2. El mundo del café.	13
1.3. Economía mundial del café.....	15
1.3.1. Café en España - 2018.	21
1.3.2. Importancia económica del café en Colombia.....	21
2. OBJETIVOS.	23
3. METODOLOGÍA.....	24
3.1. Encuadramiento taxonómico y descripción botánica.	25
3.1.1. Taxonomía	25
3.1.2. Descripción botánica.....	26
3.2. Fisiología de crecimiento y reproducción del café.....	30
3.2.1. Ciclo de vida y fases fenológicas del cafeto	30
3.2.2. Fases fenológicas del cafeto	31
3.2.3. Fases del desarrollo vegetativo del cafeto	32
3.2.3.1 Crecimiento y desarrollo de las raíces	32
3.2.3.1.1 Factores que limitan el desarrollo de las raíces del cafeto.....	35
3.2.3.2. Origen y desarrollo de los órganos vegetativos aéreos (tallos, ramas)	38
3.2.4 Fase de desarrollo reproductivo del café	42
3.2.4.1 Factores que afectan el desarrollo foliar	45
3.2.4.2 Tipos de anormalidades florales	46
3.2.5. Desarrollo del fruto	48
3.2.5.1 Madurez fisiológica del fruto.....	50
3.2.6. Fase de senescencia del café	51
3.3.Labores de cultivo.....	52
3.3.1. Técnicas de renovación y podas de los cafetales	52
3.3.1.1 Renovación de los cultivos	53

3.3.1.2 Sistemas básicos de poda en Colombia	54
3.3.1.3 Estabilización de la producción	56
3.4. Material Vegetal.....	56
3.5 Exigencias edáficas y climáticas	59
3.6 Fertilización.....	60
3.6.1. Épocas para la fertilización del café en Colombia.....	61
3.7 Enfermedades de la planta de café.....	63
3.8 La Broca	71
3.9 Cosecha y post-cosecha del café	75
3.9.1 Cosecha del café	75
3.9.2 Post-cosecha del café	76
3.9.3 Empaque y almacenamiento	79
4. CASO PRÁCTICO DE COSTES DE PRODUCCIÓN.....	80
5. CONCLUSIONES.....	81
6. BIBLIOGRAFÍA.....	82

ÍNDICE DE TABLAS.

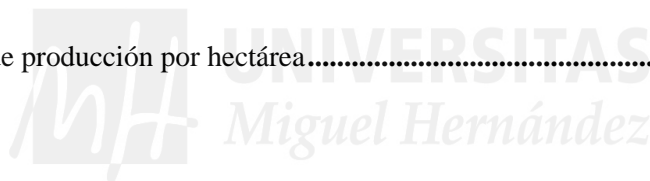
	Página.
1. INTRODUCCIÓN.....	10
Tabla 1.1. Producción a nivel mundial toneladas de café.....	17
Tabla 1.2. Primero diez productores de café verde 2019.	18
Tabla 1.3. Producción sobre rendimiento de café (Tn)	19
Tabla 1.4. Taxonomía del café arabicca	25
4.Caso práctico.	81
Tabla 4.1. Coste de producción por hectarea.	



ÍNDICE DE FIGURAS.

	Página.
1. INTRODUCCIÓN.....	10
Figura 1.1 Mayores consumidores de café per cápita del mundo (CAFEMALIST).....	14
Figura 1.2 Producción a nivel mundial toneladas de café (Tn) en 2019	17
Figura 1.3 Primeros diez productores de café verde 2019.	18
Figura 1.4. Producción/Rendimiento de Café 2019.	19
Figura 1.5 Evolución de la Producción y Área cosechada en el periodo 2010-2019 del Café Verde	20
Figura 1.6 Evolución mundial de la producción de café verde 1961-2018 millones U\$	20
Figura 1.7 Superficie, rendimiento y producción de café en las Palmas (Gran Canarias).	21
Figura 1.8 Departamentos cafeteros de Colombia. (D'Colombia)	22
3. MATODOLOGÍA.....	24
Figura 3.1 Hoja de <i>Coffea arabica</i> L. (mundocafeto, 2018).....	26
Figura 3.2 Flores de <i>Coffea arabica</i> L. (infokofe).....	27
Figura 3.3 Fruto de <i>Coffea arabica</i> L. (Plantas&Jardines, 2011).....	28
Figura 3.4 Sistema radical de <i>Coffea arabica</i> L. (cenicafé, 2007).	29
Figura 3.5 Tallo de <i>Coffea arabica</i> L. (cenicafé, 2007).	29
Figura 3.6 Fases fenológicas del cafeto	30
Figura 3.7 Fases fenológicas de <i>Coffea arabica</i> L.	31
Figura 3.8 Origen de los tejidos radiculares.....	34
Figura 3.9 Morfología y distribución de raíces en una planta de <i>Coffea arabica</i> L. (Arcila,2007)..	35
Figura 3.10 Etapa de germinación del café (Agronomaster)..	36
Figura 3.11 Etapa de almácigo del café (EcuRed).	37
Figura 3.12 Germinado con raíz normal y raíz bifurcada.....	37
Figura 3.13 Ubicación de las yemas donde se origina la estructura vegetativa y reproductiva de la planta	39
Figura 3.14. Yemas apicales y laterales.	39
Figura 3.15 Ramas primarias y brotes (Chupones)	40
Figura 3.16 Yemas apicales. Yemas laterales.....	41
Figura 3.17 Formación de hojas en las ramas primarias, secundarias y terciarias en diferentes densidades de siembra (Arcila, 2007).....	42
Figura 3.18 Iniciación de la Inflorescencia. B) Diferenciación de la inflorescencia.....	43
Figura 3.19 Nudo con las inflorescencias en desarrollo.....	44
Figura 3.20 Botones florales en estado de latencia.....	44
Figura 3.21 Preantesis. Antesis floral	45
Figura 3.22 Atrofia floral	47
Figura 3.23 Etapas de desarrollo del fruto del café	49
Figura 3.24 Fruto completamente lleno (izquierda), Fruto parcialmente lleno (centro), Grano negro (derecha).....	49
Figura 3.25 Maduración del fruto (Arcila, 2007	50
Figura 3.26 Disminución de la tasa de crecimiento vertical a través de los años	53
Figura 3.27 Crecimiento de las plantas y de la producción promedio por edad, el punto máximo en la curva de producción, es el momento indicado para la poda (cenicafé, 2005)	54

Figura 3.28 Eliminación del brote apical del tallo.....	55
Figura 3.29 Renovación sistemática e cafetales por lotes por medio del Zoqueo.....	56
Figura 3.30 Variedades del Cafeto	57
Figura 3.31 Características morfológicas, agronómicas y del grano de las variedades de café cultivadas en Colombia (FNC, 2004).	58
Figura 3.32 Recomendación de fertilización de suelos para café.....	60
Figura 3.33 Requerimientos nutritivos y enmiendas para el cultivo del café	62
Figura 3.34 Frutos y hojas con lesiones causadas por (<i>Omphalia flavida</i>).....	64
Figura 3.35 Mancha de hierro <i>Mycosphaerella coffeicola</i> (Scot 2014)	66
Figura 3.36 Mal de hilachas (<i>Corticium koleroga</i>) (Chocooj, 2016).....	67
Figura 3.37 Mal rosado (<i>Corticium salmonicolor</i>)	68
Figura 3.38 Llaga macana (cenicafé, 1999).....	70
Figura 3.39 Roya del café. (Dirección vegetal de sanidad vegetal. México).....	71
Figura 3.40 La broca (<i>Hypothenemus hampei</i>) Ferrari (CropLife).....	74
Figura 3.41 Cosecha del café	76
Figura 3.42 Máquina despulpadora de café	77
Figura 3.43 Fermentación y Lavado de café (Bancolombia).	77
Figura 3.44 Secado natural al sol del café.....	78
Figura 3.45 Secado artificial del café en Guardiola	79
Figura 3.46 Empaque del café.....	79
4. CASO PRÁCTICO	80
Figura 4.1 Coste de producción por hectárea.....	80



1. INTRODUCCIÓN

El café es uno de los productos agrícolas de exportación más valiosos del mundo. Aproximadamente el 60% de la producción mundial de café está representado por *Coffea arabica* L. (Miniussi *et al*, 2015). Hoy en día es la segunda mercancía más comercializada en el mundo después del petróleo. Además es un ingrediente con un valor nutricional bastante notorio.

Durante los últimos 30 años el mundo del café ha cambiado de una manera muy rápida y significativa presentando tendencias variadas y profundas, donde el precio del café era calculado dependiendo de las inclemencias del clima, sobre todo en Brasil el cual fue trasladando sus plantíos a zonas de clima más favorable para la planta del cafeto, desde entonces han surgido nuevas variedades del café en el mundo como también un número significativo de cultivadores y consumidores.

La OIC (*International Coffee Organization*) lleva a cabo informes y estudios de las tendencias del consumo mundial de café para orientar las nuevas estrategias creando varias iniciativas valiosas. Que han sido descritas en una guía que ofrece estrategias para aumentar la demanda del café y ha servido de catalizador para nuevos inversionistas.

Teniendo en cuenta los principales factores de la producción podemos decir que estos determinaran los cambios más significativos tanto a mediano como a corto plazo como son las decisiones de inversión en el cultivo, la modernización de los cultivos, la edad de los cafetales, el clima, el uso de fertilizantes y la innovación en el producto.

1.1. Origen del Café

De acuerdo a ICO, *International Coffee Organization (2020)*, los primeros indicios los encontramos en Etiopía (África), posiblemente en la provincia de Kaffa. Existen varios relatos poco probables acerca de cómo se descubrieron los atributos del café.

Uno de los relatos cuenta que un pastor se asombró al ver el animado comportamiento que tenían las cabras después de haber masticado las cerezas rojas del cafeto.

Otro relato dice que los esclavos que transportaban de Sudan a Yemen y Arabia a través del puerto llamado Moca, lugar más transitado de la época por ser la ruta marítima a la Meca comían la parte carnosa de la cereza del café, por sus efectos estimulantes.



Los primeros establecimientos de café se abrieron en la Meca y se llamaban “kaveh kanes” poco a poco se extendieron en todo el mundo árabe y los cafés se convirtieron en lugares muy concurridos donde se jugaba ajedrez, se disfrutaba del canto, el baile y la música. Los establecimientos fueron lujosos y con carácter propio donde se podía hacer vida social y negocios con una taza de café.

1.1.1. Llegada del café a Asia

Los holandeses empezaron a cultivar café en Malabar, en la India y en 1699 llevaron alguno a Batavia, en Java, ahora Indonesia. Donde en pocos años las colonias holandesas se convirtieron en la principal fuente de suministro de café a Europa. Hoy en día Indonesia es el cuarto exportador de café del mundo.

1.1.2. Llegada del café a Europa

Los comerciantes venecianos fueron los primeros que llevaron el café a Europa en 1615, época donde apareció también el chocolate que llevaron los españoles desde las Américas a España en 1528 y el Té que llegó a Europa en 1610.

En un comienzo el café era vendido por los vendedores de limonada y se creía que tenía cualidades medicinales, el primer establecimiento de café se abrió en Venecia en 1683 con el nombre de caffè Florian en la plaza de San Marcos que se inauguró en 1720 y hasta el día de hoy sigue abierto.

En Inglaterra la empresa de seguros Lloyd's de Londres, que actualmente existe, empezó como un establecimiento de café en 1688 por Edward Lloyd, que preparaba las listas de buques que sus clientes habían asegurado.

1.1.3. Llegada del Café a las Américas

El primer dato se tiene en Norteamérica en 1668, donde se abrieron establecimientos de café en Nueva York, Filadelfia y Boston, es en esta última ciudad donde se abrió el famoso establecimiento de café "*The Boston Tea Party*" en 1773, y fue allí donde surgió la idea de la apertura del famoso establecimiento "*The Green Dragón*", existente hoy día. La famosa Bolsa de Nueva York como el Banco de Nueva York empezó en un establecimiento de café en lo que hoy es el distrito financiero de Wall Street.

Los holandeses los primeros en propagar el café en América central y del sur, comenzaron en el enclave holandés de Surinam en 1718 y desde allí se expandió el cultivo.

1.1.4. Llegada del café a Colombia

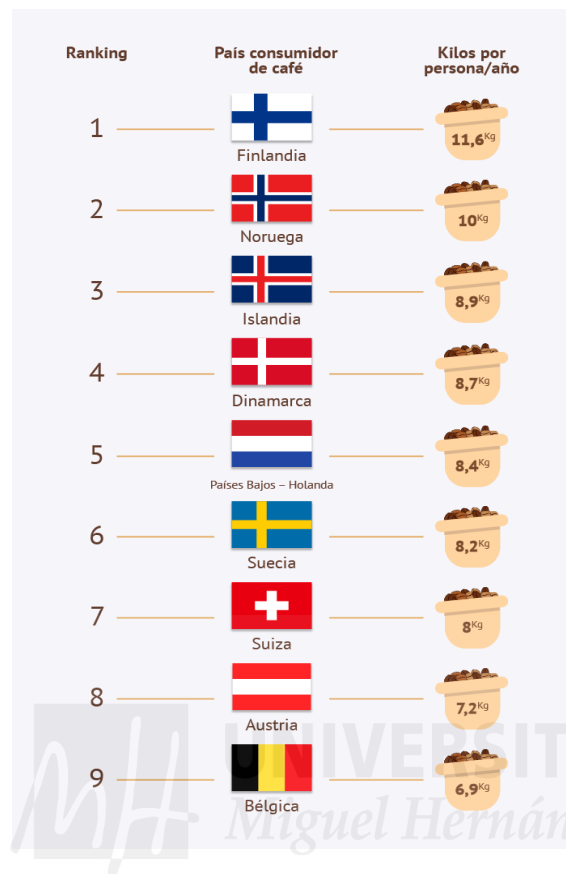
Los primeros cultivos de café crecieron en la zona oriental del país. En 1835 tuvo lugar la primera producción comercial y los registros muestran que los primeros 2.560 sacos se exportaron desde la aduana de Cúcuta, en la frontera con Venezuela. Según testimonios de la época se le atribuye a Francisco Romero, un sacerdote que imponía durante la confesión a los feligreses de la población de Salazar de las Palmas la penitencia de sembrar café, un gran impulso en la propagación del cultivo del grano en esta zona del país. Estas semillas habrían permitido la presencia de café en los departamentos de Santander y Norte de Santander, en el nororiente del país, con su consecuente propagación, a partir de 1850, hacia el centro y el occidente a través de Cundinamarca, Antioquia y la zona del antiguo Caldas.

1.2. El mundo del café

Según estudios de la ICO, *International Coffee Organization* (2020); recogida en un mapa por el diario *The Independent* estos son los datos de los 9 países que más consumen café

(Figura X).

Figura 1.1 Mayores consumidores de café per cápita del mundo (CAFEMALIST).



Podemos deducir que el alto consumo es debido a la baja temperatura que tienen estos países gran parte del año (CAFEMALIST, 2020).

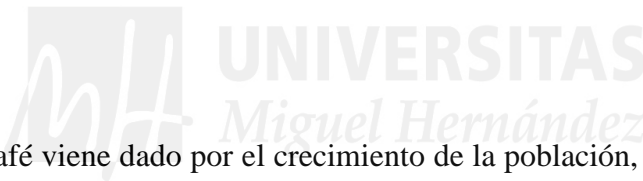
En Italia, país del espresso por excelencia, toman casi 6 kg por persona y Estados Unidos ocupa el puesto 20 de la lista con 4,1 kg anual. España está en el puesto 19 del ranking mundial con 4,5 kg de consumo anual (ICO, 2020).

Según datos obtenido por ICO, (2020) llama la atención que un país como Italia, de larga tradición cafetera se encuentra en la posición número 15, con un consumo de una taza y media al día. España se encuentra en la posición número 22 con una taza al día

por persona. Estados Unidos, primer importador de café del mundo, ocupa la posición 23, por detrás de España con una taza al día. El mayor productor es Brasil, sin embargo, ocupa la vigésima posición en su consumo diario.

Gracias a los nuevos formatos que han surgido en el sector del café la tendencia ha ido cambiando. Los “millennials” conocen perfectamente las distintas formas de preparación y la sofisticación, e incluso buscan la experiencia del café y valoran la calidad del mismo.

La llegada de estos nuevos consumidores en el sector cafetero ha consolidado su crecimiento tanto en términos cuantitativos como cualitativos (Van Asten, 2015). La popularización de las cápsulas de café ha disparado el consumo de este producto en España hasta duplicar las compras en los últimos diez años (Bonpreu-Esclat, 2018).



El consumo del café viene dado por el crecimiento de la población, el nivel de ingresos, los precios y el comportamiento del producto interno bruto (PIB).

1.3. Economía mundial del café

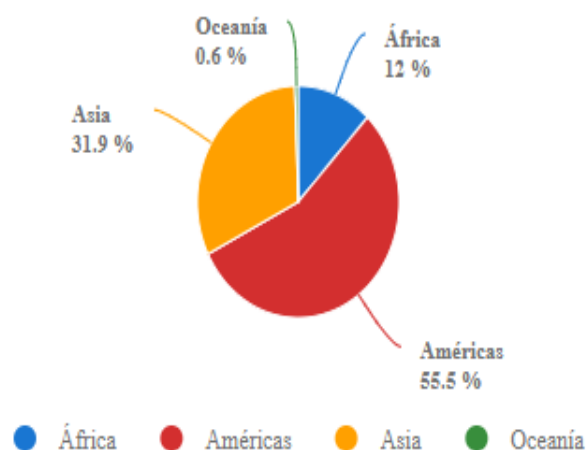
En tiempos de industrialización avanzada, el café es el producto mundial más valioso para sus países exportadores debido al progreso técnico; el café se cultiva, se fabrica y el transporte ha disminuido en comparación con años atrás. Los modernos y nuevos procesos de lavado, secado y tostado hacen posible la producción de alta calidad para una demanda constante del mercado mundial. Además el avance tecnológico en el transporte ha hecho que los tiempos de entrega se reduzcan.

Hoy en día el grano del café que antes era para privilegiados es uno de los bienes más importantes de consumo en el mundo. Cada vez es más tecnificado y avanzado su proceso. El 98 % de producción mundial de café se encuentra en las variedades Arábica y Robusta. La variedad robusta (*Coffea canephora* L.) hace parte del 30% de la producción mundial de café, se cultiva principalmente en el sudeste asiático, India y África occidental. (Figura X).

La variedad Arábica tiene una producción del 70% y es mucho más sensible, requiere un clima más equilibrado, mano de obra más especializada y una altitud mucho mayor a la del café Robusta. El cultivo de esta variedad se centra en América central, del sur, zonas del centro de África, India e Indonesia (Rojo, 2014). El 70% de todo el cultivo mundial es realizado por pequeños agricultores y cooperativas. El ingreso para el caficultor es de un 5 a un 15%; la constante guerra de precios dificulta la supervivencia de los caficultores (cenicafé, 2017).

En el secado el peso del café se reduce, lo que conlleva una bajada en los costes de transporte, además, evita la fermentación en las bodegas de los buques, estropeando el producto. El café se envía desde los principales puertos, de origen y destino como el de Santos a Rotterdam o al puerto de Hamburgo; el mayor puerto de importación de café de Europa. El refinado y tostado final se lleva a cabo en los países de destino como Alemania, Italia, España entre otros. Según FAOSTAT, (2019) nivel mundial destaca América con el 55,5% de la producción, mientras que en Europa es poco significativa, no representando importancia a nivel mundial; como se observa en la Figura X. y Tabla X.

Figura 1.2. Producción a nivel mundial toneladas de café (Tn) en 2019.



Fuente: (FAOSTAT, 2020)

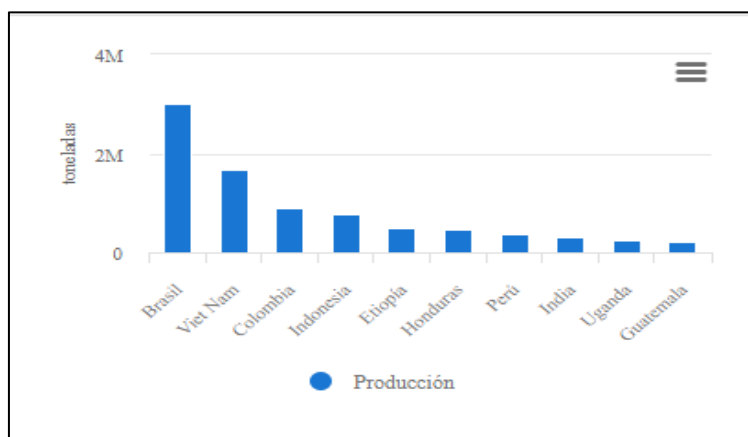
Tabla 1.1. Producción a nivel mundial toneladas de café (Tn) en 2019.

CONTINENTES	PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CAFÉ (Tn)
América	5.573.022
Asia	3.198.885
África	1.207.944
Oceanía	55.725
TOTAL	10.035.576

Fuente: (FAOSTAT, 2020)

Existen 25 millones de personas en el mundo que dependen del café pasando por propietarios de plantaciones, cooperativas, distribuidores, importadores y exportadores, corredores de bolsa, empresas de procesado y puntos de venta. En el mundo se producen más de 10 millones de toneladas de café verde al año. (Figura X), (Tabla X).

Figura 1.3. Primeros diez productores de café verde 2019.



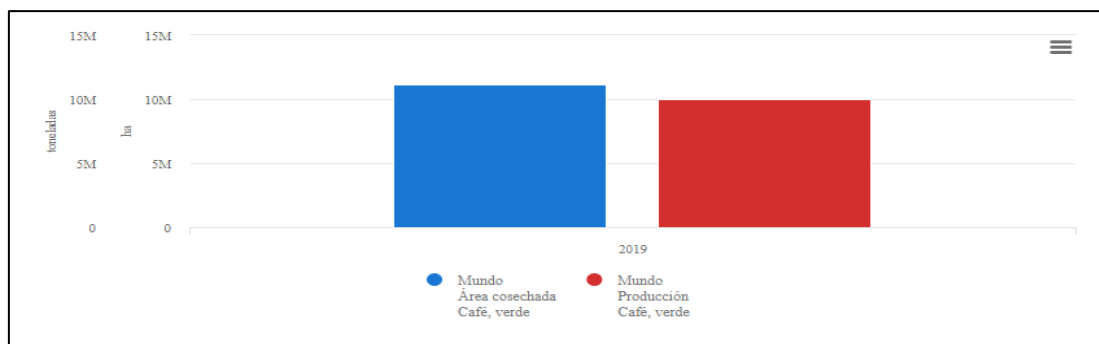
Fuente: (FAOSTAT, 2020)

Tabla 1.2. Primeros diez productores de café verde 2019.

Brasil	3.009.402
Vietnam	1.683.971
Colombia	885.120
Indonesia	760.963
Etiopía	482.561
Honduras	476.345
Perú	363.291
India	319.500
Uganda	254.088
Guatemala	225.000
TOTAL	8.460.241

Fuente: (FAOSTAT, 2020)

Figura 1.4. Producción/Rendimiento de Café 2019.



Fuente: (FAOSTAT, 2020)

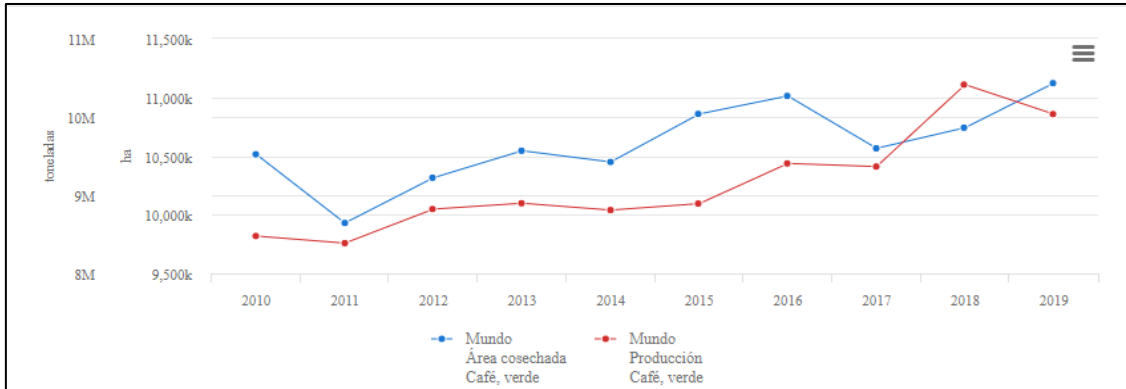
Tabla 1.3. Producción/Rendimiento de Café (Tn) 2019.

Mundo. Área cosechada Café verde (Tn)	11.120.498
Mundo. Producción Café verde (Tn)	10.035.576

Fuente: (FAOSTAT, 2020)

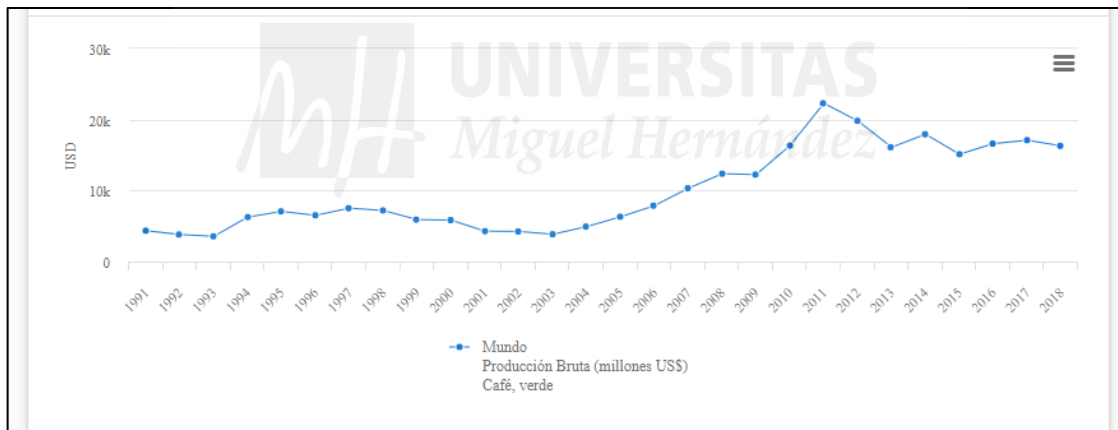
El rendimiento se calcula: Producción de café / Área cosechada, obteniéndose un 0,90, es decir, que el cultivo del café a nivel mundial representa un 90% de rendimiento.

Figura 1.5. Evolución de la Producción y Área cosechada en el periodo 2010-2019 del Café Verde.



Fuente: (FAOSTAT, 2020)

Figura 1.6. Evolución mundial de la producción de café verde 1961-2018 millones US\$



Fuente: (FAOSTAT, 2020)

Cuando la producción sea mayor que el área cosechada, se llegan a presentar rendimientos muy cercanos al 100%, caso presentado en el año 2018, con un rendimiento del 97% (Producción: 10.412.185 Tn; Área cosechada: 10.741.484 Tn).

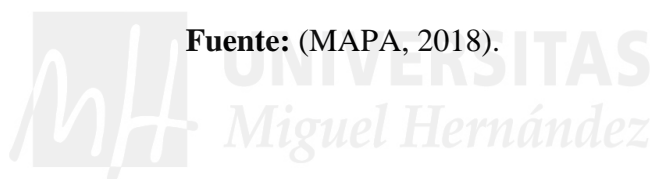
1.3.1. Café en España – 2018

De acuerdo al MAPA, (2018), el Café se encuentra clasificado a nivel nacional dentro de los cultivos leñosos (Cafeto), donde destaca exclusivamente Las Palmas (Canarias). (Figura X)

Figura 1.7. Superficie, rendimiento y producción de cultivo de café en las Palmas (Gran Canaria)

Provincias y Comunidades Autónomas	Superficie en plantación regular (hectáreas)					Árboles diseminados	Rendimiento		Producción (toneladas)			
	Total			En producción			Superficie en producción (kg/ha)	Árboles diseminados (kg/árbol)	En plantación regular	Árboles diseminados	Producción Total	
	Secano	Regadío	Total	Secano	Regadío							
	Secano	Regadío	Total	Secano	Regadío							
Las Palmas	-	9	9	-	6	2.400	-	800	3	5	7	12
CANARIAS	-	9	9	-	6	2.400	-	800	3	5	7	12
ESPAÑA	-	9	9	-	6	2.400	-	800	3	5	7	12

Fuente: (MAPA, 2018).



1.3.2. Importancia Económica del café en Colombia

A pesar de las condiciones adversas por la pandemia, los caficultores Colombianos han vendido unos 2.033 millones de euros en el año 2020, siendo la cifra más alta en las últimas dos décadas, valores alcanzados con una producción de 14,1 millones de sacos de 60 kilos, lo que significó un 1.7% más que el periodo anterior 2018/2019, logrando recolectar en promedio 19,5 sacos de café por hectárea, con cafetales de 6 a 9 años de media de edad y una densidad de 5.259 árboles por hectárea (Vélez, 2020).

La zona cafetera se encuentra principalmente en la ladera occidental de la Cordillera Oriental, y una proporción menor en su vertiente oriental, favorecida por las

condiciones topográficas. La mayoría del cultivo se localiza en zonas óptimas y se aprovechan los topo climas (clima local). Un factor importante de la caficultura es el uso de sombrero como regulador de la producción y protector del suelo, permitiéndole a cada grano de café expresar sus mejores propiedades en presentación, sabor y aroma, condición que aporta beneficios económicos y ecológicos a la región.

El café en Colombia ha cambiado con las nuevas formas de cultivo y se ha sectorizado según la acidez, la dulzura o el aroma. La región de mayor producción es el Huila con 160.000 Ha de café seguida por la región de Antioquia con 131.000 Ha., Tolima con 117.200 Ha., el eje cafetero (Caldas, Quindío y Risaralda) con 102.00 Ha. y el Valle con 90.000 Ha (FNC, 2015) como se observa en la Figura X.

Figura 1.8. Departamentos cafeteros de Colombia. (D'Colombia)



2. OBJETIVOS

- Recopilar información de diversas fuentes sobre el proceso productivo de *Coffea arabica* L. en Colombia.
- Estimación de los costes de producción de *Coffea arabica* L. en la zona cafetera central de Colombia.



3. METODOLOGÍA

Se realiza una búsqueda bibliográfica basada en datos existentes sobre el cultivo del café (*Coffea arabica* L.) en Colombia, de manera exploratoria de textos y publicaciones en la web utilizando términos como: cultivo del café, producción y desarrollo, técnicas de cultivo, importancia económica en el mundo entre otros. Esta búsqueda se realizó en bases de datos oficiales, algunas como:

- FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations).
- MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación)
- SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje).
- OIC (International Coffee Organization).
- FNC (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia).
- CNF (Congreso Nacional de Cafeteros de Colombia).
- CENICAFÉ (Centro Nacional de Investigaciones de Café).

3.1. Encuadramiento Taxonómico y Descripción Botánica

3.1.1. Taxonomía

El café pertenece a la familia de las Rubiáceas (*Rubiaceae*), grupo que engloba unos 500 géneros y más de 6.000 especies, la mayoría árboles y arbustos tropicales. Dentro del género *Coffea* hay más de 100 especies, todas ellas autóctonas de África tropical y de algunas islas del océano Índico como Madagascar (Rojo, 2014). *Coffea* es el género de las Rubiáceas más importantes económicamente (FNC, 2004).

Tabla 1.4. Taxonomía de *Coffea arabica* L. (FNC, 2004).

TAXONOMÍA	
Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	<i>Espermatofitas</i>
Clase	<i>Angiospermas</i>
Subclase	<i>Dicotiledóneas</i>
Orden	<i>Rubiales</i>
Familia	<i>Rubiaceae</i>
Género	<i>Coffea</i>
Especie	<i>C. arabica</i> L

3.1.2. Descripción Botánica

El cafeto es un arbusto perenne con un ciclo de vida que puede alcanzar hasta 20 a 25 años. (González, 2007). A libre crecimiento, produce frutos en ramas de un año de edad, continuando su producción durante varios años, siendo su máxima productividad entre los 6 y 8 años de edad, después empieza a decrecer. Durante su ciclo de vida, la planta forma estructuras no reproductivas como las raíces, las ramas, los nudos y las hojas, actividad denominada desarrollo vegetativo.

- **Hojas:** son elípticas, levemente coriáceas, con la lámina y las márgenes un poco onduladas, de un color verde claro cuando jóvenes y verde oscuro cuando completan su desarrollo. Durante todo el año se forma el follaje, existiendo épocas en que los factores climáticos como la radiación y la disponibilidad de agua en el suelo favorecen una mayor formación de hojas: El número de hojas por árbol y el área foliar de las plantas varían según la edad y la densidad de población. Una hoja sana puede durar en promedio de 10 a 15 meses en un cafetal bajo sombra y de 9 a 14 meses en cafetales a plena exposición solar. (Ver Figura X).

Figura 3.1. Hoja de *Coffea arabica* L. (mundocafeto, 2018).



- **Flor:** Una flor de café tiene una estructura completa y perfecta: dos estructuras estériles que son el cáliz y la corola, y dos estructuras fértiles que son los carpelos. La flor se une a la inflorescencia mediante el pedicelo, y por encima de éste se ubica el ovario ínfero y biloculado. Cuando el ovario es fecundado se desarrolla una drupa globular u oval, que normalmente contiene dos semillas. (Ver Figura X).

Figura 3.2. Flores de *Coffea arabica* L. (infokofe).



- **Fruto:** El fruto de café es una drupa y en la madurez los tejidos externos se separan por una capa mucilaginosa del endocarpio, delgada, dura y coriácea, llamada pergamino.

La pulpa de la cereza madura está formada por el exocarpio (epidermis), capa externa del fruto y representa el 43,2% del fruto en base húmeda. El color de la epidermis varía desde verde o amarillo hasta rojo o rojo intenso y algunas veces hasta violeta o negro.

El color depende de la variedad de café y del grado de madurez del fruto. (Ver Figura X).

Figura 3.3. Fruto de *Coffea arabica* L. (Plantas&Jardines, 2011).



- **Sistema radical:** raíz pivotante que crece y se desarrolla en forma cónica, alcanzando 1 m de profundidad si las condiciones del suelo lo permiten. De la raíz pivotante salen dos tipos de raíces que crecen en sentido lateral y otras que salen de éstas de carácter secundario y terciario se conocen como raicillas o pelos absorbentes. Generalmente la longitud de las raíces coincide con el largo de las ramas. (Monroig, 2016). (Ver Figura X).

Figura 3.4. Sistema radical de *Coffea arabica* L. (cenicafé, 2007).



- **Tallo:** compuesto de un solo tallo o eje central; tiene dos tipos de crecimiento; uno que crece verticalmente y el otro de forma lateralmente. (Monroig, 2016). (Ver Figura 3.5).

Figura 3.5. Tallo de *Coffea arabica* L. (cenicafé, 2007).

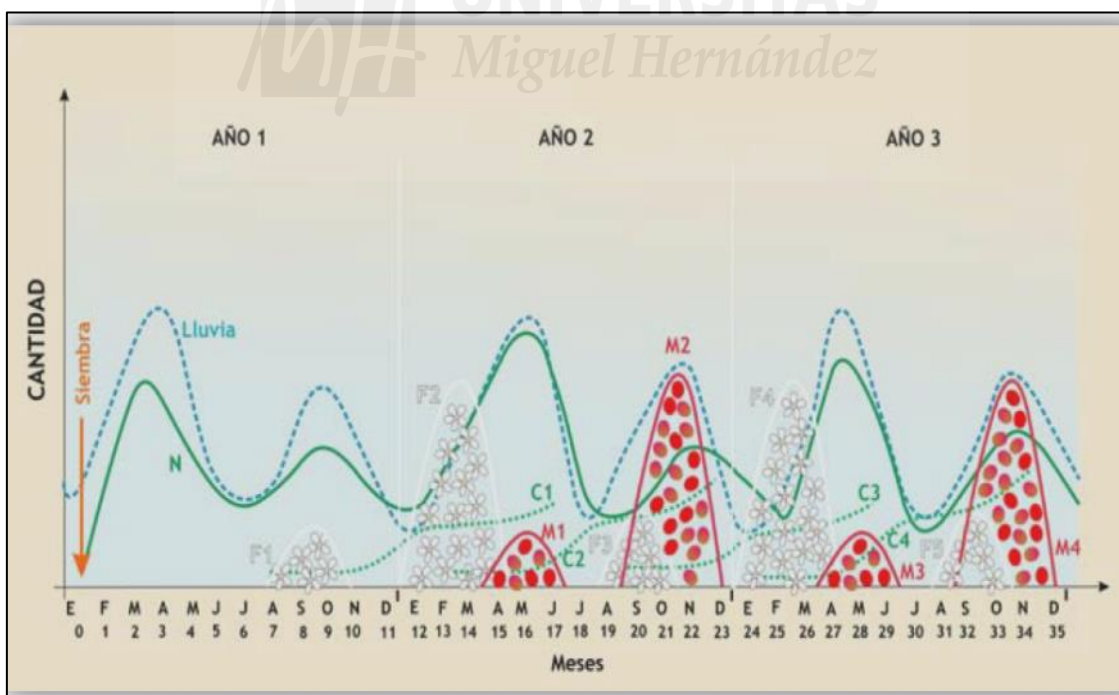


3.2 FISIOLÓGÍA DE CRECIMIENTO Y REPRODUCCIÓN DEL CAFÉ.

3.2.1. Ciclo de Vida y fases fenológicas del cafeto.

Para tener resultados óptimos en una producción de café es importante que el cultivo mantenga buenos indicadores de calidad durante todo su ciclo de vida. El cafeto tiene una serie de fases de desarrollo donde sus órganos permanecerán por periodos de larga o corta duración según sus características genéticas y las condiciones ambientales apropiadas para cada fase. (Arcila, 2007). Ver Figura 3.6.

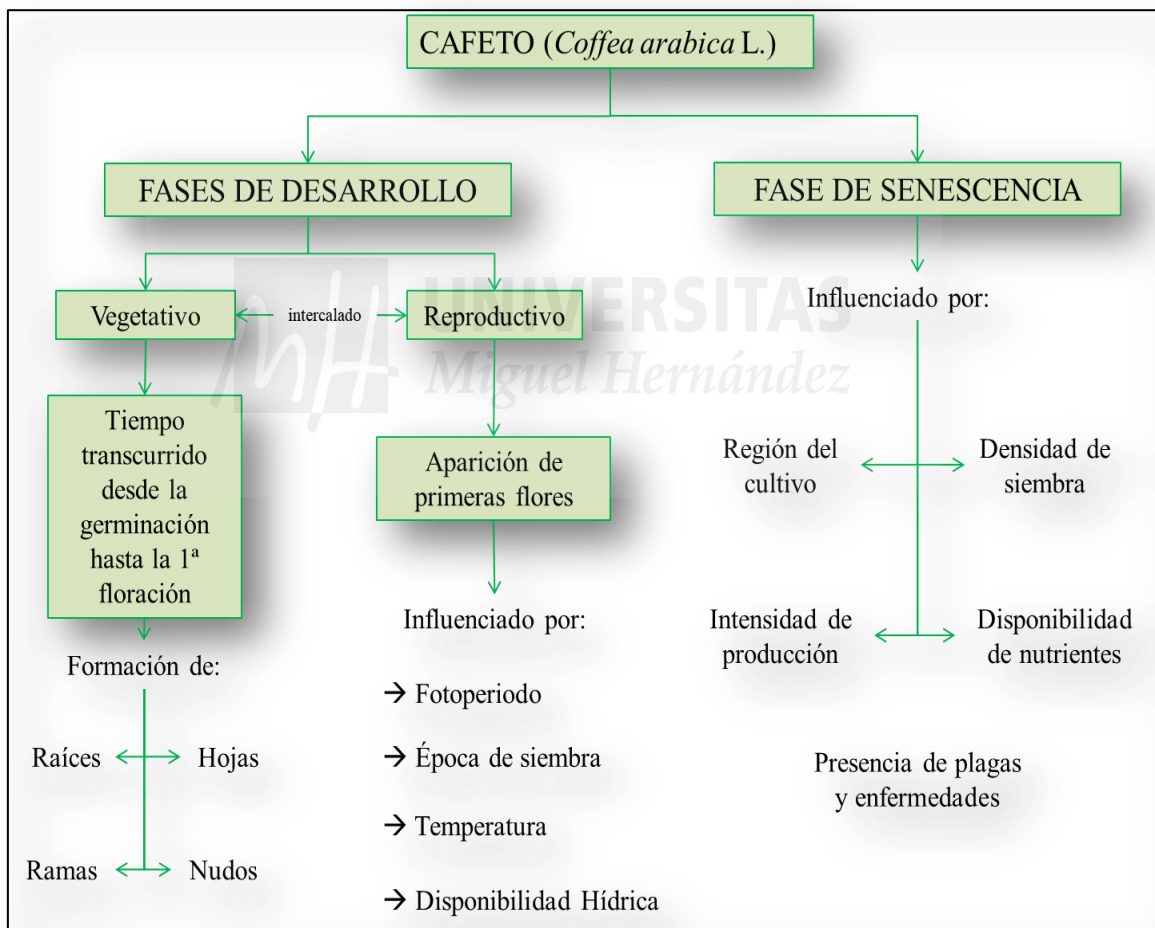
Figura 3.6. FASES FENOLOGICAS DEL CAFETO: (secuencia de tres años a partir de la siembra, desarrollo vegetativo y reproductivo), épocas de formación de nudos y hojas (N), de floración (F1, F2, F3, F4, F5...), de crecimiento del fruto (C1, C2, C3, C4...) y de maduración de frutos (M1, M2, M3, M4...), la formación de hojas, nudos y frutos, ocurren en periodos húmedos. El crecimiento mensual varía según la región. La floración ocurre al final de los períodos secos. (Arcila *et al.*, 2001).



3.2.2. Fases fenológicas del cafeto

La fenología se refiere al desarrollo, diferenciación e inicio de formación de los órganos de las plantas. Conocerla sirve para desarrollar modelos de crecimiento y desarrollo de los cultivos, tomar decisiones a nivel de sistema de producción, planeación y manejo de prácticas como la fertilización, control de enfermedades, insectos y arvenses. Figura 3.7

Figura 3.7. Fases fenológicas de *Coffea arabica* L.



Fuente: Elaboración propia.

3.2.3. Fase del desarrollo vegetativo del cafeto

El café al ser una especie perenne y arbustiva, la formación de nudos y hojas y la generación de nuevas raíces ocurren durante todo el ciclo de vida de la planta y la mayor parte del tiempo se intercala con la fase reproductiva (Arcila, 2007).

Esta fase comprende tres etapas:

- Germinación a trasplante (2 meses),
- Almacigo (5 – 6 meses)
- Siembra definitiva o primera floración (11 meses)

De ahí en adelante esta fase y la reproductiva transcurren simultáneamente.

3.2.3.1. Crecimiento y desarrollo de las raíces

La función del sistema radicular es el anclaje de la planta al suelo, y el transporte del agua y minerales esenciales para su crecimiento, sintetizando hormonas de crecimiento como Citoquininas y Giberelinas; (Arcila, 2007) expone que el sistema radical se desarrolla a partir del meristemo localizado en el hipocótilo del embrión de la semilla, en donde se origina la radícula o raíz embrionaria, luego crece verticalmente transformándose en raíz pivotante, protegida en la punta por la calipra o cofia y a medida que la raíz penetra en el suelo las células más externas forman una capa mucilaginosa para facilitar el paso por los poros del suelo.

Las ramificaciones o raíces laterales se produce sobre la raíz pivotante. El punto de crecimiento de la raíz se localiza por encima de la calipra, formado por células

prismáticas y pequeñas que se dividen activamente para formar los tejidos básicos de la raíz como la epidermis, la corteza y el procambium precursor del xilema y floema, el periciclo y el cambium.

En la región de elongación ocurre la división celular responsable del crecimiento longitudinal de la raíz y la parte continua es la zona de maduración de los tejidos primarios que forman las raíces absorbentes.

En la raíz se diferencian tres zonas:

- **La epidermis:** es la zona externa y no tiene cutícula, cloroplastos ni estomas; algunas de estas células forman los pelos radicales.
- **La corteza:** es un tejido multicelular contiguo a la epidermis y se subdivide en:
 - Exodermis: células gruesas, suberizadas y lignificadas.
 - Corteza central: células de paredes delgadas y conectadas por plasmodesmos.
 - Endodermis: capa más interna de paredes suberizadas.

La difusión del agua y los minerales transcurren a través de la corteza hacia el interior de la raíz.

- **El cilindro bascular:** está constituido por el periciclo y los tejidos basculares, el xilema y el floema; por el xilema se transporta el agua y sustancias disueltas hacia la parte aérea de la planta, mientras que por el floema se transporta sustancias orgánicas desde las hojas hasta las raíces.

El café, tiene una raíz pivotante central muy fuerte de 45 a 50 cm centímetro de profundidad, 4 a 8 raíces axiales de 2 a 3 metros de profundidad, que se ramifican en todas las direcciones. La mayoría de las raíces activas se localizan próximas a la superficie del suelo en los primeros 10 centímetros de profundidad extendiéndose a 1

metro del tronco, y las absorbentes están a 20 centímetros de profundidad (Valencia, 2013), por esto la planta necesita buena disponibilidad de agua y nutrientes.

Figura 3.8 A) Origen de los tejidos radiculares. B) Zonas de crecimiento de la raíz. C) Corte longitudinal de la punta de la raíz. D) tejido de una raíz de una planta Angiosperma (corte transversal). E) Tejido duna raíz de café (corte transversal). F) Formación de la raíz secundaria a partir del periciclo. (Arcila 2007)

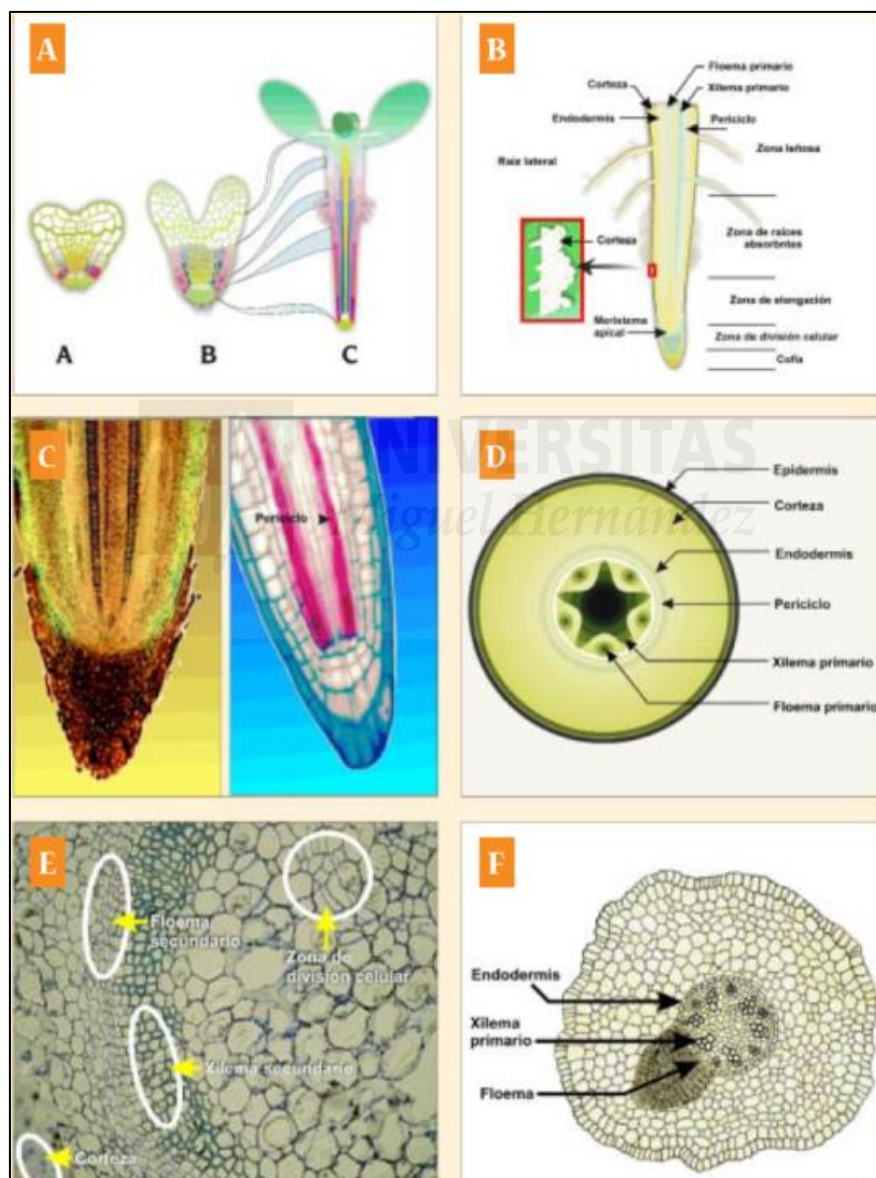
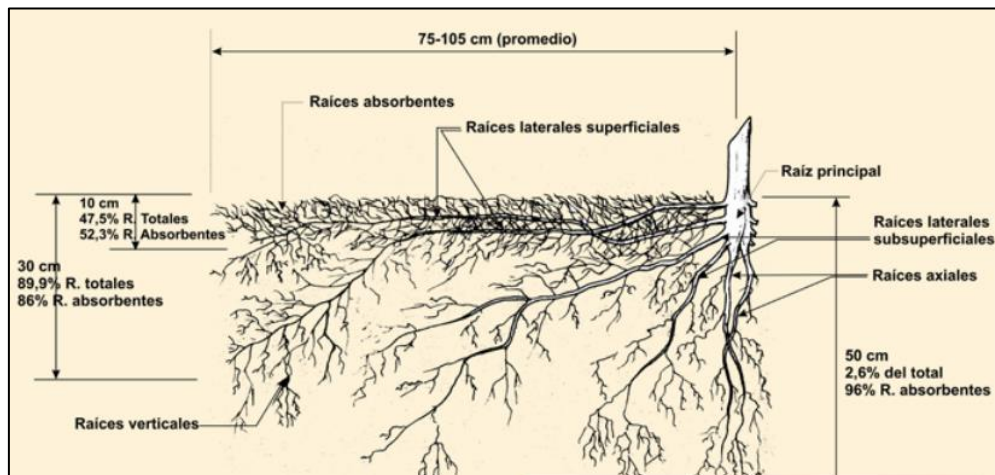


Figura 3.9. Morfología y distribución de raíces en una planta de *Coffea arabica* L. (Arcila, 2007).



3.2.3.1.1. Factores que limitan el desarrollo de las raíces del café

Para la siembra en el campo los cafetos deben provenir de las mejores plántulas trasplantadas en el almácigo, deben ser vigorosas y con el follaje y las raíces bien formadas, con la raíz pivotante recta y completamente desarrollada (FNC, 1979).

Los cafetales requieren unas condiciones ambientales muy concretas para poder cultivarse a nivel comercial. Factores como la temperatura, la lluvia, el sol, el viento y la composición del suelo son importantes para su desarrollo, variando sus exigencias en función de la variedad (Rojo, 2014).

No se deben establecer en suelos con condiciones desfavorables para su desarrollo de las plantas, porque su sistema radical se limita y produce un crecimiento débil de la parte aérea, caracterizado por amarillamiento de las hojas, síntomas de deficiencias nutricionales, alta incidencia de mancha de hierro en hojas y frutos, desarrollo deficiente de los brotes, defoliación, secamiento de ramas y frutos (paloteo), baja producción, y en casos extremos, hasta la muerte (Arcila, 2007).

De acuerdo a autores como Arcila (2007), Monroig (2016), Gaitan (2013), existen condiciones adversas para el desarrollo radical de la planta de café durante las etapas del cultivo como:

- **Etapa de germinador.** (Figura 3.10) Las limitaciones del sistema radical en esta etapa están asociadas a daños mecánicos, poca aireación del sustrato de germinación, siembra demasiado superficial o profunda y uso inadecuado de fitosanitarios.

Figura 3.10. Etapa de germinación del café (Agronomaster).



- **Etapa de almácigo.** Se limita el crecimiento de las raíces por el tamaño inadecuado de las bolsas, la poda excesiva de la raíz pivotante en el momento del trasplante, el doblamiento de la raíz en la siembra, el ataque de nematodos, la deficiencia de materia orgánica en el sustrato utilizado para llenar las bolsas y el inadecuado o deficiente manejo cultural. (Figura 3.11).

Figura 3.11. Etapa de almácigo del café (EcuRed).



- **Fases vegetativa y reproductiva (campo).** Esta fase influye en un mal desarrollo radical, las inadecuadas condiciones físicas, químicas del suelo y el ataque de enfermedades e insectos causados por hongos y nematodos.

UNIVERSITAS
Miguel Hernández

Figura 3.12 A) Germinado con raíz normal y raíz bifurcada. B) Sistema radical normal de una planta de 12 meses. C) Sistema radical bifurcado de una planta de 12 meses. D) Raíz típica de una planta de 6 meses. E) Generación de raíces del café. (Arcila, 2007).



3.2.3.2. Origen y desarrollo de los órganos vegetativos aéreos (tallos, ramas y hojas)

Según Arcila (2007), la parte aérea del cafeto se genera a partir de las células meristemáticas ubicadas en el ápice del tallo y de las ramas (yemas apicales) y en las axilas de las hojas (yemas laterales, yemas axilares y yemas seriadas). Ver (Figura 3.14), (Figura 3.16).

En cada nudo formado en el tallo y en las ramas se desarrollan dos axilas foliares opuestas y en cada una de las axilas se originan de 4 a 5 yemas ordenadas en forma lineal, de mayor a menor, razón por la cual se les denomina yemas seriadas (yemas laterales).

- **Yemas en el tallo.** La primera, de mayor edad, da origen únicamente a brotes que crecen horizontalmente (ramas primarias), formándose un solo par de ramas primarias por nudo. La siguiente yema de la serie, origina brotes verticales o “chupones”, y las otras yemas permanecen latentes o eventualmente, forman flores y frutos, que crecen en el tallo.
- **Yemas en las ramas.** Son de edad desuniforme y dan origen principalmente a flores, si las condiciones ambientales son propicias. De cada yema se forman entre 4 y 6 flores (inflorescencia o glomérulo). Las yemas que no se diferencian en flores, forman ramas secundarias o terciarias en condiciones ambientales poco favorables para la floración, esto ocurre en plantas mayores de 15 meses.

Figura 3.13. Ubicación de las yemas donde se origina la estructura vegetativa y reproductiva de la planta.

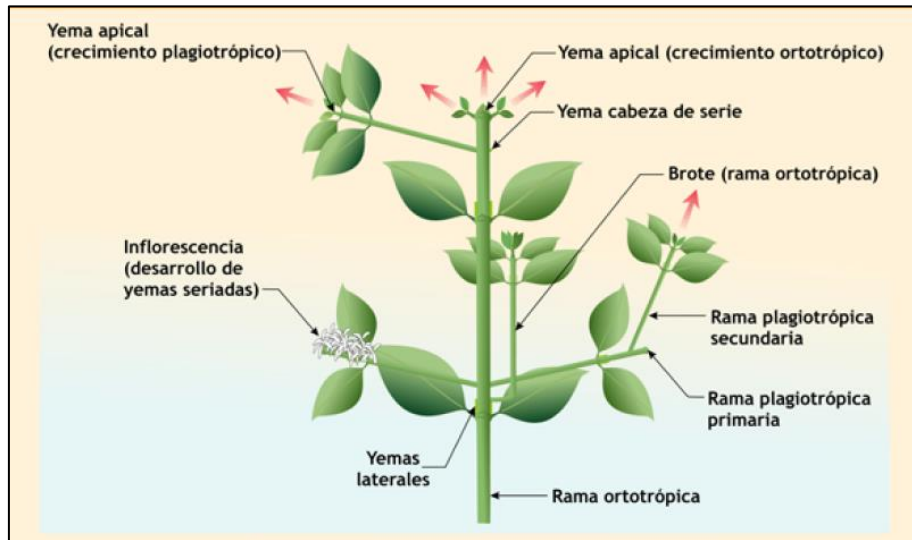


Figura 3.14. A) Yemas apicales y laterales. B) Yemas apicales responsables del crecimiento del tallo. C) Yemas laterales responsables del crecimiento de las ramas (Arcila, 2007).

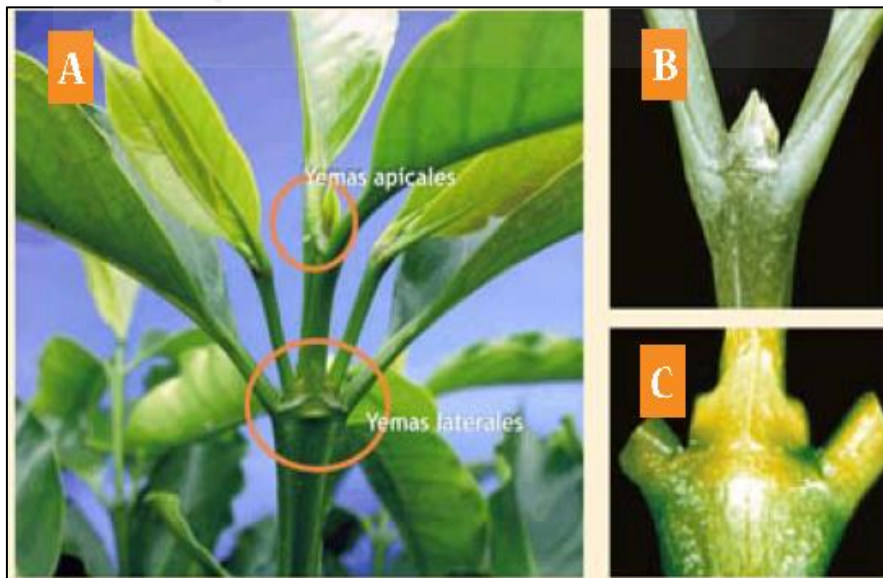


Figura 3.15. A) Ramas primarias y brotes (Chupones). B) Brotes de la zoca. C) Flores que crecen en el tallo. D) Frutos que crecen en el tallo. (Arcila, 2007).



MH Miguel Hernández

A los dos meses después de la germinación, la planta forma el primer par de hojas verdaderas y en la fase de almácigo, la planta adquiere de 6 a 8 pares de hojas verdaderas o nudos. El primer par de ramas se forma entre los 7 y los 8 meses aproximadamente, y a partir del momento de la siembra en el sitio definitivo, la planta comienza la formación de las ramas que van a ser responsables de la producción (Arcila *et al.*, 2001). En el tallo, un par de hojas o un nudo se origina de media cada 25 a 30 días. En un año se forman de 12 a 14 ramas primarias.

Figura 3.16. A) Yemas apicales. B) y C) Yemas laterales. (Arcila, 2007).



En la zona cafetera colombiana, el cafeto forma nudos y hojas durante todo el año, sin embargo, hay épocas en las cuales ocurre una mayor o menor intensidad del crecimiento, condicionado por la disponibilidad de agua, nutrientes y energía. El crecimiento es más activo bajo estas condiciones; un aumento de la radiación (plena exposición solar) induce la formación de plantas más bajas en las cuales ha ocurrido mayor diferenciación y que son más productivas, mientras que la sombra estimula la formación de plantas más altas con menor diferenciación y menos productivas (Sadeghian, 2012).

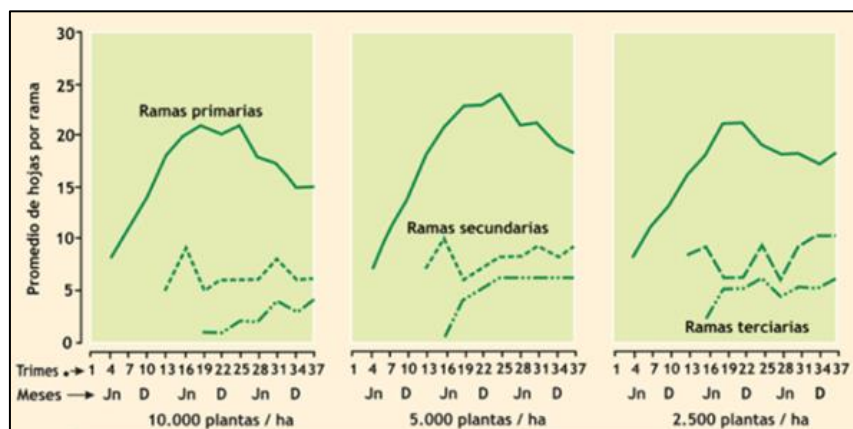
- **Las hojas del cafeto.** Son órganos que realizan los tres procesos fisiológicos más importantes: fotosíntesis, respiración y transpiración. El cafeto se encarga de transformar el dióxido de carbono y almacenarlo mediante el balance entre fotosíntesis y respiración (Zapata *et al*, 2017):

Fotosíntesis: permite captar el dióxido de carbono (CO₂) y expulsar el oxígeno (O₂), convirtiendo la materia inorgánica en orgánica.

Respiración: ocurre en todos los tejidos de la planta, particularmente intensa en las hojas y tejidos jóvenes.

Transpiración: tiene un papel importante en la absorción de agua y nutrientes, y es un mecanismo de refrigeración de la planta.

Figura 3.17. Formación de hojas en las ramas primarias, secundarias y terciarias en diferentes densidades de siembra (Arcila, 2007).



3.2.4. Fase de desarrollo reproductivo del café

Comienza con la aparición de las primeras flores, continúa con el desarrollo del fruto y termina con la maduración; estando influenciada por:

- Duración del día (fotoperiodo)
- Época de siembra
- Temperatura
- Disponibilidad hídrica

La primera floración ocurre cuando al menos el 50 % de las plantas del cafetal han florecido. La floración del cafeto está asociada con las condiciones climáticas de cada

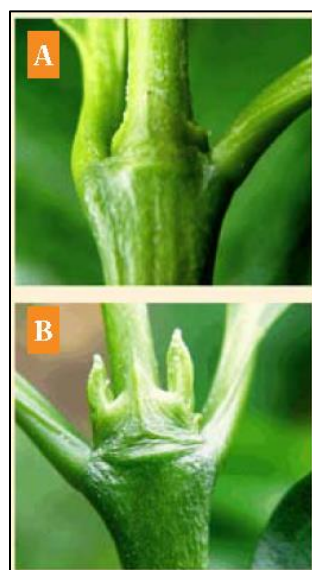
región y se registra como el momento de la antesis. La fase de la floración inicia de 4 a 5 meses antes de la apertura floral y determina el número de pases de cosecha; permite estimar las curvas de desarrollo del fruto y así identificar las épocas críticas para el ataque de plagas y enfermedades, como también la época de mayor demanda de agua y nutrientes.

Las flores del cafeto se forman en las yemas ubicadas en las axilas foliares, en los nudos de las ramas. Cada uno tiene dos axilas foliares opuestas donde se forman de 3 a 4 yemas o inflorescencias y en cada una de ellas, entre 4 y 5 flores. Es decir, en un nudo existen entre 24 y 32 botones florales.

La yema que produce un glomérulo tarda 12 semanas para dar origen a los botones florales. Durante el desarrollo de la inflorescencia y la flor ocurren las siguientes etapas:

- **Primera etapa. Inducción floral e iniciación de la inflorescencia:** en este estado el nudo está rodeado por estípulas de color verde claro. El desarrollo de la inflorescencia continúa y puede durar de 30 a 35 días aproximadamente. Ver Figura 3.18

Figura 3.18. A) Iniciación de la Inflorescencia. B) Diferenciación de la inflorescencia (Arcila, 2007).



- **Segunda etapa. Desarrollo de los botones florales en las yemas:** termina en el momento en que se observan los botones florales adheridos entre sí sin abrir, emergiendo en una inflorescencia multifloral. Esta etapa tiene una duración en promedio, de 45 días. Ver Figura 3.19.

Figura 3.19. A) y B) Nudo con las inflorescencias en desarrollo (Arcila, 2007).



- **Tercera etapa. Botones florales en estado de latencia:** los botones alcanzan un tamaño de 4 a 6 mm, se separan y aun verdes, detienen su crecimiento entrando en una fase de latencia que dura alrededor de 30 días, inducida por la exposición continua de la yema a estrés hídrico o factores endógenos. Ver Figura 3.20

Figura 3.20. A) y B) Botones florales en estado de latencia (Arcila, 2007).



Cuarta etapa. Preantesis y Antesis floral: las lluvias repentinas, la reducción de la temperatura y la variación de los contenidos de ácido giberélico estimulan el crecimiento del botón floral latente, que aumenta su longitud 3 o 4 veces. Los botones inician la etapa de Preantesis, con coloración blanquecina de los pétalos; esta etapa dura de 6 a 10 días. Ver Figura 3.21.

Figura 3.21. A) y B) Preantesis. C) Antesis floral (Arcila, 2007).



- **Quinta etapa. Antesis o florecencia:** una flor dura de media 3 días abierta. En *Coffea arabica* L., la flor se autofecunda y cuando se produce su apertura la fecundación ha ocurrido en un 90%.

3.2.4.1. Factores que afectan el desarrollo foliar

- **Variaciones climáticas.** El desarrollo foliar es altamente sensible a las deficiencias hídricas, después de la interrupción de períodos secos y prolongados; las plantas pueden presentar clorosis (envejecimiento prematuro) y pérdida del follaje.
- **Nutrición.** La deficiencia de Nitrógeno y Magnesio ocasiona menor producción de clorofila y defoliación.
- **Plagas y enfermedades.** Enfermedades foliares como la Roya del cafeto ocasionan altas pérdidas de hojas.

- **Podas.** Esta práctica consiste en la eliminación en diferente intensidad de órganos vegetativos. Una poda severa puede limitar la cantidad de follaje de la planta en un momento determinado.

3.2.4.2. Tipos de anomalías florales

- **Flores estrellas o atrofiadas.** Consiste en la inhibición o interrupción del crecimiento de los órganos sexuales o de toda la unidad floral, y provoca un desarrollo parcial o rudimentario de la flor, la cual se abre parcialmente o no crece.

Dentro de los factores que causan estas alteraciones se encuentran el déficit hídrico (durante la iniciación de la floración), alta radiación solar, lluvias esporádicas y de baja intensidad (durante un periodo seco prolongado), exceso de lluvia durante el periodo de rápida expansión de las yemas, exceso de nubosidad durante el periodo de floración.

- **Petalodia:** alteración del desarrollo de los estambres de la flor, transformándose en estructuras parecidas a pétalos. No ocurre dehiscencia de las anteras, se observa un número de pétalos superior a cinco y no hay estambres. Este desorden puede ser de naturaleza genética y es de rara ocurrencia.
- **Secamiento de flores (flores semisecas):** consiste en el secamiento parcial o total de los pétalos y los estambres. La corola comienza a secarse por la base, los pétalos toman un color canela y en ocasiones se separan del ovario. Su importancia económica puede llegar a ser alta porque involucra la pérdida total de la flor. Esta anomalía es causada por el exceso de sombra, alta humedad y

alta temperatura, también favorece la proliferación de hongos, condiciones de alto brillo solar durante ciertas horas del día pueden causar quemazones (golpe de sol).

- **Abscisión de flores (caída de flores):** ocurre por causas naturales, puede ser de gran importancia ya que los porcentajes del cuajado del café varían entre el 20 y el 80%.
- **Deficiencia de flores (bajo número de flores):** los nudos habilitados para florecer presentan una baja cantidad de flores. Esta anomalía está asociada a condiciones del cultivo (exceso de sombra, cosecha alta en el año anterior, secamiento de yemas, abortos o cafetos muy jóvenes o muy viejos) que impiden el desarrollo de suficientes.
- **Pérdida de la capacidad de floración (aneuploidia, café macho):** problema de fertilidad caracterizado por una escasa o nula formación de flores en toda la planta o por la alta formación de flores rudimentarias.

Figura 3.22. A) Atrofia floral. B) Flores estrella. C) Golpe de sol en botones florales (Arcila, 2007).



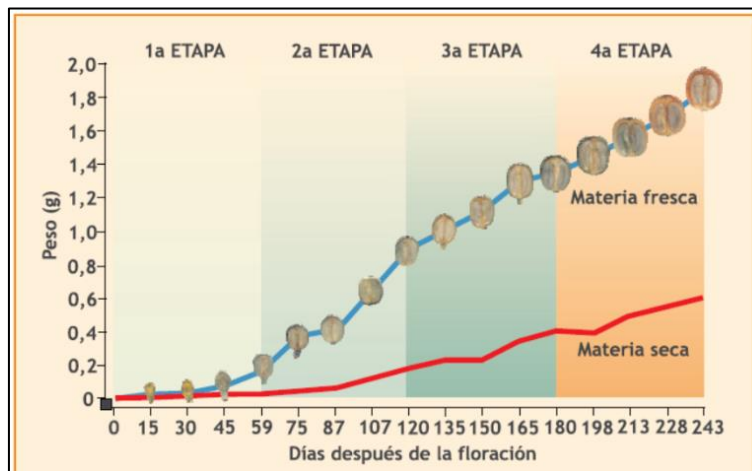
3.2.5. Desarrollo del fruto

Desde el momento de la floración hasta la maduración del fruto transcurre de media 32 semanas. El desarrollo del fruto dura de 220 a 240 días.

Según cenicafé, (2001), las etapas de desarrollo del fruto son:

- **Etapa 1:** Primeras 7 semanas después de la floración (0 – 50 días). Es una etapa de crecimiento lento, en la cual el fruto tiene el tamaño de un fósforo.
- **Etapa 2:** Semanas 8 a la 17 después de la floración (50 – 120 días). El fruto crece en forma acelerada y adquiere su tamaño final, y la semilla tiene consistencia gelatinosa.
- **Etapa 3:** Semanas 18 a la 25 después de la floración (120–180 días). La semilla o almendra completa su desarrollo, adquiere consistencia sólida y gana peso.
- **Etapa 4:** Semanas 26 a la 32 después de la floración (180 – 224 días). El fruto se encuentra fisiológicamente desarrollado y comienza a madurar.
- **Etapa 5:** Después de la semana 32 (más de 224 días), el fruto supera su punto de maduración y adquiere un color violeta oscuro y finalmente se seca. En esta etapa generalmente el fruto pierde peso.

Figura 3.23. Etapas de desarrollo del fruto del café (Arcila, 2007).



Una deficiencia hídrica puede tener diferentes efectos sobre el desarrollo del fruto (Ver Figura 3.24):

- Grano vacío
- Grano parcialmente formado
- Grano negro
- Grano pequeño



Figura 3.24. Fruto completamente lleno (izquierda), Fruto parcialmente lleno (centro), Grano negro (derecha) (Arcila, 2007).



3.2.5.1. Madurez fisiológica del fruto

En las condiciones climáticas de Colombia, el café presenta alta desuniformidad de la maduración, y es así como en una misma rama se observan frutos en diferentes estados de desarrollo y en varios grados de madurez, razón por la cual es necesario realizar entre 10 y 15 recolecciones por año.

La cosecha de café se hace habitualmente con el criterio del color de la cereza, que al madurar muestra una mezcla de tonalidades verdes, amarillas y rojas, según el cultivo o variedad.

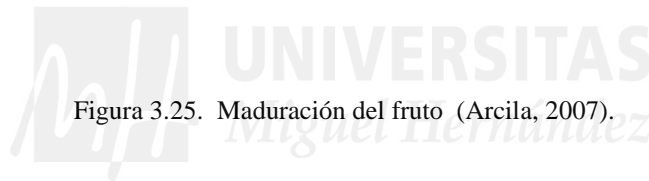


Figura 3.25. Maduración del fruto (Arcila, 2007).



3.2.6. Fase de senescencia del café.

Después de los 6 y 8 años de edad, la planta se deteriora y su productividad y rentabilidad disminuye, esto depende:

- Densidad de siembra
- Intensidad de la producción
- Disponibilidad de nutrientes
- Presencia de enfermedades
- Estrés ambiental

Los órganos de la planta completan su ciclo de vida en diferentes edades, la hoja dura 350 días en promedio, la rama primaria varios años y la apertura de la flor 3 días. Cuando los brotes han completado su máximo desarrollo, la planta se observa vigorosa con una tonalidad verde oscuro intenso y las hojas tienen en promedio un área de 30 cm².

Cuando las hojas envejecen las tonalidades cambian de verde intenso a amarillo con manchas rojas y se caen en la cosecha. Un estrés hídrico prolongado acelera el envejecimiento y la pérdida de las hojas.

3.3. LABORES DE CULTIVO

3.3.1. Técnicas de renovación y podas de los cafetales

Según Rendón, (2016), la poda es una actividad fundamental dentro de las prácticas de manejo del cultivo que debe ser considerada y planificada, con esto se logra asegurar abundantes cosechas que permitan al caficultor una alta rentabilidad. De hecho, la poda reduce el efecto de la bianualidad de la producción, principalmente cuando se realizan oportuna y adecuadamente las demás labores de manejo de las plantaciones, como el control de malezas, la regulación de sombra, el control fitosanitario (plagas y enfermedades), la fertilización, la nutrición y densidad de siembra.

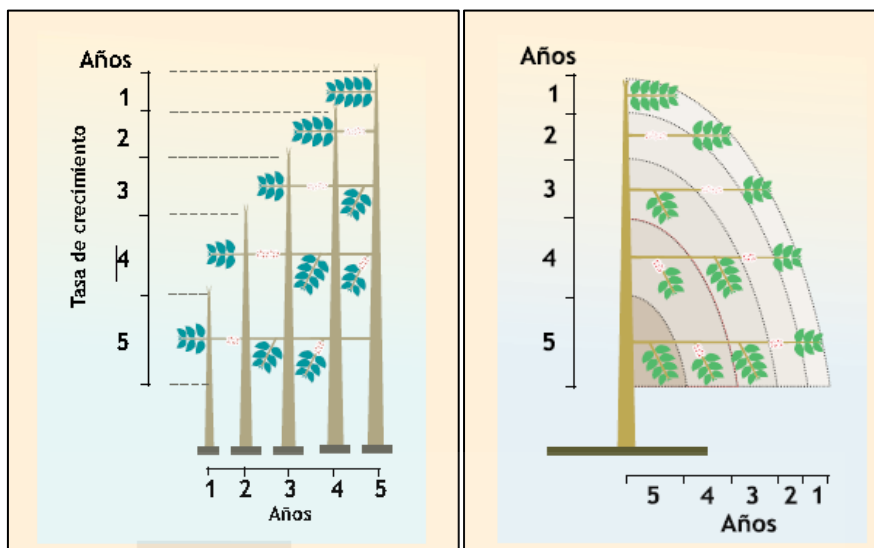
Es importante comenzar a podar el cafetal después de obtener 4 o 5 cosechas, si la producción baja y las plantas no responden a la poda, debe iniciarse un plan de renovación de la finca, realizando nuevas siembras por líneas o lotes completos, con cambio de variedad y densidad de siembra.

El cultivo del café se renueva por unidad de superficies, de lo contrario la producción del cafetal baja cada año a causa de la competencias que se producen por espacio, luz y recursos, debido al deterioro de la plantas.

Las plantas del cafeto en Colombia tienen un crecimiento vegetativo y reproductivo en el mismo año y en la misma rama, lo que conlleva a que si hay una alta producción en el año, los árboles crecerán poco, determinando así la producción del año siguiente que será reducida y viceversa. El resultado es la alternancia del volumen de producción de cada año, siendo más acentuada en cafetales envejecidos. Estas particularidades del café traen como consecuencia que la producción cada vez sea menor, que la zona principal

de producción de la planta se desplace hacia arriba en el tallo y del tallo hacia afuera las ramas dificultando su recolección. Figura 3.26.

Figura 3.26. Disminución de la tasa de crecimiento vertical a través de los años (izquierda) y Tasa de crecimiento lateral ramas (derecha) (Arcila, 2007).



3.3.1.1. Renovación de los cultivos

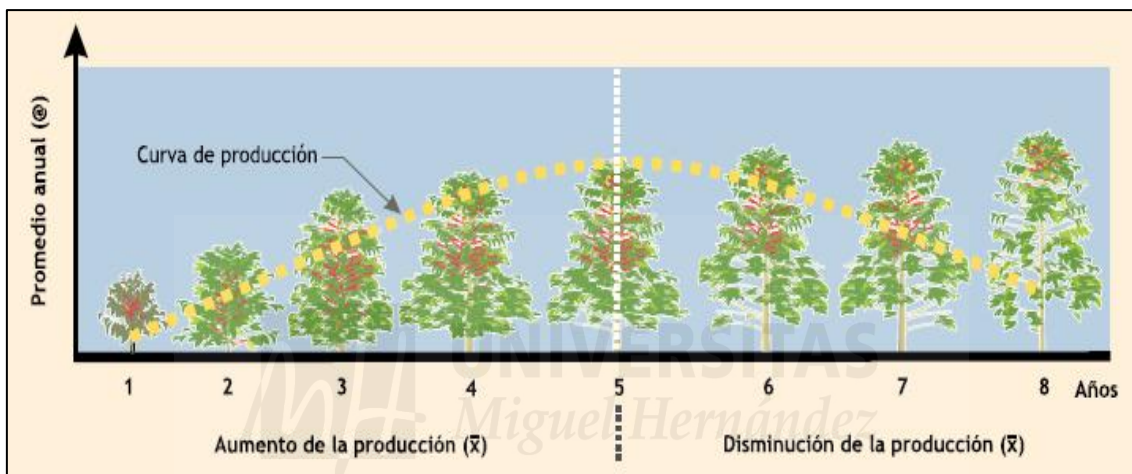
A través del tiempo las ramas del café son menos productivas, sin embargo cuando se forman nuevas ramas y la planta crece verticalmente la producción total aumenta. Para obtener la máxima producción a través del tiempo, es necesario podar la planta a fin de promover crecimientos nuevos de tejido, y de esta manera fomentar la formación de nudos productivos para incrementar la productividad. (Ver Figura 3.27).

Para saber cuándo renovar, los caficultores disponen de tres opciones:

- **Siembra nueva:** solo es aconsejable cuando se desea cambiar de variedad.

- **Podas parciales:** se refiere al descope o eliminación de ramas o el remplazo de las plantas más deterioradas.
- **Podas totales:** eliminación total de la parte aérea del cafeto (zoqueo a 30 centímetros).

Figura 3.27. Crecimiento de las plantas y de la producción promedio por edad, el punto máximo en la curva de producción, es el momento indicado para la poda (cenicafé, 2005).

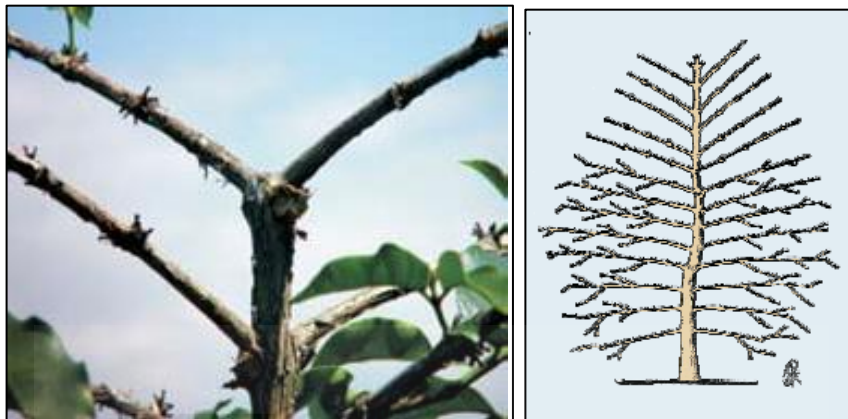


3.3.1.2. Sistemas básicos de poda en Colombia

- **Poda de formación:** Tiene como fin modificar la arquitectura del árbol para que sea accesible la recolección de la cosecha.
- **Poda escalonada:** consiste en suprimir las ramas bajas, las ramas secundarias, el eje ortotrópico “chupones” mal formadas y así facilitar la penetración de la luz al interior de la planta.

- **Poda descope o Colombia:** (Figura 3.28), los cafetos quedan a libre crecimiento durante los tres primeros años, después se realiza un descope de la yema apical, para estimular el desarrollo de las ramas laterales.

Figura 3.28. Eliminación del brote apical del tallo (cenicafé, 2005).



- **Poda de renovación o producción:** mantiene las planta en su máxima producción mediante la renovación de tejidos eliminando proporciones de la parte aérea de la planta, ejemplo la poda baja del tallo o zoca que elimina la parte aérea haciendo un corte del tallo a 30 centímetros del suelo, luego se selecciona uno, dos o tres de los brotes emitidos para incrementar la densidad de siembra. Esta poda se puede practicar en forma individual (por planta) o sistemática por grupos.
- **Poda sistemática por lotes:** en esta poda la plantación se divide en partes iguales que se zoquean de acuerdo a la duración del ciclo establecido. Este sistema tiene las siguientes ventajas: es fácil de realizar, porque las plantas de las diferentes edades están concentradas, permite la mecanización mediante el uso de motosierra o guadaña, facilita un adecuado desarrollo de la resiembra, el cafetal se puede

estratificar por edades, mayor eficiencia en las labores de fertilización y deshierbado.

3.3.1.3. Estabilización de la producción

Para estabilizar la producción es aconsejable establecer el periodo de duración del ciclo de renovación (de 5 a 8 años) que puede variar según el clima, el suelo, la densidad de siembra, el manejo de arvenses y la fertilización. Para ello se debe contar con los registros de producción de la finca donde se indican los valores máximos en algunas edades del ciclo, también determina el número de árboles que se deben intervenir cada año (total árboles/número de años del ciclo) y definir el sistema de renovación, por surcos o por lotes.

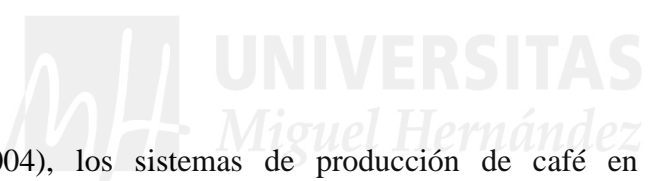
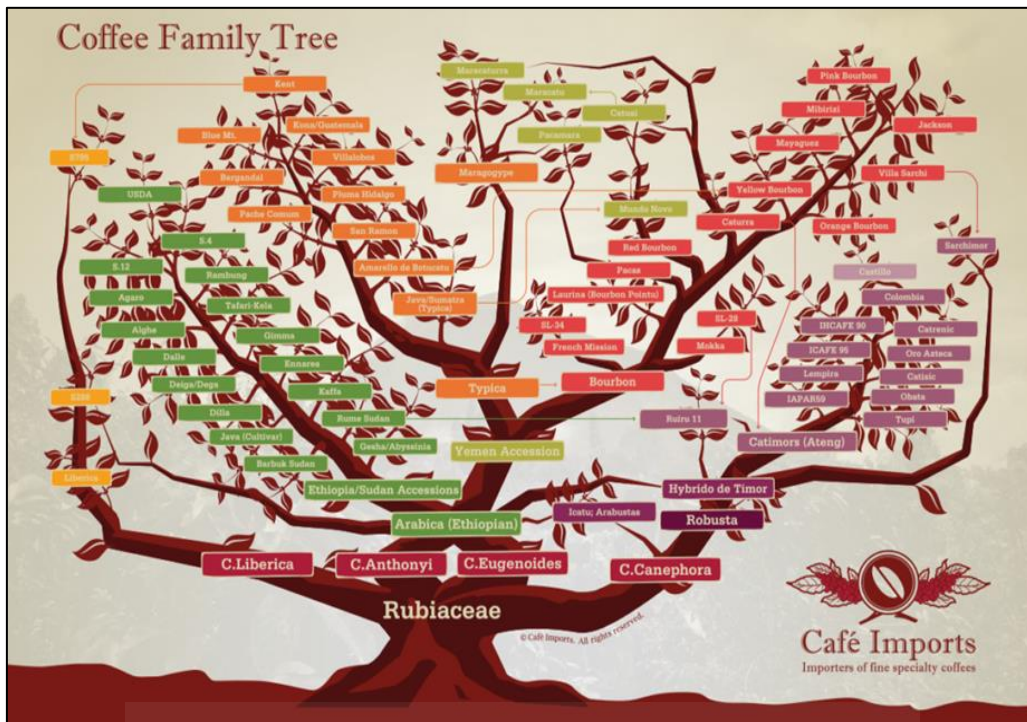
Figura 3.29. Renovación sistemática de cafetales por lotes por medio del Zoqueo, en 5 años.



3.4. MATERIAL VEGETAL

3.4.1. Especies y variedades cultivadas en Colombia.

Figura 3.30. Variedades del Cafeto (quécafé, 2020)



Según FNC, (2004), los sistemas de producción de café en Colombia se han desarrollado con variedades de la especie *Coffea arabica* L. como:

- **Variedad Típica:** de porte alto, con una amplia adaptación a diferentes tipos de suelos y climas.
- **Variedad Borbón:** se cultiva bajo sombra intensiva, más productiva y semillas de mayor tamaño que la variedad Típica.
- **Variedad Caturra:** mutación de la variedad Borbón, de porte bajo, se caracteriza por tener entrenudos muy cortos en las ramas y el tallo.

- **Variedad Colombia:** es de porte bajo, híbrido de Timor, resistente a la Roya, alcanza alta productividad y excelente calidad del producto.
- **Variedad Castillo:** resistente a la Roya con mejores características del tamaño del grano y la productividad.
- **Variedad Tabi:** de porte alto, resistente a la Roya, proviene de los cruzamientos entre el híbrido Timor y las variedades Típica y Borbón.
- **Variedad Maragogipe:** se cultiva en la región de Antioquia en muy pocas hectáreas

Figura 3.31. Características morfológicas, agronómicas y del grano de las variedades de café cultivadas en Colombia (FNC, 2004).

Característica	Típica	Borbón	Maragogipe	Tabi	Caturra	Colombia	Castillo®	Castillo® Regional
Resistencia a roya	No	No	No	Si	No	Si	Si	Si
Porte	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Medio	Medio
Color brote apical	Bronce	Verde	Bronce	Bronce y verde	Verde	Bronce y verde	Bronce y verde	Bronce y verde
Altura 24 meses (cm)	226	237	Mayor que Típica y Borbón	243	137*	165*	154	153
Diámetro copa (cm) 24 meses-30* meses	180	177	Mayor que Típica y Borbón	200	112*	133*	172	172
Densidad siembra sol	2.500	2.500	2.500	2.500	Hasta 10,000	Hasta 10,000	Hasta 10,000	Hasta 10,000
Densidad siembra Sombra (25-50%)	1.500	1.500	1.500	1.500	Hasta 4.000	Hasta 4.000	Hasta 4.000	Hasta 4.000
Producción kg cps/planta sol	0,9	1,2	0,7	1,0	0,5	0,5	0,5	0,6-0,7
Producción kg cps/planta Sombra (25-50%)	0,6	0,8	0,5	0,7	0,35	0,35	0,35	0,4-0,5
% grano supremo	70	46	90-100	85	62,7	52,8	83,0	85
% vanos	4	4	4	3,7	5	5	4,4	5
% caracol	8	7,6	7,0	8,0	8,7	11,2	7,0	7,0

3.5. EXIGENCIAS EDÁFICAS Y CLIMÁTICAS

Según Lince *et al*, (2018), Herrón, (2013), las mejores condiciones climáticas para el desarrollo y la producción son:

- Temperaturas entre 21°C y 22°C, 1.800 horas de sol al año y una precipitación anual de entre 1.500 mm y 2.000 mm.
- Cultivar café bajo árboles de sombra es la mejor alternativa, porque protegen el cultivo del sol durante la temporada seca y las temperaturas más bajas. En Colombia, el 40% de los cafetales se cultivan bajo sombra.
- La acidez del suelo demasiado baja significa una alta concentración de Hidrógeno libre en el suelo, condición que restringe el acceso de agua y nutrientes a las raíces. La mejor acidez del suelo para el crecimiento del café es entre un pH de 5.0 y 5.5.
- El mejor café se cultiva en suelos drenados y aireados, con alto contenido orgánico. Deben evitarse arcillas pesadas, arenas y gravas con fácil lixiviación.
- Poner materia orgánica como mantillo y la pulpa del café ya fermentada para conservar la humedad y mejorar el contenido orgánico.
- El café es una planta que crece bien en ambientes con humedad superior al 75% sin llegar a la saturación total.
- El café es una planta de días cortos con necesidades entre 4,5 a 5 horas/días (1.500 horas/año).
- El viento: elemento del clima importante, porque dentro del cultivo remueve el aire cargado del dióxido de carbono y ayuda a la transpiración de las planta, os vientos con velocidades superiores a 2 metros/segundo tiene efectos adversos sobre la altura de la planta, el alargamiento de los entrenudos, el aumento de las ramas y la disminución del área foliar.

3.6. FERTILIZACIÓN

Los elementos más importantes respecto a la nutrición son: Nitrógeno y Potasio y en segundo plano Fosforo, Magnesio y Azufre.

Figura 3.32. Recomendación de fertilización de suelos para café (Vignola et al, 2018).

ELEMENTO	DOSIS (kg ha ⁻¹)
Nitrógeno	150 a 300
Fósforo	30 a 50
Potasio	100 a 200
Magnesio	40 a 80
Azufre	30 a 60
Boro	3 a 6 kg
Zinc	5 a 10

- **Nitrógeno:** es el principal influyente en la producción de café colombiano. La falta de este nutriente puede llegar a limitar la producción en un 80%.
- **Potasio:** es el segundo limitante nutricional llegando a afectar el 30% de la producción total.
- **Fósforo, Magnesio y Azufre:** la carencia de fósforo influye en el suelo; el magnesio en las hojas en la época de producción; y a veces solo se detectan falta de azufre en menor cantidad.

La fertilización se debe suministrar 6 meses antes de su floración en la última etapa de cosecha, para no afectar la calidad de la producción. Entre los 60 y 90 días después de la floración, fertilizar el 13% de la cosecha, a los 180 días el 62% y los últimos 2 meses de maduración el 25%. González *et al*, (2014).

3.6.1. Épocas para la fertilización del café en Colombia

De acuerdo a González, (2014), las épocas óptimas reducen los costos, aumenta la productividad, y preserva los ecosistemas. Según los fenómenos climáticos, existen tres periodos:

- **Periodo neutro (2500mm de agua al año):** la región cafetera colombiana tiene dos periodos secos y dos lluviosos al año. Los periodos húmedos se presentan en los meses de Abril-Mayo y Octubre-Noviembre. En un año neutro la fertilización puede hacerse entre Marzo-Mayo; y otra en Septiembre-Noviembre.
- **Periodo la niña (3800mm de agua año):** ante esto es imprescindible dividir el fertilizante a utilizar por año en tres etapas de cuatro meses o concentrar todos los elementos a utilizar en dos épocas al año y el Nitrógeno en tres ya que actúa como soporte de órganos vegetativos. Según el tipo de suelo el fertilizante puede perderse un 60% durante los 90 días después de la fertilización, principalmente en suelos arenosos.
- **Periodo el Niño:** (disminución de las lluvias entre un 25% y 50%) limitan la humedad del suelo. En este periodo es recomendable fraccionar la fertilización anual en dos etapas, la primera se aplica la totalidad de Nitrógeno, Potasio, Fosforo, Magnesio y Azufre. Si el cultivo requiere Fosforo, oxido de Magnesio (60 kg/ha) es preferible aplicarlo todo en la primera dosis anual. El Magnesio y Azufre debe aplicarse en dos dosis junto con el Potasio y Nitrógeno. Si el caficultor decide utilizar N-P-K como fertilizante, es preferible que se aplique en el primer semestre del año

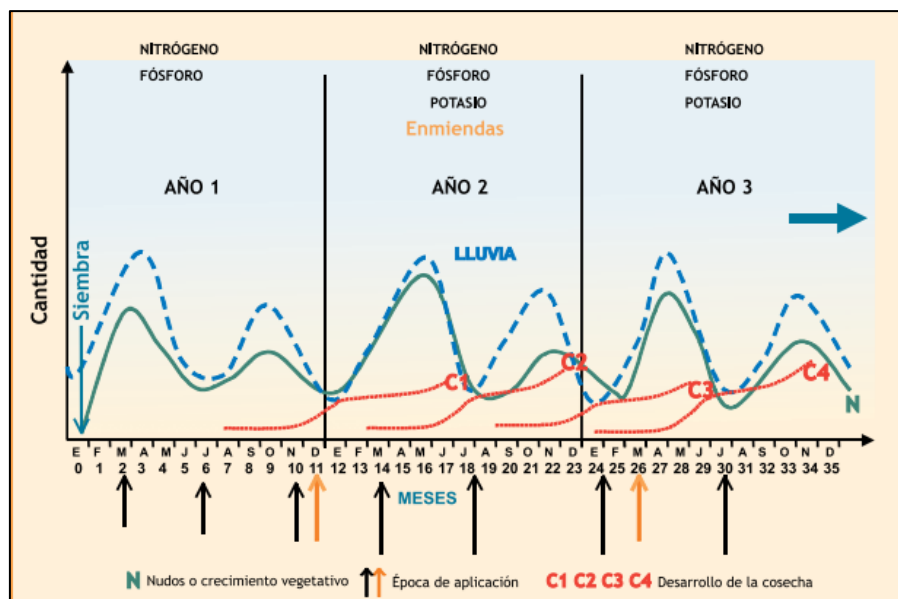
ya que en algunas regiones se pueden encontrar deficiencias de elementos en el suelo.

La cantidad de lluvia, junto con la densidad de la cosecha, y el nivel de sombra hacen que cierta cantidad de agua llegue al suelo, lo que significa que parte del fertilizante queda en la parte superior de la planta. Por esto durante un periodo del evento el Niño es recomendable no fraccionar la fertilización en más de dos ocasiones ya que no se tendría la seguridad de la rehidratación del suelo y por ende, la favorable utilización del fertilizante. De esta manera la planta aumenta la absorción de nutrientes.

La aplicación de fertilizantes en suelos secos o con falta de humedad genera costra o hasta quemar las hojas y raíces de la planta. Nuevas investigaciones indican que fraccionar más de dos veces el ciclo de fertilización no supondría un aumento en la productividad ni calidad de la cosecha.



Figura 3.33. Requerimientos nutritivos y enmiendas para el cultivo del café (González, 2014).



3.7. ENFERMEDADES DE LA PLANTA DE CAFÉ

Los cambios que sufre las plantas en sus funciones vitales es causado por factores como: plagas, hongos, bacterias, virus o también deficiencias nutricionales. Estos organismos pueden estar agrupados en una misma planta, dejando lesiones y llagas en las hojas en forma de manchas de distintos colores o en otras partes de la planta; cuando atacan a la planta absorben sus nutrientes dañando los tejidos exteriores e interiores; además segregan sustancias venenosas debilitando la planta o en el peor de los casos produciendo la muerte. Los vectores de propagación de estos organismos son: humanos, el agua, el viento, los animales, insectos, y las herramientas. Para controlar esto, se recomienda realizar medidas de control, buenas prácticas agrícolas y en menor medida la utilización de productos químicos.

Recomendaciones sanitarias para minimizar la propagación:

- selección de semillas
- Eliminación de malas hierbas.
- Uso adecuado y desinfección de herramientas

Ojo de gallo o Gotera (*Omphalia flavida*):

Hongo común en las regiones cafeteras de América en cultivos bajo sombra, produce una enfermedad severa asociada a eventos climáticos de frío, es conocido por atacar el follaje y pocas veces el fruto. Los síntomas radican en manchas circulares de color oscuro cenizo en las hojas, de 6 a 15 centímetros de diámetro. (Rivas, 2011). Muchas veces estas manchas caen, y dejan un agujero en la hoja de

la planta. Si la mancha es pequeña y oscura se ven filamentos de dos milímetros de altura terminando en una cabezuela amarilla, que se desprende con el paso del tiempo a través de viento y del agua siendo el medio de mayor propagación. (Figura 3.34).

Figura 3.34. Frutos y hojas con lesiones causadas por (*Omphalia flavida*) (cenicafé 2011)



Control de la enfermedad: Los inviernos con mucha humedad son factores clave para la aparición de la gotera en la cosecha. Precauciones a tener en cuenta:

- Sembrar con un marco e plantación amplio, y controlar zonas de sombra (que no se exceda la humedad).
- Los arboles de sombrío deben contener sus copas altas para permitir la entrada de viento y sol, para la ventilación del cafetal.
- Limpieza y saneamiento constantes del suelo para evitar estancamiento de agua.
- Limpieza de musgos, chamizas y hojarasca.
- Podar las zonas bajas de la planta.

- Inspeccionar periódicamente el cafetal
- Control químico: El caldo bordelés (sulfato de cobre) y el Perenox (óxido cuproso 50%), empleando una concentración de 4 g/ aplicado con aspersores.

Mancha de hierro (*Mycosphaerella coffeicol*):

Se encuentra más comúnmente en el fruto de la planta y no en las hojas.
(SENASICA, 2014)

- **Síntomas:** Forman manchas redondas o semiovaladas en hojas y frutos en la que se desarrollan círculos concéntricos. No produce fructificaciones como la Gotera, y el tejido muerto tampoco se cae. El organismo ataca la parte superior del grano sin madurar, en forma de manchas oscuras; estas se van esparciendo y llegan a secar el fruto. Las manchas en las hojas en su principio son oscuras, luego a medida que avanza la infección llegan a aclararse hasta llegar a un color ceniza claro. En el grano la mancha es de color oscuro formando una placa que queda adherida al pergamino del grano.
- **Causas:** Se ha establecido que esta enfermedad se produce con mayor frecuencia en lugares con poco o nulo sombreado. También aparece en lugares de clima cálido.

- **Tratamiento:** El uso de fungicidas raramente da un buen resultado, por lo que se recomienda el buen sombreado y abonado del cafetal.

Figura 3.35. Mancha de hierro *Mycosphaerella coffeicola* (Scot 2014)



Moho de hilacha, mal de hilachas, tizón, chamusco o areñera del café
(*Corticium koleroga*):

- **Síntomas:** las hojas a medida que avanza la infección se deteriora tomando una coloración amarillo a marrón oscuro o negro. Entre medio de las hojas, se extiende una ramificación muy delgada en forma de telaraña que se va extendiendo y pasa de blanco a pardo oscuro con el tiempo. Los frutos también son afectados y adquieren una coloración negra en su estado avanzado. (IICA, 2019)
- **Causas:** elevadas temperaturas, acción directa de los rayos solares a la hoja afectada hacen que la enfermedad quede paralizada por un breve tiempo, pero al reanudarse el ambiente húmedo, esta despierta de su letargo y

vuelve a desarrollarse Las hojas secas muertas al caer sirven para la propagación del hongo.

- **Tratamiento:** La recolección de hojas muertas. Control de zonas de sombrío, sobretodo en lugares de mucha humedad y poca luz. Aislamiento del cafetal de plantas susceptibles a esta enfermedad (Naranjos, limoneros, etc.)

Figura 3.36. Mal de hilachas (*Corticium koleroga*) (Chocooj, 2016)



Mal rosado o Bras (*Corticium salmonicolor* B):

Las superficie de las ramas adquiere color rosado. El hongo provoca necrosis en ramas, hojas y fruto. Ataca principalmente cafetales situados cerca de zonas húmedas y dónde la sombra es prolongada. (cenicafé, 2002).

- **Control:** Drenar los cultivos, quitar malas hierbas oportunamente, hacer revisiones periódicas, aplicar fungicidas con óxido cuproso.

Figura 3.37. Mal rosado (*Corticium salmonicolor*) (cenicafé 2002)



Llaga macana (*Ceratocystis fimbriata*):

Inminente muerte del árbol. Los principales tipos de cafés susceptibles al hongo son: Coffea Arabica, L. Var Typica, C. arabica L. var Bourbon, C. arabica var Maragogipe. (cenicafé, 1999)

- **Síntomas:** La planta presenta un escaso follaje amarillento, ramas semidesnudas secas en las puntas; y granos amarillos y secos. Lesiona el tallo impidiendo la circulación de agua y nutrientes. En invierno se puede notar en las heridas de la corteza un moho negro azulado, con zonas blancos grisáceos, con filamento pardo oscuro.
- **Causas:** heridas causadas por elementos de labranzas, Cortes gruesos sin protección, Desgarraduras de la rama por el viento o la recolección.
- **Tratamiento:** Evitar heridas en el tronco. Aplicar fungicidas preventivos a la planta, desinfectar las herramientas de corte. Eliminar árboles afectados

Figura 3.38. Llaga macana (cenicafé, 1999)



La roya (*Hemileia vastatrix*):

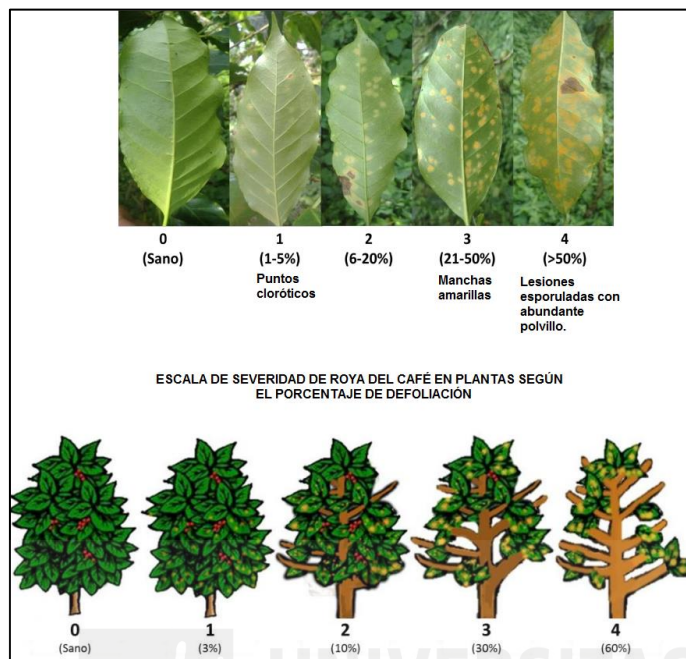
La roya del café sigue siendo un problema patológico en las plantaciones del café. Esta enfermedad está íntimamente ligada al desarrollo fisiológico del cultivo, al nivel de producción de la planta, y a la distribución y cantidad de la lluvia.

- **Síntomas:** inicia con la infección de unas pocas hojas, en las que no se ven síntomas hasta transcurrido el período de incubación infectando todo el árbol adquiriendo un color naranja, las hojas caen quedando con poco follaje y la enfermedad llega a su máximo por agotamiento del hospedero y la epidemia termina (Rivallas *et al*, 2017)

- **Causas:** plantas con limitado desarrollo de raíces por efecto de suelos arcillosos, ataque de nemátodos o palomilla, o malformaciones desde el almacigo con deterioro en el sistema radical, poca luminosidad, temperaturas entre 16°C a 28°C, ambientes húmedos, permitir el crecimiento de los arvenses y la fertilización escasa o nula

- **Tratamiento:** Importanate proteger el follaje durante el período de llenado del fruto, aplicar fungicidas cúpricos en el momento oportuno según la fenología del cultivo. Manejo biológico como por ejemplo: *Bacillus thuringiensis* y *Pseudomonas fluorescens*

Figura 3.39. Roya del café. (Dirección vegetal de sanidad vegetal. México)



3.8. LA BROCA (*Hypothenemus hampei* Ferrari).

Según (Bustillo, 2007) es la plaga más importante que afecta al cafeto en Colombia, ataca el fruto y se reproduce en el interior, limita la calidad del fruto o causa la pérdida total. El uso de insecticidas para el *H. hampei* no es conveniente ya que solo debe utilizarse cuando la broca está penetrando el fruto y no dentro de él. Las mejores herramientas para combatir el desarrollo de la plaga son: el fomento de una fauna beneficiosa, introducción de enemigos biológicos para limitar su desarrollo y el correcto manejo de esquemas agronómicos para el cultivo.

Entre los organismos más importantes para la limitación de la plaga: se encuentra la avispa de Costa de Marfil (*Cephalonomia stephanoderis* (Betrem)), Avispa de Uganda (*Prorops nasuta* (Waterson)), Avispa de Togo (*Phymastichus coffea* (La salle)) y el hongo *Beauveria Bassiana* (Bals) Vuillemin.

La broca es un insecto que puede volar hasta una hora y media, y más de tres horas en vuelos sucesivos, levantándose lentamente y casi en forma vertical hasta encontrar corrientes de aire que la arrastran a otros sitios. Dado que una gran parte de broca adulta se la pasa en el aire, es muy difícil controlar la plaga con medios normales de insecticidas.

Orientación de la Broca hacia los cafetales: la broca primero es atraída por el olor y la forma de los frutos. Las hembras llegan al cafetal agregándose en ramas y arboles cercanos.



Penetración en los frutos: la inserción de una hembra en el fruto varía según su desarrollo.

Edad de los frutos y el ataque de la broca: Los frutos del café son susceptibles al ataque de la broca cuando su peso seco es mayor al 27%, esto se genera a los 150 días del desarrollo, lo que depende la latitud y la altitud. El periodo de vulnerabilidad de la broca a un insecticida de contacto se concentra entre 120 y 150 días después de la floración.

Desarrollo de la broca en los frutos de café: Si los frutos afectados no son cosechados, la broca sigue desarrollándose en el árbol. Un solo fruto puede albergar a

una gran cantidad de broca; y allí permanecen hasta que nuevas temporadas de humedad hagan posible su apto desarrollo. Cuando llega la lluvia, comienza el periodo de emergencia de la broca, iniciando así la nueva colonización.

Efecto de la humedad y la temperatura sobre la broca: a bajas humedades aumenta su tasa de mortalidad; y en altas aumenta la fecundación en un 90% y un 100% H.R. En los periodos de sequía se producen en los cafetales la caída prematura de los frutos, ya que las almendras resultan mal formadas al ser atacada. La broca permanece en el fruto reproduciéndose hasta los momentos de lluvia donde comienza su salida.

Vuelo de la broca en los cafetales: en años muy lluviosos se presenta una emergencia muy continua pero en cantidades muy bajas por el efecto de las precipitaciones. Cuando los cafetales son zoqueados (podados) ocurren proliferaciones de broca y aumenta en los cafetales vecinos, emergiendo del suelo en los primeros 30 días mayor cantidad de adultos.



Efectos de la broca en la producción del café: Es recomendable remover los frutos afectados de los árboles, utilizar arboles-trampas y coséchalos oportunamente.

Medidas de control: es importante un programa de manejo integrado para medir la población y correlacionarlo con el daño que se obtiene cuando el caficultor vende el producto.

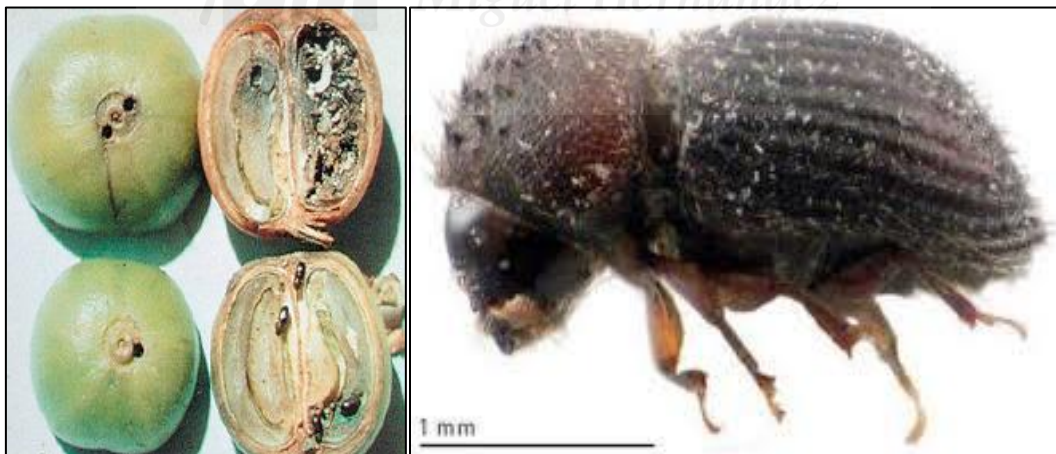
Control cultural: Labores agronómicas en la cosecha son de gran importancia para reducir la población de esta plaga. Constituye un 80% de éxito en el control global de la broca. Se ha establecido que solo se permiten 5 frutos maduros por árbol después de un pase de cosecha para reducir los niveles de infestación. Es importante hacer registros de

floraciones por qué se puede predecir cuándo ocurrirá la cosecha, sus picos más altos y los momentos críticos de los ataques de la broca. De esta manera podemos decidir la práctica de control más adecuada para reducir el mayor número de ataques en los lugares donde ataca la broca. Los hongos entomopatógenos han sido muy importantes para su control.

Parasitoides utilizados en la broca: Estos son: *Cephalonomia Stephanoderis betrem*, *Prorops nasuta* Waterson y *Phymastichus coffea*.

Insecticidas: El uso de insecticidas solo debe utilizarse cuando técnicamente se requiera o se justifique los niveles de infestación, como puede ser pirimifos metil, fenitrothion, clorpirifos, fenthion. El éxito de insecticidas en el cafetal solo es afirmativo en el momento en el que el parasito está penetrando el fruto.

Figura 3.40. La broca (*Hypothenemus hampei*) Ferrari (CropLife).



3.9. COSECHA Y POST-COSECHA DEL CAFÉ

3.9.1. Cosecha del café

El café tiene floraciones escalonadas, y por lo tanto también la cosecha también es escalonada. Se recolecta los frutos de las primeras floraciones, luego se realizan 2 o 3 pasada más. La recolección final, es el recolección de todos los frutos que están en las ramas, maduros, pintones y verdes. Ver Figura X.

Procedimiento para cosechar:

- Implementos necesarios para cosechar: una canasta y varios costales de polipropileno blanco.
- Desplazarse a lo largo de un solo lado de la hilera, cosechando un lado o la mitad de los frutos de una planta.
- Cosechar desde arriba hacia abajo, en forma de zigzag.
- Recolectar los frutos desde el tronco hacia el extremo de la rama.
- Recoger solo los frutos que estén maduros de una rama.
- Arrancar los frutos uno por uno, sosteniendo el fruto entre pulgar y dedo índice.
- Dejar caer los frutos recogidos a la canasta.

- Al terminar con una planta, proseguir la recolección de los frutos caídos al suelo para evitar la propagación de la broca.
- Pasar los frutos de la canasta a un saco de polipropileno blanco.
- Transportar los sacos con el fruto a la planta para su procesado.
- Los frutos cosechados no deben permanecer mucho tiempo en campo.
- Deben colocarse en la sombra, para evitar el calentamiento de los frutos y la fermentación, que afecta la calidad del producto.

Figura 3.41. Cosecha del café (Bancolombia).



3.9.2. POST-COSECHA DEL CAFÉ

Proceso de post-cosecha de café

- Recepción del fruto: verificar la calidad de la cereza en la cosecha, evitar la entrada de frutos verdes a la despulpadora, agrios o secos.

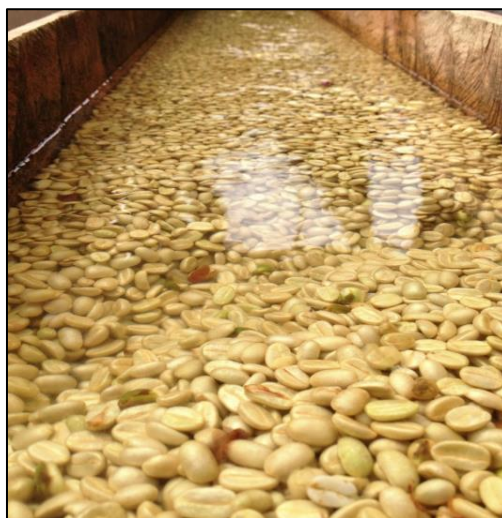
- Despulpado: consiste en separar la pulpa del fruto, en la máquina despulpadora el mismo día que se recolecta para que no se fermente.

Figura 3.42. Máquina despulpadora de café (Bancolombia).



- Fermentación: proceso para descomponer el mucilago que cubre el pergamino del café, por acción de los microorganismos, esto facilita el lavado. Se realiza en pozas de cemento de 1,20 m. Las pozas de fermentación cuadradas o circulares dan una temperatura uniforme. El llenado de la poza no debe durar más de dos horas para que la fermentación sea uniforme.

Figura 3.43. Fermentación y Lavado de café (Bancolombia).



- Lavado: separa el mucilago descompuesto y deja limpio el pergamino; un buen lavado garantiza la calidad del producto, siempre se siga un buen secado. Cuando el café tiene la fermentación adecuada, se debe proceder al lavado: de lo contrario hay pérdida de peso y afecta la calidad de la bebida.
- Secado: consiste en eliminar la humedad del grano, hasta un porcentaje tal que permita su almacenamiento, sin sufrir daño o adquirir mal olor o sabor. El proceso de secado debe iniciarse lo más pronto posible, después del lavado, puede ser de manera natural al sol o al sistema artificial. El secado al sol lo podemos realizar en patios de cemento o eras, secadores. El café necesita para secarse de 30 a 40 horas de sol, siempre y cuando el espesor de la capa no pase de 4 centímetros y se remueva 3 veces al día.

Figura 3.44. Secado natural al sol de café (Bancolombia).



El secado artificial no debe pasar de los 50 grados para que no se cristalice. Para determinar el de secado se debe trillar un poco de café y observar su coloración, que debe ser verde oliva, en este punto el café tiene un 11 o 12% de humedad.

Figura 3.45. Secado artificial del café en Guardiola (cenicafé).



3.9.3. Empaque y almacenamiento

El empaque del café debe hacerse en costales (sacos) limpios y en buen estado, para evitar las pérdidas de grano; y en unidades que facilitan su comercialización, como son las arrobas o los kilogramos. El peso del café almacenado por un tiempo más o menos largo puede variar, aumentando o disminuyendo según la humedad y la temperatura de la bodega o almacén.

Figura 3.46. Empaque del café (cenicafé).



4. CASO PRÁCTICO DE COSTES DE PRODUCCIÓN

Se calculan los costes por hectárea para un cultivo de café bajo sombra, con una densidad de población de 2.500 cafetos de porte alto y cada árbol produce una media de 1.5 kg; teniendo en cuenta: mantenimiento de maquinaria e instalaciones, fletes, seguros, gastos bancarios, mano de obra e insumos de empaque.

*El coste por kilogramo = coste de producción (ha) / producción total (ha).

Figura 4.1. Coste de producción por hectárea (ha) de café **Arabica** en cereza, zona centro (Quindío, Risaralda, Antioquia y Huila) Colombia

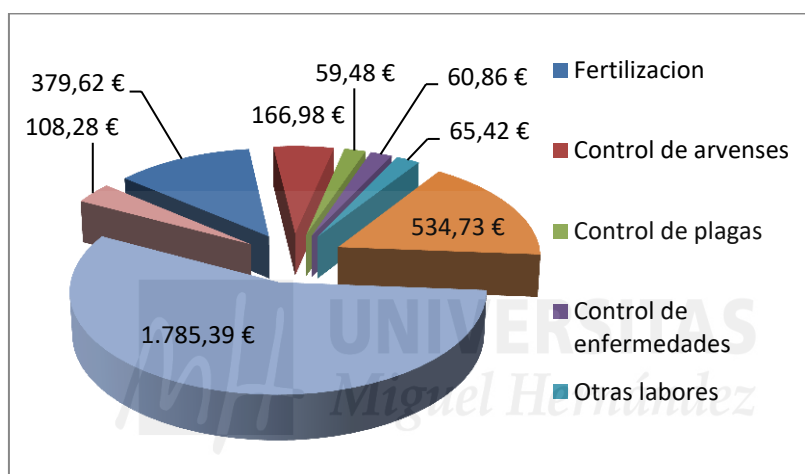


TABLA 4.1 Coste de producción por Ha

ACTIVIDAD	VALOR	Part. (%)
Labores de cultivo	454,26 €	12,60%
Fertilización	379,62 €	10,53%
Control de arvenses	166,98 €	4,63%
Control de plagas	59,48 €	1,65%
Control de enfermedades	60,86 €	1,69%
Otras labores	65,42 €	1,81%
Cosecha	534,73 €	14,83%
Coste Laboral	1.785,39 €	49,51%
Costes directos	3.497,88 €	97,00%
*Costes indirectos	108,28 €	3,00%
Coste total	3.606,15 €	100,00%
*Coste por kilogramo de café	0,96 €	

5. CONCLUSIONES

El consumo y la comercialización de café arábica crece día a día a nivel mundial, por tal motivo es importante seguir investigando sobre la mejora y producción del cultivo con el objetivo de disminuir los costes, aumentar la rentabilidad, cultivar de manera sostenible con el medio ambiente y por consiguiente generar empleo y dar al consumidor la mejor calidad de tan apreciada bebida.



BIBLIOGRAFÍA

- Arcila P, J. (2007). Crecimiento y desarrollo de la planta de café. <https://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo2.pdf>
- Arcila P. J., Farfán V, F., Moreno B, A., Salazar G, L.F., Hincapié G, E. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN COLOMBIA, Cenicafé, (2007). ISSN: 978 958 981930
- Bustillo P, Á. E. (2007). El manejo de cafetales y su relación con el control de la broca del café en Colombia.
- CAFEMALIST (2020). Consumo del Café: Ranking de los Mayores Consumidores (2021): <http://cafemalist.com/CONSUMO-DEL-CAFE/>
- CENICAFE, (1999). Centro Nacional de investigación del café. Las llagas del cafeto ISSN 0120 0178
- CENICAFE, (2002). Centro Nacional de investigación del café. El mal rosado del cafeto. ISSN 0120 0178
- El tostadero (2018). Consumo del café en el mundo y nuevas tendencias: <https://www.eltostadero.com/blog/categoria-de-muestra/consumo-de-cafe-en-el-mundo-y-nuevas-tendenciashellip>

- FAO STAT, (2019). Producción a nivel mundial toneladas de café verde (Tn):
<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>

- FNC. (2004). Federación Nacional de Colombia. Taxonomía del cafeto:
<https://slideshare.net/mobile/chalddar/taxonomía-19016221>

- González O, H., Sadeghian K, S., Jaramillo R, Á. (2014). Épocas recomendadas para la fertilización de cafetales.
<https://www.cenicafe.org/es/publications/avt04424.pdf>

- Herrón O, A. (2013). Producción de café en zonas no tradicionales.
<https://www.urosario.edu.co/Mision-Cafetera/Archivos/Zonas-no-tradicionales-antonio-Herron.pdf>

- ICO (2020). International Coffee Organization. Historia del café:
http://www.ico.org/ES/coffee_storyc.asp#:~:text=Es%20historia%20empieza%20en%20el,en%20la%20provincia%20de%20Kaffa.&text=El%20grano%20de%20café%20es,capas%20exteriores%20se%20vuelve%20inf%C3%A9rtil

- IICA (2019). Instituto Interamericano De Cooperación Para La Agricultura.
<https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/8726/BVE20037756e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Lince S, L.A., Bermúdez F, N., Rodríguez V, N., García L, J.C., Serna G, C.A., Farfán V, F. (2018). Aumentando la resiliencia a eventos climáticos extremos en el sector cafetero colombiano.

- MAPA, (2018). Anuario de Estadística. Cafeto: Análisis provincial de superficie, árboles diseminados, rendimiento y producción:

<https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/2019/default.aspx?parte=3&capitulo=07&grupo=13&seccion=4>

- Miniussi M., Del Terra L., Savi T., Pallavicini A., Nardini A. (2015). <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>
- Monroig I, M.F. (2016). Descripción botánica del café.
- Rendón S, J.R. (2016). Sistema de renovación de cafetales para recuperar y estabilizar la producción.
- Rivas O, C.A., Castro T, A.M. (2011). Ojo de gallo o Gotera del café (*Omphalia flavida*). <https://www.cenicafe.org/es/publications/bot037.pdf>
- Rivillas O, C.A., Serna G, C. A., Cristancho A., M.A., Gaitán B, A.L. (2017). Manejo de la roya. <https://www.cenicafe.org/es/publications/AVT0480.pdf>
- Rojo J, E. REDUCA, (2014). Recursos educativos (Biología). Serie Botánica 7 (2): 113-132. ISSN: 1989-3620.
- Sadeghian K, S. (2012). Coffee crops response to Nitrogen on Direct Sunlight and Semi-Shadow and its Relationship with the Soil's Organic Matter.
- SENASICA, (2014). Laboratorio Nacional de Referencia Epidemiológica Fitosanitaria. Mancha de hierro (*Mycosphaerella coffeicola*)



- Van Asten P.J.A., Laderach P., Jassogne L. TP., Agarra S.W. (2015). *Coffea arabica* L. yields decline in Tanzania due to climate change: Global implications.
- Valencia A, G. (2013). Fisiología, Nutrición y Fertilización del cafeto. IPNI (International Plant Nutrition Institute).
- Zapata A, P.C., Andrade C, H. J., Nieto A, Z. K. (2017). Comportamiento ecofisiológico del cafeto (*Coffea arabica* L.) CV. Castillo en sistemas agroforestales de Tibacuy, Cundinamarca.

