

**APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PROVENIENTES DEL
BENEFICIO DEL CAFÉ, EN EL MUNICIPIO DE BETANIA ANTIOQUIA: USOS Y
APLICACIONES**

JESUS MARIA SUAREZ AGUDELO

**CORPORACION UNIVERSITARIA LASALLISTA
FACULTAD DE INGENIERIAS
ESPECIALIZACION EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS Y
PELIGROSOS
CALDAS ANTIOQUIA
2012**

**APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PROVENIENTES DEL
BENEFICIO DEL CAFÉ, EN EL MUNICIPIO DE BETANIA ANTIOQUIA: USOS Y
APLICACIONES**

JESUS MARIA SUAREZ AGUDELO

**Asesora:
Ing. Msc. Diana Cristina Cardona Jaramillo**

**Trabajo de grado para optar por el título de
Especialista en Gestión Integral de Residuos Sólidos y Peligrosos**

**CORPORACION UNIVERSITARIA LASALLISTA
FACULTAD DE INGENIERIAS
ESPECIALIZACION EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS Y
PELIGROSOS
CALDAS ANTIOQUIA
2012**

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	12
JUSTIFICACIÓN.....	13
1 OBJETIVOS	14
1.1 OBJETIVO GENERAL	14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
2 MARCO TEÓRICO.....	15
2.1 RESEÑA HISTÓRICA DEL CAFÉ.....	15
2.2 FLORACIÓN	19
2.3 ESPECIES Y VARIEDADES	20
2.4 COFFEA ARABICA	20
2.5 COFFEA CANEPHORA	22
2.6 COFFEA LIBERICA	23
2.7 COFFEA EXCELSA	24
2.8 PRODUCCIÓN MUNDIAL.....	24
2.9 CLIMA Y SUELO	24
2.10 CULTIVO.....	25
2.11 PROPAGACIÓN.....	26
2.12 SOMBRA.....	27
2.13 MANEJO DEL SUELO	28
2.14 FERTILIZACIÓN	29
2.15 LA PODA.....	30
2.16 MEJORAMIENTO Y SELECCIÓN	31
2.17 COSECHA.....	34
2.18 BENEFICIO DE CAFÉ EN COLOMBIA.....	35
2.19 EL CAFÉ EN COLOMBIA.....	37
2.20 EL CAFÉ EN BETANIA	37
2.21 RESIDUOS DEL CAFÉ	38
2.22 TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS.....	42
2.22.1 Lagunas de oxidación	42
2.22.2 Sistemas modulares de tratamientos anaeróbico	43
2.22.3 Filtros anaeróbicos de Flujos Ascendentes	44
2.22.4 Filtros anaeróbicos de Flujos descendentes	44
2.22.5 Filtros de Tierra Diatomácea (TD)	44
2.22.6 Lombricultura.....	44
2.22.7 Compost.....	45
2.22.8 Compostaje	45
2.22.9 Proceso de Compostaje	46

2.22.10	Mesolítico	46
2.22.11	Termofílico.....	¡Error! Marcador no definido.
2.22.12	De enfriamiento	47
2.22.13	De maduración	47
2.22.14	Tipos de aireación a emplear	47
2.22.15	Relación carbono nitrógeno.....	48
3	MODELOS DE COMPOSTAJE	49
3.1	SISTEMAS DE COMPOSTAJE ARTESANAL	49
3.2	SISTEMAS DE COMPOSTAJE SEMI INDUSTRIAL.....	49
3.3	SISTEMAS DE COMPOSTAJE INDUSTRIAL	49
4	MARCO JURÍDICO	51
5	CONCLUSIONES.....	53
	BIBLIOGRAFÍA.....	55

LISTA DE IMAGENES

	Pág.
Imagen 1 FORMA TRADICIONAL DE DISPOSICIÓN DE LA PULPA DE CAFÉ	39
Imagen 2. ALMACENAMIENTO EN FINCAS PRODUCTORAS DE CAFÉ.....	40

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. RESIDUOS OBTENIDOS EN EL PROCESO INDUSTRIAL DEL CAFÉ 1000GR.....	39
Tabla 2. RESULTADO DE LOS ANÁLISIS DE LA PULPA DE CAFÉ SOLA Y MEZCLADA CENICAFE	40
Tabla 3. COSTO DE ALGUNOS EQUIPOS EMPLEADOS EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE INDUSTRIAL Y SU COSTO	50

GLOSARO

Para tener unos conceptos claros a continuación encontraremos los términos mas usados con su respectivo significado.

AEROBIO: Se aplica a los organismos, especialmente a los microorganismos que necesitan del oxígeno para poder vivir.

AMBIENTE: Sistema de elementos bióticos, abióticos y socioeconómicos con que interactúa el hombre, adaptándose al mismo, transformándolo y utilizándolo para satisfacer sus necesidades.

BASURA: Se entiende por basura todo residuo sólido o semisólido, putrescible o no putrescible, Se comprenden en la misma definición los desperdicios, desechos, cenizas, elementos del barrido de calles, residuos industriales, de establecimientos hospitalarios y de plazas de mercados, entre otros con excepción de excretos de origen humano o animal.

BIODEGRADABLE: sustancia que puede ser atacada por los seres vivos, principalmente por microorganismos, transformándolos en compuestos más sencillos.

BIODIVERSIDAD: Variabilidad en las formas de vida, que se manifiesta en la heterogeneidad de especies, géneros, familias y otros niveles taxonómicos.

BIOMASA: masa de organismos en cualquier nivel trófico, área o volumen de un Ecosistema; se mide en cantidad de materia orgánica por unidad de superficie o de volumen. La biomasa vegetal es susceptible de utilización industrial para la producción de energía por combustión o para la producción de otras sustancias mediante procesos de fermentación.

CAFE: planta que pertenece al género Coffea se caracterizan por una hendidura en la parte central de la semilla. Se encuentran desde pequeños arbustos hasta árboles de más de 10 m.

COMPOST: producto obtenido de un proceso controlado de descomposición biológica, desarrollado por bacterias aeróbicas y otros microorganismos, actuando sobre la materia orgánica de diversos orígenes. El uso de compost constituye una alternativa al empleo de fertilizantes minerales y contribuye a mejorar la productividad de los suelos.

COMPOSTAJE: Proceso mediante el cual la materia orgánica contenida en los residuos generados se convierte a una forma más estable, reduciendo su volumen y creando un material apto para cultivos y recuperación de suelos.

CULTIVOS: Conjunto de vegetación manejada técnica e integralmente con el propósito de utilizarla en la alimentación o en la industria. Se utiliza, igualmente, como la acción de multiplicar artificialmente microorganismos, cultivos de hongos y bacterias o la obtención de plantas a partir del cultivo de tejidos.

DESCOMPOSICIÓN: Acción de reducir o transformar un compuesto en otro. Generalmente, la materia orgánica se transforma en compuestos inorgánicos simples por la acción de los microorganismos.

DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS: Es el proceso de aislar y confirmar los residuos sólidos en forma definitiva de tal forma que no produzca daños o riesgos a la salud humana y al medio ambiente.

MATERIA ORGÁNICA: Material animal o vegetal incorporado a los componentes del suelo después de un proceso de descomposición, que permite mejorar las condiciones físico-químicas de los mismos.

MEDIO AMBIENTE: Sistema compuesto por los elementos naturales, sociales y culturales que existen en la tierra, sus permanentes interacciones y los resultados que de ellas se derivan.

MESÓFILOS: Microorganismos que funcionan óptimamente en un rango medio de temperatura.

RESIDUO: Es todo material que mediante cualquier forma de aprovechamiento se puede reincorporar al ciclo económico.

TRATAMIENTO: Es el conjunto de acciones y tecnologías mediante las cuales se modifican las características de los residuos sólidos incrementando sus posibilidades de reutilización, o para minimizar los impactos ambientales y los riesgos a la salud humana en su disposición temporal o final.

TRATAMIENTO BIOLÓGICO: El tratamiento biológico es la degradación del residuo orgánico por la acción de los microorganismos.

RESUMEN

En la agroindustria del café solamente se utiliza el 9,5 por ciento del peso total del fruto en la preparación de bebidas y el 90.5% son subproductos resultantes del beneficio los cuales son vertidos a los cuerpos de aguas contaminándolas y disminuyendo la posibilidad de vida de los ecosistemas, o se realiza un almacenamiento en la época de recolección y luego son retirados de estas instalaciones entrando a contaminar el suelo, se calcula que aproximadamente son vertidos a campo abierto dos millones y medio de toneladas de pulpa y 420.000 toneladas de mucilagos que bien podrían incrementar la cadena de valor en los sistemas productivos y no seguir contaminando el medio ambiente. Se ha tratado de adoptar métodos de utilización como materia prima en la producción de concentrados para las industrias porcícolas y ganaderas, en preparación de bebidas, vinagre, biogás, cafeína, pectinas, enzimas pépticas, proteínas y abonos.

Con la presente monografía pretendemos implementar un sistema integral que contribuya al manejo adecuado de estos residuos orgánicos mediante el proceso del compostaje que se pueden adoptar en el pequeño, mediano y gran productor en la zona cafetera del país y en especial en el municipio de Betania Antioquia generando así un valor agregado al producto final, disminuyendo los impactos ambientales negativos e incrementando las áreas cultivadas de café orgánico.

PALABRAS CLAVES: APROVECHAMIENTO, COMPOST, COMPOSTAJE, RESIDUOS SÓLIDOS, ORGÁNICOS, COMPOSTAJE, COMPOST.

ABSTRAC

In the coffee agribusiness uses only 9.5 percent of the total weight of the fruit in the preparation of beverages and 90.5% are by-products of the benefit which is discharged into water bodies contaminating and decreasing the possibility of life ecosystems, or storage is done at the time of collection and then removed from these facilities are going to pollute the soil, it is estimated that approximately are dumped into the open two and half million tons of pulp and 420,000 tons of mucilage that well could increase the value chain in production systems and not continue to pollute the environment. We have tried to adopt methods of feedstock in the production of concentrates for hog and cattle industries, to prepare beverages, vinegar, biogas, caffeine, pectin, pectic enzyme, protein and fertilizer.

In this paper we intend to implement a comprehensive system that contributes to the proper management of these organic wastes by composting process that can be taken in small, medium and large coffee producer in the country and especially in the town of Bethany Antioquia generating added value to the final product, reducing negative environmental impacts and increasing the cultivated areas of organic coffee.

KEYWORDS: DEVELOPMENT, COMPOST, COMPOST, SOLID WASTE, ORGANIC COMPOST, COMPOST.

INTRODUCCIÓN

El creciente desarrollo económico impulsado por el afán del ser humano de satisfacer sus necesidades básicas, éstas cada vez más exigentes, trae consigo el también creciente y constante deterioro del medio ambiente generado por la explotación desmesurada de los recursos bióticos.

La visión de la generación de residuos sólidos derivada del consumismo actual, ha sido entendida como una problemática ambiental además de ser un factor influyente y determinante en la salud pública; la creación, además de la adaptación de estrategias ya existentes para el manejo de los residuos sólidos, se convierte en la alternativa de solución a dicho problema dado que ataca todas las consecuencias devastadoras del mal manejo de los residuos sólidos y además se convierte en una posibilidad de negocio, al comercializar los sub productos derivados de estos procesos.

El Municipio de Betania (Antioquia), tiene como principal factor de desarrollo económico la siembra y beneficio del café, gracias a su privilegiada ubicación y calidad de los suelos para dicha actividad. En la actualidad la generación de los residuos sólidos derivados de esta actividad económica se está convirtiendo en una problemática para el Municipio y la zona cafetera donde no hay estrategias claras para el aprovechamiento, tratamiento y disposición final de los residuos resultantes del beneficio del café.

Se presenta el siguiente trabajo para desarrollar unas tecnologías propias y adaptarlas a los pequeños, medianos y grandes productores para el manejo de los residuos resultantes del beneficio del café como son las pulpas y los mucilagos que contaminan los cuerpos de aguas superficiales, subterráneas y los mismos suelos. También es una alternativa de negocio que permite a los productores de café maximizar las utilidades de sus unidades productivas con unos productos terminados de muy buena calidad como es el compostaje, permitiendo así conservación de los ecosistemas y del medio ambiente en general en el municipio de Betania Antioquia.

JUSTIFICACIÓN

Siendo la industria del café uno de los principales factores de desarrollo del Municipio de Betania Antioquía, se convierte a su vez en una actividad que trae consigo una problemática ambiental generada por el inadecuado tratamiento, aprovechamiento y/o disposición final de los residuos resultantes en el beneficio de ésta.

El vertimiento de dichos residuos en botaderos a cielo abierto, cerca de las zonas de beneficio esparcidas en los terrenos y a las fuentes de agua es la alternativa de manejo actual hacia un producto que aún es visto en Betania como en otros lugares del departamento y del país como un residuo especial y de difícil manejo.

La posibilidad de aprovechamiento de un residuo que en su totalidad es orgánico, se convierte en la alternativa propuesta; el compostaje como método exitoso que permita cerrar el ciclo de la materia orgánica que bajo métodos ya establecidos permita reutilizar el abono resultante como un mejorador de suelos, minimiza el impacto negativo generado al medio ambiente, evita las implicaciones directas en la salud pública por la contaminación de las fuentes de agua, permite darle un valor agregado por ser un café orgánico, también se disminuiría los volúmenes de fertilizantes químicos empleados en el ciclo productivo, es una alternativa de negocio por el aprovechamiento, tratamiento y comercialización de mejoradores de suelos como un producto amigable con el medio ambiente y de gran demanda en el mercado.

1 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar una revisión bibliográfica que permita posteriormente diseñar modelos para el manejo de los subproductos resultantes del beneficio del café para pequeños, medianos y grandes productores.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los diferentes residuos resultantes del beneficio del café en el Municipio de Betania Antioquia.
- Establecer las diferencias técnicas y operativas de los métodos de compostaje para los pequeños, medianos y grandes productores de café en el municipio de Betania.
- Caracterizar teóricamente los residuos sólidos resultantes del beneficio del café.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 RESEÑA HISTÓRICA DEL CAFÉ

Taxonómicamente, todas las plantas del género *Coffea* se caracterizan por una hendidura en la parte central de la semilla. Se encuentran desde pequeños arbustos hasta árboles de más de 10 m.; sus hojas, que son simples, opuestas y con estípulas, varían tanto en tamaño como en textura; sus flores son completas (en la misma flor se encuentran todos los órganos) blancas y tubulares; y los frutos, son unas drupas de diferentes formas, colores y tamaños, dentro de las cuales se encuentran la semillas, normalmente dos por fruto.¹

La primera descripción de una planta de café fue hecha en 1592 por Prospero Alpini un siglo después, Antoine de Jussieu (1713) la denominó *Jasminum arabicum* (la consideró un jazmín). Fue Linneo (1737) quien la clasificó en un nuevo género, el género *Coffea*, con una sola especie conocida: *C. arabica*. Hoy, se reconocen 103 especies, sin embargo, sólo dos son responsables del 99% del comercio mundial: *Coffea arabica* y *Coffea canephora*. Son originarias de África, o de Madagascar.²

Los granos de café son las semillas de un fruto llamado popularmente cereza. Estas cerezas están compuestas por una cubierta exterior, el exocarpio, el cual determina el color del fruto; en el interior hay diferentes capas: el mesocarpio, es una goma rica en azúcares adherida a las semillas que se conoce como mucílago; el endocarpio es una capa amarillenta que cubre cada grano, llamada pergamino; la epidermis, una capa muy delgada conocida como la película plateada; y los granos o semillas, el endosperma, conocidos como el café verde, que son los que tuestan para preparar los diferentes tipos de café.

La especie *Coffea canephora* Pierre exFroehne tiene una amplia distribución geográfica y se encuentra silvestre en el África, como en Congo, Sudán, Uganda, y el Noroeste de Tanzania y Angola. Aproximadamente, el 35% del café que se comercializa en el mundo es de esta especie, conocida como Robusta. Las variedades de Robusta, por lo general, tienen órganos pequeños (hojas, frutos, flores y granos) y son conocidas como Conilon, Koulliou o Quillou. Las zonas bajas tropicales de África, permitieron que esta especie desarrollara con el paso de los siglos resistencia a numerosas plagas y enfermedades. Es en consecuencia

¹ INFOAGRO. Descripción de la planta de café. [En línea]. [Disponible en: www.infoagro.com]. [Consultado: 15 Jun. 2012].

² FENERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Descripción de la planta de café. [En línea]. [Disponible en: www.cafe.colombia.com]. [Consultado: 15 May. 2012]

más resistente a muchas de las enfermedades del café, especialmente a la roya *Hemileia vastatrix*, y esta característica determinó su cultivo en el mundo a comienzos del siglo pasado. Se cultiva generalmente en altitudes por debajo de 1000 m. Es de polinización cruzada, por lo que para su cultivo se deben sembrar varios genotipos compatibles. No se cultiva en Colombia. Su contenido de cafeína es mayor al 2%; su tasa es más amarga y con sabor a cereal. Investigaciones más recientes ha podido determinar que la especie Robusta es una de las más antiguas al originarse hace más de 5 millones de años; incluso hay quienes consideran que puede tener cerca de 25 millones de años.³

Coffea arabica L. es actualmente la principal especie del género, y constituye más del 60% del café que se comercializa en el mercado internacional. Es una especie autógena, es decir, se auto poliniza o auto fertiliza. Su centro de origen se encuentra en el Sudeste de Etiopía, el Sur del Sudán y el Norte de Kenia. Es una especie tetraploide tiene 44 cromosomas, que proviene de formas antiguas de dos especies diploides *Coffea eugenioides* 22 cromosomas probablemente como madre, y *C. canephora* 22 cromosomas, como padre. Estudios científicos la catalogan como una especie relativamente "joven", que hizo su aparición hace menos de 1 millón de años. Se considera un café de altura, que se cultiva bien en temperatura de 18 a 23°C. En Colombia las plantaciones están concentradas en altitudes que oscilan entre los 1200 y los 1800 m.s.n.m. El contenido de cafeína de los granos está entre 1,0 y 1,4% en base a materia seca y es menos amargo que la otra especie cultivada. Es el café de mejor calidad en taza.

El consumo de café se inició en Etiopía con la especie *C. arabica*. Al comienzo se prepararon infusiones con las hojas y frutos, mientras que los granos fueron masticados. Es probable que las cerezas mezcladas en las infusiones o arrojadas al fuego les permitieran sentir un mayor aroma y un mejor sabor e iniciar su consumo moderno.

Fueron los Yemenitas quienes lo popularizaron y respecto de los comienzos de su uso se han difundido numerosas leyendas, de las cuales la más difundida es la que cuenta de un joven pastor llamado Kaldi. Este pastor un día notó en su rebaño, un comportamiento extraño: sus cabras saltaban y corrían contagiadas de una euforia desbordante. Al ver esta extraña conducta, la curiosidad llevó a Kaldi a observar que los animales cambiaban su comportamiento después de comer las hojas y los frutos de un arbusto que producía pequeñas cerezas rojas. Dice la fábula que el pequeño pastor probó los frutos y al poco tiempo se sintió poseído por una extraña alegría que los impulsaba a cantar y danzar. Kaldi llevó algunas

³ INFOAGRO. Plagas y enfermedades. [En línea]. [Disponible en: www.infoagro.com]. [Consultado: 15 Jun. 2012].

ramas y frutos al superior de un convento ubicado en las cercanías de su campo de pastoreo. Contó al abad lo sucedido con su rebaño. El superior del convento accidentalmente echó los frutos al fuego y fue la primera vez que el hombre experimentó el aroma del café. Las más recientes versiones de la leyenda, indican que el pastor era oriundo de Etiopía, en tanto que las más antiguas sugieren que Kaldi estaba pastoreando en las montañas de la Península Arábiga. Es por ello que hasta mediados del siglo pasado se consideró que el café era originario de Arabia, lo que lo hace consistente con otras de las leyendas más conocidas que explican el origen del consumo de la bebida, como la de Shadhiliya y Omar.

Parece que los árabes primitivos llamaron Bunn la cereza y el arbusto, Quishrla pulpa y Bunchum la bebida. Posteriormente se preparó la bebida en forma de vino, los árabes le dieron al café el nombre de qahwah, genérico de los vinos éste degeneró en cahueh. Los turcos lo tomaron para llamarlo cahve, origen etimológico que le da a la palabra la Real Academia Española. De acuerdo con la enciclopedia del Islam, Kahwahes una palabra árabe de etimología incierta, que es la base de la palabra café, se difundió a través del vocablo turco Kahweh, con diferentes grafías según los idiomas pero con la misma raíz así: café es castellano, portugués y francés; Coffea en latín (su nombre científico); coffee en inglés y Kaffee, en alemán, sueco y danés.⁴

El papel que jugaron los pueblos de religión y cultura musulmana, particularmente los árabes, en la difusión del consumo del café y su cultivo fue muy importante. Muchos autores consideran que la dispersión del café a Arabia ocurrió entre el siglo VIII y el siglo XIII. Fueron los árabes quienes hacia el siglo XV, primero consumieron regularmente el producto. La bebida de café se difundió pronto a La Meca, Medina y Siria, y de allí a Adén y al Cairo, abarcando todo el mundo musulmán alrededor de 1510. Alcanzó Turquía por el año de 1554. El mayor consumo generó una expansión en su producción. En el siglo XIV, los árabes llevaron la planta a Yemen, donde aparecieron las primeras plantaciones que generaron un gran rédito económico. El monopolio árabe de la producción de café estuvo basado en la prohibición de exportación de semillas y en el mantenimiento de un cuidadoso secreto sobre las técnicas de cultivo. Como consecuencia de esta estrategia, el puerto yemení de Mocha sobre el mar rojo, se constituyó en el principal centro de comercio de café hasta el siglo XVII. En los inicios del siglo XVII, el consumo de café fue llevado de Turquía a Europa. Entró por el puerto de Venecia en Italia y pasó luego a Holanda, Francia, Inglaterra y Alemania. Se difundió el consumo por toda Europa y surgieron los establecimientos para tomar café. Después, en 1689 en Boston, Estados Unidos, se inauguró el primer sitio para tomar café. La expansión del cultivo del café en diversos continentes la

⁴ INFOAGRO. Historia del cafe. [En línea]. [Disponible en: www.infoagro.com]. [Consultado: 15 Jun. 2012].

iniciaron los holandeses para no tener que depender de los árabes. Los holandeses lograron acceder a las semillas y fueron quienes desarrollaron los primeros cultivos intensivos en la India y en Ceilán hoy Sri Lanka en el siglo XVII, en Indonesia a fines de ese siglo y comienzos del XVIII. El comerciante Nicolás Witizen, después de muchos intentos logró obtener unas semillas que llevó la antigua Batavia hoy Yakarta, en la isla de Java en Indonesia. Los cafetos sembrados pertenecían a la variedad conocida, más tarde, como Típica. En 1711 el primer embarque de 894 lbs. Fue enviado a Ámsterdam. De esta forma Holanda llegó a dominar la producción mundial de café. Por un tratado de paz, en 1713, Francia recibió al año siguiente su primer cafeto de manos holandesas y llegó a la corte del rey Luis XIV, quien encomendó su cultivo al eminente botánico Antonio de Jussieu, en el Jardín Botánico de París. Se cree que los holandeses también fueron quienes introdujeron el cultivo a Suramérica en 1714 en la Guayana Holandesa hoy Surinam los primeros arbustos de café llegaron a las islas del Caribe a comienzos del siglo XVIII llevados por los franceses, de allí pasó a Brasil y Colombia, donde se consolidó como un cultivo importante en el Siglo XIX. En la segunda mitad de ese siglo la roya del cafeto, enfermedad causada por el hongo *Hemileia vastatrix*, arrasó los cultivos de café en Ceilán, entonces el primer productor de arábigo del mundo, lo que favoreció a los países suramericanos como proveedores de la bebida en el mundo. También como consecuencia de la roya se inició a fines del siglo XIX el cultivo de los cafés Robustas, que tienen resistencia a esta enfermedad.

En el siglo XVIII, en el contexto de la Revolución Industrial, en especial en el siglo XIX se generaron los mayores avances en el procesamiento del café debido al auge de métodos mecánicos de tostado, molienda y preparación. A principios del siglo XX se desarrollaron también métodos de conservación y empaque. Entre los múltiples inventos patentados en la época se registran por ejemplo, el café soluble y el empaque al vacío para café. La industrialización del café había comenzado⁵. Estos avances permitieron que se desarrollara la expansión de su consumo a lo largo del siglo XX. Más recientemente, y gracias al desarrollo del segmento de tiendas de café en Estados Unidos, el consumo de café retomó uno de sus más importantes atributos, el de ser una bebida social, posicionándola entre los consumidores de las nuevas generaciones. El consumo de café no ha estado ajeno a fenómenos sociales y políticos de trascendencia. Alrededor del café se han detonado revoluciones, se han diseñado esquemas de cooperación, el café es mucho más que una bebida. El género *Coffea*, consta de 25 a 40 especies tropicales en Asia y África; pertenece a la tribu *Coffeoideae* de la familia *Rubiaceae*. Géneros relacionados con ella de valor económico y ornamental

⁵FENERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Descripción de la planta de café. [En línea]. [Disponible en: www.cafedecolombia.com/particulares/sobre/elcafe/industrializacion]. [Consultado: 20 Mayo 2012]

incluyen la Quina, Ixora, Pavetta, Gardenia, siendo la primera la fuente para la obtención de quinina.⁶

2.2 FLORACIÓN

La floración del café arábigo es marcadamente estacional, efectuándose generalmente sólo con la presencia de tiempo húmedo, pero la periodicidad puede ser mucho menos distinta donde las condiciones climáticas son relativamente estables en todo el año. La cantidad de flores producidas y su tamaño dependen de las relaciones de agua prevalecientes. Las condiciones extremadamente húmedas pueden ocasionar la formación de distintas flores estériles de color verdoso, las llamadas "flores-estrella". Las lluvias en la época de la polinización pueden reducir el cuajado de los frutos en forma considerable.

Otras especies de café son mucho menos estacionales en sus períodos de floración y también menos sensibles a las lluvias que evitan la polinización.

Las flores del café son polinizadas por el viento y otros agentes; hay aparentemente un elevado porcentaje de polinización entre las plantas adyacentes. Las variedades de café arábigo pueden auto polinizarse, las de los grupos robustas no lo logran. Se dice que las flores del café liberiano se auto polinizan en el estado de botón, pero esto no evita que se produzca la polinización cruzada por el polen extraño de germinación más rápida después de que las flores han abierto. La tendencia hacia la heterostilia que se observa con frecuencia en toda Rubiaceae se ha presentado según se informa en varias especies de café, particularmente en el grupo robusta. Las variedades de café arábigo, los híbridos de las formas arábigo y liberiana, son casi auto compatibles. El café presenta uno de los pocos casos de Xenia o sea el efecto inmediato del polen en el endosperma como resultado de una doble fertilización en los géneros dicotiledóneos. El color del endosperma de las almendras de *C. arabica* es verde – azulado, mientras que los de *C. liberica* es amarillo; los híbridos de estas dos especies muestran una mezcla de los dos colores, dependiendo la proporción de cuál es el progenitor masculino. Por otra parte los cruces de *C. liberica* y *C. stenophylla* no exhiben esta característica.

Recientes experimentos de campo tratan de averiguar la influencia de la temperatura en el crecimiento vegetativo en la floración. Dichos ensayos revelan

⁶ INFOAGRO. Historia del café. [En línea]. [Disponible en: [www. Infoagro.com](http://www.infoagro.com)]. [Consultado: 15 Jun. 2012].

que existen unas temperaturas óptimas para la floración que oscilan entre los 33-28 grados en verano, potenciándose tanto el crecimiento vegetativo como el número de nudos florales. Cuando las temperaturas invernales oscilan entre los 23-18 °C se ha visto que estas favorecen el desarrollo posterior de la planta además de favorecer la sincronización de la floración para desarrollar el máximo número de inflorescencias por nudo.

2.3 ESPECIES Y VARIEDADES⁷

Las especies y variedades de café que caracterizan al género *Coffea* están mal definidas o sumamente confusas desde el punto de vista hortícola. Quizá no hay dos botánicos que estén de acuerdo en cuantas especies válidas existen. Gran parte de la dificultad surge del hecho de que los cafés, como los cítricos y algunos otros cultivos frutales son sumamente polimórficos. Numerosas formas, tipos, variedades son nativas del África y Asia tropicales, mientras que muchos otros existen en plantaciones cultivadas. Las mutaciones son frecuentes como son las adaptaciones eco típicas inducidas por las variaciones en las condiciones del medio ambiente. Muchas de las especies hibridan fácilmente ya sea en forma silvestre o bajo cultivo. Los frutos maduros tienen una cubierta dulce mucilaginoso alrededor de las semillas la cual gusta a los pájaros y animales pequeños, por lo que uno puede encontrar plantas de café que se han vuelto silvestres y que provienen de semillas diseminadas por agentes naturales a distancias apreciables de las áreas cultivadas. Una complicación posterior es la falta de una exploración concienzuda por los botánicos en gran parte de la región cafetalera, especialmente en África de donde son nativas las distintas especies. Hay cuatro especies o grupos o formas principales que se cultivan ampliamente y constituyen los cafés del comercio: café arábigo *C. arabica* L., café robusta *C. canephora* Pierre ex Froehner, café liberiano *C. liberica* Mull ex Hiern, y café excelso *C. excelsa* A. Chev.; además, existe una gran cantidad de otras especies llamadas económicas que se plantan en escala local y normalmente no entran a los canales comerciales.

2.4 COFFEA ARABICA

El café arábigo, *C. arabica* L; syn.: *C. vulgaris* Moench, *C. laurijolia* Salisb es nativo de las tierras altas de Etiopía en elevaciones que oscilan entre los 1,350 y los 2,000 msnm. Es posiblemente nativo de otras partes de África y Arabia en el Asia.

⁷ Ibid., p 3

Se trata de un arbusto o árbol pequeño liso de hojas lustrosas. Las hojas son relativamente pequeñas pero varían en anchura promediando de 12-15 cm de largo y más o menos 6 cm de ancho de forma oval o elíptica, acuminadas, cortas, agudas en la base, algunas veces un tanto onduladas, siempre vivas. Flores fragantes, de color blanco o cremoso, subsésiles o muy cortamente pediceladas, varias en cada axila de las hojas, de 2-9 o más juntas en racimos axilares muy cortos o laterales bracteolados; las bractéolas son ovadas, los más internos connatos en la base de los pedicelos, cayéndose pronto del cáliz-limbo poco profundo, subtruncado u obtusamente 5-denticulado; la corola es de cinco lóbulos, éstos son ovales, obtusos, puntiagudos, extendiéndose; las anteras más cortas que los lóbulos-corola, completamente salientes, fijos un poco abajo de la mitad de los filamentos los que son más o menos de la mitad de su largo. El disco liso; El estilo más o menos igualando a la flor extendida, bífido, lóbulos lineales, más angostos hacia la punta. La baya oblonga - elíptica, más o menos de 1,5 cm de largo, al principio de color verde, después de color rojo y con el tiempo de color azul - negro. Las semillas varían en tamaño de 8,5 a 12,7 mm de largo.

En la literatura científica se han descrito numerosas variedades botánicas y hortícolas de *C. arabica*. Esta especie posee dos variedades botánicas que son: *Coffea arabica* var. *Arabica* y *Coffea arabica* var. *Bourbon*. De estas dos especies se han producido numerosas mutaciones y existen además un gran número de cultivares. La primera es la más común de las dos habiendo sido introducida al cultivo por los holandeses en el Lejano Oriente. Fue llevada a la Martinica por los franceses y posteriormente a Brasil, donde aún es la variedad más ampliamente cultivada. La Var. *Arabica* pronto se vuelve un árbol robusto si no se le poda. Las principales ramas salen casi perpendiculares del tronco volviéndose después colgantes cuando se forman las ramas secundarias y producen fruta. Las hojas son elípticas, acuminadas y acunadas; ellas y las ramitas que las soportan generalmente son de punta bronceada cuando están jóvenes. Según los estudiosos la var. *Bourbon* es una mutante recesiva. Fue importada a la isla de Reunión directamente de Arabia por los franceses y más tarde fue llevada a las Indias Occidentales; de allí fue llevada a Centro y Sudamérica. La var. *Bourbon* constituye un árbol más o menos delgado, cuyas ramas principales salen del tronco a un ángulo más o menos de 45 grados, volviéndose más tarde casi horizontal y colgante. Las hojas son más anchas, las puntas bronceadas, por lo general están ausentes. Como se ha mencionado antes una característica de *C. arabica* es la frecuente aparición de mutantes distintivas de reproducción verdadera, algunas de las cuales son más o menos no fructificantes mientras que otras son superiores en cuanto al vigor y a la calidad del grano. Tres de estas especies cultivadas, clasificadas anteriormente como variedades, son el café Maragogipe *C. arabica* cv. *Maragogipe* = *C. arabica* var. *Maragogipe* Hort. Que fue descubierta en Brasil en 1870; también se encontró en Brasil en 1871 "Amarella", "Botucatú" o "Golden drop coffee" *C. Arabica* cv. *Amarella* = *C. Arabica* var. *Amarella* Hort. Ex Froehner), y "el café angustifolia" *C. Arabica* cv. *Angustifolia* =

C. Arabica var. *Angustifolia* Roxb. Miq, el cual apareció por primera vez en la provincia de Menado, de las Célebes Sula Wesi. Las dos primeras están plantadas comercialmente. Otras plantas cultivadas de interés comercial son la bien conocida "mocha" anteriormente *C. mokkae* Cramer, "laurina" syn.: *C. Arabica* var. *Laurina* Smeathman D. C., "caturra", una variante del café bourbon, y "Kent's" Susceptible a la roya por *Hemileia* por sus grandes rendimientos de excelente café. Otras mutantes son "cera", "anómala", "carlycanthema", "goiaba", "semperflorens", "crespa", "erecta", "fasciata", "columnaris", "bullata", "variegata", "monosperma", "Polysperma", "murta", "nana" y "purpuarascens". La mayoría de éstas son curiosidades hortícolas, aunque una gran cantidad de ellas se han venido utilizando en estudios citológicos y genéticos.

Innumerables variedades hortícolas, o sea cultivadas de *C. arabica* son conocidas; cada país región o localidad posee sus propias razas especialmente seleccionadas y adaptadas. Por ejemplo, el "Blue Mountain coffee" es famoso en Jamaica; el café "Kent's", en la India; y el East, en África: los cafés "Kenya" y "Kilimanjaro", en el este de África; los cafés Menado, Malang, Padang, Preanger y Bungi, en Indonesia; el café "Nacional" (var. *arabica*), en Brasil; el bourbon (var. *bourbon*) y Maragogipe, en el norte de América del Sur, Centroamérica, México y las Indias Occidentales; y el café "Porto Rican", en Puerto Rico, entre otros. En muchos casos, como en los referentes a Kilimanjaro, Nacional de Brasil y Bourbon de la América Central, los nombres realmente se refieren a grupos de variedades o razas.

2.5 COFFEA CANEPHORA

El café Robusta *C. canephora* Pierre ex Froehner es nativo de los bosques ecuatoriales de África, desde la costa oeste hasta Uganda y la parte sur del Sudán, lo mismo que de la parte de África occidental entre las latitudes de 10° norte y 10° sur, en elevaciones desde el nivel del mar hasta más o menos 1000 metros de altura sobre el nivel del mar. Haarer da la siguiente descripción de *C. canephora*: Se trata de un árbol o arbusto liso, con hojas anchas que a veces adquieren una apariencia corrugada u ondulante, oblonga – elíptica, cortas, acuminadas, redondeadas o ampliamente acunadas en su base, de 15-30 cm de largo y 5-15 cm de ancho; la nervadura media es plana por arriba, prominente por debajo, las nervaduras laterales son de 8-13 pares; el peciolo es fuerte de 8-20 mm de largo; las estípulas interpeciolares son ampliamente triangulares, largas puntiagudas, connatas en su base, semipersistentes. Tiene flores blancas, algunas veces ligeramente difusas con rosa, en dos racimos axilares, sésiles, con o sin brácteas con hojas. La corola de 5-7 lóbulos, el tubo sólo un poco más corto que los lóbulos. Los estambres y el estilo bien salidos. Las bayas ampliamente

elipsoides más o menos de 8-16 mm, estriadas cuando secas. La planta es muy variable en su estado silvestre.

El café robusta fue utilizado por los nativos de toda el área de donde proviene, mucho antes que los europeos llegaran al África Ecuatorial. Los primeros colonizadores al movilizarse al interior de esta parte de dicho Continente, encontraron árboles de café en parcelas alrededor de las villas, o en las junglas cercanas, que eran cosechados regularmente. Aún hoy una parte importante del café robusta producido en África, proviene de pequeñas propiedades. La aparición del brote de roya por *Hemileia Vastatrix* en 1800 y varios otros problemas, principalmente la falta de entendimiento en cuanto a las condiciones apropiadas de suelo y clima, forzó a los productores en el Lejano Oriente a abandonar el cultivo del café arábigo.

Se importaron semillas de "Koulliou" y otras razas, de plantaciones en el área de la Cuenca del Río Congo. Los tipos robusta probaron estar mucho mejor adaptados para las tierras bajas, cálidas y húmedas de Indonesia, Ceilán, la India y otras regiones donde había fallado la *C. arabica*. Aunque pronto se descubrió que la calidad del grano robusta es bastante inferior a las variedades arábicas, con la desventaja adicional de ser extremadamente variable de una planta obtenida por semilla a otra sin embargo, el café robusta y sus híbridos con otras especies manifestaron características decididamente favorables: a) inmunidad o gran resistencia a la roya por *Hemileia*, baja cantidad de fruta para la proporción de grano seco 3-5:1 en comparación de 5-6:1 para el café arábigo, gran capacidad productora capacidad para retener la fruta en el árbol por algún tiempo después de su plena madurez. El café Robusta aún se cultiva en localidades del Lejano Oriente y en aquellas localidades que son demasiado cálidas para que prospere el café arábigo. Esta área y el África proporcionan la mayor parte del café robusta producido en el mundo.

2.6 COFFEA LIBERICA

Lo largo de la costa oeste de África el café liberiano es un árbol sumamente ornamental y pronto fue conocido en muchas otras partes del mundo, después de su descubrimiento en 1872. Es un arbusto o árbol liso. Las hojas son más bien grandes, brillantes; la vaina ampliamente acuñada en su base ampliamente elíptica - ovalada, corta, acuminada, un tanto ondulada, delgada, coriácea, tiene más o menos 20 cm de largo y 10 cm de ancho, las nervaduras laterales de las hojas son de 7-10 pares, con huecos en las axilas de las nervaduras; el peciolo es de 10-16 mm. de largo, las estipulas ampliamente ovadas, apiculadas, connatas en su base, más cortas que el peciolo, tienen de 3-4 mm de largo. Las flores blancas, en cantidad de 7-6, subsésiles, reunidas varias en racimos, axilares, alcanzan más o menos de 3-5 cm de largo; las bractéolas son connatas,

caliculadas, deprimidas, deltoides, subtruncado todas más cortas que el cáliz que es subtruncado, algunas veces se produce una bractéola oval arriba de las otras. El limbo del cáliz es anular, muy corto. Los lóbulos de la corola; son de 6-8, lóbulos ovales, obtusos más o menos, tan largos como el tubo y extendidos. Las anteras de 6-7, completamente salidas, tienen 1,27 cm de largo; los filamentos 6,4 mm. El estilo es salido, bifido. La baya, oval, más o menos de 2,5 cm de largo, al principio roja después negra cuando está madura, arrugada cuando está seca. La semilla es de 1,27 cm o un poco más.

El vigor del café liberiano, y su supuesta resistencia a la roya por *Hemileia*, lo llevó a la popularidad en Indonesia entre 1880 y 1905, pero más tarde se le sustituyó por otras especies. Este árbol crece hasta 10 a 15 m de altura, soporta la exposición al sol mejor que la mayoría de los otros miembros del género y tiene una buena retención de sus frutos maduros; también produce granos de baja calidad y tiene una proporción promedio de fruta fresca en relación con los granos secos de más o menos 10 a 1. Es importante para los genetistas como mejorador de los diferentes biotipos.

2.7 COFFEA EXCELSA

En el comercio se encuentra muy poco café excelso verdadero, debido a que los árboles cuando están completamente desarrollados son demasiado altos para poder recolectar la fruta con facilidad. En vez de ello, los frutos secos se recogen, a medida que caen. Este café es de baja calidad.

2.8 PRODUCCIÓN MUNDIAL

La especie económicamente más importante de café es *Coffea arabica* la cual produce aproximadamente el 80-90% de la producción mundial, *C.canephora* cerca del 20% y *C.liberica* sobre un 1%.⁸

2.9 CLIMA Y SUELO

C.arabica es una especie de las tierras altas con un período de floración que es marcadamente susceptible al exceso de tiempo lluvioso. Las plantas continúan su desarrollo vegetativo durante la temporada seca, pero entran en plena floración dentro de unos cuantos días o semanas después de que se ha iniciado la

⁸ Ibid., p10

temporada de lluvias. Más o menos el 60% del gasto requerido en la producción de café, lo constituye el costo de la recolección de las cerezas; consecuentemente, una sola cosecha anual como la que se podría obtener en las áreas que tienen una temporada húmeda, es menos costosa para el productor, que dos cosechas anuales en aquellas áreas que tienen dos períodos cortos de lluvia.

El café se cultiva en lugares con una precipitación que varía desde los 750 mm anuales (7.500 m³/ha) hasta 3000 mm (30.000 m³/ha), si bien el mejor café se produce en aquellas áreas que se encuentran en altitudes de 1200 a 1700 metros, donde la precipitación pluvial anual es de 2000 a 3000 mm y la temperatura media anual es de 16° a 22°. Pero aún más importante es la distribución de esta precipitación en función del ciclo de la planta. Podemos decir que el cultivo requiere una lluvia (o riego) abundante y uniformemente distribuida desde comienzos de la floración hasta finales del verano (Noviembre – Septiembre) para favorecer el desarrollo del fruto y de la madera. En otoño sin embargo es conveniente un período de sequía que induzca la floración del año siguiente. *C.canephora* es nativa de altitudes bastantes bajas y de las regiones más húmedas de la Costa Occidental de África, lo cual debe dar cierta indicación en cuanto a sus exigencia climáticas. El mejor café variedad robusta de Tanzania se produce a una elevación de 1200 m con una lluvia anual distribuida uniformemente y de más o menos 3000 mm, con temperaturas que varían entre un mínimo de 17° C hasta un máximo de 27 °C en el año.

El café prospera en un suelo profundo, bien drenado, que no sea ni demasiado ligero ni demasiado pesado. Los limos volcánicos son ideales. La reacción del suelo debe ser más bien ácida. Una variación del pH de 4,2-5,1 se considera lo mejor para el café arábigo en Brasil y para café robusta en el África Oriental.

Además, la respuesta fotosintética y síntesis bioquímica de la planta se ve muy influida por el período climático del año. Así los diferentes niveles de clorofilas, carotinoides. Se ven modificados en función de las temperaturas y de la intensidad luminosa.⁹

2.10 CULTIVO

Aparte de las diferencias en los sistemas de poda que se discutirán más tarde, el cultivo del café arábigo y Robusta, sigue el mismo patrón general en la mayoría de las áreas donde se le cultiva.

⁹ Ibid., p12

2.11 PROPAGACIÓN

El café se propaga en gran escala por medio de plantas obtenidas de semilla vegetativamente, por medio de injertos o estacas. Para el caso de la utilización de semillas existen algunos datos sobre el adecuado almacenamiento de las mismas para impedir su deterioro. Así para *C. arabica* el almacenamiento bajo aire seco de las mismas se hace a unas temperaturas de 10 °C con un contenido de humedad del 10-11%. El sistema actual de propagar el café por medio de plantas obtenidas de semilla en las plantaciones cafetaleras, incluye el sembrar las semillas en almácigos especiales, donde las plantitas serán cuidadas hasta que se les trasplante en el campo. El vivero es una plantación típica; está situado en el mejor terreno disponible. Si es posible se utiliza tierra virgen para minimizar las enfermedades. Cada almácigo se prepara para ser el sostén del vivero limpiándolo de piedras, nivelándolo, etc. Además se sitúa bajo una ligera sombra de hojas de palma o tira de bambú. Dentro del almácigo se disponen hileras espaciadas unos 15 cm, a lo largo de los surcos. El material de siembra se selecciona cuidadosamente en cuanto a su adaptabilidad a las condiciones locales lo mismo que por su capacidad de alto rendimiento, resistencia a las enfermedades y demás criterios. Cuando las plantas alcanzan una altura de 15 a 20 cm, o sea aproximadamente de seis a ocho meses después de la siembra, los arbolitos están listos para su trasplante.

Cuando la propagación es por estaquillado se pueden utilizar auxinas, para fomentar la aparición de raíces. Las concentraciones recomendadas oscilan entre los 200 ppm de NAA junto con Boro, o la combinación de IBA y NAA a 200 ppm más Boro.

Los arbustos de cafeto son intolerantes a la perturbación de sus raíces por lo que se les debe trasplantar con cuidado. Además, estudios recientes sobre la influencia del sustrato utilizado en los viveros, así como el grado de micorrizas asociadas a las plántulas de café, influye notablemente en el éxito del trasplante. Se ha demostrado la importancia de la calidad de la mezcla del suelo, el estado de motorización por hongos y las condiciones del suelo tras el trasplante. Dichas condiciones pueden acelerar o retrasar el proceso de adaptación al nuevo medio de cultivo de las jóvenes plantas de café. Las plantaciones clonales de café se obtienen ya sea injertando las plantas de semilla por hendidura en los viveros, o sembrando las plantas por semilla en maceta, o por medio de estacas. A las plantas obtenidas de semilla que se han de utilizar como patrones se les permite que crezcan hasta el grosor de un lápiz, antes de que se les corte. Las varetas de yema para injertos siempre se toman de las ramas erectas. Cuando las yemas han crecido hasta 15 a 20 cm, 12 a 18 meses después de la siembra, los cafetos se sacan del campo. Las estacas también se pueden enraizar y utilizarse como

patrones, pero la práctica general consiste en tomar varetas del clon que se desee en el campo. El porcentaje que vive ha sido satisfactorio, en aquellos lugares en donde se han usado las hormonas inductoras del enraizado, en el material de propagación con madera suave. Los estacados también se pueden enraizar sin gran dificultad, en las camas de propagación bajo rocío. Todos los métodos de propagación vegetativa son mucho más costosos que el uso de semillas, por lo tanto rara vez se les utiliza cuando se deben plantar áreas extensas.

Los cafetos jóvenes deben tener sombra continua desde la época en que se les trasplante, consecuentemente, resulta necesario trasplantar los árboles de sombra con uno o dos años de anticipación. El espaciado que se da a los cafetos se determina principalmente por la altitud de la plantación. La distancia comúnmente usada en la siembra del café arábigo es de 1,0 x 1,0 m, lo cual da más o menos 10,000 árboles por ha. Se hace una renovación por soca o por siembra cuando la curva de producción inicia su descenso. Con altas densidades decrece la erosión del suelo por las lluvias, disminuye el lixiviado de nutrientes, el ciclo de nutrientes en el suelo se ve favorecido e incrementa su productividad.¹⁰

2.12 SOMBRA

Si bien todavía existe alguna discusión entre los expertos sobre la necesidad de la sombra para el cultivo del café, es preciso indicar que la tendencia moderna es hacia la no utilización de plantas de sombra, y la inmensa mayoría de las nuevas plantaciones son efectuadas sin ésta. Es un hecho comprobado que el café produce invariablemente mayores rendimientos sin plantas de sombra en el municipio de Betania la tendencia es a producir café a plena exposición solar. Hay que hacer notar por otra parte que en el caso particular de utilizar plantas de sombra tendrían que ser: a) productivas, b) poseer similares necesidades de agua y nutrientes ya que de otro modo se originaría un desequilibrio entre el café y estas plantas. En el caso de utilizar sombra debemos anotar que en general el café necesita menos sombra cuando el suelo es mejor y cuando la humedad del aire es más alta. El efecto de la sombra es indirecto pero está de acuerdo con el comportamiento ecológico de las plantas de café. Por esta razón es necesario que la poda de los árboles de sombra en aquellas regiones en donde las condiciones del tiempo cambian apreciablemente a través del año, se regule de tal manera que haya más sombra durante los meses secos y menos durante aquellos meses más húmedos. Esto generalmente significa que la operación de la poda siempre se debe llevar a cabo varias veces al año. En una buena finca cafetalera la primera poda o sea la poda principal, se puede dar al principio de la temporada húmeda,

¹⁰ FENERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Propagación. [En línea]. [Disponible en: www.cafedecolombia.com/particulares/sobre/elcafe/industrializacion]. [Consultado: 25 May. 2012]

con ligeras podas posteriores de acuerdo con la intensidad de la lluvia. Las plantaciones de café arábigo en elevaciones altas invariablemente requieren menos sombra que las que se sitúan más abajo. De hecho se pueden obtener regularmente buenos rendimientos de café en suelos ricos que se encuentren en altitudes elevadas sin sombra, excepto en los lugares donde existe la posibilidad de las heladas, en cuyo caso resulta necesaria una cubierta protectora relativamente densa. Una revisión del aspecto de la sombra del café revela que no hay base razonable o hecho observado para la creencia de que la sombra es una necesidad general para la planta de café, aun cuando se le cultive en altitudes bajas. Por el contrario es probable que los efectos benéficos que resultan de la sombra estén aparte de la sombra proyectada sobre el árbol de café mismo, sino que más bien consisten en una protección contra la sequía, la erosión y el viento. La plantación de árboles de sombra en aquellas regiones en que los árboles de café no están sujetos a condiciones climáticas perjudiciales, está justificada por la fertilidad aumentada impartida al suelo por medio de los procesos de fijación del nitrógeno llevados a cabo por los nódulos de las raíces de los árboles leguminosos generalmente plantados. El espaciado y la cantidad de poda dada a los árboles de sombra en las plantaciones de café, depende en particular de la especie y de la localidad consideradas. Generalmente los árboles más grandes se deben espaciar a una distancia de 10 a 12 m, mientras que los más pequeños como *Leucaena* se siembran mucho más cerca. Donde se necesita la protección del viento se pueden plantar setos vivos. Se está trabajando en Betania una caficultura a plena exposición lo que permite ser más eficientes en los sistemas productivos, son pocas las áreas sembradas en asocio con plátano dominicano hartón, especies forestales como nogal cafetero, cedros, *pinus tecunumanis* y guamos.

2.13 MANEJO DEL SUELO

El problema más difícil en el cultivo del café, especialmente en las regiones tropicales de las tierras altas, es la conservación del suelo por sus altas pendientes y la constitución física de ser un suelo de la serie salgar son propensos a sufrir alto grado de erosión. Es esencial al establecer una plantación de café, proteger al suelo de la acción erosiva de las lluvias tropicales, torrenciales, tan pronto como se realice el desmonte. En las áreas montañosas y en las pendientes más inclinadas, se pueden plantar a lo largo de los contornos, setos vivos de *Leucaena*. El deshierbe selectivo, eliminando aquellas plantas que pueden competir con los árboles de café junto con los arbustos leguminosos de crecimiento erecto, las hierbas para enriquecer y proteger al suelo, se pueden utilizar con ventaja en las pendientes más inclinadas.

El mantenimiento de las reservas adecuadas de humedad del suelo, es importante para el bien del café. En tanto que es benéfico, desde el punto de vista de la

floración y la cosecha, que las capas superficiales del suelo se sequen hasta cierto grado antes de la presencia de la temporada lluviosa, al mismo tiempo las raíces más profunda, buscadora de humedad, que algunas veces penetran a profundidades de 4 a 5 mt. Deben abastecerse con una cantidad mínima de agua.

2.14 FERTILIZACIÓN

Está demostrado que los fertilizantes son absolutamente necesarios en los cultivos de cafetos al sol en los suelos de todo el mundo pero especialmente en aquellos de fertilidad media – baja. En los últimos años han aparecido en el comercio fertilizantes líquidos o fertilizantes foliares que, aplicados por aspersión a las hojas de las plantas, le suministran los nutrientes complementarios, igual como lo hacen los fertilizantes sólidos aplicados al suelo.

La fertilización foliar tiene innegables ventajas sobre la aplicación de fertilizante al suelo. La principal ventaja es que el fertilizante aplicado a las hojas es absorbido en una elevada proporción, no inferior al 90%. Por el contrario los fertilizantes aplicados al suelo se pierden en un 50% o más, por diferentes motivos. Otras ventajas de la fertilización foliar es que se pueden aplicar fungicidas en la misma solución. Al mismo tiempo que nutrimos estamos controlando las enfermedades. Así por ejemplo, aplicaciones de uno por ciento de urea y de medio por ciento de Mázate, u otro fungicida similar, en aspersiones quincenales en almácigos o siembras recientes en el campo, para la fertilización nitrogenada y al mismo tiempo el control de la mancha de hierro, enfermedad fungosa de gran difusión en las plantaciones de cafetos al sol. Otra ventaja de la fertilización foliar es la aplicación por este medio, de micronutrientes o elementos menores cuando se comprueba que hay deficiencia de ellos. Así se recomiendan dos aspersiones de bórax al 1 por ciento, al año, cuando se presentan deficiencias de boro, o aplicación de 20 gramos de bórax al suelo, por café.

Como desventajas de la fertilización foliar se apuntan un mayor número de tratamientos o fertilizaciones para asegurar un suministro suficiente de nutrientes a la planta. Finalmente con base a estudios de costos y a pesar de las ventajas antes citadas, parece que el empleo de fertilización foliar en cafetales en producción no es recomendable pues comparando la efectividad entre la aplicación al suelo y la aspersión foliar, con el alto costo de los fertilizantes foliares, ésta es una práctica totalmente antieconómica en aquellos lugares donde los precios de dichos productos sean elevados.

Ocasionalmente, se pueden presentar deficiencias en boro, calcio, magnesio, nitrógeno, fósforo, potasio y zinc. Sirva como ejemplo el caso del calcio cuya

deficiencia tiene una gran importancia sobre la eficiencia fotoquímica, teniendo una gran importancia en la estabilización de la clorofila. Además se ha demostrado que existe una relación muy estrecha entre la capacidad de adaptación de los cafetos a producir con menos sombra si los cultivos disponen de niveles adecuados de nitrógeno. La facilidad con la que se produce la transición de plantación con sombra a otra sin árboles de sombrero dependerá en gran medida de la calidad de la fertilización nitrogenada. Otros ensayos sobre el efecto de la radiación directa sobre cultivos de café muestra que los daños que se producen, cuando las plantas son sensibles a su cultivo en dichas condiciones, son menores cuando se les aplica una adecuada fertilización nitrogenada.

2.15 LA PODA

Existen dos aspectos principales que hay que tomar en consideración en cuanto a la poda del café: primero, la formación de los árboles jóvenes para construir una estructura vigorosa y bien balanceada con buenas ramas de fructificación, y segundo, el rejuvenecimiento periódico de las ramas de fructificación, a medida que envejecen y dejan de producir.

La formación se empieza poco después de que las plantas obtenidas de semilla o las clonales, se trasplantan en el campo. Con el café arábigo existen dos tipos de formación, como árboles de un solo tallo o como árboles de tallos múltiples. Un sistema mixto permite que crezca un solo tallo principal hasta una altura de 1,35 a 1,50 m, altura a la cual se poda para evitar su posterior extensión hacia arriba. Las ramas secundarias y terciarias que empiezan desde el tallo principal y las ramas principales laterales se podan para proporcionar el espaciado uniforme y para que la luz llegue a toda la superficie productora.

El método general más usado para la formación del café en África y en todo el resto del mundo es uno de los sistemas de tallo múltiple. Casi cada país ha desarrollado una o más variantes sobre dos patrones generales. Los árboles se pueden cortar cuando tienen más o menos 30 cm de altura, de nuevo a una altura mayor, de tal manera que haya de 3 a 4 tallos erectos de aproximadamente igual tamaño y fuerza formando la estructura básica del árbol. Los otros dos sistemas generales consisten en doblar la punta del tallo hasta que crezcan ramas erectas y el tallo principal haya crecido lo suficiente para retener su forma doblada. Se retienen de dos, tres o cuatro de las mejores ramas rectas, y el resto se corta. La punta de la guía principal se puede cortar o se puede dejar crecer. En el invernadero es una práctica común el sembrar las semillas cerca para que las plantas crezcan altas y delgadas. Los mejores árboles se producen si las plantas con más o menos seis pares de hojas se doblan.

Tanto con el sistema de formación de un solo tallo o uno múltiple, es necesario el rejuvenecimiento periódico de los árboles, para mantenerlos en condiciones de producción vigorosa.

La mejor época del año para podar a los árboles de café es poco después de la cosecha, puesto que la mano de obra es abundante y las plantas así tienen tiempo de recuperarse antes de la siguiente temporada de floración. En nuestro municipio los residuos de las podas son incineradas en su mayoría solo una pequeña fracción se utiliza para la cocción de los alimentos siendo esta fracción muy importante para realizar un buen sistema de compostaje.

2.16 MEJORAMIENTO Y SELECCIÓN¹¹

El mejoramiento y la selección del café han proseguido en dos cauces principales: Uno, ha sido la selección de razas locales sobresalientes, en los diversos países donde el café se cultiva; el otro el mejoramiento del café arábigo a partir de otras especies.

Hasta años muy recientes, el café arábigo ha sido considerado como una cosecha uniforme. Gran parte del café arábigo que existe ahora en el Nuevo Mundo tuvo su origen en un pequeño envío de Java a las Indias Occidentales, más o menos en 1714. Un cuidadoso examen de los árboles que crecen en las diversas áreas cafetaleras ha revelado, sin embargo, la existencia de numerosos tipos locales. La selección de árboles maternos sobresalientes entre la multitud de eco tipos existentes, ha proporcionado el volumen general de material para siembra en Kenya, Tanganyka, la India, los países centroamericanos, México, Colombia y Brasil.

Mientras que las investigaciones sobre mejoramiento y selección del café en los trópicos americanos y en África Oriental, se han concentrado principalmente en la selección de variedades que tienen mayor capacidad de producción, también se ha reconocido que las selecciones por si solas alcanzan pronto los límites fijados por las cualidades inherentes del material de siembra, se han obtenido resultados favorables en los cruces entre las variedades del café arábigo, lo mismo que en los cruces que incluyen otras especies. En aquellas áreas donde prevalece la roya de la hoja por *Hemileia*, se han llevado a cabo durante muchos años trabajos genéticos para combinar la resistencia a la enfermedad, con los altos rendimientos y la calidad del grano.

¹¹ *Ibd.*, p5

Se deben establecer unas cuantas reglas generales en relación con la selección de las variedades de café, puesto que el diseño de los experimentos actuales depende fundamentalmente del objetivo particular que se persigue, ya sea que se trate de las resistencias la enfermedad, pruebas de patrones, resistencia, mayores rendimientos, o una combinación de todos ellos. Sin embargo, entre los factores que se deben considerar están la localización de los lotes experimentales tomando en cuenta que sean representativos de las condiciones locales o regionales del suelo y las prácticas de su manejo, el tipo y la calidad de sombra, la distribución de la lluvia, y exigencias análogas. Debido a la experiencia anterior, se ha encontrado como esencial en los experimentos de mejoramiento del café, que el proceso de selección se debe llevar a cabo desde que las plantas se trasplantan en el campo, lo mismo que los primeros rendimientos con fines comparativos, son tan importantes como los del quinto o del décimo quinto año.

Un aspecto necesario en los programas de mejoramiento y selección llevados a cabo en las diversas áreas cafetaleras, ha sido el desarrollo de métodos de propagación vegetativa, por medio de los cuales se puede preservar la identidad del material de siembra de calidad superior. Aunque constituye una innovación, relativamente reciente, en algunas partes, la propagación vegetativa fue empleada en Java durante la mitad del pasado siglo, con los intentos controlar las infestaciones de nematodos en las raíces de las plantas de semilla de café arábigo. Las variedades susceptibles a ellos se injertaron de hendidura en patrones resistentes obtenidos de semillas. Después de la invasión de la roya de la hoja por *Hemileia* en 1880 - 1905, los híbridos ocasionales que permanecieron en las plantaciones abandonadas de *C. arabica*, se perpetuaron por el mismo método. Más tarde, las plantaciones antiguas de *C. liberica* fueron injertadas para obtener mejor calidad y mayor resistencia con las variedades de *C. canephora*. Durante el curso del cambio de café robusta, varios investigadores encontraron sin embargo, que la auto esterilidad tenía como consecuencia que surgieran grandes plantaciones monoclonales de los tipos robusta no aconsejables. También en Java se han reunido datos considerables en relación con las interacciones patrón yema, siendo incompatibles ciertas combinaciones.

El café posee un hábito de crecimiento di mórfico, de donde resulta que sólo se pueden usar normalmente como yemas las de los brotes erectos u ortotróficos, pues de otra manera los arbustos dejarían caer sus ramas al suelo y no tendrían valor. En la forma usual de injerto de hendidura practicado en las plantaciones de café, las yemas se insertan en las plantas de semilla, cortados a unos cuantos centímetros arriba del nivel del suelo o en los brotes podados que crecían en los tocones de los árboles antiguos. Las plantas resultantes tendrán el hábito erecto de su clon progenitor. Poco después de la II Guerra Mundial se desarrolló un método de injerto en hendidura para ramas reproductivas, en el cual a los

patrones obtenidos de semilla, en vez de cortarse cerca del suelo, se les permitió crecer hasta una altura de 2,5 a 3 m o más. Entonces se insertaron las yemas más o menos de 2 a 2,5 m arriba del suelo, para desarrollar un árbol de tipo sauce llorón, pero que se puede pizcar fácilmente. Las siembras experimentales con los dos tipos, erecto y llorón, han probado poseer mucha más superficie reproductiva en hileras alternas y, por lo tanto, han dado rendimientos muy aumentados, en comparación, con las siembras del tipo común erecto. Las ramas erectas del café enraízan fácilmente como estacas o acodos y cualquiera de estos métodos es más barato que el injerto, en aquellas áreas donde no son esenciales los patrones resistentes. Los mejoradores del café han llegado a reconocer la vital importancia de probar tanto la descendencia reproductiva vegetativa como los que se hacen generativamente de las razas que ellos desarrollan; primero, para asegurar su compatibilidad con varios patrones cuando se les prueba como injertos y la resistencia de las plantas de semilla, estacas, o acodos a los microorganismos que prosperan en el suelo y, segundo, para determinar su variabilidad cuando se les poliniza en condiciones controladas, generalmente la autopolinización era el caso del café arábigo. La descendencia generativa de variedades seleccionadas, pueden mostrar variaciones de árbol a árbol; mientras que los clones correspondientes pueden, por supuesto, ser uniformes. Las plantas de semilla pueden aún ser más convenientes en la mayoría de los casos por su mayor disponibilidad y el menor costo del material de propagación, mientras sus rendimientos promedio sean más elevados que el de las variedades sin seleccionar. En muchos países se sabe que sólo más o menos una cuarta parte de los árboles sostienen, casi, la producción. Esto significa que la selección de semillas de árboles sobresalientes, sin recurrir a la selección clonal y mejoramiento, pueden producir un inmediato aumento en los promedios de rendimiento.

Los materiales de siembra mejorados no pueden resolver por sí solos el problema de aumentar la producción en muchas áreas. Se debe dar mayor atención a los problemas de la nutrición, la erosión del suelo y otras medidas de cultivo. El bajo promedio de producción de muchos países, aun ahora, no se debe exclusivamente al resultado de variedades de bajo rendimiento. La falta de lluvia, las temperaturas demasiado bajas o demasiado altas, la continua negligencia en relación con la fertilidad del suelo, la competencia de sombra y la poda mal hecha, entre otras, han contribuido a mantener bajos los rendimientos. El café tiene un sistema radicular bastante profundo, pero sus raíces alimenticias se encuentran en las capas superiores del suelo. Es un gran consumidor de alimentos y no puede producir rendimientos máximos de los cuales es capaz, a menos que existan y estén disponibles amplios abastecimientos de los nutrientes esenciales para la planta. Bajo circunstancias ideales, un cafeto puede fructificar principalmente en la madera más antigua. Bajo condiciones menos favorables, puede producir la mayor parte de su fruto en las ramas verdes jóvenes, en cuyo caso el árbol pronto extingue sus reservas de alimento. Para mantener los rendimientos en árboles

sanos año tras año, es necesario el rejuvenecimiento continuo por medio de la poda.

2.17 COSECHA¹²

La temporada en la cual las bayas de café maduran y están listas para la cosecha varía de acuerdo con las condiciones del clima y el suelo, con las prácticas de cultivo, según la especie plantada. Donde existe un solo período seco más o menos bien definido, el café puede madurar como una sola cosecha; si la temporada de lluvias está bastante bien distribuida, pueden madurar de dos a tres cosechas con intervalos durante el año. La temporada puede extenderse de desde unas cuantas semanas a varios meses, aun dentro de un medio ambiente ideal para el cultivo del café.

La calidad comercial de los granos de café resulta profundamente influida por la forma en que se cosechan y benefician los frutos. Mientras más maduros sean los frutos cuando se recolectan, más elevado será el grado del grano. En forma ideal, las bayas de café se deben cosechar cuando están de color rojo oscuro, sin vestigio alguno de restos verdes. Donde hay disponible suficiente mano de obra y se desea café de calidad selecta, los árboles se recolectan varias veces, recogándose solo las bayas plenamente maduras. Para el caso de Betania se realiza una cosecha principal entre los meses de septiembre a diciembre donde se recolecta aproximadamente el 80 por ciento de la producción y el veinte por ciento restantes se recolecta entre los meses de marzo a mayo.

Los rendimientos varían según los países, entre los 2.400 y los 21.500 kg de café de baya por hectárea. Las bayas de café maduras poseen una cáscara delgada, carne mucilaginosa, una cubierta y capas de cáscara de plata alrededor de las semillas, todo lo cual se debe eliminar antes de que los granos crudos se envíen al mercado. Existen dos métodos para el procesado: el seco y el húmedo. El primero se utiliza en la mayoría de las regiones productoras de café actualmente en todo el mundo. El sistema de beneficio en seco aún se emplea extensamente en Brasil, Colombia y en Betania la proporción de beneficio en seco sistema becolsub es del 30 por ciento donde se está incrementando el proceso de beneficio en seco con módulos cofinanciados por la federación nacional de cafeteros, municipio y aporte de la comunidad.

¹² Ibid., p8

En el despulpado, las bayas maduras se pasan por una máquina que está ajustada para arrancar la cáscara y la mayor parte de la carne, sin dañar los granos. Generalmente se usa una despulpadora más pequeña que la principal, para repasar a los granos de tamaño inferior, que de otra manera se perderían. Los granos de tamaño normal y los ligeros o de tamaño inferior se manejan en forma separada de aquí en adelante. Los frutos de color rojo maduro se deben despulpar dentro del término de 24 horas después de la cosecha para evitar su posible sobrecalentamiento y el manchado del grano por la pulpa en putrefacción. Estos se ponen en los tanques a una profundidad de más o menos 50 a 75 cm y deben permanecer ahí hasta que ya no sean pegajosos al tacto. La fermentación ordinariamente se completa en 18 a 24 horas, pero puede requerir hasta 80 horas donde la temperatura del aire es baja y la altitud es elevada. Los granos no se deben dejar en los tanques más de lo necesario, puesto que pueden desarrollar un sabor avinagrado si se sobre fermentan. Los granos sobre maduros pueden requerir tan sólo unas 12 horas para completar la fermentación. Antes de secarse, los granos se lavan concienzudamente, para que queden tan limpios como sea posible. Esto se puede realizar en bateas o en lavadoras mecánicas, de las cuales hay disponibles diversos tipos tanto horizontales como verticales. Se utilizan dos métodos de secado, el secado al sol o el secado mecánico por medio de aire caliente de 80 a 85°C sobre los granos húmedos, durante las primeras horas, después de lo cual se mantiene una temperatura de 55°C. La parte mecánica de la clasificación incluye la separación de los granos por peso y tamaño. Los granos, finalmente, son tomados a mano para eliminar los granos negros, piedras y otro material extraño, antes de que el producto se ponga en sacos de 60 kg para su envío a los mercados internacionales o para la tostión y o consumo interno.

2.18 BENEFICIO DE CAFÉ EN COLOMBIA

Es el proceso de pos cosecha comienza a partir de la recolección de las cerezas del café, la cereza de café en estado de madurez es un fruto de color rojo o amarillo. Cada cereza tiene una piel exterior (exocarpio) que envuelve una pulpa dulce (mesocarpio). Debajo de la pulpa están los granos recubiertos por una delicada membrana translúcida conocida como mucilago estas membranas envuelven las dos semillas (endosperma) de café.¹³

Las semillas de café, conocidas como café verde, son las que se tuestan para la elaboración de la bebida que los consumidores disfrutan a diario.

El beneficio del café es el proceso que se utilizan para la separación del mesocarpio del endocarpio. El tiempo que duren dichos procesos y el efecto que

¹³ FENERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Beneficio de café. [En línea]. [Disponible en: www.cafedecolombia.com/particulares/sobre/elcafe/industrializacion]. [Consultado: 20 Mayo 2012]

pueden generar los diferentes compuestos presentes en la pulpa y mucílago del café. Uno de los procesos más utilizados es el llamado beneficio seco del café. En este proceso de post cosecha las cerezas comúnmente se exponen al sol durante varios días hasta alcanzar una humedad en rangos que pueden variar entre el 10 y 12 por ciento. El beneficio en seco se impregna la semilla con los azúcares y otros compuestos presentes en el mucílago del café, lo que conduce a la generación en la bebida final con una aroma dulce.

El beneficio húmedo del café incluye el despulpado, la fermentación, el lavado y el secado del grano. En el despulpado a las cerezas se les retira la pulpa rápidamente después de la recolección.

Posteriormente se retira el mucílago (mesocarpio) por medio de la fermentación del grano en tanques de fermentación o por medios mecánicos. La fermentación puede durar de 12 a 18 horas, dependiendo de algunas variables como clima, cantidad del mucilago, volumen de café y grado de madurez.

La tecnología de beneficio ecológico del café, desarrollada por Cenicafe y conocida como Becolsub o Ecotec, ha permitido optimizar el proceso de beneficio húmedo del grano, ahorrando sustancialmente el consumo de agua en este proceso de post cosecha.¹⁴

Una vez el café ha pasado por el proceso de beneficio se seca al sol o en secadores mecánicos. Cuando ya se tiene el café seco, se le denomina café pergamino, puesto que al grano lo cubre una capa amarilla opaca llamada pergamino.

Una vez se terminan los procesos de beneficio, incluyendo el secado, el café se somete a un nuevo proceso denominado trilla de café, para obtener el café almendra o café verde. Una vez trillado, el grano verde se selecciona y clasifica cuidadosamente, teniendo en cuenta su tamaño, peso, color y apariencia física. Este café verde o almendra es el insumo para la elaboración del café tostado, del café soluble y de los extractos de café, y se caracteriza porque su color es verde, tiene un olor característico de café fresco y su humedad promedio debe ser del 10 al 12%.

¹⁴ Ibid., p10

2.19 EL CAFÉ EN COLOMBIA

La zona cafetera colombiana se encuentra localizada en el complejo orográfico entre los 1.000 y los 2.000 m de altitud, y está comprendida entre 1° y 10° de latitud Norte, con temperaturas templadas que oscilan entre los 17 y los 23 grados centígrados y con precipitaciones cercanas a los 2.000 milímetros anuales, bien distribuidos a lo largo del año.

Con una extensión de 914.000 hectáreas. Del área sembrada, el 75% se encuentra localizado en los departamentos de Caldas, Antioquia, Tolima, Cundinamarca, Quindío y Risaralda (zona central cafetera), los cuales proporcionan aproximadamente el 85% de la producción cafetera nacional.

Actualmente, el 64% de los caficultores colombianos son minifundistas, con menos de media hectárea de café. Aunque este grupo provee 15% de la producción, genera parte significativa de la mano de obra requerida en las unidades productivas grandes. El 31% de los productores corresponde a unidades cafeteras con un promedio de 2,2 hectáreas, que responden por 40% de la producción. Y los cafeteros empresariales son el 5%, con fincas que fluctúan entre 7 y 35 hectáreas y producen el 45% del total de la cosecha. La producción de café en el año 2011 fue de 7.8 millones de 60 kilogramos.¹⁵ lo que representa una disminución del 12 por ciento aproximadamente con respecto a la cosecha cafetera del año 2010.¹⁶

2.20 EL CAFÉ EN BETANIA

El municipio cuenta con 33 veredas productoras de café, el número de fincas cafeteras son 1.432 y viven de este cultivo 1.187 familias dedicadas al la producción del grano con una área sembrada de 6.435 hectáreas, el 82% es resistente a la roya y el resto es caturra, el promedio de edad es de 4.2 años siendo la caficultura más nueva del país y está estructurada de la siguiente forma, 88 grandes productores cada uno con un área mayor de 10 hectáreas, 90 medianos y 1009 pequeños productores, para una producción de 39.540.000 kilogramos de café en cereza y una producción de pulpa total 17.239.440 kilogramos las cuales los pequeños productores producen aproximadamente

¹⁵ Ibid., p8

¹⁶ Periódico el Colombiano Medellín julio 9 de 2012

3.792.677 kilogramos de pulpa, los medianos 3.103.099 toneladas y los grandes productores 10.343.664 toneladas.¹⁷

La mayoría de los productores de café no realiza ningún tipo de tratamiento a este residuo.

2.21 RESIDUOS DEL CAFÉ

En la agroindustria del café solamente se utiliza el 9,5 por ciento del peso total del fruto en la preparación de bebidas y el 90.5% son subproductos vertidos a los cuerpos de aguas contaminándolas y disminuyendo la posibilidad de vida de los ecosistemas, o se realiza un almacenamiento en la época de recolección y luego son retirados de estas instalaciones entrando a contaminar el suelo; calcula que aproximadamente son vertidos a campo abierto dos millones de toneladas de pulpa y 420.000 toneladas de mucilagos que bien podrían incrementar la cadena de valor en los sistemas productivos y no seguir contaminando el medio ambiente. Se ha tratado de adoptar métodos de utilización como materia prima en la producción de concentrados para las industrias porcícolas y ganaderas, en preparación de bebidas, vinagre, biogás, cafeína, pectinas, enzimas pépticas, proteínas y abonos

La pulpa es el primer producto que se genera en el procesamiento del fruto y representa en base húmeda el 43.58 la producción de pulpa en el país es de 2,25 millones de toneladas, la utilización de la pulpa siempre ha constituido un problema tanto en el beneficio en seco como en el húmedo, puesto que los granos secos constituyen sólo la tercera o cuarta parte del peso de los frutos frescos. Donde las plantas de procesado se hallan cerca de la plantación, se ha hecho uso del subproducto como abono orgánico en un mínimo porcentaje. En unas cuantas regiones ha encontrado un mercado limitado como un suplemento alimenticio para el ganado. Sin embargo, en ningún caso se ha utilizado más que una pequeña fracción de los millones de toneladas producidas cada año, quedando la mayor proporción de este subproducto para ser simplemente podrido en pilas o para ser arrojado a las corrientes de agua cercanas. Los altos costos de producción en la industria cafetalera y las sanciones impuestas por las corporaciones autónomas sobre vertimientos puntuales hacen que se replantee el manejo de este tipo de subproducto al igual que el mucilago que son los más

¹⁷ FENERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Servicio de extensión Andes - Betania. [En línea]. [Disponible en: www.cafedecolombia.com/particulares/sobre/elcafe/industrializacion]. [Consultado: 20 Mayo 2012]

contaminantes como ocurre en la mayoría de las empresas productoras de café donde se arrojan estos residuos sin ningún tratamiento.

Imagen 1. FORMA TRADICIONAL DE DISPOSICIÓN DE LA PULPA DE CAFÉ



En el caso del municipio de Betania se producen 7.908.050 de kilogramos de café pergamino seco lo que representa una producción de pulpa de 39.540.250 kilogramos que entran a contaminar el medio ambiente en su mayoría. Por lo tanto es una alternativa de negocio iniciar un proceso de compostaje para mitigar esta afectación negativa y contribuir a mejorar el mejorar medio ambiente¹⁸.

¹⁸ FENERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Servicio de extensión Andes - Betania. [En línea]. [Disponible en: www.cafedecolombia.com/particulares/sobre/elcafe/industrializacion]. [Consultado: 20 May. 2012]

Imagen 2. ALMACENAMIENTO DE LA PULPA DE CAFEEN FINCAS PRODUCTORAS



Espacios conocidos como fosas para el almacenamiento de la pulpa de café. Son espacios que los adecuan los medianos y grandes productores para evitar posibles sanciones de la corporación, la gran mayoría no le realiza ningún tratamiento que genere un mayor valor agregado siendo esta una posible alternativa de generación de ingresos adicionales.

La pulpa de café puede reemplazar hasta en un 20 % los concentrados para la alimentación del ganado lechero, donde se estima un ahorro del 30% en los costos de nutrición. En cerdos se puede suplementar con pulpa deshidratada hasta en un 16%, la pulpa seca se puede utilizar como combustible, tiene un poder calorífico de 15.88 MJ/kg pero se requiere de 36.92 MJ este desbalance de energía lo hace que los proyectos formulados con este fin sean económicamente y medio ambientalmente inviable.

La producción de biogás, es una mezcla constituida por metano en una proporción 50- 80 % de gas carbónico con pequeñas trazas de vapor de agua, hidrogeno, sulfuro de hidrogeno, amoniaco, monóxido de carbono y nitrógeno.

El mucilago del café, representa en base húmeda el 14.85% del peso del fruto seco. El cisco, es el endocarpio del fruto formado por la cascarilla (cisco) y la película plateada con excelentes propiedades combustibles, representa 4.2% del fruto seco, tiene un poder calorífico de 17.90 MJ/Kg.

La borra de café, es el residuo que se genera en las fábricas de café soluble del grano tostado representa el 10% del fruto fresco.

Los tallos, provienen de la parte aérea del árbol es el producto del corte del árbol cuando se realizan las renovaciones por siembra o por soqueo, son utilizados en la cocción de alimentos y en muchas empresas las utilizan como combustible en el secado del mismo o simplemente se queman estos residuos sin tener la oportunidad de incorporarse al ciclo productivo con una densidad de 5630 árboles por hectárea se producen aproximadamente 18 toneladas de tallos esto sin contar las ramas con las respectivas hojas que son un producto excelente para un posible sistema de compostaje.

En la tabla numero 1 podemos observar los residuos que se obtienen en el proceso industrial del café según la Internacional coffee organization.

Tabla 1. RESIDUOS OBTENIDOS EN EL PROCESO INDUSTRIAL DEL CAFÉ 1000GR.

Proceso	Residuo obtenido	perdida en gr
Despulpado	pulpa fresca	436
Desmucilaginado	Mucilago	149
secado	agua	171
Trilla	Pergamino Película plateada	42
Torrefacción	Volátiles	22
Preparación de bebida	Borra	104
Pérdida total	residuos	924

Fuente: RAJKUMAR RATHINAVELU Y GIORGIO GRAZIOSI. Internacional coffee organization, Posibles Usos Alternativos de los Residuos y Subproductos del Café;, Universidad de Trieste Italia 2005

Estos residuos se producen en los beneficios del municipio de Betania Antioquia y en general en cualquier tipo de explotación cafetera, en nuestro caso pretendemos con estos datos recomendar un sistema de tratamiento que sea eficiente, amigable con la naturaleza y económicamente viable.

En la tabla numero 2 podemos observar los estudios realizados por Cenicafe donde se ven las bondades de la pulpa de café sola y mezclada con el mucilago.

Tabla 2. Resultado de los análisis de la pulpa de café sola y mezclada Cenicafe

Insumo	Pulpa sola	Pulpa sola	Pulpa más mucilago	Pulpa más mucilago
Determinación	fresca	2 meses	fresca	2 meses
Humedad	74.83	79.6	87.9	83.33
PH	4.4	8.25	4.13	7.08
Cenizas%	6.66	14.68	7.13	10.17
Grasa%	1.6	1.49	2.00	1.82
Proteína%	11.00	19.91	12.11	18.14
Fibra%	11.43	29.47	17.16	25.06
CHO soluble	69.31	34.47	61.44	44.83
MO%	93.34	85.33	92.70	89.83
C/N%	30.72	15.55	27.95	18.60
N%	1.76	3.72	1.94	2.90
P%	0.13	0.23	1.13	0.18
K%	2.82	6.55	2.75	3.79
Ca%	0.32	0.75	0.37	0.75
Mg%	0.08	0.18	0.11	0.18
Fe (ppm)	158.75	1575	700	1170
Mn (ppm)	69.00	95.50	43.00	96.50
Zn (ppm)	8.25	76.00	45.75	83.5
Cu (ppm)	9.50	15.00	17.75	17.00
B (ppm)	21.75	45.00	18.70	38.00

Fuente: BLANDÓN C.G. DÁVILA A.N. Caracterización Microbiológica y físico química de la pulpa de café sola y con mucilago en el proceso de compostaje. Cenicafe 50 (1)

Análisis de la pulpa de café sola y mezclada con el mucilago el cual es una materia prima excelente para realizar un buen compostaje.

2.22 TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS

Los tratamientos empleados para los residuos del café se describen a continuación:

2.22.1 Lagunas de oxidación

Las lagunas de oxidación utilizan microorganismos aerobios para la degradación de la materia orgánica presente en las aguas residuales. Como ventajas se tienen la facilidad de operación y mantenimiento, los bajos costos de operación ya que no requieren energía y su baja producción de lodos. Como desventajas pueden

citarse que requieren de grandes áreas para el tratamiento y que se pueden generar procesos de eutrofización.

En Costa Rica, reportan la factibilidad técnica de utilizar sedimentadores primarios y a continuación lagunas de oxidación como sistemas para el tratamiento de las aguas residuales provenientes de los beneficiaderos en este país. Reportan que el lagunaje es apropiado como tratamiento secundario de aguas mieles y que en estos sistemas de tratamiento se puede remover entre el 40 y 46% de la carga orgánica, para afluentes con pH de 4,0 y concentraciones de DBO en el rango 10000 a 15000 ppm.¹⁹

En El Salvador, evaluaron la infiltración y evaporación de las aguas residuales del café utilizando lagunas de estabilización, excavadas en tierra, con el fin de encontrar mejoras en el diseño y funcionamiento de las mismas. Utilizaron aguas de beneficio con una concentración de sólidos totales de 20800 ppm y encontraron una tasa de infiltración media de 0,28 cm/d y de evaporación media de 0,6 cm/día, concluyendo que se presenta un alto riesgo de contaminación del manto freático por la utilización de éste tipo de lagunas.

Para nuestra zona cafetera, considerando la pendiente y la concentración de carga orgánica de las aguas mieles (mayores a 20000 ppm) no resultan ni técnica ni económicamente apropiada, Además no se está haciendo tratamiento a los residuos sólidos como lo es la pulpa, ciscos y borras.

2.22.2 Sistemas modulares de tratamientos anaeróbico 20

Es conocido como digestión anaeróbica, es un proceso biológico acelerado artificialmente, que tiene lugar en condiciones muy pobres de oxígeno o en su ausencia total, sobre substratos orgánicos. Como resultado se obtiene una mezcla de gases formada por un 99% de metano y dióxido de carbono y un 1% de amoníaco y ácido sulfhídrico. El gas combustible, metano, permite obtener energía para los pequeños, medianos y grandes productores este sistema colapsaría en la época de pico de cosecha.

¹⁹ FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS. Manejo Integral de las Aguas y los residuos Sólidos en las Fincas Cafeteras.

²⁰ ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, gestión y tratamiento de los residuos urbanos. 2011

2.22.3 Filtros anaeróbicos de Flujos Ascendentes

El filtro anaerobio de flujo ascendente constituye un equipo de eliminación de materia orgánica soluble utilizado frecuentemente para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Los filtros anaerobios de flujo ascendente (FAFA) son reactores de lecho de relleno utilizados en la reducción de materia orgánica disuelta con la ayuda de microorganismos anaerobios, que se encuentran adheridos sobre la superficie del material de relleno. Son el sistema denominado tanque séptico o pozo sépticos. Los principales inconvenientes que se presentan en este tipo de reactores son: inundación por colmatación del lecho de relleno y baja eficacia de reducción de la DBO soluble, su eficiencia oscila entre el 60 y el 80 por ciento.. Su alto costo para los pequeños y medianos caficultores además este sistema colapsaría en la época de pico de cosecha.²¹

2.22.4 Filtros anaeróbicos de Flujos descendentes

Este tipo de filtro es similar al filtro anaeróbico de flujo ascendente pero invertido, los lechos filtrantes son la antracita y el granate donde el granate se mantiene en el fondo.

2.22.5 Filtros de Tierra Diatomácea (TD)

La tierra diatomácea (TD) es esencialmente sílice puro, formado por plantas marinas unicelulares fosilizadas. Se alimenta una suspensión de TD dentro del filtro, y la TD forma una torta filtrante sobre la membrana de sostén. La operación del filtro continúa hasta que la caída de presión llega a 35 psi o 240 kPa, los filtros de tierra diatomea son los más complicados de todos los filtros usados en los sistemas por su operación, mantenimiento, ciclo de vida corta, problema logística de suministro y la disposición final del material contaminado.

2.22.6 Lombricultura

La Lombricultura consiste en el cultivo intensivo de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en residuos orgánicos aprovechados como abono para cultivos agrícolas. A estos desechos orgánicos arrojados por la Lombriz se le conocen con el nombre de Humus que es el mayor estado de descomposición de la materia orgánica, es un abono de excelente calidad. Además la Lombriz roja californiana tiene un 70% en Proteína lo que significa que es ideal para la alimentación de animales como cerdos o peces

²¹ D GALLEGOS, J JIMÉNEZ y Otros, Funcionamiento Hidráulico de un Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente

El manejo de esta Lombriz es muy sencillo e ideal para tener en la finca, pues se utiliza como alimento de ellas todos los desechos orgánicos como estiércoles de los animales y vegetales sobrantes de los cultivos. La lombriz es un anélido hermafrodita: pertenece al phylum de los Anélidos, a la clase de los Oligoquetios²² cuyas glándulas producen el huevo o cápsula, ésta tiene un color amarillo verdoso, con unas dimensiones aproximadas de 2-3 por 3-4 mm, no siendo por lo tanto redonda sino teniendo una forma parecida a una pera muy pequeña, redondeada por una parte y acuminada por la otra. Por esta última emergen las lombrices después de 14 a 21 días de incubación.²³ Las condiciones del medio deben ser óptimas, ya sea para la producción del humus, o para la actividad sexual. Una buena temperatura del medio inmediato oscila alrededor de 19 - 20°C. Los climas templados, el clima de nuestra zona cafetera es ideal para el cultivo de la lombriz. Así mismo es muy importante el manejo del Lombricultivo como es una comida idónea, agua de calidad y en la cantidad necesaria. La cantidad inicial del pie de cría y la velocidad de transformación de la pulpa depende de la cantidad de lombrices. Cuando se desea un proceso rápido, la densidad de lombrices debe ser alta: a rededor de 5 kg de lombriz pura por metro cuadrado, que corresponde aproximadamente entre 20 y 25 kg de lombriz mezclada con sustrato conocida como lombriz comercial. Una de las desventajas para la zona cafetera es que son poco eficientes, requiere de una estructura construida y grandes áreas, no toleran humedades al punto de saturación como ocurre en la época de pico de cosecha y este sistema colapsaría.

2.22.7 Compost

El compost es un proceso biológico más utilizado para transformar los residuos orgánicos sólidos por medio de la descomposición en un material estable donde no se distingue ninguno de sus compuestos y es conocido como abono natural, Tiene las características de tierra humus y es rico en minerales fertilizadores. El proceso del compostaje se puede acelerar con medidas mecánicas mezcla, revuelta, aireación, riego²⁴

2.22.8 Compostaje

El compostaje es una biotécnica donde es posible ejercer un control sobre los procesos de biodegradación de la materia orgánica, esta biodegradación es consecuencia de la actividad de los microorganismos que crecen y se reproducen en los materiales orgánicos en descomposición mediante un proceso aerobio

²² MENDOZA GÓMEZ Lenin, Manual de Lombricultura, Conceptos generales reproducción, infraestructura y siembra.

²³ *Ibíd.* P35

²⁴ ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Guía de Orientación en Saneamiento Básico Para Alcaldías y Pequeñas Comunidades

controlando el oxígeno como principal elemento, dado que los microorganismos consumen oxígeno para descomponer la materia orgánica. La consecuencia final de estas actividades vitales es la transformación de los materiales orgánicos originales en otras formas químicas. Es por estas razones los controles que se puedan ejercer, siempre estarán enfocados a favorecer el predominio de los microorganismos vivos presentes en los sustratos.²⁵ Imita a la naturaleza para transformar de forma más acelerada los residuos, en lo que se denomina compost o mantillo, que tras su aplicación en la superficie de nuestra tierra se ira asociando al humus, que es la esencia del buen vivir de un suelo saludable, fértil y equilibrado en la naturaleza.

Esta técnica se basa en un proceso biológico (lleno de vida), que se realiza en condiciones de fermentación aerobia (con aire), con suficiente humedad y que asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un alimento homogéneo y altamente asimilable por nuestros suelos. En este proceso biológico intervienen la población microbiana como son las Bacterias, Actinomicetos, y Hongos que son los responsables del 95% de la actividad del compostaje y también las algas, protozoos y cianofíceas. Además en la fase final de este proceso intervienen también macro organismos como colémbolos, ácaros, lombrices y otras especies²⁶.

2.22.9 Proceso de Compostaje

El proceso de compostaje puede dividirse en cuatro períodos importantes, según la evolución, de la temperatura:

2.22.10 Mesolítico

La masa vegetal está a temperatura ambiente y los microorganismos mesófilos se multiplican rápidamente. Como consecuencia de la actividad metabólica la temperatura se eleva y se producen ácidos orgánicos que hacen bajar el pH.

2.22.11 Termófilo

Cuando se alcanza una temperatura de 40°C, los microorganismos termófilos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco y el pH del medio se hace alcalino. A los 60°C estos hongos termófilos desaparecen y aparecen las bacterias

²⁵ Ibid., p15

²⁶ ABARRATALDEA. Manual practico de técnicas de compostaje

esporígenas y actinomicetos. Estos microorganismos son los encargados de descomponer las ceras, proteínas y hemicelulosas.

2.22.12 De enfriamiento

Cuando la temperatura es menor de 60°C, reaparecen los hongos termófilos que reinvasen el mantillo y descomponen la celulosa. Al bajar de 40°C los mesófilos también reinician su actividad y el pH del medio desciende ligeramente.

2.22.13 De maduración

Es un periodo que requiere meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus.

Se observa como el compostaje es un proceso dinámico, debido a la actividad combinada de una amplia gama de poblaciones de bacterias y hongos, ligados a una sucesión de ambientes definidos por la temperatura, humedad, características de los residuos. Cada población bacteriana tiene unas condiciones ambientales más adecuadas para su desarrollo así como unos tipos de materiales que puede descomponer más fácilmente; por esta razón, una población empieza a aparecer mientras que otras se encuentran en el momento más elevado de su desarrollo y otras empiezan a desaparecer. De esta forma se complementan las actividades de los diferentes grupos. Conseguir un buen compost se reduce por lo tanto a proveer a los microorganismos de un buen entorno para que desarrollen su actividad a continuación enunciare los tipos de aireación más comunes para el compostaje.

2.22.14 Tipos de aireación a emplear

Aireación dinámica: consiste en el volteo de las pilas, generando una mezcla más homogénea de los materiales orgánicos a compostar, una mejor aireación, un mejor intercambio de gases y no se crea zonas anaerobias. Es el proceso más eficiente y rápido pero implica mayores costos.

Aireación estática: consiste en el flujo de aire a través de la pila. Este se genera por un compresor o una turbina (blowuer) que conectados a una red de tubos internos en las pilas, generan un intercambio gaseoso forzado.

2.22.15 Relación carbono nitrógeno

Dentro del proceso del compostaje es muy importante la relación Carbono/Nitrógeno por lo tanto se deben conservar las siguientes proporciones:

Peso (de la materia prima) X (1-%Humedad/100)= MP base seca.

Luego calculamos el Carbono y el Nitrógeno con base en Materia Seca.

Carbono C= MP base seca X (% de carbono de la MP/100)

Nitrógeno N = MP base seca X (% de Nitrógeno de la MP/100)

Posteriormente sumamos por separado el carbono y el nitrógeno de cada uno de los componentes de la mezclas y obtenemos un consolidado, luego el total del carbono se divide por el total del nitrógeno para obtener la relación final. Para realizar un balance adecuado se aumenta o disminuye la materia prima que más aporte Carbono o Nitrógeno según sea el caso, para obtener un resultado entre 20:1C/N a 25:1 C/N relación ideal para iniciar un proceso de compostaje.²⁷ Es importante que las materias primas que se emplean en la mezcla además de la variable C/N también se tengan en cuenta la humedad ya que no debe exceder del 55 % al iniciar el proceso.

²⁷ Notas de clase. Aprovechamiento de residuos orgánicos

3 MODELOS DE COMPOSTAJE

De acuerdo con la bibliografía revisada los modelos más óptimos que se pueden emplear en la caficultura son los siguientes:

3.1 SISTEMAS DE COMPOSTAJE ARTESANAL

Este del proceso no cuenta con ninguna tecnología, herramienta mecánica o eléctrica en ninguno de las actividades del compostaje y la capacidad de producción generalmente es a baja o mediana escala en este sistema serán incluidos los pequeños y algunos medianos productores solo se utiliza como herramientas una pala y un carretilla para transporte de material compostado.

3.2 SISTEMAS DE COMPOSTAJE SEMI INDUSTRIAL

Son aquellos en los cuales el sistema de descomposición cuenta con algunos equipos mecánicos o eléctricos para una o varias actividades del proceso es un sistema propio para los medianos y algunos grandes productores.

3.3 SISTEMAS DE COMPOSTAJE INDUSTRIAL

Son aquellos procesos para la elaboración de compost completamente mecanizados en los cuales la tecnología cuenta un papel muy importante para la realización del proceso. Para este proceso de compostaje es propio para los grandes productores el cual estará acorde a su producción de café en cereza. La disposición de los residuos se hace en pilas de 2m de ancho por 10m de largo y 2m de alto, las cuales deben ser volteadas la primer semana dos veces al día para continuar hasta la semana 12 una vez diaria época para la cual estará estabilizado y maduro apto para continuar con el proceso de empacado con el fin de asegurar la no presencia de objetos extraños en el producto final y posterior incorporación al cultivo. No utilizaremos tromel por que este producto no requiere de clasificación de tamaño, la cereza del café es homogénea y la desviación estándar no es significativa por lo tanto es un producto que sale uniforme; se realizara el volteo con una volteadora acondicionada al toma fuerza de un tractor pequeño de 25 hp, una báscula con capacidad de 1000 kilogramos, una cosedora, coche y estivas para su almacenamiento el cuales por un periodo muy corto. Este

es un producto que será incorporado a los cultivos propios de la finca como lo es el mismo café, pastos, jardines a la elaboración de almácigos.

Estas tecnologías serán compartidas a todos los pequeños, medianos y grandes productores para que sea adoptadas y no continuar con las contaminaciones al medio ambiente que se están presentando en la actualidad.

A continuación se detallan alguno de los costos para la implementación de un sistema de compostaje industrial.

Tabla 3. COSTO DE ALGUNOS EQUIPOS EMPLEADOS EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE INDUSTRIAL Y SU COSTO

Microprocesador PLC	595.289 pesos
Termómetro	378000 pesos
Pirómetro	1.406.000 pesos
Sonda de oxígeno	13.308.000 pesos
Sonda de Humedad	4.133.000 pesos
Sonda de PH	3.562.000 pesos
Equipo Portátil	5.503.000 pesos
Tractor de 25hp	48.000.000 pesos
Volteadora	25.000.000 pesos
Cosedora manual	350.000 pesos
Bascula 1.000 kg	650.000 pesos
Tolva pequeña	18.000.000 pesos

Fuente: EMISSION. Compostaje. [En línea]. [Disponible en: www.emison.cs/ecologia/pdf/compostaje]. [Consultado: 15 Mayo 2012]

Además de esto, el estiércol de los animales propios de la finca también se pueden compostar y son muy comunes el estiércol de vaca, la gallinaza, conejina, estiércol de caballo siendo de vital importancia, para mantener una buena relación de carbono nitrógeno. El mucilago es de 5.891.460 kilogramos que se utilizarían como riego en los casos que la pila de compost lo requiera.

4 MARCO JURÍDICO

Con base en la legislación ambiental o derecho ambiental se pretende que la población tenga un conocimiento holístico y actualizado de la legislación que atañe al área del medio ambiente, evitando la contaminación del componente ambiental y prevenir futuras demandas o remediaciones de las empresas inmersa en los sectores productivos del país.

En el caso particular donde el tema a tratar es el “Aprovechamiento de los residuos sólidos provenientes del beneficio del café: usos y aplicaciones” el cual es el renglón principal de la economía en el municipio de Betania y merece igual atención en el manejo de los residuos resultantes de la producción que son el mayor contaminante de los recursos suelo, agua y aire y es obligación de nosotros los habitantes del planeta tierra entregar a las futuras generaciones un mundo mejor al que hemos encontrado.

La normativa ambiental en materia de vertimientos ha estado regida por el Decreto 1594 de 1984 que establece la eliminación del 80% de la carga orgánica en términos de DBO y SST para las aguas residuales generadas en el beneficio y un pH en el rango entre 5 y 9, ausencia de material flotante y remoción de aceites y grasa en un 80%.

En el 2010 el decreto fue derogado por el 3930 en el cual se expresa que los valores que deben cumplir los vertimientos ya sea para disponerlos en fuentes de agua o infiltrarlos en el suelo serán publicados este año.

Existe una propuesta de resolución en la cual se obligaría a monitorear en las aguas residuales del café los parámetros: DQO; DBO, SST, Sedimentales, Sustancias activas al azul de metileno, Grasas y aceites, fenoles, Ingredientes activos de plaguicidas, NT, PT, Cd, Pb, Color, pH y Coliformes fecales. Los valores de DBO y SST no deben ser mayores a 50 ppm cada uno. Para el caso de las aguas residuales del café en nuestro país, las cuales pueden tener una carga orgánica, en términos de DBO entre 50000 y 10000 ppm, según el tipo de beneficio, bajar a 50 ppm, implica implementar unos sistemas de tratamiento eficientes y completos que involucren tratamientos primarios, secundarios y terciarios. Cenicafe desde 1984 ha estado realizando investigación en la temática y ha generado sistemas de tratamiento anaerobios que permiten eliminar el 80%

de la contaminación orgánica y sistemas de pos tratamiento con humedales artificiales que permitan disminuir entre un 60 y 70%.²⁸

Decreto 1713 de 2002, por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos.

Decreto 1140 de 2003, por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002.

Decreto 1505 de 2003, por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002.

Resolución No. 1096 de 2000, expedida por el ministerio de desarrollo económico, por la cual se adopta el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico – RAS.

Decreto Ley 2811 de 1974, por el cual se dicta el código nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente.

Ley 9 de 1979, código sanitario nacional, es un compendio de sanitarias para la protección de la salud humana.

Ley 99 de 1993, por la cual se crea el ministerio del medio ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el sistema nacional ambiental SINA y se dictan otras disposiciones.

Decreto 02 de 1982, Decreto reglamentario del Código de recursos naturales en cuanto a calidad de aire.

Decreto 1594 de 1984, por medio del cual se reglamenta parcialmente la Ley 9 de 1979 y el decreto Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos de aguas y residuos líquidos.

Decreto 1180 de 2003, por medio del cual se reglamenta el título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre Licencias Ambientales.

Resolución No. 150 de 2003, expedida por el instituto colombiano agropecuario, por la cual se adopta el reglamento técnico de fertilizantes y acondicionadores de suelo para Colombia.

Norma técnica colombiana 5167 de 2004

²⁸ CENICAFE, Manejo integral de las aguas y los residuos sólidos en las fincas cafeteras

5 CONCLUSIONES

Revisando la literatura, visitando los predios de los caficultores se recomienda realizar el despulpado sin agua, llevar la pulpa a una fosa techada para evitar la contaminación de las aguas lluvias y la descomposición de la pulpa mediante el sistema de compostaje para su aprovechamiento posterior.

Desarrollar el compostaje como tecnología apropiada para el manejo de los residuos resultantes del beneficio del café en toda la zona cafetera del país, permitiría la mitigación de forma significativa de los impactos ambientales negativos asociados a esto. Sin embargo, para efectos de la presente monografía nos concentraremos en el municipio de Betania Antioquia. Y en especial en la producción de un buen mejorador de suelos a partir de la pulpa de café.

Se debe concientizar todo el sector agropecuario, principalmente el cafetero, avícola, acuícola, fiquero, lechero y porcícola en la implementación de un adecuado manejo del material orgánico, se debe convertir en una filosofía de acción que requiere un compromiso serio y con conceptos claros de los beneficios económicos y ambientales que trae aplicar este proceso de compostaje.

Todo el material orgánico proveniente del sector agropecuario es susceptible de ser compostado y aprovechado en el sector agrícola como un mejorador del suelo.

La tendencia actual de los productores es a incrementar las producciones de café orgánico el cual tiene un mayor valor agregado.

El compostaje es un producto que no genera contaminación biológica ni ambiental porque no se generan lixiviados que contaminaran aguas subterráneas ni quebradas.

El compostaje bien manejado es un material estabilizado el cual no presenta olores, vectores ni semillas indeseables. Es un mejorador de las condiciones físico-químicas de los suelos, control de malezas, mayor productividad y sostenibilidad de la fertilidad en el tiempo.

Al hacer aplicaciones del compost se incrementa la densidad aparente, capacidad de intercambio cationico, actividad de la fauna benéfica del suelo y la disminución de microorganismos patógenos.

Se adicionan ácidos húmicos, se estimula el crecimiento de microorganismos del suelo ayuda a conservar la humedad, mejora la aireación y el drenaje de los suelos.

El compostaje es un sistema que requiere de poca inversión económica para los pequeños, medianos productores.

Por medio del Comité Departamental de Cafeteros de Antioquia se debe institucionalizar como una buena práctica agronómica para los pequeños, medianos y grandes productores el buen manejo de las pulpas, los mucilagos, la adición de este compost a los sistemas productivos conservando así el medio ambiente y disminuyendo los costos de producción.

BIBLIOGRAFÍA

ABARRATALDEA. Manual práctico de técnicas de compostaje, Abarataldea pág. 13-14. 3ra ed. 2005

DIAZ Luis Fernando, Reciclaje y tratamiento Biológico de los Residuos Salidos del Municipio. Ed. Carmen Elena Dejaron Ecuador pág. 32-45 enero de 2010

FENERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Descripción de la planta de café. [En línea]. [Disponible en: [www. Café de colombia.com](http://www.Café de colombia.com)]. [Consultado: 15 Mayo 2012]

_____. _____. Historia del café 2010. Universidad Nacional de Colombia y Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo Comité Regional de Antioquia. Residuos Orgánicos, aprovechamiento agrícola como abono y sustrato.

FUNDACION Manuel Mejía Vallejo. Como Manejo Adecuadamente los residuos del beneficio del café. 2010

GÓMEZ ZAMBRANO JAIRO. Abonos Orgánicos. Santiago de Cali, 2000.

ICONTEC Norma Técnica Colombiana NTC 5467 Productor Para La industria Agrícola y materiales Usados como fertilizantes y acondicionados en Colombia 2003

ICONTEC 2235. Normas para la elaboración de abonos orgánicos, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación pág. 1-6 ratificada 3 junio 2011

ICONTEC, Normas técnicas Colombianas NTC 5167 productor para la industria agrícola y materiales usados como fertilizantes y acondicionados Colombia 2003.

INFOAGRO. Descripción de la planta de café. [En línea]. [Disponible en: [www. Infoagro.com](http://www.Infoagro.com)]. [Consultado: 15 Jun. 2012].

MENDOZA GOMEZ, LENIN. Manual de Lombricultura, Chapas México 2008

NOTAS DE CLASE. Legislación y regulación para los residuos sólidos y peligrosos.

NOTAS DE CLASE. Gestión Integral residuos peligrosos. Carlos Arturo Álvarez M 2011.

OZORES-Hampton Mónica Y Otros. Curso Internacional de Reciclaje: Reproducción de calidad y usos de compost. Santiago de Chile 2003 PP 129-133

RODRIGUEZ Valencia Nelson. Manejo de Residuos en la Agroindustria Cafetera. Cenicafe 2000.

SALAS Eduardo. Carlos Ramírez. Bioensayos Microbianos para estimar los nutrientes disponibles en los abonos orgánicos. Agronomía Costarricense 2001 pp. 11-23

SANCHEZ C Caballero y otros. Los Abonos Verdes y la Inoculación Micorrizica de Plántulas de cafee Arábica sobre los suelos Gleycos. Vol. 9 2009 Instituto Nacional de ciencias Agrarias La Habana Cuba pp 25-30

TORRES Patricia y Otros. Compostaje de Biosólidos De Plantas de Tratamiento de aguas residuales Ingeniería Agrícola. 2007

RODRÍGUEZ VALENCIA, Nelson. Manejo de los Residuos en la Agroindustria cafetera, Cenicafe 2001

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, O.M.S, Manual Para la Elaboración de Compost Bases Conceptuales y Procedimientos.

CENICAFE, Manejo Integral de los Residuos Sólidos en las Fincas Cafeteras.

D GALLEGO, J JIMENEZ Y OTROS, Funcionamiento Hidráulico de un Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente, Rev. Nro. 450 pág. 172- 183 2007