

---

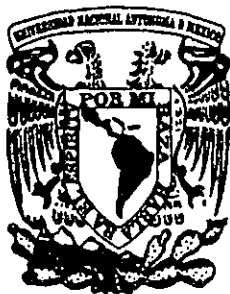
---

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE QUÍMICA**



**APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE  
PULPA DE CAFÉ:**

**REMOCIÓN DE CAFEÍNA Y TANINOS  
USANDO LIXIVIACIÓN CON AGUA**

2880

---

---

**TESIS PROFESIONAL**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
QUÍMICO DE ALIMENTOS**

**P R E S E N T A  
JUAN JOSÉ GONZÁLEZ MEDINA**

**MÉXICO, - D. F. 2001.**

---

---



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

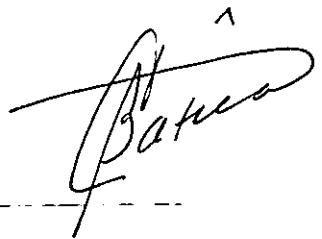
Jurado asignado según el tema:

Presidente: María del Carmen Durán Domínguez de Bazúa  
Vocal: Marco Antonio León Félix  
Secretario: Lucía Cornejo Barrera  
Primer suplente: Enrique Martínez Manrique  
Segundo suplente: María Elena Hernández Rojas

Sitio donde se desarrolló el tema:

Laboratorios 4-A, B-201 y E-301,  
Departamento de Alimentos y Biotecnología, Programa de Ingeniería Química  
Ambiental y de Química Ambiental, Facultad de Química, U.N.A.M.

Asesor del tema: Dra.-Ing. Ma. del Carmen Durán de Bazúa



Sustentante: Juan José González Medina



"En el mundo católico se le llamó vino del Islam, bebida del diablo y la afición al café fue motejada de turcomanía hasta que un Papa (Clemente XIII), decretó que "esa bebida de Satanás era tan deliciosa que resultaba lástima tenerla reservada a los infieles por lo que la bautizaba para que los cristianos pudieran también disfrutar de ella sin remordimiento..."

Renato Leduc

"Tú que me tomas a diario, tal vez nunca te has preocupado por saber quién soy. Y no te lo reprocho, todos tenemos la ilusión de que conocemos las personas y las cosas que nos son familiares por el solo hecho de que las tenemos siempre con nosotros"

José Chalarca

Dedico este trabajo como un pequeño homenaje a todos aquellos a quienes debo algo, pues para ser lo que soy a todo el mundo le pedí prestado, por su amor, su compañía en esta aventura que es la vida, por coincidir, por enseñarme a buscar como buscan los que todavía no han encontrado y a encontrar como encuentran los que aún han de buscar

Quiero agradecer en primer lugar al Dador de la Vida, al Señor del Cerca y del Junto, al Dueño del Cielo, por el llamado a la Existencia

A mis padres por transmitir la vida a estos cuatro hijos, por ser guía, maestros, catequistas, por su cariño y bondad

A mis hermanos por ser aliento, hermanos de sueños, de empeños, de tristezas y alegrías, por compartir en fin la vida

A la Dra. María del Carmen Durán de Bazúa por la orientación que tan amablemente me brindó durante la realización de este trabajo

A todos mis maestros por aquello que me enseñaron dentro y fuera del aula

## Glosario de términos

Agricultura orgánica	Es un sistema que se apoya en la rotación e intercalamiento de cultivos, labranza mínima, uso de abonos animales, desechos vegetales, abonos verdes, rocas minerales, siembra de leguminosas y control biológico de insectos, malezas y enfermedades
Beneficio	Para el consumo del café se llevan a cabo una serie de tratamientos físicos, químicos y/o biológicos, conocidos de modo genérico como "beneficiado" del café
Café	Los granos de café son realmente las semillas de un arbusto tropical de hojas verdes. Existen numerosas especies de cafeto y diferentes variedades de cada especie. Las especies más importantes comercialmente son conocidas como Arábica y Robusta o Canephora
Café cereza	Los granos de café o semillas, están contenidos en el fruto del arbusto, que en el estado de madurez es de color rojo y se le denomina "cereza"
Café natural	La producción de café por vía seca, más rápida y económica, que no requiere selección de los granos
Café lavado	La producción de café por vía húmeda, requiere selección de las cerezas maduras, produciendo un café que a diferencia de los naturales poseen sabores más suaves y por lo tanto mejor cotizados en el mercado

Café orgánico	La producción de café orgánico se sujeta a procesos naturales como lo son: La fertilización mediante la formación de una mezcla de sustancias orgánicas, conocida como <i>composta</i> , control integral de plagas, eliminación natural de hierbas, construcción de terrazas, establecimiento de viveros y el cultivo de plantas de sombra fijadoras de nitrógeno entre otras cosas
Cafeína	La cafeína es una metil-xantina que se encuentra en el café, té, semillas de cola y cacao. Es una purina metilada estructuralmente conocida como 1,3, 7-Trimetilxantina, con peso molecular de 194.20 g/mol
Cafeto	Arbusto del que se obtiene el café. Al cabo de dos o tres años de plantado, el cafeto da sus primeros frutos, alcanzando su máximo rendimiento a los cinco años, cuando se estabiliza, pudiendo sobrepasar los treinta años de vida productiva, de acuerdo con la atención integral recibida. Un arbusto sano y vigoroso produce casi 2,000 cerezas al año, suficientes para producir cerca de medio kilo de café verde
<i>Composta</i>	Palabra que proviene del latín <i>composite</i> , que significa composición. El vocablo en inglés se refiere a la mezcla de sustancias orgánicas o compuestos agrícolas utilizados para la fertilización o mejoramiento de un suelo cultivado. Están formadas principalmente por tierra, residuos orgánicos de origen vegetal y/o animal y diversas materias orgánicas, en una proporción variable, de forma que se facilite la descomposición microbiológica, especialmente la aerobia, de los residuos y su transformación química a compuestos útiles para las plantas. En



	español todavía no tiene esta acepción
Degradación aerobia	Proceso bioquímico de conversión de materiales orgánicos biodegradables en materiales más simples, en presencia obligada de oxígeno, como compuestos inorgánicos (bióxido de carbono y agua) y nuevas células. Generalmente estos sistemas tienen rapidez de reacción de horas cuando están en fase acuosa y pueden metabolizar completamente los materiales disueltos y disolver algunos de los que se encuentran en fase sólida
Digestión o degradación anaerobia	Proceso bioquímico de conversión de materiales orgánicos biodegradables en completa ausencia de oxígeno en materiales más simples, como los ácidos orgánicos de dos a cuatro carbonos, hasta llegar a compuestos inorgánicos como metano, ácido sulfhídrico, amoníaco y bióxido de carbono
Diuresis	Secreción de orina, lo que tiene virtud para aumentar la secreción y excreción de orina
Evaluación de impacto ambiental (ELA)	Es una herramienta para la generación de información ambiental, así como para el proceso de análisis de proyectos respecto a su costo y beneficio social. Permitiendo mediante la técnica minimizar el primero y/o ampliar el segundo de tal modo que el balance ambiental sea lo más favorable posible
Hipersomnia	Excesiva duración del sueño nocturno o la excesiva somnolencia durante las horas de vigilia
Lixiviación	Acción de separar por medio del agua u otro disolvente una sustancia soluble de otra insoluble

Polifenoles	Son un grupo heterogéneo de sustancias que están presentes en todo vegetal, unas con estructuras químicas relativamente simples, como los taninos y otras complejas como la lignina. Los principales compuestos son: Ácido gálico, catequina, ácido cafeico, epicatequina, cianidina, malvidina 3, glucósida, miricetina y cuercitina, entre otros
Pergamino	Cuando el grano de café se han despulpado, fermentado, lavado y secado
Pulpa	Masa tierna o carnosa de las frutas o sustancias a que se reducen algunas partes desmenuzadas o trituradas de las plantas
Quintal (Qq)	Peso de 100 kilogramos para el quintal métrico y de 100 libras para el quintal americano (46 kilogramos)
Taninos	Son compuestos fenólicos que juegan un papel importante en la defensa de la planta contra microorganismos y herbívoros (depredadores)

## Resumen

El café es una bebida que se obtiene mediante una extracción con agua caliente. México ocupa el cuarto lugar como exportador mundial y capta grandes cantidades de divisas. Además, genera empleo para 3 millones de mexicanos. El grano de café es solamente el 20% del total del fruto, por lo que se generan muchos residuos, representando un claro riesgo para el equilibrio ecológico. A la pulpa de café se le han encontrado posibles usos, aunque estos no siempre son redituables ya que no se cuenta con la tecnología necesaria para implementarlos. Se realizó una revisión bibliográfica sobre la problemática de la producción de café en México y sobre el reaprovechamiento de su pulpa, especialmente en lo relacionado a la remoción de la cafeína y los taninos, por medio de la extracción con agua, tratando de que este proceso sea rentable. Se proponen alternativas de uso para la pulpa como materia prima para dietas de rumiantes (animales poligástricos) y para la elaboración de *composta*, (mezcla compuesta de diversos productos orgánicos modificada biotecnológicamente), entre otros. Hasta el momento se tienen datos sobre el análisis bromatológico de la pulpa, de las condiciones de extracción, del rendimiento, de la situación del país, así como algunas generalidades que pueden dar la pauta para obtener un proyecto con factibilidad económica. Respecto de la problemática de la producción de café y de los beneficios para los cafecultores, se dan algunas pautas que podrían beneficiar a este sector hasta ahora mayoritariamente marginado.

# ÍNDICE

	Página
Capítulo I	2
I.1	2
I.2	4
I.3	4
Capítulo II	6
II.1	6
II.1.1	6
II.1.2	7
II.1.3	9
II.1.4	15
II.1.5	17
II.2	18
II. 2.1	19
II. 2.1.2	20
II.2.2	21
II.2.3	23
II.2.3.1	24
II.2.3.1.1	25
II.2.4	26

II.2.4.1	Posibles aplicaciones de los polifenoles naturales	26
II.3	Antecedentes experimentales	28
Capítulo III	Metodología	33
III.1	Búsqueda bibliográfica	33
III.2	Experimentación propuesta para el aprovechamiento de la pulpa de la cereza del café	34
III.3	Materiales y métodos	35
III.3.1	Materiales	35
III.3.2	Análisis bromatológicos	35
III.3.3	Determinación de la sensibilidad del método experimental	36
III.3.4	Realización de lixivitaciones	36
III.3.4.1	Extracciones simples con base en las siguientes variables	36
III.3.4.2	Lixivitaciones múltiples	37
III.3.5	Determinaciones especiales para los productos de las lixivitaciones	38
III.3.6	Análisis estadísticos	38
Capítulo IV	Resultados y discusión	39
IV.1	Problemática de la producción de café en México	39
IV.1.1	Producción	40
IV.2	Situación actual	44
IV.2.1	Consumo	44
IV.2.2	Economía	47
IV.2.3	Problemática	59

IV.3	Resultados experimentales	61
Capítulo V	Recomendaciones	70
V.1	Evaluación del impacto ambiental	70
V.2	Viabilidad económica	71
V.3	Otros factores	74
V.3.1	Disminución del uso del agua en el beneficiado	74
V.3.2	Producción de café orgánico	75
V.3.2.1	El mercado de 1980 hasta hoy	77
V.3.2.2	Certificación	78
V.3.2.3	Comercio	79
V.3.3	Mezclas biodegradadas o " <i>compost</i> "	79
V.3.4	Bioconversión anaerobia de desechos en el sistema de producción	82
V.3.5	Nutrición animal	83
V.3.5.1	Terneras	84
V.3.5.2	Novillos	85
V.4	Nuevos horizontes	85
	Conclusiones	88
	Referencias consultadas	89
Apéndice A	Datos experimentales	99
Apéndice B	Análisis estadísticos de los datos experimentales	103

## ÍNDICE DE TABLAS

		Página
Tabla 1	Producción mundial de café verde (período 1985 - 1988)	10
Tabla 2	Producción mundial: participación por países (período 1997)	11
Tabla 3	Producción mundial (período 1992 - 1997) En miles de sacos de 60 kg de café verde	12
Tabla 4	Producción total y exportaciones de café colombiano (período 1987 - 1988)	14
Tabla 5	Consumo de café a escala mundial (período 1998)	15
Tabla 6	Composición química de la pulpa de café (Rojano et al., 1995)	29
Tabla 7	Efecto de la lixiviación con disoluciones agua:sosa, agua:cal y agua:HCl a 1.0 M, 0.1 M y 0.01 M a 25°C y a una proporción de 1:4 de pulpa:agua alcalinizada en la eliminación de taninos y polifenoles (Rojano et al., 1995)	31
Tabla 8	Efecto de la lixiviación a 25, 35, 45°C y a proporciones de 1:1, 1:2 y 1:4 de pulpa:agua en el porcentaje de eliminación de taninos polifenoles (Rojano et al., 1995)	32
Tabla 9	Proporción de beneficios de café por estado	41
Tabla 10	Producción de café por estado y ciclo (miles de sacos de café de 60 kg de café oro)	42
Tabla 11	Participación de la producción de café por estado y ciclo	43
Tabla 12	Cosecha versus precio	49
Tabla 13	Análisis bromatológico de pulpa de café secada al sol y almacenada	64

Tabla 14	Efecto de la lixiviación a 25, 35, 45°C, a proporciones de 1:1, 1:2 y 1:4 de pulpa:agua en el porcentaje de eliminación de cafeína	67
Tabla 15	Efecto de la lixiviación múltiple a temperatura ambiente y 45°C, a proporciones de 1:4 de pulpa:agua en el porcentaje de eliminación de cafeína. Valores "crudos"	68
Tabla 16	Análisis bromatológico de la pulpa de café antes y después de la lixiviación	69
Tabla 17	Efecto de la lixiviación a 25, 35, 45°C, a proporciones de 1:1, 1:2 y 1:4 de pulpa:agua en el porcentaje de eliminación de cafeína. Valores "crudos"	99
Tabla 18	Efecto de la lixiviación simple a 25, 35, 45°C, a proporciones de 1:1, 1:2 y 1:4 de pulpa:agua en el porcentaje de eliminación de cafeína. Valores promedio	100
Tabla 19	Efecto de la lixiviación múltiple a temperatura ambiente y 45°C, a proporciones de 1:4 de pulpa:agua en el porcentaje de eliminación de cafeína. Valores "crudos"	101
Tabla 20	Efecto de la lixiviación múltiple a temperatura ambiente y 45°C, a proporciones de 1:4 de pulpa:agua en el porcentaje de eliminación de cafeína. Valores "promedio"	102
Tabla 21	Efecto de la lixiviación a 25, 35, 45°C, a proporción de 1:1 de pulpa:agua en el porcentaje de eliminación de cafeína.	103
Tabla 22	Efecto de la lixiviación a 25, 35, 45°C, a proporción de 1:2 de pulpa:agua en el porcentaje de eliminación de cafeína.	107
Tabla 23	Efecto de la lixiviación a 25, 35, 45°C, a proporción de 1:4 de pulpa:agua en el porcentaje de eliminación de cafeína	111



## ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Fig. 1. Cereza del café	Fuente: CONFEDERACIÓN MEXICANA DE PRODUCTORES DE CAFÉ. El café en México, una producción de altura (1998)	1
Fig. 2. Despulpado	Fuente: GOMEZ, A. El café venezolano (1993)	1
Fig. 3. Secado	Fuente: FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETALEROS DE COLOMBIA. Café algo más que un tinto... (1997)	1
Fig. 4. Estructura química de la cafeína	Fuente: PONCE, M. Cafeína (1999)	1
Fig. 5. Grano tostado	Fuente: MALDONADO, L. El cultivo del café orgánico en México (1996)	1

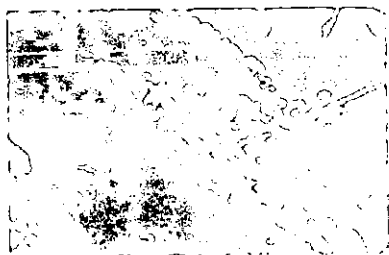


Fig. 1. Cereza del café

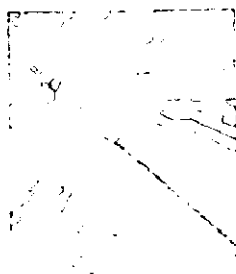
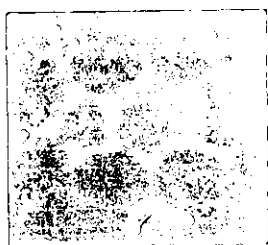


Fig. 3. Secado



Carbono, Verde

Hidrógeno, Blanco

Nitrógeno, Azul

Oxígeno, Rojo

Fig. 4. Estructura química de la cafeína

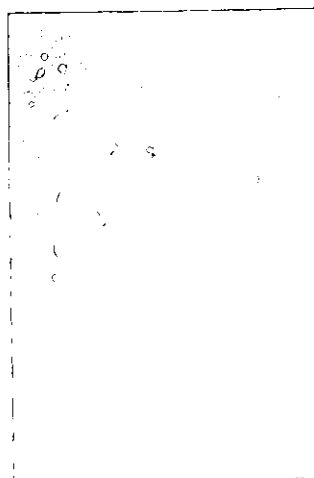


Fig. 2. Despulpado

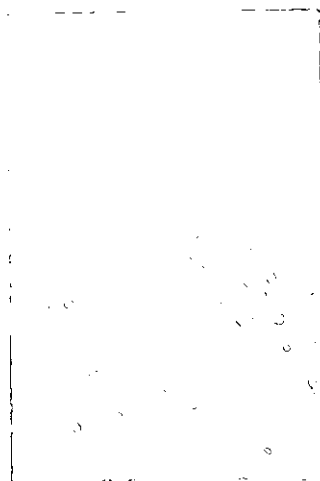


Fig. 5. Grano tostado

## CAPÍTULO I

### Problemática

#### I.1 El café, una bebida celestial

El café es una bebida que se obtiene mediante una extracción con agua caliente. A pesar de existir cerca de 50 especies, sólo de tres se puede extraer dicha bebida: El cafeto árabe (*Coffea arabica*), originario de Etiopía y de Arabia, que se extendió en el siglo XVII al sudeste asiático y al continente americano, el cafeto congo (*Coffea robusta*), de África Central y el cafeto liberiano (*Coffea liberica*). El consumo en los países productores es muy bajo, salvo Brasil, por lo que la producción es básicamente para la exportación.

México ocupa el cuarto lugar como exportador mundial y capta grandes cantidades de divisas. Además, genera empleo para 3 millones de mexicanos,

siendo el Estado de Chiapas el mayor productor de café, aportando cerca del 35 % del total nacional, le sigue Veracruz con el 24%.

El grano de café es solamente el 20% del total del fruto, por lo que se generan muchos residuos que, hasta el día de hoy, producen acumulación de desperdicios, ya que la biodegradación espontánea no es lo suficientemente rápida y efectiva considerando el volumen generado, siendo un claro riesgo para el equilibrio ecológico.

A la pulpa de café se le han encontrado posibles usos, aunque estos no siempre son redituables o no se cuenta con la tecnología necesaria. Uno de los principales problemas para su uso es la alta proporción de agua que posee, cerca del 70%, que la hace de difícil manejo y la presencia de cafeína y taninos, que la hacen desagradable al paladar y provocan poca ganancia en peso y reducción en la retención de nitrógeno por el efecto diurético a los animales que la ingieren.

Por esto, se ha estudiado la remoción de la cafeína y los taninos, por medio de la extracción con agua, tratando de que este proceso sea rentable y que pueda ser utilizada como alimento para animales siendo la pulpa del café una materia prima para las dietas de rumiantes (animales poligástricos).

Otro posible uso es el de formar *composta*, combinándolo con otros residuos orgánicos. El problema que se tiene es justamente el de eliminar

previamente estos compuestos ya que limitan el crecimiento de los microorganismos responsables de la degradación bioquímica de los diferentes biopolímeros y la formación de una mezcla rica en nutrientes para macrofitas.

## I.2 Objetivo general

- Realizar una revisión bibliográfica sobre el café: Su importancia, historia, futuro, necesidades y fortalezas.

## I.3 Objetivos particulares

- Establecer una metodología adecuada para la remoción de cafeína y taninos de la pulpa de café.
- Determinar las condiciones más adecuadas de lixiviación con agua de cafeína y taninos, con base en las variables: Relación pulpa:agua, tiempo, temperatura y número de extracciones.
- Conocer y comparar la calidad de la lixiviación en sistemas simples y multietapas.

Para alcanzarlos, en los siguientes capítulos se da una breve semblanza de la situación actual del café y de los métodos ya estudiados para eliminar cafeína y taninos de la pulpa.

## CAPÍTULO II

### Antecedentes

#### II.1 Fundamentos

##### II.1.1 El café

¿Qué es el café? Los granos de café son realmente las semillas de un arbusto tropical de hojas verdes. Existen numerosas especies de cafeto y diferentes variedades de cada especie. Las especies más importantes comercialmente son conocidas como Arábica y Robusta o Canephora. Ambas especies fueron halladas originalmente silvestres en regiones africanas. Como el café necesita condiciones climáticas específicas (para crecer requiere de suficiente agua, luz solar y no puede tolerar el hielo) hoy es cultivado en los países tropicales y subtropicales cercanos a la línea del Ecuador.

Los granos de café o semillas, están contenidos en el fruto del arbusto, que en el estado de madurez es de color rojo y se le denomina "cereza". Cada cereza consiste en una piel exterior que envuelve una pulpa dulce. Debajo de la pulpa están los granos recubiertos por una delicada membrana dorada; estas membranas envuelven las dos semillas de café.

Los cafetos empiezan a dar frutos cuando tienen de 3 a 5 años de edad. Cuando los frutos están en el estado óptimo de madurez se recolectan manualmente, se despulpan, se fermentan para eliminar las capas interiores que rodean a las semillas y éstas se lavan y secan. Este proceso es conocido como el "beneficio agrícola". Posteriormente, el grano seco se trilla para retirar la capa dorada o pergamino que lo recubre.

Una vez retirado el pergamino, el grano se selecciona y clasifica cuidadosamente, teniendo en cuenta su tamaño, peso, color y defectos. Finalmente, estos granos seleccionados se tuestan para que desarrollen el sabor y aroma del café, se muelen y quedan listos para la preparación de la bebida.

## II.1.2 Breve historia

El nombre del café tiene su origen en la palabra turca qahwé ò cahve, otros dicen que Kaaba que quiere decir en árabe "piedra preciosa de color café". Años después, los turcos lo llamaron Cahue.

El origen de la denominación de la planta del café deriva del nombre del área geográfica de donde proviene, la región de Kaffa, en el sudoeste de Etiopía o Abisinia, en África oriental, frente al mar Rojo y el golfo de Adén. Según otros, el café procede de una región situada entre los puertos de Moka y Adén, en la vasta península de Arabia, en el Sudeste de Asia, extendida entre el mar Rojo, el océano Índico, el golfo Pérsico, Irak y Jordania.



El café fue mencionado en la literatura por un médico árabe llamado Rhazes hacia el año 900 d. C. En sus inicios fue utilizado como alimento, después catalogado por los árabes como un vino, más tarde como medicamento y, finalmente, hacia el siglo XIII de nuestra era, comienza a consumirse como bebida.

El nacimiento del café como bebida está rodeado de leyendas numerosas; tal vez la más difundida, es la del joven pastor árabe, de nombre Kaldi, hace cerca de 1300 años en las montañas de Abisinia, quien observó una tarde que las cabras se portaban de una manera extraña, corriendo y dando saltos como locas, luego de comer los cogollos de unos arbustos que producían frutos rojos.

Kaldi llevó muestras de hojas y frutos a un monasterio cercano llamado Cheodet, donde los monjes por curiosidad las pusieron a cocinar. Al probar la bebida la encontraron de tan mal sabor, que arrojaron a la hoguera lo que quedaba en el recipiente. Los granos, a medida que se quemaban, despedían un agradable aroma. A uno de los monjes le surgió la idea de preparar la bebida con base en los granos tostados.

Hasta el siglo XV sólo se encontraba en África oriental pero, a partir de entonces, se introdujo en Arabia y durante cerca de 200 años la única fuente de suministro fue Yemen. La bebida se introdujo a Turquía a través de Arabia hacia el año 1554; a Venecia en 1615; a Francia en 1644; a Inglaterra y a Viena en 1650 y a Estados Unidos en 1668. En el siglo XVII, los holandeses la aclimataron en sus territorios coloniales en Java y los ingleses en Jamaica, de aquí pasó a Iberoamérica. Con la revolución industrial y el crecimiento de la población mundial durante el siglo XX el café se convierte en una bebida universal.

Está presente en las costumbres de muchos pueblos que diariamente lo consumen, mientras millones de hombres y mujeres derivan su vida diaria del proceso de producción, beneficio, industrialización y comercialización. Países desarrollados y que tienen un alto nivel de vida como es el caso de los Estados Unidos, Japón y Alemania, son los mayores consumidores de esta bebida.

Los árabes, por ejemplo, utilizan cardamomo, clavos y otras especies para darle un sabor especial al café y lo toman en pocillos sin agarraderas o asas. Griegos y turcos hierven tres veces el café con el azúcar en el ibrik, antes de servirlo. A los norteamericanos se les debe la invención del "Coffee Break" o receso para tomar un café.

### II.1.3 El rey café

"Hay quienes aseguran que el café resulta casi tan importante como el petróleo en el mercado internacional"<sup>1</sup> ya que, después del petróleo, es el producto comercial que mueve las mayores cifras de dinero en el mercado mundial. Latinoamérica produce más de la mitad de la producción mundial, obteniendo por esta vía cerca de la sexta parte de sus divisas.

Sin embargo, "Si la cosecha de café de 1964 se hubiera vendido, en el mercado norteamericano, a los precios de 1955, Brasil hubiera recibido doscientos millones de dólares más. La baja de un solo centavo en la cotización del café implica una pérdida de 65 millones de dólares para el conjunto de los

---

<sup>1</sup> Galcano E. 1993. Las Venas Abiertas de América Latina. Ed. Siglo XXI, México, D.F.

países productores”<sup>2</sup>. Y sin importar cuánto caiga el precio del café, los consumidores siguen pagándolo cada vez más caro, siendo los intermediarios los que se benefician con ello. En la Tabla 1 se presenta la producción de café “verde” en el período 1985-1988, donde se observa que México es el cuarto productor mundial de café.

Tabla 1. Producción mundial de café verde (período 1985 - 1988)

En miles de sacos de 60 kg			
País	1985-86	1986-87	1987-88
Brasil	33,000	13,900	38,000
Colombia	12,000	11,000	11,500
Indonesia	5,800	5,800	5,500
México	4,750	4,850	4,850
Etiopía	2,833	2,700	2,900
Uganda	2,700	2,700	2,800
Guatemala	2,650	2,838	2,700
El Salvador	2,300	2,375	2,350
Camerún	2,067	2,417	1,700

Fuente: Servicio Agrícola Exterior, USDA (1989)

Sin embargo, como se observará en la Tabla 2 sobre la participación por países para 1997, el panorama es totalmente distinto salvo para los principales productores: Brasil, Colombia, Indonesia, México y el caso de Guatemala.

<sup>2</sup> Galeano, E. Op. cit.

Tabla 2. Producción mundial: participación por países (período 1997)

País	Participación (en %)	Variedad
Brasil	24.6	A/R
Colombia	12.3	A
Indonesia	7.9	R/A
Vietnam	5.6*	R
México	4.9	A
Guatemala	4.2	A/R
Costa Rica	2.3	A
Venezuela	1.4	A
Nicaragua	0.8	A
Rep. Dominicana	0.5	A

Fuente: Confederación Mexicana de Productores de Café, con datos de la Organización Internacional del Café, "Coffee Statistics" (Marzo, 1997)

\* Valor aproximado a partir de los datos con los que se contaba, ya que no aparece citado en el original.

A = Arábica

R = Robusta

A/R = Ambos tipos (principalmente Arábica)

R/A = Ambos tipos (principalmente Robusta)

En primer lugar desaparecen de la lista los países africanos y se vuelve casi totalmente un producto latinoamericano, excepto por Indonesia y Vietnam (en especial si se ignora a este último). Vietnam, que en la producción del 1985 - 1989 no figura, está ahora en cuarto lugar desplazando a México. Esto es muy significativo, no sólo por el gran incremento en la producción en menos de 10 años, sino porque la misma Confederación Mexicana de Productores de Café lo cita en algunos de sus documentos y en otros no.

La posible causa de esto, es el hecho de que Vietnam es el único país que produce la variedad robusta de modo exclusivo y todos los demás, con excepción de Indonesia, la variedad arábica, pero esto es sólo una apreciación ya que no se obtuvo información a este respecto que fuese conclusiva. Comparando además con la Tabla 3, correspondiente al período 1992-1997, puede verse el impulso que Vietnam fue adquiriendo en la producción mundial de café.

Tabla 3. Producción mundial (período 1992 - 1997) En miles de sacos de 60 kg de café verde

Cosecha	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	1996/97
TOTAL	87,438	89,560	96,198	86,190	99,910*
Brasil	25,972	26,787	29,688	15,754	25,000
Colombia	13,823	11,320	12,990	12,856	12,500*
Indonesia	5,577	7,300	6,426	6,397	8,000*
México	3,400	4,284	4,162	5,530	5,000
Vietnam	2,340	3,020	3,532	3,938	5,705
Guatemala	4,318	3,536	3,787	4,005	4,300
Costa Rica	2,998	2,259	2,496	2,595	2,377
Venezuela	1,225	1,307	926	1,362	1,385
Nicaragua	548	706	684	985	770

Fuente: Confederación Mexicana de Productores de Café con datos de la Organización Internacional del Café, "Coffee Statistics" (Marzo 1997)

\*OIC, Coffee Statistics, Abril 1996/Marzo 1997

Por otro lado, México no lo ha hecho de la misma forma. De hecho, debido a la reducción de precios está, incluso, guardando los granos en bodegas<sup>3</sup>

Es importante mencionar que los pronósticos son tan variados como fuentes se consulten y que, sin duda, fenómenos climatológicos como "El Niño" afectaron de manera significativa la producción mundial, salvo tal vez la producción de Brasil. Además de los fenómenos climáticos regionales como el caso del huracán "Paulina" o "Rick" para el caso concreto de México.

Sin embargo, la producción de café en términos generales no es para consumo interno, ya que la mayor parte y la de mejor calidad se destina para la exportación. En la Tabla 4 se observa el caso de Colombia, el segundo productor mundial, que es un claro ejemplo de que se exporta casi toda la producción.

Los países desarrollados y que tienen un alto nivel de vida, como es el caso de los Estados Unidos, Japón y Alemania, son los mayores consumidores de esta bebida (ver Tabla 5).

Como se mencionó en el capítulo anterior "Genera empleo para aproximadamente 3 millones de mexicanos, que producen casi 900 mil toneladas anuales de café cereza (500 millones de dólares en exportaciones). Veracruz es una de las áreas de mayor producción de café, ya que genera aproximadamente 350 mil toneladas de café cereza (Inmecafé, 1988 - 1991) y el resto se produce en Chiapas, Oaxaca, Puebla, Guerrero, San Luis Potosí e Hidalgo"<sup>4</sup>.

---

<sup>3</sup> Ceballos, Y. 2000. Proponen cafetaleros crear fideicomisos estatales. Diario Reforma. Negocios. P. 7A. Viernes 7 de noviembre. México D.F. México

<sup>4</sup> ROJANO, F. I. SOLÍS, J. A. y DURÁN-de-BAZÚA, M. C. 1995. Remoción de cafeína, polifenoles y taninos de café usando procesos de lixiviación con agua. Industria Alimentaria, 17(6):15-19

Tabla 4. Producción total y exportaciones de café colombiano  
(periodo 1987 - 1988)

Producción total anual (Miles de sacos de 60 kg de café verde)		Exportaciones de café colombiano (Miles de sacos de 60 kg)	
Año	Producción	Año	Exportación
1987	12,974	1987	11,283
1988	11,811	1988	9,787
1989	11,066	1989	10,826
1990	14,083	1990	13,944
1991	16,179	1991	12,596
1992	16,568	1992	16,094
1993	13,637	1993	13,575
1994	12,031	1994	11,774
1995	13,697	1995	9,815
1996	11,190	1996	10,621
1997	10,933	1997	10,704
1998	No disponible	1998 (1)	5,319

(1) Al final del mes de junio. Fuente: Infocafé (1998)

Considerando los datos citados referentes a la producción de café, se puede concluir que se generan alrededor de 518,000 toneladas de pulpa de café por año, cuando está fresca. O sea, que se generan aproximadamente 150,000

toneladas de pulpa seca de café por año, ya que posee un contenido de 70% de agua.

Tabla 5. Consumo de café a escala mundial (período 1998)

País o región	Porcentaje
Estados Unidos	72 %
Europa	21 %
Otros	5 %
Japón	2 %

Fuente: Consejo Mexicano del Café (1998)

#### II.1.4 Composición física de la pulpa y grano de café

Pertenece al género botánico *Coffea* y a la familia de las rubiáceas. Como ya se mencionó, al fruto fresco se le denomina café cereza y está formado por epicarpio, mesocarpio, endocarpio, espermodermo y endospermo. El epicarpio (cascarilla y pulpa) forma cerca del 43% del fruto, el mesocarpio (mucílago) es una capa intermedia entre el epicarpio y el endocarpio, rica en gomas, que cubre la semilla y representa el 23% del fruto. El endocarpio (pergamino o cascabillo) es el 13%. El espermodermo es sólo el 1% y el endospermo que es a lo que generalmente se llama grano de café es el 20%. Para el consumo del café se llevan a cabo una serie de tratamientos físicos, químicos y/o biológicos, conocidos de



modo genérico como "beneficiado" del café. El beneficiado puede ser de dos tipos, húmedo y seco.

- Vía seca: Mediante esta técnica los frutos se secan tras la recolección, generalmente al sol, aunque puede hacerse en hornos. Al término del secado la pulpa, el mucílago y endocarpio se liberan.
- Vía húmeda: Consta de más pasos, primero una selección mediante flotación para distinguir los frutos maduros de los que no lo son, despulpado, fermentación o desmucilagínación, lavado, secado y pulido.

En ambos casos se obtiene el llamado café pergamino de color gris o verdoso y está listo para la introducción en sacos. El mejor aroma del café se obtiene después de tostarlo. Por ello, la torrefacción o proceso de tueste, se realiza antes de que se ponga a la venta. El paso final es el de la molienda, con excepción del café instantáneo que lleva un proceso de extracción, deshidratación de los compuestos solubles extraídos y una rehidratación o solubilización parcial.

El interés de la remoción de la cafeína radica en el hecho de que este es el tóxico más importante de la pulpa, ya que es un "estimulante del sistema nervioso central y del músculo cardíaco. Estimula la secreción gástrica de ácido y eleva el nivel de glucosa y ácidos grasos libres en el plasma, siendo también notoria la presencia de diuresis con una mayor excreción de nitrógeno y aumento de la actividad física con un mayor gasto de energía"<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> NAVA, S. M. 1990. Destoxificación de la pulpa de café por fermentación. Tesis profesional, Facultad de Química, UNAM, México, D.F. México

Por su parte, la presencia de taninos es indeseable debido a que "su ingestión genera problemas de poca ganancia en peso en los animales por la formación de complejos tanino-proteína"<sup>6</sup>.

## II.1.5 Ventajas del café

El consumo diario de café entre los jóvenes puede ayudarles en la actividad intelectual, especialmente durante el período de aprendizaje escolar, desde la primaria hasta el nivel universitario.

El profesor Dr. Darcy Roberto Lima, Ph.D en Medicina (Londres, Reino Unido) y profesor del Instituto de Neurología de la Universidad de Río de Janeiro, concluyó que la humanidad adoptó el café como bebida matutina, porque estimula el cerebro. "El profesor afirma que en la composición del café se encuentran, además de la cafeína, la lactona que es una sustancia química que actúa en forma benéfica sobre el cerebro"<sup>7</sup>.

La cafeína es un estimulante del SNC (Sistema Nervioso Central), mejorando la concentración, la memoria, el aprendizaje, y que también actúa sobre el "centro de vigilia", haciendo al individuo más atento y despierto y combatiendo la apatía y la depresión. Además, la cafeína tiene efectos

---

<sup>6</sup> ROJANO, F. I., SOLÍS, J. A. y DURÁN-de-BAZÚA, M. C. 1995. Remoción de cafeína, polifenoles y taninos de café usando procesos de lixiviación con agua. *Industria Alimentaria*, 17(6):15-19

<sup>7</sup> RED INTERNACIONAL (INTERNET). El mejor de la clase  
<<http://www.cafedecolombia.com/cafejuventud/datos/cla.html>> Red Internacional (Internet), última modificación: 13-Ago-98, última consulta: 17-Nov-98

estimulantes sobre los sistemas cardiovasculares y respiratorio y, también, una acción diurética”<sup>8</sup>.

## II.2 Cafeína

La cafeína es una metil-xantina que se encuentra en el café, té, semillas de cola y cacao. Es una purina metilada estructuralmente conocida como 1, 3, 7-Trimetilxantina, con peso molecular de 194.20 g/mol. (Fig. 4).

Puede consumirse a partir de distintas fuentes, entre ellas “el café (preparado 100 mg/100 mL, instantáneo 65 mg/100 mL), té (40 mg/100 mL), soda cafeinada (45 mg/100 mL), analgésicos sin receta medica y remedios para el resfriado (25-50 mg/pastilla), estimulantes (100-200 mg/pastilla) y pastillas para perder peso (75-200 mg/pastilla). El chocolate y el cacao tienen niveles mucho más bajos de cafeína (v. gr., 5 mg/barra de chocolate)”<sup>9</sup>.

El consumo de cafeína y de los preparados que la contienen varía ampliamente en cada cultura. La consumición es omnipresente en la mayor parte de estados Unidos, con una ingestión media por persona de aproximadamente 200 mg/día. La ingestión media en la mayor parte del mundo en desarrollo es de menos de 50 mg/día, en comparación con los 400 mg/día en Suecia, el Reino Unido y otras naciones europeas. El consumo de cafeína se incrementa durante los 20-30 años y habitualmente desciende después de los 65 años. La ingestión es mayor en varones que en mujeres.

---

<sup>8</sup> RED INTERNACIONAL (INTERNET). *El mejor de la clase*, op. cit.

<sup>9</sup> PICHOT, P. M. 1995 Manual de diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales (DMS-IV), Masson S. A., México, D.F. pag. 224

## II. 2.1.1 Toxicidad

Se consideran criterios para diagnosticar Intoxicación por cafeína:

A. El consumo de cafeína, comúnmente en proporción mayor de 250 mg.

“B. Cinco (o más) de los siguientes signos, que aparecen durante o poco tiempo después del consumo de cafeína:

1. Inquietud, 2. Nerviosismo, 3. Excitación, 4. Insomnio, 5. Rubofacción facial, 6. Diuresis, 7. Alteraciones digestivas, 8. Contracciones musculares, 9. Logorrea y pensamiento acelerado, 10. Taquicardia o arritmia cardíaca, 11. Sensación de infatigabilidad 12. Agitación psicomotora”<sup>10</sup>.

No está claro que su ingestión produzca dolor de cabeza. Los patrones típicos de la ingestión de cafeína no se han asociado consistentemente con otros problemas médicos. Sin embargo, su consumo en grandes cantidades se asocia a la agudización de la ansiedad y a síntomas somáticos como arritmia cardíacas y dolor gastrointestinal o diarreas. El consumo excesivo de cafeína se asocia con trastornos del estado de ánimo, de la alimentación, psicóticos y del sueño.

La dosis tóxica varía de persona a persona, dependiendo principalmente del nivel de tolerancia individual. Las reacciones al café son en realidad subjetivas. Hay quien tolera una cantidad aparentemente exagerada, y quien pierde el sueño por tomar un sorbo de café al final de la tarde. Hasta el momento no se sabe de qué depende esta mayor o menor sensibilidad a la cafeína y a los

demás componentes del café, dado que pueden intervenir muchos factores que van desde la actitud psicológica hasta la sensibilidad del individuo, desde la constitución de cada persona hasta el estilo de vida. Parece ser que el estrés, el nerviosismo, la tensión y el temor afectan notablemente la sensibilidad a la cafeína.

La dosis mortal reportada es 10 gramos, aunque existe un caso documentado de supervivencia después de ingerir 24 gramos. Los infantes metabolizan la cafeína muy lentamente. La ingestión en niños pequeños de 35 mg/kg puede producir toxicidad moderada.

### II. 2.1.1 Los síntomas

Los síntomas que pueden encontrarse en el envenenamiento por cafeína son los siguientes:

#### Toxicidad aguda

El envenenamiento por cafeína da síntomas tempranos de anorexia, temblor e inquietud. Va seguida por náusea, vómito, taquicardia y confusión. La intoxicación seria puede ocasionar delirio, ataques, taquicardia supraventricular y ventricular, taquiarritmia e hipoglicemia.

---

<sup>10</sup> PICHOT. P. M., Op cit. Pag. 225

## Toxicidad crónica

Una alta dosis de cafeína puede producir nerviosismo, irritabilidad, inquietud, temblores, tirones musculares, insomnio, palpitaciones e hiperreflexia.

## Trastorno del sueño

El trastorno del sueño inducido por cafeína produce típicamente insomnio, si bien algunos individuos, coincidiendo con periodos de abstinencia, pueden sufrir de hipersomnias y somnolencia diurna. "La cafeína ejerce un efecto dosis-dependiente; a medida que aumenta su consumo se incrementa el estado de vigilia y disminuye la continuidad del sueño. La interrupción brusca del consumo crónico de cafeína puede dar lugar a hipersomnias. Algunos individuos experimentan hipersomnias entre taza y taza de café, es decir, en esos momentos en los que el efecto estimulante inmediato desaparece"<sup>11</sup>.

## II.2.2 Metabolismo

La vida media de la cafeína es de 2-6 horas, de manera que la mayoría de los síntomas de intoxicación acostumbran durar entre 6-16 horas después de su ingesta. Debido al fenómeno de tolerancia a los efectos de la cafeína sobre el comportamiento, la intoxicación por cafeína se observa normalmente en sujetos que no ingieren cafeína con frecuencia, o en sujetos que han incrementado recientemente la ingestión de cafeína en una cantidad sustancial.

---

<sup>11</sup> PICHOT, P. M., Op cit. Pag. 620

La cafeína aumenta el nivel de ácidos grasos circulantes y se ha demostrado que aumenta la oxidación de estos combustibles. Se ha usada desde hace años por la gente de resistencia y corredores para mejorar el metabolismo de dichos ácidos. Es particularmente efectiva en los que no son usuarios habituales.

La cafeína actúa sobre casi todos los tejidos y los órganos del cuerpo humano. Su primer acción es estimular el sistema nervioso central. Los estudios se han preocupado principalmente por indagar sus efectos en las pautas del comportamiento tales como duración y calidad del sueño, aumento de la ansiedad, disminución de la fatiga y del aburrimiento en trabajos repetitivos, mejoramiento de la calidad de concentración, etc.

En lo concerniente al sistema cardiovascular, en dosis normales (3 a 5 tazas), el café puede ejercer una acción cardiotónica ligada a un leve e insignificante aumento de la presión. Pero las reacciones interesan más a quienes consumen café ocasionalmente y no tanto a los consumidores habituales. En todo caso, es cierto que la bebida puede aumentar las contracciones del miocardio.

Las reacciones que desencadena la cafeína disminuyen a medida que el organismo se habitúa al consumo. Sólo si se sufre de hipertensión nefrovascular, o sea, la producida por los riñones, el café puede ser considerado como un factor de riesgo.

“Se ha demostrado que la cafeína ayuda al trabajo del estómago, ya que favorece la producción de jugos salivares y gástricos. Ejerce resultados positivos sobre la secreción biliar y sobre las funciones intestinales y parece ser que no

desempeña ningún papel en las enfermedades como la úlcera. La cafeína, actúa sobre la diuresis, inhibiendo la ADH (hormona antidiurética)<sup>12</sup>.

La cafeína no ha estado en píldoras de dieta desde hace muchos años, especialmente en los EEUUA, por una legislación de la Agencia de Alimentos y Medicamentos (FDA, por sus siglas en inglés).

Los estudios científicos son tan numerosos que en los últimos años han atraído la atención de la Organización Mundial de la Salud, hasta la creación de un comité dedicado a la cafeína en el seno del "International Life Sciences Institute".

### II.2.3 Polifenoles

Son compuestos químicos de tipo fenólico que juegan un papel importante en la defensa de la planta contra microorganismos y herbívoros (depredadores en general).

Están presentes en todo vegetal y comprenden un grupo heterogéneo de sustancias, unas con estructuras químicas relativamente simples y otras más complejas, como los taninos y la lignina.

---

<sup>12</sup> INTERNET. Café y tu Salud <<http://www.cafedecolombia.com/cpc/datos/pipsal.html>> Red Internacional (Internet), última modificación: 10-Ago-98, última consulta: 21-Nov-98



Los principales compuestos son: Ácido gálico, catequina, ácido cafeico, epicatequina, cianidina, malvidina 3, glucósida, miricetina y cuercitina, entre otros.

### II.2.3.1 Consumo y su efecto sobre la salud

Los compuestos fenólicos son sustancias bioactivas que están presentes en muchas plantas comestibles. Están estrechamente asociados con la calidad sensorial y nutritiva de comidas vegetales frescas y procesadas. El té verde (*Camellia sinensis*) es una buena fuente de polifenoles que son antioxidantes naturales. En los últimos años muchos han propuesto que los compuestos fenólicos en la comida tienen efectos inhibitorios en la mutagénesis y carcinogénesis.

Los taninos se consideran sustancias antinutritivas, el efecto tóxico de las cuales se basa en disminuir la disponibilidad o provocar una pérdida suplementaria de los nutrimentos esenciales. Provocan un desequilibrio, que no se compensa por un aporte suplementario de los nutrimentos implicados y a la larga determina la aparición de una patología particular. Según su naturaleza y propiedades biológicas pueden manifestar su actividad de diversas formas. Ejemplos no exhaustivos de estos compuestos son:

- Inhibidores enzimáticos (anticarbohidrasas, antitripsinas de origen animal, antitripsinas de origen vegetal)

- Sustancias que interfieren con la asimilación de minerales (antitiroideos, tiooxazolidonas, isotiocianatos, tiocianatos, glucósidos cianógenos, polifenoles, ácido oxálico, ácido fítico)
- Sustancias que inactivan o aumentan los requerimientos de vitaminas (antitiaminas, ácido ascórbico oxidasa, antibiotina, niacinógeno)
- Sustancias de actividad polivalente (taninos, fibras)

Con respecto a los denominados tóxicos de los alimentos, se destacan por su efecto negativo los alcaloides, como solaninas, xantinas, glicirrizina, etc. Otro importante grupo de compuestos tóxicos de los alimentos son los clasificados como elementos de actividad cancerígena presentes en algunos alimentos.

Tal es el caso de las hidracinas, metilazoximetanol, "safrol", estragol, fotosensibilizadores, etc.

### II.2.3.1.1 Toxicidad

Como se dijo, los taninos son sustancias orgánicas de sabor astringente, contenidos en la piel de la uva y sus semillas, así como en otros alimentos. También el roble y el grano de café poseen esa sustancia. La presencia de taninos

es indeseable debido a que su ingestión genera problemas de poca ganancia en peso en los animales por la formación de complejos tanino-proteína en el aparato digestivo.

Los taninos reaccionan químicamente con las proteínas produciendo un complejo que provoca que no sean disponibles para los microorganismos ruminales, ni para los animales, por lo que a pesar de tenerse altos contenidos de proteína en la dieta ingerida, su biodisponibilidad se ve seriamente reducida.

El tanino liga y reduce la disponibilidad de proteínas y carbohidratos. Por efecto de polaridad se une a la pared de las células produciendo alteraciones.

## II.2.4 Efectos en la digestibilidad de las proteínas

Trabajos anteriores con pulpa de café, suministrada en la alimentación de diversas especies animales señalan que son sustancias antinutrimientales a la par que la cafeína, el ácido clorogénico y el ácido cafeico. Todas estas sustancias están relacionadas con pérdida de peso, disminución en la absorción de nitrógeno a nivel de intestino, incremento en la excreción urinaria, poca palatabilidad, etc.

### II.2.4.1 Posibles aplicaciones de los polifenoles naturales

Dentro de las aplicaciones de los polifenoles se encuentran:

Consideran que la actividad antioxidante frente a la oxidación de las LDL se reparte entre los diferentes compuestos polifenólicos. Por otra parte, subrayan que los diferentes compuestos polifenólicos podrían actuar en sinergia.

Investigadores alemanes estudiaron los efectos del té negro (rico en taninos), como inhibidor de la absorción de hierro no hémico en sujetos con hemocromatosis. El tipo de té investigado provino de Ceilán y se caracterizó por su alto contenido de polifenoles (tipo Wewesse Ceylon Broken).

Los resultados observados consistieron en una reducción significativa del hierro absorbido tras la administración de una comida de prueba en la que se reemplazó el agua de bebida por té.

En el grupo de sujetos que se sometieron a esta modalidad de ingestión líquida, los depósitos de hierro se redujeron en 1/3, en relación con el grupo de control.

## II.5. Antecedentes experimentales

A pesar de que, como ya se mencionó, el café se consume desde hace mucho tiempo, fue hasta la década del 70 cuando se iniciaron los primeros estudios con el fin de conocer la composición de la pulpa de café y generar de aquí sus posibles usos.

Rojano y colaboradores (1995), demostraron que la utilización de sosa, cal y HCl, como modificadores del valor del pH son poco efectivos en la lixiviación

y su utilización va en decremento de la extracción con referencia a la utilización de agua sola (Tablas 6 a 8).

Tabla 6. Composición química de la pulpa de café

Característica* (en %)	Pulpa fresca	pulpa seca
Humedad	84.96 + 1.05	14.73 + 0.02
Ceniza	8.23 + 0.12	8.03 + 0.21
Proteínas	11.89 + 2.97	10.92 + 0.52
Grasa	3.33 + 0.83	3.81 + 0.29
Fibra cruda	27.26 + 0.60	27.91 + 0.22
Cafeína	1.41 + 0	1.36 + 0.12
Taninos y polifenoles	3.88 + 0	3.29 + 0

Fuente: Rojano et al., 1995

Se considera importante mencionar que la primera parte de los experimentos realizados en este trabajo se diseñó para replicar los experimentos con agua del trabajo de Rojano y colaboradores. Se consideró pertinente esta realización de experimentos similares con el fin de validar la segunda fase que ya aparece mencionada en sus recomendaciones. Por otro lado, la determinación de la cafeína se hizo por los métodos oficiales de la AOAC (1992).

Molina (1974) obtuvo mejores resultados utilizando extracciones a 25°C y percolación a 90°C, con una relación pulpa:agua de 1:20; sin embargo, la proporción de agua utilizada y la temperatura, relativamente alta, hace poco rentable el proceso.

"Adams y Dougan (1980), Zuluaga y Cookman (1987) y Zuluaga (1989), han estimado y comparado el grado de contaminación de las aguas residuales (de despulpado y de lavado) de los beneficios, con las aguas residuales domésticas.

El beneficio de un kilogramo de café cereza equivale en capacidad contaminante al que producen 45.5 litros de aguas residuales domésticas, lo que equivale a decir que un beneficio que procese una tonelada de café limpio por día contamina igual que las aguas residuales domésticas de un núcleo de población de dos mil habitantes en un día"<sup>13</sup>.

Por esto que cobra vital importancia el encontrar métodos que reduzcan esta fuente de contaminación y que, a la vez, sean capaces de ofrecer una plusvalía al proceso, para que así sea más atractivo al productor y a las empresas que se encargan de industrializarlo.

En el siguiente capítulo se presenta la metodología empleada en la fase experimental de este trabajo de investigación.

---

<sup>13</sup> SOLÍS, J. A. 1995. El enfoque del aprovechamiento en el manejo de residuos sólidos y líquidos de la agroindustria. El caso del procesamiento húmedo del café. En Memorias del Curso Internacional, Tratamiento de los desechos de las agroindustrias. Caso tipo: Aguas residuales. Cap. 10, pp. 165-190, México. D.F. México.

Tabla 7. Efecto de la lixiviación con disoluciones agua:sosa, agua:cal y agua:HCl a 1.0 M, 0.1 M y 0.01 M a 25 °C y a una proporción de 1:4 de pulpa:agua alcalinizada en la eliminación de taninos y polifenoles

Tiempo de lixiviación, h	Pulpa : Agua-sosa		
	1.0 M	0.1 M	0.01M
1	40.79	24.43	16.31
3	40.79	32.63	40.79
5	65.29	40.79	48.95
24	65.29	48.95	57.12
Tiempo de lixiviación, h	Pulpa : Agua-cal		
	1.0 M	0.1 M	0.01M
1	40.79	32.63	24.47
3	48.95	40.79	48.95
5	65.29	48.95	48.95
24	65.29	57.12	57.12
Tiempo de lixiviación	Pulpa : Agua-HCl		
	1.0 M	0.1 M	0.01M
1	0.0	8.17	16.31
3	0.0	16.30	32.63
5	16.31	16.30	32.63
24	32.63	32.63	48.95

Fuente: Rojano et al., 1995

Tabla 8. Efecto de la lixiviación a 25, 35, 45° C, a proporciones de 1:1, 1:2 y 1:4 de pulpa:agua en el por ciento de eliminación de taninos y polifenoles

Tiempo de lixiviación, h	Pulpa : Agua		
		1:1	
	25°C	35°C	45°C
1	32.63	33.63	32.63
3	40.79	40.79	40.79
5	48.95	48.95	48.95
24	48.95	48.95	48.95
	1:2		
	25° C	35° C	45° C
1	32.63	40.79	40.79
3	48.95	48.95	48.95
5	48.95	48.95	48.95
24	48.95	48.95	57.12
	1:4		
	25° C	35° C	45° C
1	65.29	65.29	65.29
3	71.81	73.44	75.07
5	73.44	73.44	75.89
24	74.26	74.26	75.89

Fuente: Rojano et al., 1995



## Capítulo III

### Metodología

#### III.1 Búsqueda bibliográfica

Con objeto de encontrar un método económicamente viable que permita el aprovechamiento integral de la pulpa del café, se consideró necesario realizar una amplia búsqueda bibliográfica. Ésta puede ser resumida de la siguiente manera:

- Conocer el estado del ramo en el país mediante la consulta de diarios de amplia circulación
- Determinar la postura del Estado por medio de las normas oficiales mexicanas (NOM)
- Investigar los posibles usos directos o indirectos de la pulpa mediante la consulta de artículos, conferencias, simposium, a nivel nacional e internacional

- Conocer las necesidades de los productores de café, tanto en el ámbito económico como tecnológico, por medio de las publicaciones especializadas en el ramo que ellos mismos generan

### III.2 Experimentación propuesta para el aprovechamiento de la pulpa de la cereza del cafeto

De acuerdo con la bibliografía consultada, se consideró que las condiciones más adecuadas serían las de una relación pulpa:agua de 1:4, un tiempo de lixiviación de 3 a 5 horas y una temperatura de 45°C.

Dado que en los experimentos presentados en la literatura se mencionan solamente lixiviaciones en una sola etapa, se planteó en este trabajo llevar a cabo extracciones por etapas empleando 2 y 3 en serie.

Para corroborar la influencia del factor temperatura, ya que si se empleara temperatura ambiente, se tendría una disminución de costos, haciéndolo más atractivo a los productores, se planteó modificar ésta en los experimentos a realizar.

### **III.3 Materiales y métodos**

#### **III.3.1 Materiales**

- Se utilizó pulpa de café deshidratada al sol proveniente del Estado de Veracruz (cosecha de 1996), la cual se mantuvo almacenada en un cuarto frío (4°C), por un período aproximado de 24 meses
- Con objeto de evaluar el efecto del menor tamaño de partícula, se llevó a cabo una operación de trituración seguida de una de molienda para la pulpa deshidratada

#### **III.3.2 Análisis bromatológicos**

Para el análisis bromatológicos se utilizó los métodos de la AOAC (1992) y los mostrados por Hart (1991):

- Humedad
- Extracto etéreo
- Proteína cruda (nitrógeno usando el factor 6.25)

- Cenizas

### III.3.3 Determinación de la sensibilidad del método experimental

Con objeto de evaluar la sensibilidad del método experimental se hizo un lote control utilizando bagazo de caña adicionado con una cantidad conocida de cafeína y taninos.

Un segundo lote contenía pulpa deshidratada, triturada y molida adicionada con una cantidad conocida de cafeína y taninos.

### III.3.4 Realización de lixiviaciones

#### III.3.4.1 Extracciones simples

Las condiciones empleadas para realizar las lixiviaciones fueron:

1. Relación pulpa:agua 1:1, 1:2 y 1:4
2. Tiempo: 1, 3 y 5 horas
3. Temperatura: Ambiente, 35 y 45°C

Realización de muestras por duplicado (en los casos en que los resultados para cada caso fueron diferentes se realizó un triplicado eliminándose el valor con mayor diferencia)

### III.3.4.2 Lixiviaciones múltiples

Las lixiviaciones múltiples se hicieron con base en las siguientes variables:

1. Relación pulpa:agua, la mejor encontrada en los experimentos en una sola etapa
2. Tiempo: 1, 3 y 5 horas
3. Temperatura: ambiente y la mejor encontrada en los experimentos en una sola etapa
4. Número de extracciones: 2 y 3

Realización de muestras por duplicado (en los casos en que los resultados para cada caso fueron diferentes se realizó un triplicado eliminándose el valor con mayor diferencia)

### **III.3.5 Determinaciones especiales para los productos de las lixiviaciones**

Los análisis específicos realizados en las muestras tomadas fueron los siguientes:

1. Taninos (método 14.048 - 14.049 de la AOAC, 1992)
2. Cafeína usando el método de Bailey Andrew, citado en los métodos 14.020 y 14.047 de la AOAC (1992) y en Hart (1991)

### **III.3.6 Análisis estadísticos**

Los resultados experimentales fueron analizados estadísticamente para encontrar las diferencias entre ellos y su significancia. Se emplearon las metodologías clásicas (Daniels, 1985).

## Capítulo IV

### Resultados y discusión

#### IV.1 Problemática de la producción de café en México

Al parecer, el primer café mexicano no nace en Córdoba, Xalapa o algún otro lugar de Veracruz, sino en el estado de Morelos, cerca de la ciudad de Cuernavaca. El iniciador del cultivo en México es el español Jaime Salvet, aunque hay quienes dicen que fue el mexicano Juan Antonio Gómez, quien cultivó el café en Córdoba, Veracruz. Donde sí coinciden las opiniones es en que el comienzo de la historia del café en México es a finales del siglo XVIII.

En México, la preparación del café se consideraba como estimulante y al agregarle leche se tomaba como alimento. Esto ocurre a fines del siglo XVIII (un siglo después que en Francia). En este mismo tiempo, se abre el primer café en la calle de Tacuba, en el centro de la Ciudad de México. Los meseros se pararon en la puerta invitando a los paseantes a tomar café al estilo francés "café au lait".

A principios del siglo XIX México exportaba ya alrededor de 300 quintales (30 toneladas).

En 1880, el estado de Veracruz estaba considerado como el más avanzado en el cultivo de café. Producía cerca de dos terceras partes de la cosecha en México y lo seguían los estados de Colima, Chiapas, Guerrero, Michoacán, Morelos, Oaxaca y Tabasco. Hoy en día Chiapas es el estado productor de mayor producción seguido por Veracruz y Oaxaca. Los demás tienen producciones muy limitadas.

#### IV.1.1 Producción

En el país, el café del productor directo puede comercializarse en cereza (fruto recién cortado), capulín (la cereza secada al aire) o pergamino (cuando ambos se han despulpado, fermentado, lavado y secado). Según las características de la unidad de producción, se comercializa el café verde u oro, así como tostado y molido o descafeinado. El 40% de los productores venden su café en cereza.

En el país, existen más de 2,400 beneficios entre húmedos y secos, un total de 1,962 beneficios húmedos y 443 beneficios secos, con una capacidad instalada para beneficiar por día un total de 298 508 quintales (Qq). El tiempo aproximado de traslado del café (recién cortado) desde la finca hasta el beneficio es menor a una hora. Este lapso se considera como un factor importante para la calidad del grano.

De estos datos, como se observa en la Tabla 9, el 84% de los beneficios húmedos se encuentran concentrados en tres entidades: Veracruz, que posee el 37.4%, Chiapas, con el 32.65% y Puebla, el 13.8%.



De modo análogo se encuentra la proporción de beneficios secos: Chiapas, con el 39.3%, Puebla, con el 16% y Veracruz, con el 14%

Tabla 9. Proporción de beneficios de café por estado

Estados	Beneficios Húmedos		Beneficios Secos	
	Cantidad	Cap. Inst. Qq/Día	Cantidad	Cap. Inst. Qq/Día
Veracruz	733	58,765	63	29,675
Chiapas	639	28,249	174	80,600
Puebla	270	23,938	71	22,879
Oaxaca	135	5,533	56	10,670
S.L.P.	49	4,094	7	767
Guerrero	36	3,209	29	2,590
Nayarit	43	2,764	13	2,694
Colima	0	0	2	45
Otros	57	5,731	28	16,350
TOTAL	1 962	132,283	443	166,270

Fuente: Suplemento Comercial de la Confederación Mexicana de Productores de Café (CMPC). (Marzo 1998)

“En la actualidad, se estima que se encuentran cultivadas cerca de 600,000 hectáreas, principalmente en los Estados de Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Puebla,

Nayarit, Hidalgo, Guerrero y San Luis Potosí.”<sup>14</sup> En la Tabla 10 se observa la producción de café por estado y ciclo y en la 11 su participación porcentual.

Tabla 10. Producción de café por estado y ciclo  
(miles de sacos de café de 60 kg de café oro)

Estado	1994/95	1995/96	1996/97	1997/98*
Chiapas	1,304.39	1,449.09	1,708.48	1,387.10
Veracruz	1,053.31	1,571.66	1,150.75	1,347.45
Oaxaca	663.53	764.33	721.99	648.92
Puebla	617.31	905.69	749.08	793.76
Guerrero	167.13	223.87	226.5	230.90
Hidalgo	149.63	170.98	186.49	188.01
San Luis P.	75.2	81	73.45	100.72
Nayarit	99.23	100.33	107.44	125.53
Jalisco	6.64	8.47	9.2	14.25
Tabasco	7.18	7.28	7.08	10.77
Colima	14.38	15.52	13.33	17.33
Querétaro	1.74	1.79	1.35	2.15
TOTAL	4,159.67	5,300.00	5,000.13	4,866.89

Fuente: Estadísticas básicas CMC y SAGAR (1998)

\*Confederación Mexicana de Productores de Café. Estimado con base en daños climatológicos en las zonas productoras especialmente en los estados de Chiapas, Puebla, Guerrero y Oaxaca. (1998)

<sup>14</sup> PODOSWAS, O. y RODRÍGUEZ, P. C. 1993. El café mexicano. Cuadernos de Nutrición, volumen 16 número 6, noviembre-diciembre, páginas 17 a 32

En la actualidad la producción del estado de Chiapas es de dos millones 150 mil quintales por cosecha, con venta en el exterior de dos millones de dólares.

Tabla 11. Participación de la producción de café por estado y ciclo

Estado	Participación (%) 95/96	Participación (%) 96/97
Chiapas	27.39	34.17
Veracruz	29.65	23.01
Oaxaca	14.41	14.44
Puebla	16.93	15.88
Guerrero	4.22	4.53
Hidalgo	3.22	3.73
San Luis Potosí	1.53	1.47
Nayarit	2.03	2.15
Jalisco	0.16	0.18
Tabasco	0.14	0.14
Colima	0.29	0.27
Querétaro	0.03	0.03
TOTAL	100	100

Fuente: Estadísticas básicas CMC y SAGAR (1998)

En este estado, el cultivo de café es la segunda actividad agrícola más importante, ya que se cultiva en 231 mil 329 hectáreas y para ello se emplean más de 27 millones de jornales y se arraiga a más de 72 mil productores.

## IV.2 Situación actual

### IV.2.1 Consumo

Nuestro consumo de café *per cápita* es el más bajo del continente, con 700 gramos. Por ello, sería deseable incentivar el consumo para que la cafecultura no dependa tanto de los mercados internacionales, además de los beneficios que se desprenden de su ingestión en los adultos sanos.

Este consumo interno indica que el 20% de los casi 3.5 a 4 millones de sacos de 60 kilogramos que se producen se queda en el país para satisfacer la demanda interna.

Se calcula que el 70% del consumo interno es de café soluble y apenas el 30% restante es de café tostado y molido antes de prepararse e ingerirse. Esto indica que los intermediarios que procesan el café para hacerlo instantáneo (soluble), son los principales beneficiarios del costo al que lo adquieren los consumidores.

En Brasil, el consumo es de 4.5 kilogramos anuales *per cápita* y su consumo nacional de 12.5 millones de sacos de 60 kilogramos.

Por otro lado, los estadounidenses consumen 5 kilogramos anuales *per cápita*, uno de los porcentajes más altos que existen en el mundo.

Sin embargo, y por increíble que parezca, México importa café verde que, en el ciclo 97-98 ascendió a 29 millones de dólares.

Las importaciones fueron realizadas en un 70% del volumen total por sólo cuatro empresas y tuvieron efectos negativos, de depresión de precios internos, sobre los trescientos mil productores nacionales distribuidos en cuatro mil trescientas comunidades. Esto puede ser atribuible a prácticas monopólicas de estas empresas que evaden con ellas el pago de impuestos en los diferentes países en donde operan.

Por ejemplo, la empresa transnacional Nestlé, importó en México aproximadamente el equivalente en dólares americanos de 15 millones de dólares. La empresa Industrias Marino importó el equivalente a 8.3 millones de dólares, Cafés Descafeinados de Chiapas importó el equivalente de 2.9 millones de dólares y Cafés Solubles de Monterrey el equivalente a 2.6 millones de dólares.

Desafortunadamente, los organismos gubernamentales responsables de coordinar estos rubros no actúan en forma responsable y con la intención de proteger a los mexicanos y a sus productos. Tal pareciera que su función es justamente la de proteger a las empresas transnacionales o a las empresas pseudo-mexicanas que lucran con estas prácticas.

Las organizaciones de productores de café mencionan que los precios internacionales, tendientes al declive en los últimos años, se ubica en alrededor

de los 100 dólares por cien libras y se encuentra a un nivel muy cercano a los costos de producción de los cafeticultores más eficientes. En la referencia reciente ya citada (Ceballos, 2000), se menciona que se almacenarán 350,000 sacos hasta que el precio internacional alcance los 120 dólares americanos por cada 100 libras.

Como ya se mencionó, el café es el principal producto agrícola que México comercializa en el exterior y es la fuente principal de ingresos para más de 700 mil familias, que con sus dependientes suman aproximadamente tres millones de personas.

Pero, gran parte de sus ventas la manejan un número muy reducido de empresarios, manteniendo prácticas oligopólicas que acentúan las desigualdades sociales en las zonas productoras. De las cerca de 230 empresas privadas que están relacionadas con la venta y producción de café, interno y externo, sólo 15 empresas registran el 67.5% del total de los granos exportados o comercializados, con una venta de dos mil novecientas sesenta bolsas de un total de cuatro mil trescientas ochenta y nueve bolsas, aproximadamente.

Por ello, no es de sorprender que sea el estado de Chiapas una zona de conflicto social, ya que los grandes empresarios detentan la riqueza producida por la gran mayoría pobre que vende su jornada de trabajo a precios irrisorios en comparación a las ganancias que esta producción reditúa.

Nuevamente, no se contempla en las entidades gubernamentales responsables el controlar de manera efectiva y responsable estas desigualdades y, consecuentemente, solamente se emplean medios coercitivos para controlar a la población marginada cuando protesta por ellas.

## IV.2.2 Economía

La crisis del café comenzó el 4 de julio de 1989, fecha en la cual la Organización Internacional del Café (OIC) disolvió el sistema de cuotas, lo que trajo como consecuencia cambios importantes en la actividad cafetalera mundial, que se pueden resumir en:

1. Todos los países productores quedan en libertad de exportar el volumen deseado de sus cosechas, sin más límites que el de su producción y capacidad de exportación. Esto provocó un exceso del producto, ya que el sistema de cuotas impedía la colocación de excedentes de café en el mercado mundial, manteniendo un equilibrio en el precio del grano. Esta medida, como puede verse, beneficia a los países consumidores, justamente los más ricos y daña a los productores, que son los más pobres.

2. La anterior medida ha originado una caída drástica en los precios del café que, en junio de 1989 era de 1.4 dólares americanos por libra, mientras que en octubre de ese mismo año había bajado a 70 centavos de dólar por libra. La caída es constante a partir de ese año, alcanzando el precio más bajo en agosto de 1992: 48 centavos de dólar por libra.

La caída de precios ha deteriorado en gran medida las relaciones del sector cafetalero mexicano, tanto con la banca comercial como con la estatal. Ante la crisis mundial, la cafecultura se ha convertido en un sector poco rentable, lo que ha impedido a un gran número de productores cubrir sus compromisos de crédito. Obviamente, esto repercute sobre los pequeños productores y no sobre

los grandes empresarios quienes, con las prácticas mencionadas, mantienen sus ganancias en intervalos razonables.

De acuerdo con datos oficiales, en el año de 1989, el 17% de quienes tenían créditos dejaron de pagarlos. Para 1990, esta cifra aumentó al 65%, y no se vislumbran mejorías a 10 años después de estas medidas.

En la actualidad, se observa una profunda desorganización en todo el sector cafetalero. En él se ha recurrido a una comercialización desleal, por lo cual, a pesar de la caída de precios, el precio del café al consumidor final no ha disminuido. Las ganancias se mantienen en los grandes empresarios y en los intermediarios.

México ocupa entre el cuarto y el quinto lugar a escala mundial como productor de café, por lo que se encuentra dentro de los países más afectados por esta crisis, a pesar de que los cafés lavados mexicanos están catalogados entre los mejores del mundo por su excelente calidad.

Antes de 1989, el café representaba el 35% de la producción agrícola nacional y era el principal generador de divisas del ramo y el tercer lugar a nivel nacional después del petróleo y el turismo.

Del total de hectáreas cultivadas, el 44% pertenece a la pequeña propiedad, el 16.9% corresponde a tierras comunales y 39.1% a tierras de tipo ejidal. Del total de la población campesina nacional, el 5.6% es productora de café.



Entre el 65 y el 80% de la cosecha producida en México está destinada a la exportación y entre el 20 y el 35% al consumidor interno. Estos intervalos dependen de los precios internacionales.

La drástica caída del precio del café y los contratiempos climáticos, como nevadas, huracanes, inundaciones, etc, han sumido a la cafecultura en una grave crisis, ya que nuevamente, los que lo procesan y lo venden lo importan a otros países, sin considerar las circunstancias de los productores mexicanos.

El impacto económico y social de la medida mencionada fue muy grande. Por ejemplo, el kilogramo de café cereza descendió a niveles increíbles, para lo cual se cita en la Tabla 12 el caso del estado de Puebla.

Tabla 12. Cosecha *versus* precio

Temporada	Precio
1989-90	\$ 800 / kg
1990-91	\$ 700 / kg
1991-92	\$ 500 / kg
1992-1993	\$ 400 y hasta 200 / kg

Fuente: SOSA, M. L. 1995. Cooperativa Tosepan Titataniske: Plan de conversión de café orgánico. Ponencia, Conferencia Internacional Sobre Café Orgánico, op. cit.

Como consecuencia de esto y de las malas estrategias gubernamentales, se han abandonado los cafetales, se ha incrementado la pobreza y la emigración de los campesinos a las ciudades aumentó considerablemente.

Sin duda, los fenómenos climatológicos, como ya se mencionó, también contribuyeron de manera significativa a las crisis enfrentadas por el sector cafetalero.

En La Jornada del 18 de octubre de 1997, la periodista Martha García en un artículo intitulado "Se perdió a causa del huracán *Paulina* el 8 por ciento de la producción cafetera nacional", informó que las pérdidas de las cosechas del aromático en Oaxaca ascendían a 80 millones de dólares tras los estragos causados por el huracán *Paulina*, con la afectación a 55 mil productores y 80 mil hectáreas. De acuerdo con la Confederación Mexicana de Productores de Café (CMPC), en la región oaxaqueña dañada existen 55 mil productores a cargo de 170 mil hectáreas, por lo que el 50 por ciento sufrió estragos. En torno a los cultivos que no son de exportación y que corresponden a los tradicionales, se carece de una evaluación precisa, aún cuando existe un diagnóstico general sobre el impacto de *Paulina* en Guerrero y Oaxaca, de acuerdo con datos del Consejo Nacional Agropecuario.

Es claro, sin embargo, que las políticas globales de los responsables de gobernar un país son las que pueden incidir en revertir estas crisis, aún cuando sean ocasionadas por fenómenos meteorológicos, especialmente cuando esos gobiernos se encuentran verdaderamente comprometidos con sus conciudadanos. Si, por el contrario, buscan beneficiar a grupos sociales "afines", evidentemente, esta problemática no puede ser resuelta de alguna manera viable.

La situación del café en México, actualmente, es muy compleja y variable, lo que dificulta en gran manera la realización de un análisis que permita en verdad plantear una estrategia a corto, mediano o largo plazo de reaprovechamiento de residuos o de uso de tecnologías más limpias.

A continuación se presenta una breve revisión de lo publicado por varios de los periódicos de mayor circulación en el país en el período que va de enero al 31 de mayo de 1999, con el fin de demostrar la situación de crisis del café en México y los problemas que enfrenta.

En *El Financiero* del 6 de enero (sección A), la periodista Ana López Pérez en la página 23 plantea ya parte del problema. Fausto Cantón Peña expone la situación actual de la siguiente manera ante la Comisión de Agricultura de la Cámara de Diputados "primero la inexistencia de un cláusulado económico del Convenio Internacional del Café y la consecuente volatilidad de los precios mundiales y, segundo, la decisión del gobierno de desaparecer el Instituto Mexicano del Café (Inmecafé) para dejar en su lugar un Consejo Mexicano de Café, organismo meramente normativo con limitadas facultades".

De los cuatro millones ochocientos mil sacos de 60 kilogramos de la cosecha 1997-98, aproximadamente el 80% se exportó y el resto se colocó en el mercado interno. Los productores, "según las discutibles estadísticas" del INEGI, son más de trescientos cincuenta mil, de los cuales 90% son minifundistas con menos de cinco hectáreas, en su mayoría ejidatarios e indígenas.

*Novedades*, el 6 de enero en su página 3 (sección Financiera) cita una noticia de Nueva York (EFE): "El café para entregas en marzo perdió 3.6 centavos (2.9%) y cerró en 1.19 dólares la libra en la Bolsa de Café, Azúcar y Cacao, de Nueva York".

"Este sería", continúa, "el retroceso más agudo de los precios del aromático en las últimas dos semanas, de acuerdo con cifras de la Bolsa".

México es ahora el proveedor de café más grande en Estados Unidos de América. Los precios en el mercado de Nueva York se ubican ahora 30% por debajo en relación con el año pasado. Lo interesante sería preguntarse a quién finalmente beneficiaron las políticas seguidas por el gobierno mexicano al aceptar las medidas mencionadas al inicio de este capítulo y las medidas que se siguen tomando en la actualidad.

En el periódico *Excélsior* del 11 de enero en su página 25, el corresponsal Alberto Loret de Mola informa que el coordinador del Consejo Veracruzano del aromático, Eligio Morales Fuentes dijo "Los 50 kilogramos de café que contiene aproximadamente el quintal (americano) se cotizaron a 122 dólares y, por tal motivo, los productores del aromático alcanzaron un mejor precio para la variedad "cereza"."

En los primeros días de 1998, el quintal (americano) se cotizaba en 180 dólares. "Y lo ideal sería que los cincuenta kilogramos del grano tuvieran un valor de venta de 200 dólares".

En el diario *Excélsior* del 17 de enero, página 4, el periodista Alfredo Jiménez celebra que la erosión del suelo por agroquímicos ha sido superada por las estrategias tecnológicas amigables y limpias con el medio ambiente, que utilizan 26 etnias productoras y exportadoras de café orgánico, como lo informó el PVEM.

En *El Financiero* del 18 de enero, en su página 19 (Primera sección), el artículo de Lourdes Edith Rudiño refiere la situación crítica de la producción de café en el ciclo (1998/99) de entre 3.9 y 4 millones de sacos, alrededor de 20%

menos que en el período pasado, según Alfredo Moisés Ceja, presidente de la CMPC.

Además de ser escasa, dijo, la cosecha presenta mala productividad y calidad, agudizándose el problema en Chiapas, donde la producción será de 1.4 millones de sacos (30% menos).

Las pérdidas en México, motivadas por la sequía del verano de 1998 y las lluvias torrenciales posteriores, "que brindaron agua pero mal repartida", se combinan con una caída en la producción cafetalera de Centroamérica, de alrededor del 30%.

El Sol de México del 21 de enero, página 5 (sección República), por Violeta Pacheco: Futuro poco alentador, por los bajos precios del grano y a que no es posible la renovación de los plantíos lo que repercute en baja productividad.

El 80% de la producción de café en Veracruz (21 mil toneladas aproximadamente) se exporta a países como Estados Unidos, principalmente.

En El Sol de México del 25 de enero, página 4 (sección República), en un artículo de Augusto Ortiz puede leerse "Se agrava la economía de los productores de café: A diario dejan de recibir por lo menos 200 mil pesos en un promedio de 400 toneladas del grano que abastecen a la industria" y, más adelante, "se puede pronosticar que la cosecha 99/2000 podría ser igual o menor, dado que no se tendrán los recursos suficientes para darle a la planta el abono y cuidados indispensables".

El periódico El Universal del 27 de enero, página 2 (sección Estados), en un artículo del periodista José López Sánchez nos dice que: "en la pasada semana, el precio del café cayó 13 dólares por quintal, que equivale a un precio de venta del quintal en 95 dólares con los descuentos de exportación aplicados".

"El precio de compra del café cereza se reduce a sólo \$ 2. 90 el kilogramo, por lo que afirman no poder pagar los créditos recibidos y el aumento del hambre en el campo".

"Coinciden por otro lado, en señalar como cause del desorden en el ramo "la desaparición del Instituto Mexicano del Café (Inmecafé) en el gobierno del ex presidente Carlos Salinas de Gortari" lo que provocó caos y desestabilización de la economía en el sector".

El Herald de México del 17 de febrero, en la página 2, la periodista Olga Moreno Solís informa: "La cosecha de café del ciclo 1998-99 se reducirá en cuatrocientos mil sacos comparativamente al ciclo anterior, lo cual significa 4.4 millones de sacos de 60 kilogramos, contra 4.8 millones de sacos de la pasada cosecha".

Novedades del 22 de febrero, en su página 7 (sección B) informa (Notimex): La industria cafetalera mexicana se encuentre en crisis, ya que en el presente ciclo la producción de grano será de entre cuatro y cinco millones de sacos, un millón menos respecto ciclo anterior. Así informó el presidente de la Confederación Mexicana de Productores de Café, Alfredo Moisés Ceja.

El periódico El sol de México del 5 de marzo en su página 18 en un artículo de Luis María Noriega escribe: México ha consolidado la industria del

café, al punto de convertirse en el primer producto agrícola que se exportará a 58 países y con amplias perspectivas de incrementar sus ventas al exterior.

Incluso, se ha diversificado el mercado del café mexicano en el exterior y de 16% que se vendió a naciones diferentes de los Estados Unidos de América, en 1995-96, para el siguiente bienio subió al 27%.

El periódico *El Universal* del 11 de marzo, en su página 3 (sección Financiera) citando a Reuter: El consejo mexicano del café informó que México exportó un total de seiscientos veintiocho mil setecientos treinta y nueve sacos de 60 kilogramos durante febrero de 1999, un incremento de 34.6% en comparación con cuatrocientos sesenta y seis mil novecientas ochenta y dos sacos exportados en el mismo mes de la cosecha 97-98.

Sin embargo, el consejo dio a conocer que las exportaciones totales durante los primeros cinco meses del actual ciclo 98 de 99 estaban 17.6% abajo, en un millón seiscientos sesenta y un mil cuatrocientos treinta sacos de 60 kilogramos, en comparación con dos millones quince mil trescientos sesenta y ocho sacos exportados en el período octubre-febrero de la cosecha 97-98.

La *Jornada* del 11 de abril, página 58 en el artículo de Raymundo Jiménez, informa que el coordinador estatal del Consejo del Café de Veracruz, Eligio Morales Fuentes, señaló que debido a la baja producción y el desplome de los precios internacionales de este producto este año los exportadores de la entidad dejarán de percibir alrededor de setenta millones de pesos.

El periódico *Reforma* del 22 de abril en su página 7 (sección Negocios) en un artículo de Yolanda Ceballos informa que según la Coordinadora Nacional de

Organizaciones Cafetaleras (CNOOC) si en las cosechas anteriores en el centro de Veracruz el quintal de café pergamino se pagaba al precio de la bolsa menos 15 dólares, ahora es menos treinta dólares. En el caso de los naturales (arábigos no lavados), se manejan precios de la bolsa menos 45 dólares.

De acuerdo con esta estimación del Consejo Mexicano del Café, en febrero de este año las exportaciones ascendieron a seiscientos veintiocho mil setecientos treinta y nueve sacos de 60 kilos contra cuatrocientos sesenta y seis mil cuatrocientos ochenta y dos sacos que se registraron en 1998.

En La Jornada del 25 de abril, la periodista Martha García señala: Los productores de la CMPC coinciden en que la creación del Instituto del Café en Chiapas retrasará el desarrollo de la cafecultura y fomentará el monopolio.

Alfredo Moisés Ceja, precisó “Los productores, beneficiadores, exportadores e industriales estamos descontentos por la creación de este instituto. México está dentro de la globalización y no podemos regresar a los esquemas de lo que fue el Instituto Mexicano del Café con controles gubernamentales”.

Chiapas produce 1.5 millones de sacos y el mercado se mueve según la oferta mundial por lo que tampoco tienen control sobre el volumen exportable.

La iniciativa de ley orgánica del Instituto del Café de Chiapas tiene como principal objetivo mejorar las condiciones de la cafecultura ante la caída en el precio del café, decrecimiento de la rentabilidad y desempleo que propició la apertura comercial.



Chiapas es el primer productor y exportador de café en México. Esta actividad representa empleo directo para 72 mil 294 productores de mil 718 comunidades y 77 municipios.

Ceja insistió en que la creación de un organismo con base en el extinto Instituto Mexicano del Café sería dañino para el país y que, en vez de promover nuevas instituciones, se debe renovar la planta productiva del café.

Aseguró que a la fecha el 80% de las plantas de café en México son de mala calidad y que esto no permitirá cumplir la meta que planteó el Consejo Mexicano de Café de producir 10 millones de quintales de café para el año 2000.

En el periódico *El Economista* del 26 de abril, pagina 40, la periodista Mayela Córdoba informa: Juan Carlos Villarreal, director de la Confederación Nacional de Productores de Café, expuso que difícilmente México podría aceptar la propuesta que hizo su contraparte colombiana para reducir las importaciones y tratar de revertir la tendencia negativa que tienen los precios internacionales del café.

De acuerdo con información de la Confederación, los precios promedio de café bajaron de enero de 1998, que se cotizaba en 160.68 dólares por 100 libras, a 118.50 dólares en enero de este año.

La información de que se dispone, correspondiente a los primeros veinte días de abril de 1999, muestran que el precio promedio del aromático es de 103.18 dólares por libra, su nivel más bajo en 16 meses.

El Financiero del 27 de abril en su página 18, presenta lo dicho por la periodista Lourdes Edith Rudiño quien señala: "Deja de ser rentable la producción de café; el precio, en picada". La cosecha cafetalera 98-99 enfrentó no sólo la caída de los precios internacionales, sino también una serie de problemas internos como la sobrevaluación del peso y castigos de los compradores a los precios al productor.

En entrevista, Fernando Celis Calleja, asesor de la CNOOC, declaró: "En enero, los precios internacionales del grano pasaron de ciento veinte a ciento seis dólares las cien libras y esto hizo que el quintal de café pergamino pasará de novecientos cuarenta a ochocientos treinta pesos (en la región del centro de Veracruz)".

"De ahí a la fecha las cotizaciones mundiales han bajado, cuando mucho, a 97 dólares por cien libras y, sin embargo, los precios al productor llegaron a seiscientos cincuenta pesos el quintal; esto es, debajo de los costos de producción, que están alrededor de los setecientos pesos".

En El Financiero del 19 de mayo en su página 16 (sección A), la periodista Karen Chaoul informa que aumentará en cuatrocientas treinta mil costales la producción de café en México; será de 5.2 millones de octubre de 1999 a septiembre de 2000. De acuerdo con el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (de América), cuatrocientos treinta mil costales más que en el mismo periodo del año anterior.

Sin embargo, el área de cosecha no crecerá debido a los limitados fondos del gobierno, los reducidos ingresos de los productores y por los créditos que enfrentan.

### IV.2.3 Problemática

Los sistemas intensivos de producción, como se aplican actualmente, no han solucionado los problemas del sector; por el contrario, en muchos casos han sido la causa principal de grandes fracasos económicos, debido a que tal nivel de tecnificación es insostenible: "Eleva los costos de producción por el costo de insumos, los que significan de 20 a 40% del gasto total del cultivo. En tiempos de crisis, cuando el productor no puede sostener ese gasto, el suelo envenenado no es capaz de soportar esa producción, por lo que la planta se agota y en casos extremos muere"<sup>15</sup>.

La problemática se puede definir mediante los siguientes indicadores:

- Bajos precios del grano del café
- Retiro de apoyos (estatales y federales) a la cafecultura
- Marginación de la población productora
- Plantaciones senescentes y mínimo manejo de la plantación
- Monopolio por parte de los grandes capitales

- Las malas prácticas permitidas por el estado

Observando el caso de Chiapas, que ocupa uno de los lugares más importantes en la producción agrícola de México, genera también una gran cantidad de desechos como pulpa de café, desechos de plátano, cáscara de cacao, bagazo de caña, etc. Todos ellos, no solamente representan un desperdicio de materiales orgánicos con un valor potencial, sino que, de no ser tratados adecuadamente, terminan ocasionando problemas de contaminación ambiental, proliferación de moscas, atracción de roedores y otros problemas en el lugar donde se desechan. "Tan solo en la zona del Soconusco se producen anualmente más de 40 000 toneladas de pulpa de café"<sup>16</sup>.

Es obvio que los costos de venta del grano a los países extranjeros no incluyen los costos asociados al tratamiento o estabilización de estos residuos, por lo que estos costos de la contaminación son absorbidos por el país que produce estos insumos.

Por esto se requiere de una búsqueda de alternativas en la producción, en donde la calidad del producto, la satisfacción de necesidades reales, la inversión en la protección del ambiente mediante técnicas que apoyen a la naturaleza, que ayuden a recuperar y mejorar su fuerza, a restablecer el equilibrio ecológico y que excluyan todo tipo de inversión que dañe a corto o largo plazo las relaciones naturales o sociales/económicas de una región. Es aquí donde la sociedad en su

---

<sup>15</sup> MARTÍNEZ, E. y PETERS, W. 1995. Cafeticultura orgánico/biodinámica en la Sierra Madre de Chiapas, México 1963-1993. Ponencia, Conferencia Internacional Sobre Café Orgánico. Memorias, editado por el Patronato Universitario de la UACH, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México

<sup>16</sup> RAMOS, Z. J. y SÁNCHEZ, V. J. 1995. Evaluación de la lombriz *Eisenia foetida* en la transformación de desechos agrícolas en abono orgánico. Ponencia, Conferencia Internacional Sobre Café Orgánico, op. cit.

conjunto debe involucrarse y autoprotgerse, ya que protegiendo a estos grupos productores, se protege a sí misma.

Este análisis muestra solamente que es necesario que la sociedad conozca esta problemática para que comprenda que la permanencia en el poder de grupos identificados con las empresas transnacionales o los grupos oligopólicos no benefician a la sociedad en su conjunto sino justamente a esos grupos en particular y que, por ende, los ciudadanos deben asumir un rol más activo en la conducción del país.

### IV.3 Resultados experimentales

Como ya mencionó se utilizó pulpa de café deshidratada al sol, almacenada en un cuarto frío por un período aproximado de 24 meses, proveniente de una cosecha de origen veracruzano de 1996. La pulpa presentó un color café muy oscuro con partes casi negras, de un aspecto fibroso con un tamaño aproximado de entre 0.7 a 1.5 cm.

No se presentaban huellas de daño físico, ataque por insectos, colonias bacterianas o micóticas.

Desde el inicio del experimento pudieron observarse algunas diferencias con el material obtenido de un estudio anterior. Rojano y colaboradores (1995) indican que la pulpa seca presenta una consistencia frágil y quebradiza, lo que facilita su trituración y molienda.

Dado que de acuerdo con los métodos seleccionados, era indispensable la trituración y molienda para obtener muestras homogéneas y con un tamaño de partícula que favorezca la lixiviación, se inició el estudio de los equipos para realizar estas operaciones.

Se utilizó, en primer término, un molino para trigo, el cual sufrió de sobrecalentamientos y atascos en tres ocasiones, por lo que se desistió de su uso. En segundo término, se empleó una máquina para moler café, la cual también se sobrecalentó y, finalmente, se quemó el motor. Finalmente, se optó por utilizar un molino manual para nixtamal, lo que ayudó, pero expuso a la pulpa a un prolongado período de exposición en condiciones no controladas, situación indeseable para el experimento como se demuestra en los resultados.

Al no ser posible obtener un producto molido fino y homogéneo, se optó por pasar la pulpa por una serie de tamices.

Después de la molienda y el tamizado se separaron 4 fracciones:

1. Mayores a malla 20 (no se utilizó)
2. Entre malla 20 y 40 78.90%
3. Entre malla 40 y 50 13.86%
4. Menores a malla 50 7.24%

Debe mencionarse que hubo una proporción importante que no pasaba por la malla 20, pero debido a su tamaño, se decidió no utilizarla. Los

porcentajes citados corresponden a la participación en la mezcla de experimentación.

Como se mencionó en la metodología, para la determinación de la sensibilidad del método experimental, se utilizó bagazo de caña con una cantidad conocida de cafeína y ácido tánico, dando la siguiente proporción, en porcentajes:

bagazo de caña	29 %
cafeína	0.5 %
ácido tánico	0.5 %
agua	70 %
total	100 %

También, como se mencionó, empleando la misma proporción, se empleó pulpa seca adicionada con cafeína y ácido tánico para el segundo lote. En ambos casos se detectaron las sustancias, en proporción cercana al 95% para el bagazo y de casi el 100% para el caso de la pulpa (considerando la cafeína presente originalmente).

Este experimento permitió corroborar que la matriz, una vez triturada y molida, tiene poca influencia en la retención de la cafeína y el ácido tánico.

El análisis químico reveló que se tenía un menor contenido de cafeína y un mayor contenido de extracto etéreo en la pulpa seca y almacenada, con respecto a la pulpa fresca, citada por otros investigadores (Tabla 13).

Estas variaciones entre pulpa fresca y la que fue sometida a un proceso de secado y almacenamiento ya había sido observadas por Gómez-Brenes y colaboradores (1985). Puede decirse que los datos obtenidos muestran una gran similitud con esos resultados.

Tabla 13. Análisis bromatológico de pulpa de café secada al sol y almacenada

Característica (en %)	Pulpa seca (utilizada)	pulpa seca <sup>1, 2</sup>
Humedad	12.40	11.70
Grasa	4.2	4.00
Fibra cruda	no se realizó	19.50
Proteínas (N x 6.25)	10.5	10.00
Ceniza	12.0	9.10
Cafeína	0.5	0.65
Tanino	1.23	1.35
Ácido clorogénico	no se realizó	1.48
Ácido cafeico	no se realizó	0.16

Fuente: <sup>1</sup>Gómez-Brenes et al., 1985, como comparación

<sup>2</sup> Almacenada por 12 meses

Esta disminución en la proporción de cafeína y taninos respecto la pulpa fresca implica un mejor valor nutritivo, una toxicidad menor y una posible mayor digestibilidad, debido al menor contenido de estos compuestos.



Debe señalarse como significativa la proporción de humedad, del 12.40%, que es relativamente elevada, considerando el tiempo de almacenamiento en el cuarto frío.

Una vez realizados los análisis bromatológicos para verificar la sensibilidad de las metodologías analíticas, se llevó a cabo la lixiviación, siguiendo el método de Rojano y colaboradores, empleando proporción 1:1 en base seca, como se cita en la literatura.

Dado que los resultados no fueron satisfactorios, se emplearon las mismas proporciones pero en base húmeda. Debe resaltarse que, con la proporción 1:1, utilizando un agitador mecánico, se obtuvo una pasta de difícil manejo debido a la alta proporción de sustancias pécticas presentes en la pulpa, que incrementaron la viscosidad.

En la bibliografía se señala que el contenido de sustancias pécticas es aproximadamente de 35.8% en base seca del mucílago de acuerdo con Bressani y citado por Zuluaga (1981, 1989). De acuerdo con García (1987), de esta proporción la mayor parte es ácido galacturónico, 93% en el mucílago y 95.24% en la pulpa, todo en base seca, aunque existen disimilitudes en los valores reportados para los principales constituyentes del mucílago.

Por ello, se procedió a realizar una rehidratación de la pulpa, en proporción de 30% de pulpa más 70% de agua, para simular una pulpa fresca. El exceso de agua no fue drenado para evitar diferencias en los resultados.

En los demás experimentos, al aumentar la proporción de agua, la viscosidad de las pastas resultantes fue menor y su manejo mejoró notablemente. Los resultados se pueden observar en la Tabla 14.

Estos resultados, al realizar los estudios estadísticos (Apéndice B), marcaron como poco significativa a la temperatura y muestran una diferencia significativa con los resultados de Rojano y colaboradores, aunque presentan la misma tendencia.

Una vez obtenidos estos primeros resultados, se procedió a realizar las extracciones múltiples, empleando la temperatura específica que dio los mejores resultados y la temperatura ambiente del laboratorio. La proporción pulpa:agua fue de 1:4 y el tiempo de lixiviación probado fue de 1, 3 y 5 horas. Se hicieron dos y tres extracciones. Los resultados se muestran en la Tabla 15.

Finalmente, se eligió como la mejor lixiviación la combinación: Relación pulpa:agua de 1:4 a una temperatura de 45°C, en tres lixiviaciones. Fue a esta muestra a la que se le realizó el análisis bromatológico completo que se muestra en la Tabla 16. Los resultados se citan en base seca para su mejor comparación.

Aparentemente no existen grandes cambios en la composición global, antes y después de las lixiviaciones, salvo por el caso de las proteínas que pasaron de 11.41 a 9.73%, 1.68% menos, debido tal vez a que fueron arrastradas junto con otras sustancias durante la lixiviación. Sin embargo, la proporción de éstas sigue siendo satisfactoria. Debe señalarse que no se determinaron los carbohidratos totales o parciales, sin embargo, es de esperarse una disminución significativa de dicha proporción debida al arrastre durante la lixiviación, ya que el método es muy poco selectivo.

Tabla 14. Efecto de la lixiviación a 25, 35, 45°C, a proporciones de 1:1, 1:2 y 1:4 de pulpa:agua en el porcentaje de eliminación de cafeína

Tiempo de lixiviación, h	Pulpa : Agua		
	1:1		
	25°C	35°C	45°C
1	12.44	13.46	13.52
3	16.34	16.72	16.19
5	23.03	22.75	22.41
	1:2		
	25°C	35°C	45°C
1	42.35	42.17	41.88
3	50.32	51.48	50.37
5	51.25	52.82	52.17
	1:4		
	25°C	35°C	45°C
1	35.92	35.76	35.34
3	51.19	53.24	55.73
5	63.38	64.84	65.45

Tabla 15. Efecto de la lixiviación múltiple a temperatura ambiente y 45°C, a proporciones de 1:4 de pulpa:agua en el porcentaje de eliminación de cafeína.

Valores "crudos"

Tiempo de lixiviación, h	Pulpa : Agua 1:4			
	Temperatura ambiente Lecturas		45°C lecturas	
	Segunda lixiviación			
1	42.10	40.52	38.42	41.44
3	57.42	61.34	62.47	65.47
5	72.68	76.88	74.81	78.33
	Tercera lixiviación			
1	46.11	48.89	43.98	45.54
3	70.33	67.43	71.07	72.49
5	83.46	85.54	84.77	86.75

Con estas condiciones de extracción, se redujeron la cafeína en un 82.5% y los taninos en un 73.6%. Por ello, es que debe considerarse que una de las bondades de esta investigación es que será posible instrumentando esta metodología, lograr que la proteína que se introduzca en una dieta que contenga pulpa "decafeinada", no se "desperdicie" por la presencia de taninos y cafeína en la pulpa, ya que generalmente en la proyección de la pulpa como alimento

animal, deben agregarse otros productos con alto contenido en proteína para compensar las "pérdidas" por falta de asimilación (Vélez et al, 1985).

Tabla 16. Análisis bromatológico de la pulpa de café antes y después de las lixiviaciones

Característica (en %)	Pulpa (antes de la lixiviación)	Pulpa (después de la lixiviación)
Humedad (original)	12.40	11.27
Grasa	4.8	4.5
fibra cruda	no se realizó	no se realizó
Proteínas (N x 6.25)	11.41	9.73
Ceniza	13.70	13.62
Cafeína	0.57	0.10
Tanino	1.40	0.37
ácido clorogénico	no se realizó	no se realizó
Ácido cafeico	no se realizó	no se realizó

A continuación, en el último capítulo de este trabajo, se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas de esta investigación.

## Capítulo V

### Recomendaciones

#### V.1 Evaluación de impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental (EIA) es una herramienta de importancia capital para la generación de información ambiental, así como para el proceso de análisis de proyectos respecto a su costo y beneficio social. Permite, mediante herramientas técnicas, minimizar el primero y/o ampliar el segundo, de tal modo que el balance ambiental sea lo más favorable posible.

Aunque es cierto que la EIA es un instrumento de aplicación específica y requiere un estudio de las particularidades de cada caso de modo interdisciplinario, se considera que, en general, es favorable a las plantaciones de café orgánico como una alternativa económica y ecológicamente viable a mediano (3 o 4 años) y largo plazo.

Para la atención del riesgo ambiental existen los estudios de riesgo como instrumentos de carácter preventivo, vinculado al procedimiento de EIA, cuando se trata de nuevos proyectos.

Esto lleva a la pregunta sobre la sustentabilidad en la producción del café, donde resaltan dos factores importantes: Primero, la base de los recursos naturales para la producción agropecuaria que son suelos, agua, recursos vegetales y recursos genéticos y, segundo, la productividad agrícola, es decir, la capacidad de seguir produciendo rentablemente en el futuro. Esto implica que debe asegurarse mediante estudios ambientales que los recursos naturales que forman la base de la producción, sobre todo de los suelos y el ciclo hidrológico no se degraden. Es importante considerar que si se permite que la deforestación y la erosión avancen aún más, la productividad y la producción serán puestas en serios problemas en todas las regiones cafetaleras.

Es por estas preocupaciones que la cafecultura actual requiere modelos de producción altamente eficientes, que permitan, por un lado, una mayor rentabilidad para el productor (aunque no necesariamente el óptimo), y por el otro, el cuidado del ambiente. Así, la conservación de los recursos que se haga hoy, asegurará la producción en el futuro.

## V.2 Viabilidad económica

El concepto residuo, a la par que recursos naturales, está sujeto al estadio de conocimiento y desarrollo tecnológico de cada lugar y momento histórico, por lo que al transformar un residuo en un recurso no sólo debe atender a los procesos fisicoquímicos, sino también a las variables técnicas y económicas.

En la práctica actual se da mucha importancia a la disposición de los residuos, por su impacto ambiental, con el "objetivo principal de resolver la

ubicación final de los residuos sin profundizar mayormente sobre las características fisicoquímicas, potencialidades, efectos contaminantes o impactos ambientales que su devolución al medio ambiente provoca.<sup>17</sup> Se buscan soluciones con beneficio máximo y al corto plazo.

En los residuos de esta agroindustria esta práctica se ve poco favorecida por el hecho de que la calidad de la biodegradación por parte de los ecosistemas ha permitido que se sigan vertiendo en los cuerpos receptores del ambiente, especialmente en instalaciones familiares o industriales muy pequeñas. Sin embargo, cuando las instalaciones son ya más grandes, el impacto sí es notable, ya que los ecosistemas no pueden degradar estos materiales a la misma tasa a la que son vertidos.

El enfoque del tratamiento o reúso en el manejo de residuos es más amigable con el ambiente, una vez que se ha tomado conciencia del efecto que causa por descargar compuestos residuales. Esto debe hacerse no solamente con el fin de reducir o eliminar el desequilibrio en los sistemas naturales, sino buscando incentivos económicos al encontrar valor en los nuevos productos. Si no se contempla así, básicamente implica un aumento en el costo de producción, sin beneficios económicos claros.

Por ello, para el aprovechamiento de los residuos, el objetivo de esta investigación dota de un valor al residuo al convertirlo en materia prima,

---

<sup>17</sup> SOLÍS J. A. El enfoque del aprovechamiento en el manejo de residuos sólidos y líquidos de la agroindustria. El caso del procesamiento húmedo del café. En Memorias del Curso Internacional, Tratamiento de los desechos de las agroindustrias. Caso tipo: Aguas residuales. Cap. 10, pp. 165-190. México, D.F. México.



mediante la tecnología, en condiciones de rentabilidad económica y estabilidad ecológica, dotando al proceso productivo de un nuevo enfoque, mediante un uso más eficiente de los recursos, minimizando los costos económicos, sociales, energéticos, etc., de los procesos involucrados.

El presente trabajo tienen como fin demostrar que este proceso, puede ser utilizado en el corto plazo por los cafetaleros del país. Por ello, en vez de proponer el diseño de equipo nuevo, se propone utilizar equipo ya existente en el mercado, como una mezcladora para panificación de veinte kilos, trifásica, la cual tiene en el mercado un precio de treinta mil pesos, cuando es nueva, pero se puede conseguir una de segundo uso, por un precio aproximado de doce a quince mil pesos.

Además de esto, el único equipo o gasto extra, sería en mangueras para distribuir el agua de una manera más eficiente, ya que el gasto de agua, de acuerdo con estos experimentos es muy elevado, de cerca de seis litros de agua por kilogramo de pulpa de café. Se propone reutilizar el agua empleada para el proceso de lavado y selección del grano así, como del proceso de despulpado, reduciéndose así el gasto de agua a solamente 4.2 litros por kilogramo de café "cereza". Por otra parte, puede utilizarse un sistema sencillo de operar para el tratamiento de estas aguas residuales, como los llamados "filtros" (que realmente son reactores anaerobios), que tienen las ventajas de no ser excesivamente caros y permiten obtener material sólido de los filtros que puede emplearse como fertilizantes orgánicos y el biogás que sirve para mantener los reactores en condiciones termofílicas (entre 30 y 35°C) durante todo el año.

Respecto a los "filtros" se obtuvieron los siguientes datos:

Filtro para 1 millón de litros, retrolavado manual, con flujo de 3.8 litros por minuto, con un valor de \$13, 000 pesos mexicanos.

Filtro para 1 millón de litros, retrolavado automático, con flujo de 3.8 litros por minuto, con un valor de \$16, 000 pesos mexicanos.

Filtro para 2 millones de litros, retrolavado manual, con flujo de 3.8 litros por minuto, con un valor de \$18, 000 pesos mexicanos.

Filtro para 2 millones de litros, retrolavado automático, con flujo de 3.8 litros por minuto, con un valor de \$21, 000 pesos mexicanos.

El costo de los pre-filtros tiene un valor aproximado de \$300 pesos mexicanos. La calidad de estos filtros está certificada por la NSF (National Sanitation Foundation, 1999). Según datos proporcionados por la empresa NOPON OY Turvekuja 6, FIN-00700, Helsinki, Finlandia <http://www.nopon.fi> el representante de la empresa finlandesa en México fue: P.J. ENSIO, S.A. DE C.V. Rinconada Río Chico 9 Vista Hermosa 62290 Cuernavaca, Morelos MEXICO.

### V.3 Otros factores

#### V.3.1 Disminución del uso de agua durante el beneficiado

La tendencia actual en el beneficiado del café va encaminada hacia el menor consumo de agua posible.

“La mayoría de los beneficios, sobre todo los antiguos, están cerca de ríos debido a que anteriormente era necesario utilizar mucho agua para la producción. De hecho, por kilogramo de café cereza, en total, se usaban de 8 a 10 litros de agua y ahora, con los cambios tecnológicos, el consumo de agua está disminuyendo considerablemente, debido a que existen beneficios que sólo utilizan  $\frac{1}{4}$  de litro de agua”<sup>18</sup> por kilogramo de café cereza.

En este rubro es importante mencionar que el costo de la energía eléctrica es más bajo que el costo del agua (por los subsidios que la Comisión Federal de Electricidad mantiene).

### V.3.2 Producción de café orgánico

La agricultura orgánica es un sistema que se apoya en la rotación e intercalamiento de cultivos, labranza mínima, uso de abonos animales, desechos vegetales, abonos verdes, rocas minerales, siembra de leguminosas y control biológico de insectos, malezas y enfermedades.

La definición, dentro de un marco ético, implica una práctica socialmente justa, técnicamente asimilable, económica viable y ecológicamente sana.

La producción de café orgánico se sujeta a procesos naturales como lo son: Fertilización mediante *composta* orgánica, control integral de plagas, eliminación

---

<sup>18</sup> VALADEZ. R. 1998. Nuevas tendencias de producción en beneficios cafetaleros. Suplemento Comercial de la Confederación Mexicana de Productores de Café. Expo Café: 13. México D.F. México

natural de hierbas, construcción de terrazas, establecimiento de viveros y el cultivo de plantas de sombra fijadoras de nitrógeno entre otras cosas.

El sistema tradicional del café en México hace pocos cambios en el ecosistema, por lo que su impacto ambiental es bajo, produciendo rendimientos extensivos de larga duración.

Por su parte, el cultivo agroquímico, por el contrario, produce grandes cambios en los procesos naturales llegando incluso a una total destrucción de los ecosistemas originales de la región. De esta forma, es posible obtener relativamente altos rendimientos, pero solo por unos pocos años y con un alto impacto ambiental.

En el caso del café orgánico, estos proyectos tienen unos 40 años desde su introducción y desde hace unos 10 años han tenido un mayor auge debido, por un lado, a la crisis del mercado internacional y a la tendencia sobre todo en los países ricos de consumir alimentos más sanos. Existe una actitud positiva hacia la producción de café con el menor costo ambiental, conservación y manejo adecuado del suelo y un uso racional de la agroquímica.

Establecer una nueva plantación implica una inversión alta de fuerza de trabajo, más que de dinero. A *grosso modo* se requieren de 260 jornales (12 horas de trabajo aproximadamente por jornal) para establecer 2,200 cafetos en una hectárea; simplemente para hacer terrazas y aplicar abono orgánico se necesitan 85 jornales.

La filosofía de la agricultura orgánica fue dejada por las culturas antepasadas, después de corroborar que otras prácticas terminaban con las

civilizaciones existentes y debe seguirse practicando con el fin de conservar los recursos naturales para bien de la humanidad.

Fieles a los principios éticos de la nueva cultura ambiental deben implementarse programas integrales. En este trabajo se considera que los objetivos de dicho programa pueden resumirse, de acuerdo con la literatura, en:

- “1. Mejorar las plantaciones, los rendimientos y la productividad de los cafetales
2. Elevar la calidad organoléptica del café producido
3. Generar empleos, mejorar el precio de venta del producto en el campo y con ello el bienestar de los productores y sus familiares
4. Evitar la contaminación de las aguas, conservar y mejorar los suelos y mantener la biodiversidad”<sup>19</sup>

### V.3.2.1 El mercado de 1980 hasta hoy

A principios de los años ochenta, difícilmente había café orgánico disponible en el mercado y el desarrollo de la agricultura orgánica estaba en su fase inicial. Para 1995 el café orgánico había logrado colocarse en tiendas de alimentos sanos (naturistas), donde se pagaban altos precios, hasta 50% más alto

---

<sup>19</sup> SOSA, M. L. 1995. Cooperativa Toscan Titataniske: Plan de conversión de café orgánico. Ponencia, Conferencia Internacional Sobre Café Orgánico, op. cit.

que el precio del café convencional. "Para el café orgánico, comprado de acuerdo con la reglamentación de Max Havelaar/TransFair uno paga un precio mínimo de US \$ 135.50 por 100 libras."<sup>20</sup>

Por curioso que parezca, hoy ha desaparecido totalmente de las tiendas naturistas, por ser considerado una bebida no sana. Sin embargo, ha ganado sus propios espacios, tanto dentro de los grandes supermercados, como en cafeterías especializadas en café orgánico.

### V.3.2.2 Certificación

Hablar sobre la certificación y la comercialización de productos orgánicos resulta difícil ya que no existen estudios especializados, ni muchas fuentes que proporcionen datos. Y es que hasta el momento, la agricultura orgánica aún no es considerada como importante en el comercio mundial de alimentos (aunque los indicadores señalan un cambio positivo y cada vez más acelerado) y, por lo tanto, no es sujeto de investigación y estudios monitorios muy estrictos, a pesar de que México es el principal productor de café orgánico.

Para la obtención del sello orgánico se necesita cumplir con las normas de producción y certificación que para el efecto han establecido la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica - IFOAM - y en el caso de los productos mexicanos, los establecidos por la Asociación Mexicana de Agricultores Ecológicos, A.C., AMAEAC.

---

<sup>20</sup> PIERROT, J. 1995. Precio y calidad del café orgánico. Ponencia, Conferencia Internacional Sobre Café Orgánico, op. cit

### V.3.2.3 Comercio

En los últimos años, el mercado mundial de los productores orgánicos ha experimentado un espectacular crecimiento que ha rebasado todas las estimaciones.

“La revista Organic Times (Noticias Orgánicas) ha estado proporcionando cifras y datos aproximados sobre el crecimiento del mercado de productos orgánicos en los Estados Unidos (de América) y la misma reporta ventas de 1.25 miles de millones de dólares, en 1992 y de 1.500 miles de millones, en 1993”<sup>21</sup>.

La producción orgánica y la comercialización (eventualmente la elaboración/industrialización) en el mercado mundial (nacional/internacional) recibe su sentido, motivación e incentivo en el esfuerzo de crear condiciones viables y a largo plazo de inversión en el ambiente.

Esto hace que, a futuro, se vislumbre un mundo mejor, menos atrapado en la espiral del deterioro del ambiente, de las relaciones sociales y mejorando las condiciones de miseria de masas campesinas a nivel mundial.

### V.3.3 Mezclas biodegradadas o “*composta*”

¿Qué es la “*composta*”? ¿Por qué utilizarla?

<sup>21</sup> SÁNCHEZ, L.R. 1995. Certificación y Comercialización de Productos Orgánicos. Ponencia. Conferencia Internacional Sobre Café Orgánico, op. cit.

Son dos preguntas de capital importancia para entender el beneficio a largo plazo.

La palabra *composta*, recién incluida en el Diccionario de la Lengua Española<sup>22</sup>, derivada del latín *composta*, *composita*, significa solamente composición y, en las catorce acepciones de la palabra composición no hay ninguna relacionada con el uso corriente que se le ha venido dando, derivado del vocablo en inglés "compost". Este vocablo de la lengua inglesa sí significa una mezcla de sustancias orgánicas (generalmente residuos) que son modificados bioquímicamente por organismos anaerobios y, principalmente, aerobios para convertir la mezcla en un fertilizante (en forma ideal) o en un mejorador del suelo (en forma más real).

El principio es crear un suelo que apoye a los seres "vivos" (plantas especialmente), por la formación de humus. Las sustancias orgánicas - principalmente pulpa de café - pueden ser preparadas en una mezcla con otros residuos para formar esta mezcla sometida a procesos de biodegradación natural denominada *composta*, que posee un mínimo de pérdidas de consistencia pero que provee una mediana o alta eficiencia de fertilización, dependiendo de la composición final que posea.

La pulpa de café, se aplica al campo parcialmente descompuesta, colocándose en los hoyos de un área próxima a sembrarse y se deja durante un año. Ahí se acumula conjuntamente la hojarasca y las malezas cortadas, así como con residuos fecales de animales y personas y otros residuos orgánicos biodegradables.

---

<sup>22</sup> Diccionario de la Lengua Española. 1994. 21ª Ed. Tomo I. Real Academia Española. Madrid, España



Debe airearse en forma periódica para favorecer el desarrollo de las bacterias aerobias que con su metabolismo incrementan la temperatura de la mezcla hasta temperaturas de pasteurización y eliminan a la mayor parte de los organismos patógenos que pudiera contener (que acompañan en ocasiones a la materia fecal animal o humana).

Posteriormente, al sembrar los cafetos de un año de edad se les adiciona parte de esta mezcla para mejorar la asimilación de nutrientes por parte de las raíces de las plantas. Este sistema de aplicación de abonos orgánicos es una forma de fertilización o mejoramiento del suelo *in situ* que favorece la vida de las plantas en el suelo y el sano desarrollo de esas nuevas plantas de café.

La *composta*, usando esta acepción no existente todavía en el diccionario, usada como fertilizante o mejorador de suelos genera un sistema edáfico bien estructurado.

Otro efecto de ella está es la "suavización" del suelo a profundidades crecientes (cambios en la textura). Para hacer las raíces más activas y permitir su crecimiento hacia capas más profundas del suelo, estimulando el desarrollo de la raíz.

Se han encontrado muchas mezclas posibles y, según algunas fuentes la mejor es:

"42% pulpa de café, 42% estiércol de ganado bovino, 7% hojarasca y 9% tierra"<sup>23</sup>

---

<sup>23</sup> RAMOS, Z. J. y SÁNCHEZ, V. J. 1995. op. cit.

Por otra parte, se recomienda "En semilleros mezclar una parte de pulpa 25% por tres de tierra 75%. En el caso de viveros: Mezclar el 40% de la pulpa descompuesta con un 60% de suelo. Cuando el suelo sea demasiado pesado o arcilloso la proporción será en partes iguales"<sup>24</sup>.

### V.3.4 Bioconversión anaerobia de desechos en el sistema de producción

La digestión o degradación anaerobia es un proceso natural mediante el cual la materia orgánica es transformada bajo condiciones libres de oxígeno, en un residuo estabilizado y en un biogás. Debe mencionarse que esta degradación es realizada por múltiples organismos, desde los que rompen biopolímeros como la celulosa, los carbohidratos, los ácidos grasos y las proteínas hasta los que los transforman en ácidos orgánicos de dos o tres carbonos (acético, propiónico, butírico) y de allí los convierten en metano y CO<sub>2</sub> y a los otros compuestos los transforman en proteína y ácidos orgánicos de organismos anaerobios hasta en amoníaco y ácido sulfhídrico.

Dependiendo de su origen, los materiales así estabilizados poseen cualidades agronómicas que los hacen excelentes abonos naturales. Por su parte, el biogás, con un contenido relativamente alto de metano (60 - 80% en volumen), constituye un valioso combustible útil, si se logra recuperar, en cocinas alumbrado, motores, etc. (como se hace en China y la India, que por no poseer

---

<sup>24</sup> HIGUERA, S. M. 1999. Utilización de la pulpa de café en semilleros y viveros. Crónica cafetalera, febrero. publicación mensual del Consejo Mexicano del Café. Coordinador y Jefe de Redacción Ing. Fernando de la Parra Zepeda. México D.F. México

reservas de combustibles fósiles, aprovechan sus residuos agroindustriales para generar energía no convencional a partir de metano, ya sea de la anaerobiosis microbiana o de la pirólisis de esos residuos). Por si esto fuese poco, los desechos orgánicos potencialmente dañinos al ambiente o los cultivados, si son empleados directamente, pueden ser tratados y posteriormente utilizados en forma inocua. Por esto sus características concuerdan con el sistema de producción orgánica.

### V.3.5 Nutrición animal

Muchos investigadores, que han trabajado con la pulpa de café en el campo de la nutrición animal, coinciden en afirmar que debido a su composición, este material requiere atención ya que es una fuente alimentaria potencial dado su contenido proteínico.

Esto lleva a pensar que este subproducto se puede incluir en buena medida en la dieta, una vez eliminada en gran medida la presencia de compuestos orgánicos que se consideran tóxicos o antinutrimientales y que, hasta ahora, han limitado el uso de la pulpa de café en la alimentación de diversas especies animales en las cuales se ha intentado introducir ésta como parte de su alimentación. Como parte final de este rubro y más allá de las pretensiones de este trabajo, se recomienda la utilización de la pulpa descafeinada y sin taninos en la dieta de animales poligástricos para observar sus resultados ya que, de acuerdo con la bibliografía, antes de la remoción de la cafeína y los taninos existe

poco incremento de peso en dichos animales, para así determinar las proporciones adecuadas para su utilización en dieta de animales poligástricos<sup>25</sup>.

Una vez que ya se obtuvo una pulpa descafeinada será importante corroborar su bondad en las dietas a las que se adicionen. Para ello, se propone realizar una digestión *in vitro* donde, a partir de una mezcla de enzimas (proteasa, amilasa y lipasa) en una solución amortiguadora provista de minerales, a valores de pH y temperatura óptimos, se simulen los procesos de degradación que se llevan a cabo en la ruminación, ya que en estas zonas abunda el ganado bovino.

### V.3.5.1 Ternera

La utilización de pulpa de café en forma de ensilados, pero sin eliminar cafeína ni taninos, para este tipo de animales demostró que la proteína total, albúmina, urea, calcio, fósforo, glucosa, ácidos glutámico y oxalacético, glutamatotransferasas y ácidos grasos volátiles estimados en el suero sanguíneo, después de ayunar, no mostraron diferencias entre los grupos testigo y de estudio. Sin embargo, la absorción y retención de nitrógeno en terneros que recibieron dietas elaboradas con pulpa, los "parámetros decrecen al elevar el

---

<sup>25</sup> Solís-Fuentes, J.A., Méndez-Dauzón, J., Castellanos-Hernández, M.T., Rojano-Hernández, F.I., Jiménez-Bermúdez, M., Sánchez-López, L. Y Durán-de-Bazúa, M.C. 1998. Los residuos agroindustriales, su potencialidad de uso, cinco ejemplos. Serie Tecnologías Más Limpias. Vol. 4. Pub. UNAM-FQ-PIQAYQA. México D.F. México

contenido de pulpa en la dieta y que los animales de prueba ganaron menos peso que el grupo testigo”<sup>26</sup>.

### V.3.5.2 Novillos

“El suministro de la pulpa a bovinos que no han sido adaptados a consumir este subproducto, provoca la pérdida de peso de dichos animales”<sup>27</sup>.

Por ello se dio la recomendación de probar nuevamente pero con la pulpa descafeinada y con un menor contenido de taninos.

## V.4 Nuevos horizontes

De acuerdo con lo que se sabe, aún no es posible aventurar conclusiones definitivas, ya que el planteamiento de la hipótesis misma no contempla sino aspectos relacionados a la extracción. Sin embargo, la similitud con los datos citados por Gómez-Brenes y colaboradores (1985) indican que se va por buen camino. Aún considerando las diferencias ya mencionadas con respecto a los datos de Rojano y colaboradores (1995), los resultados son prometedores.

---

<sup>26</sup> CABEZAS, M. T. et al 1974a. “Pulpa y pergamino de café”. 5. Absorción y retención de nitrógeno en terneros alimentados con raciones elaboradas con pulpa de café. Turrialba, 24:90-94

<sup>27</sup> CABEZAS M. T. et al. 1974b. “Pulpa y pergamino de café”. 6. Adaptación del ganado bovino a la pulpa de café. Turrialba, 24:160-164

Se espera que en los próximos trabajos se continúen algunas de estas recomendaciones para obtener resultados que puedan ayudar al sector cafetalero del país.

Además, sería conveniente realizar más repeticiones y con pulpas provenientes de cosechas frescas con el fin de obtener resultados estadísticamente aceptables.

Otro punto a considerar es el enriquecimiento con hierro, ya que los polifenoles de la pulpa de café disminuyen considerablemente la absorción de hierro. Esto podría hacerse como un estudio adicional a futuro.

A la luz de la investigación bibliográfica realizada y considerando que tenemos un nuevo grupo en el poder ejecutivo federal, se vislumbran dos grandes retos para el Estado:

Urge que se vigile y castigue a quienes violen la Norma Oficial Mexicana emitida para preservar la calidad del café.

Es importante que se proteja al pequeño productor (especialmente en las zonas marginadas de nuestro país), a tres niveles: Apoyos y créditos a los productores, limitaciones en las importaciones verdaderamente injustificadas que planteen daños a los productores nacionales y que se justifican, en muchos casos, aduciendo la "mala calidad del café verde nacional" y, finalmente, elevación del consumo interno mediante campañas de promoción a través de los medios masivos de comunicación.

Generalmente, en el rubro de la globalización se aduce que los productos nacionales son demasiado costosos y que por ello se importa, ya que los precios internacionales son menores. Se sabe, aunque nadie lo dice abiertamente, que esos productos aparentemente más baratos disponibles en los mercados internacionales fueron subsidiados por los gobiernos de los países de origen para proteger a sus campesinos. Por ello, resulta verdaderamente incongruente que los gobiernos de los países ricos sí protejan a sus campesinos (como es el caso de los subsidios al maíz en los EEUU, que hace que las mieles fructosadas sean más baratas que el azúcar de caña) y los de los países pobres, los hundan aún más en la miseria, al no darles el mismo trato que sus contrapartes reciben de sus propios gobiernos en los otros países.

En el ámbito universitario y con el fin de servir a los más pobres, se puede establecer un programa de investigación, financiado por el CONACyT y otras entidades gubernamentales que apoye a la cafecultura, con los siguientes lineamientos:

1 Conformar equipos de investigación interdisciplinaria, desde químicos de alimentos, veterinarios, bioquímicos, biotecnólogos, edafólogos, agrónomos, etc, para promover y desarrollar un programa de producción de café orgánico integral (considerando el reúso y reciclado de todos los productos).

2 Constituir grupos de trabajo en economía agrícola que apoyen en las comunidades cafetaleras la adecuada instrumentación de los resultados obtenidos para la producción del café orgánico para consumo nacional y de exportación, producción de *composta*, biogás, etc, con estudios económicos que permitan operar con números negros a las micro, mini, pequeñas y grandes agroempresas.

3 Capacitar a los campesinos como técnicos en la producción de café orgánico y sus derivados.

4 Capacitar a los campesinos para el cuidado del ambiente con técnicas más limpias, tanto en su vida cotidiana como en su medio de trabajo.

## Conclusiones

La cafecultura en particular y la agricultura en general requieren modelos de producción eficientes, que permitan, una mayor rentabilidad para el productor y el cuidado del ambiente. Nuestra responsabilidad implica responder adecuadamente y de modo multidisciplinario

El presente trabajo tienen como fin demostrar que este proceso, puede ser utilizado en el corto plazo por los cafetaleros del país. Pues se considera el único modo real de vincular la teoría con la práctica, de hacer de la ciencia una herramienta más para el desarrollo del país y no un artículo decorativo.



## REFERENCIAS CONSULTADAS

ANÓNIMO 1997. OIC, *Coffee Statistics*, Abril 1996/Marzo 1997. México D.F. México.

ANÓNIMO Frequently asked questions about caffeine

<<http://users1.ee.net/sweetmaria/caffeineFAQ.html>> Red Internacional (Internet), última modificación: 23-Nov-97, última consulta: 17-Nov-98.

ANÓNIMO Tot sobre el café. Curiositats

<<http://www.abaforum.es/frangipa/cafecat.htm>> Red Internacional (Internet), última modificación: 15-Ago-98, última consulta: 24-Nov-98.

AOAC. 1992. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists". 17a Ed. William Byrd Press Inc., pp. 836-844. Arlington Virginia, EEUA.

BAUTISTA, J. M. Consumo de cafeína y su efecto sobre la salud.

<<http://www.ugto.mx/ugto/acta/v41/con.html>> Red Internacional (Internet), última modificación: 9-Ago-98, última consulta: 17-Nov-98.

CABEZAS, M. T., GONZÁLEZ, J. H., 1974a. "Pulpa y pergamino de café". 5. Absorción y retención de nitrógeno en terneros alimentados con raciones elaboradas con pulpa de café. Turrialba, 24:90-94.

CABEZAS, M. T., GONZÁLEZ, J. H., 1974b. "Pulpa y pergamino de café". 6. Adaptación del ganado bovino a la pulpa de café. Turrialba, 24:160-164

CEBALLOS, Y. 2000. Proponen cafetaleros crear fideicomisos estatales. Diario Reforma. Negocios. P. 7A. Viernes 7 de noviembre. México D.F. México.

CEDIEL, A. J., GARCÍA, O. R. ACEVEDO, D. L. 1983. Desarrollo de un proceso para extraer cafeína de café verde: Lixiviación con agua. ION, 7(1):63-72.

CONFEDERACIÓN MEXICANA DE PRODUCTORES DE CAFÉ 1997. Confederación Mexicana de Productores de Café, con datos de la Organización Internacional del Café, "Coffee Statistics". Marzo 1997. México D.F. México.

CONFEDERACIÓN MEXICANA DE PRODUCTORES DE CAFÉ 1998. Suplemento Comercial de la Confederación Mexicana de Productores de Café (CMPC). Marzo 1998. México D.F. México.

CONFEDERACIÓN MEXICANA DE PRODUCTORES DE CAFÉ. 1998 El café en México, una producción de altura Confederación mexicana de productores de café. México

CONSEJO MEXICANO DEL CAFÉ 1998. Consejo Mexicano del Café, datos de consumo mundial de café. México D.F. México.

CONSEJO MEXICANO DEL CAFÉ 1998. Estadísticas básicas. Consejo Mexicano del Café y Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (CMC y SAGAR). México D.F. México.

DANIELS, W.W. 1985. Bioestadística. 6a. Reimp., Ed. LIMUSA, pp. 19, 132-137. México D.F. México.

GÓMEZ-BRENES, R. A., BENDAÑA, G., GONZÁLEZ, J. M., BRAHAM, J. E. y BRESSANI, R. 1985. Relación entre los niveles de inclusión de pulpa de café y contenido proteínico en raciones para animales monogástricos. Arch. Latinoam. Nutr., 35(3):422-436.

HART, F. 1991. Análisis moderno de los alimentos. Ed. Acribia, Madrid, España.

HIGUERA, S. M. 1999. Utilización de la pulpa de café en semilleros y viveros. Crónica cafetalera, febrero, publicación mensual del Consejo Mexicano del Café. Coordinador y Jefe de Redacción, Ing. Fernando de la Parra Zepeda. México D.F. México.

INFOCAFÉ 1998. Infocafé, Datos al final del mes de junio. México D.F. México.

LEVINE J., 1996. Fundamentos de estadística en la investigación social. Ed. Harla, segunda edición, México.

MARTÍNEZ, E. y PETERS, W. 1995. Cafeticultura orgánica/biodinámica en la Sierra Madre de Chiapas, México 1963-1993. Primera ponencia, Conferencia Internacional sobre Café Orgánico, memorias, editado por el Patronato Universitario de la UACH, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

NAVA, S. M. 1990. Destoxificación de la pulpa de café por fermentación. Tesis profesional, Facultad de Química, UNAM, México, D.F. México.

NMX-F-551-1996-SCFI 1996. Calidad del café verde. Dirección General de Normas. México, D.F. México.

NOM-F-139-1981 1981. Alimentos para humanos - café soluble. Dirección General de Normas. México, D.F. México.

NOM-F-176-1968 1968. Método de prueba para la determinación de cafeína (en cafés). Dirección General de Normas. México, D.F. México.

NOPON OY, Turvekuja 6, FIN-00700, Helsinki, Finlandia <http://www.nopon.fi> el representante de la empresa finlandesa en México fue: P.J. ENSIO, S.A. DE C.V. Rinconada Río Chico 9 Vista Hermosa 62290 Cuernavaca, Morelos MEXICO.

PEARSON, R. 1993. Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos. Segunda reimpresión, Ed. Acribia, Madrid, España.

PIERROT, J. 1995. Precio y calidad del café orgánico. Ponencia, Conferencia Internacional sobre Café Orgánico, Memorias, editado por el Patronato Universitario de la UACH, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

PODOSWA, S. O. y RODRÍGUEZ, P. C. 1993. El café mexicano. Cuadernos de Nutrición, 16(6) (noviembre-diciembre):17-32.

PONCE, M. Cafeína  
<<http://www.geocities.com/CapeCanaveral/4118/cafeina.html>> Red Internacional (Internet), última modificación: 31-Dic-97, última consulta: 21-Nov-98.

RAMÍREZ, J. 1987. Compuestos fenólicos en la pulpa de café. Cromatografía de papel de pulpa fresca de 12 cultivares de *Coffea arabica* L. Turrialba, 37(4):317-323.

RAMOS, Z. J. y SÁNCHEZ, V. J. 1995. Evaluación de la lombriz *Eisenia foetida* en la transformación de desechos agrícolas en abono orgánico. Ponencia, Conferencia Internacional Sobre Café Orgánico, Memorias, editado por el Patronato Universitario de la UACH, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

RED INTERNACIONAL (INTERNET) Café y tu Salud  
<<http://www.cafedecolombia.com/cpc/datos/pipsal.html>> Red Internacional (Internet), última modificación: 10-Ago-98, última consulta: 21-Nov-98.

RED INTERNACIONAL (INTERNET) El mejor de la clase  
<<http://www.cafedecolombia.com/cafejuventud/datos/cla.html>> Red Internacional (Internet), última modificación: 13-Ago-98, última consulta: 17-Nov-98.

REID, S. J., GOOD, T. J., 1982 Use of Chromatographic mode sequencing for sample preparation in analysis of caffeine and theobromine from beverages. American Chemical Society, 30:775-778

ROJANO, F. I., SOLÍS, J. A. y DURÁN-de-BAZÚA, M. C. 1995. Remoción de cafeína, polifenoles y taninos de café usando procesos de lixiviación con agua. Industria Alimentaria, 17(6):15-19

ROJANO, F. I., SOLÍS, J. A. y DURÁN-de-BAZÚA, M. C. 1995. Remoción de cafeína, polifenoles y taninos de café usando procesos de lixiviación con agua. Industria Alimentaria, 17(6):15-19.

SÁNCHEZ, L.R. 1995. Certificación y Comercialización de Productos Orgánicos. Ponencia, Conferencia Internacional Sobre Café Orgánico, Memorias, editado por el Patronato Universitario de la UACH, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

SOLÍS, J. A. 1995. El Enfoque del Aprovechamiento en el manejo de residuos sólidos y líquidos de la agroindustria. El caso del procesamiento húmedo del café. En Memorias del Curso internacional sobre tratamiento de los desechos de las agroindustrias. Caso tipo: Aguas residuales. Carmen Durán de Bazúa (ed.). Pub. Instituto de Ingeniería y Facultad de Química, UNAM. Ed. Diseg, ISBN 968-36-4687-5. México D.F. Septiembre 1995. Cap. 10, pp. 65-190. México, D.F. México.

SOLÍS-FUENTES, J.A., MÉNDEZ-DAUZÓN, J., CASTELLANOS-HERNÁNDEZ, M.T., ROJANO-HERNÁNDEZ, F.I., JIMÉNEZ-BERMÚDEZ, M., SÁNCHEZ-LÓPEZ, L. Y DURÁN-DE-BAZÚA, M. C. 1998. Los residuos agroindustriales, su potencialidad de uso, cinco ejemplos. Serie Tecnologías Más Limpias. Vol. 4. Pub. UNAM-FQ-PIQAYQA. México D.F. México.

SOSA, M. L. 1995. Cooperativa Tosepan Titataniske: Plan de conversión de café orgánico. Ponencia, Conferencia Internacional Sobre Café Orgánico, Memorias, editado por el Patronato Universitario de la UACH, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

SOSA, M. L., GONZÁLEZ, V. J. 1996. El cultivo del café orgánico en México Universidad Autónoma de Chapingo, México

TERADA, H., SAKABE, Y., 1984. High-performance liquid chromatographic determination of theobromine, theophylline and caffeine in food products. Journal of Chromatography, 291:453-459

USDA (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE) 1989. Servicio Agrícola Exterior, Washington, D.C. EEUUA.

VALADEZ, R. 1998. Nuevas tendencias de producción en beneficios cafetaleros. Suplemento Comercial de la Confederación Mexicana de Productores de Café,

VÉLEZ, R. J., GARCÍA, A. L. y DE ROZO, M. P. 1985. Interacción *in vitro* entre los polifenoles de la pulpa de café y algunas proteínas. Arch. Latinoam. Nutr., 35(2):297-305.

ZULUAGA, V.J. 1981. Contribution a l'étude de la composition chimique de la pulpe de café (Coffea arabica L.). Thèse de Doctorat en Sciences. Faculté des Sciences. Université de Neuchatel, Suiza.

ZULUAGA, V.J. 1989. Utilización integral de los subproductos del café. En Memorias del Primer Seminario Internacional sobre Biotecnología en la Agroindustria Cafetalera. Roussos, Licono-Franco y Gutiérrez-Rojas, Eds. INMECAFÉ/ORSTOM/UAM. Pp. 63-76. México D.F. México.

## **Diarios de circulación nacional en México**

(De febrero a mayo de 1999 y noviembre de 2000)

**El Economista**

**El Financiero**

**El Herald de México**

**El Sol de México**

**El Universal**

**Excélsior**

**La Jornada**

**Novedades**

**Reforma**

**Uno más uno**



## Apéndice A

### Datos experimentales

Tabla 17: Efecto de la lixiviación a 25, 35, 45°C, a proporciones de 1:1, 1:2 y 1:4 de pulpa:agua en el porcentaje de eliminación de cafeína. Valores "crudos"

Tiempo de lixiviación h	1:1					
	25°C		35°C		45°C	
	Lecturas		Lecturas		Lecturas	
1	11.58	13.30	12.87	14.05	14.48	12.56
3	17.76	14.76	17.69	15.75	16.91	15.47
5	21.46	24.60	20.89	24.61	21.14	23.68
	1:2					
	25°C		35°C		45°C	
1	41.70	43.00	41.85	42.49	43.51	40.25
3	51.69	48.95	50.59	52.37	49.10	51.64
5	51.71	70.79	54.11	51.53	52.47	51.87
	1:4					
	25°C		35°C		45°C	
1	35.57	36.27	35.58	35.94	34.75	35.93
3	51.88	50.50	51.72	54.76	57.18	54.28
5	62.87	63.89	65.11	64.57	64.07	66.83

Tabla 18. Efecto de la lixiviación simple a 25, 35, 45°C, a proporciones de 1:1, 1:2 y 1:4 de pulpa:agua en el porcentaje de eliminación de cafeína. Valores promedio

Tiempo de lixiviación en horas	Pulpa : Agua		
	1:1		
	25° C	35° C	45° C
1	12.44	13.46	13.52
3	16.34	16.72	16.19
5	23.03	22.75	22.41
	1:2		
	25° C	35° C	45° C
1	42.35	42.17	41.88
3	50.32	51.48	50.37
5	51.25	52.82	52.17
	1:4		
	25° C	35° C	45° C
1	35.92	35.76	35.34
3	51.19	53.24	55.73
5	63.38	64.84	65.45

Tabla 19. Efecto de la lixiviación múltiple a temperatura ambiente y 45°C, a proporciones de 1:4 de pulpa:agua en el porcentaje de eliminación de cafeína.

Valores "crudos"

Tiempo de lixiviación en horas	Pulpa : Agua 1:4			
	Temperatura ambiente lecturas		45°C lecturas	
	Segunda lixiviación			
1	42.10	40.52	38.42	41.44
3	57.42	61.34	62.47	65.47
5	72.68	76.88	74.81	78.33
	Tercera lixiviación			
1	46.11	48.89	43.98	45.54
3	70.33	67.43	71.07	72.49
5	83.46	85.54	84.77	86.75

Tabla 20. Efecto de la lixiviación múltiple a temperatura ambiente y 45°C, a proporciones de 1:4 de pulpa:agua en el porcentaje de eliminación de cafeína.

Valores promedio

Tiempo de lixiviación en horas	Pulpa : Agua 1:4	
	temperatura ambiente	45°C
	Segunda lixiviación	
1	41.31	39.93
3	59.38	64.09
5	74.78	76.57
	Tercera lixiviación	
1	47.50	44.76
3	68.88	71.78
5	84.50	85.76

## Apéndice B

### Análisis estadísticos de los datos experimentales

Análisis de varianza por caso para demostrar la influencia poco significativa de la temperatura de lixiviación. Con un  $\alpha = 0.05$

Caso 1: Proporción de 1:1 de pulpa:agua

Tabla 21. Efecto de la lixiviación a 25, 35, 45°C, a proporción de 1:1 de pulpa:agua en el porcentaje de eliminación de cafeína

Tiempo de lixiviación, h	Pulpa : Agua 1:1		
	25°C	35°C	45°C
1	12.44	13.46	13.52
3	16.34	16.72	16.19
5	23.03	22.75	22.41

Ho:  $\mu_1 = \mu_2$  No existe diferencia significativa entre el porcentaje de eliminación de cafeína y la temperatura de lixiviación.

Hi:  $\mu_1 \neq \mu_2$  Existe diferencia significativa entre el porcentaje de eliminación de cafeína y la temperatura de lixiviación.

25°C		35°C		45°C	
X <sub>1</sub>	X <sup>2</sup>	X <sub>2</sub>	X <sup>2</sup>	X <sub>3</sub>	X <sup>2</sup>
12.44	154.75	13.46	181.17	13.52	182.79
16.34	267.00	16.72	279.56	16.19	262.12
23.03	530.38	22.75	517.56	22.41	502.21
Σ= 51.81	Σ= 952.13	Σ= 52.93	Σ= 978.29	Σ= 52.12	Σ= 947.12

—  
 $X_1 = 17.27$

—  
 $X_2 = 17.64$

—  
 $X_3 = 17.37$

$$SC_{tot} = \Sigma X^2_{tot} - (\Sigma X_{tot})^2 / N_{tot}$$

$$SC_{tot} = 952.13 + 978.29 + 947.12 - (51.82 + 52.93 + 52.12)^2 / 9$$

$$SC_{tot} = 2877.54 - (156.87)^2 / 9$$

$$SC_{tot} = 2877.54 - 24608.20 / 9$$

$$SC_{tot} = 2877.54 - 2734.24$$

$$SC_{tot} = 143.3$$

$$SC_{ent} = \{ \Sigma (\Sigma X)^2 / N \} - (\Sigma X_{tot})^2 / N_{tot}$$

$$SC_{ent} = \{ (51.82)^2 / 3 + (52.93)^2 / 3 + (52.12)^2 / 3 \} - (51.82 + 52.93 + 52.12)^2 / 9$$

$$SC_{ent} = \{ 2685.31 / 3 + 2801.58 / 3 + 2716.49 / 3 \} - (156.87)^2 / 9$$

$$SC_{ent} = \{ 2685.31 / 3 + 2801.58 / 3 + 2716.49 / 3 \} - (156.87)^2 / 9$$

$$SC_{ent} = 895.10 + 933.86 + 905.50 - 24608.20 / 9$$

$$SC_{ent} = 2734.46 - 2734.24$$

$$SC_{ent} = 0.22$$

$$SC_{dentro} = \{ \Sigma (\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2 / N \}$$

$$SC_{dentro} = \{ 952.13 - (51.82)^2 / 3 + 978.29 - (52.93)^2 / 3 + 947.12 - (52.12)^2 / 3 \}$$

$$SC_{dentro} = \{ 952.13 - 2685.31 / 3 + 978.29 - 2801.58 / 3 + 947.12 - 2716.49 / 3 \}$$

$$SC_{dentro} = \{ 952.13 - 895.10 + 978.29 - 933.86 + 947.12 - 905.50 \}$$

$$SC_{dentro} = 143.08$$

$$g.l._{ent} = k - 1$$

$$g.l._{ent} = 3 - 1$$

$$g.l. \text{ ent} = 2$$

$$g.l. \text{ dentro} = N_{tot} - k$$

$$g.l. \text{ dentro} = 9 - 3$$

$$g.l. \text{ dentro} = 6$$

$$\mu_{C_{ent}} = SC_{ent} / g.l. \text{ ent}$$

$$\mu_{C_{ent}} = 0.22 / 2$$

$$\mu_{C_{ent}} = 0.11$$

$$\mu_{C_{dentro}} = SC_{dentro} / g.l. \text{ dentro}$$

$$\mu_{C_{dentro}} = 143.08 / 6$$

$$\mu_{C_{dentro}} = 23.85$$

$$F = \mu_{C_{ent}} / \mu_{C_{dentro}}$$

$$F = 0.11 / 23.85$$

$$F = 0.0046$$

$$F_{tab} = 5.14$$



Ho se acepta, por lo tanto no existe diferencia significativa entre el porcentaje de eliminación de cafeína y la temperatura de lixiviación, para el caso 1:1.

### Caso 2: Proporción de 1:2 de pulpa:agua

Tabla 22. Efecto de la lixiviación a 25, 35, 45°C, a proporción de 1:2 de pulpa:agua en el porcentaje de eliminación de cafeína

Tiempo de lixiviación, h	Pulpa : Agua 1:2		
	25°C	35°C	45°C
1	42.35	42.17	41.88
3	50.32	51.48	50.37
5	51.25	52.82	52.17

Ho:  $\mu_1 = \mu_2$  No existe diferencia significativa entre el porcentaje de eliminación de cafeína y la temperatura de lixiviación.

Hi:  $\mu_1 \neq \mu_2$  Existe diferencia significativa entre el porcentaje de eliminación de cafeína y la temperatura de lixiviación.

25°C		35°C		45°C	
X <sub>1</sub>	X <sup>2</sup>	X <sub>2</sub>	X <sup>2</sup>	X <sub>3</sub>	X <sup>2</sup>
42.35	1793.52	42.17	1778.31	41.88	1753.93
50.32	2532.10	51.48	2650.19	50.37	2537.14
51.25	2626.56	52.82	2789.95	52.17	2721.21
Σ= 143.92	Σ= 6952.18	Σ= 146.47	Σ= 7218.45	Σ= 144.42	Σ= 7012.78

$$\bar{X}_1 = 47.97$$

$$\bar{X}_2 = 48.82$$

$$\bar{X}_3 = 48.14$$

$$SC_{tot} = \Sigma X_{tot}^2 - (\Sigma X_{tot})^2 / N_{tot}$$

$$SC_{tot} = 6952.18 + 7218.45 + 7012.78 - (143.92 + 146.47 + 144.42)^2 / 9$$

$$SC_{tot} = 21183.41 - (434.81)^2 / 9$$

$$SC_{tot} = 21183.41 - 189056.74 / 9$$

$$SC_{tot} = 21183.41 - 21006.64$$

$$SC_{tot} = 176.77$$

$$SC_{err} = \{ \Sigma (\Sigma X)^2 / N \} - (\Sigma X_{tot})^2 / N_{tot}$$

$$SC_{ent} = \{(143.92)^2/3 + (146.47)^2/3 + (144.42)^2/3\} - (143.92 + 146.47 + 144.42)^2/9$$

$$SC_{ent} = \{20712.97/3 + 21453.46/3 + 20857.14/3\} - (434.81)^2/9$$

$$SC_{ent} = \{20712.97/3 + 21453.46/3 + 20857.14/3\} - 189056.74/9$$

$$SC_{ent} = 6904.32 + 7151.15 + 6952.38 - 21006.64$$

$$SC_{ent} = 21007.85 - 21006.64$$

$$SC_{ent} = 1.21$$

$$SC_{dentro} = SC_{tot} - SC_{ent}$$

$$SC_{dentro} = 176.77 - 1.21$$

$$SC_{dentro} = 175.56$$

$$g.l._{ent} = k - 1$$

$$g.l._{ent} = 3 - 1$$

$$g.l._{ent} = 2$$

$$g.l._{dentro} = N_{tot} - k$$

$$g.l._{dentro} = 9 - 3$$

$$g.l. dentro = 6$$

$$\mu_{C_{ent}} = SC_{ent} / g.l. ent$$

$$\mu_{C_{ent}} = 1.21 / 2$$

$$\mu_{C_{ent}} = 0.60$$

$$\mu_{C_{dentro}} = SC_{dentro} / g.l. dentro$$

$$\mu_{C_{dentro}} = 176.77 / 6$$

$$\mu_{C_{dentro}} = 29.26$$

$$F = \mu_{C_{ent}} / \mu_{C_{dentro}}$$

$$F = 0.60 / 29.26$$

$$F = 0.020$$

$$F_{tab} = 5.14$$

Ho se acepta y , por lo tanto no existe diferencia significativa entre el porcentaje de eliminación de cafeína y la temperatura de lixiviación, para el caso 1:2.

### Caso 3: Proporción de 1:4 de pulpa:agua

Tabla 23. Efecto de la lixiviación a 25, 35, 45°C, a proporción de 1:4 de pulpa:agua en el porcentaje de eliminación de cafeína

Tiempo de lixiviación, h	Pulpa : Agua 1:4		
	25°C	35°C	45°C
1	35.92	35.76	35.34
3	51.19	53.24	55.73
5	63.38	64.84	65.45

Ho:  $\mu_1 = \mu_2$  No existe diferencia significativa entre el porcentaje de eliminación de cafeína y la temperatura de lixiviación.

Hi:  $\mu_1 \neq \mu_2$  Existe diferencia significativa entre el porcentaje de eliminación de cafeína y la temperatura de lixiviación.

25°C		35°C		45°C	
$X_1$	$X^2$	$X_2$	$X^2$	$X_3$	$X^2$
35.92	1290.25	35.76	1278.77	35.34	1248.92
51.19	2620.42	53.24	2834.50	55.73	3105.83
63.38	4017.02	64.84	4204.23	65.45	4283.70
$\Sigma = 150.49$	$\Sigma = 7927.69$	$\Sigma = 153.84$	$\Sigma = 8317.50$	$\Sigma = 156.52$	$\Sigma = 8638.45$

$$\bar{X}_1 = 50.16$$

$$\bar{X}_2 = 51.28$$

$$\bar{X}_3 = 52.17$$

$$SC_{tot} = \sum X_{tot}^2 - (\sum X_{tot})^2 / N_{tot}$$

$$SC_{tot} = 7927.69 + 8317.50 + 8638.45 - (150.49 + 153.84 + 156.52)^2 / 9$$

$$SC_{tot} = 24883.64 - (460.85)^2 / 9$$

$$SC_{tot} = 24883.64 - 212382.72 / 9$$

$$SC_{tot} = 24883.64 - 23598.08$$

$$SC_{tot} = 1285.56$$

$$SC_{ent} = \{ \sum (\sum X)^2 / N \} - (\sum X_{tot})^2 / N_{tot}$$

$$SC_{ent} = \{ (150.49)^2 / 3 + (153.84)^2 / 3 + (156.52)^2 / 3 \} - (150.49 + 153.84 + 156.52)^2 / 9$$

$$SC_{ent} = \{ 22647.24 / 3 + 23666.75 / 3 + 24498.51 / 3 \} - (460.85)^2 / 9$$

$$SC_{ent} = 7549.08 + 7888.91 + 8166.17 - 212382.72 / 9$$

$$SC_{ent} = 7549.08 + 7888.91 + 8166.17 - 23598.08$$

$$SC_{ent} = 23604.16 - 23598.08$$

$$SC_{ent} = 6.08$$

$$SC_{dentro} = SC_{tot} - SC_{ent}$$

$$SC_{dentro} = 1285.56 - 6.08$$

$$SC_{dentro} = 1279.48$$

$$g.l._{ent} = k - 1$$

$$g.l._{ent} = 3 - 1$$

$$g.l._{ent} = 2$$

$$g.l._{dentro} = N_{tot} - k$$

$$g.l._{dentro} = 9 - 3$$

$$g.l._{dentro} = 6$$

$$\mu C_{ent} = SC_{ent} / g.l._{ent}$$

$$\mu C_{ent} = 6.08 / 2$$

$$\mu C_{ent} = 3.04$$

$$\mu C_{dentro} = SC_{dentro} / g.l._{dentro}$$

$$\mu C_{dentro} = 1279.48 / 6$$

$$\mu C_{dentro} = 213.47$$

$$F = \mu C_{cent} / \mu C_{dentro}$$

$$F = 3.04 / 213.47$$

$$F = 0.014$$

$$F_{tab} = 5.14$$

Ho se acepta, por lo tanto no existe diferencia significativa entre el porcentaje de eliminación de cafeína y la temperatura de lixiviación, para el caso 1:4.