



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN

IDENTIFICACIÓN DEL ORIGEN GEOGRÁFICO Y
PERFIL DE CALIDAD DE CAFÉ MEXICANO CON LA
TECNOLOGÍA DE ESPECTROSCOPIA DE
INFRARROJO CERCANO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA EN ALIMENTOS

PRESENTA:

TANIA CONSUELO REYES ESCOBAR

ASESORA: MARIA ANDREA TREJO MARQUÉS

COASESOR: CRISTOPHE MONTGNON

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MEX.



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

U. N. A. M.
ASUNTO: **VOTO APROBATORIO**
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES CUAUTITLÁN

DRA. SUEMI RODRÍGUEZ ROMO
DIRECTORA DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE



ATN: L.A. ARACELI HERRERA HERNÁNDEZ
Jefa del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el Art. 28 del Reglamento de Exámenes Profesionales nos permitimos comunicar a usted que revisamos la Tesis:

Identificación del origen geográfico y perfil de calidad de café mexicano con la tecnología de espectroscopía de infrarrojo cercano

Que presenta la pasante: Tania Consuelo Reyes Escobar
Con número de cuenta: 302870253 para obtener el Título de: Ingeniera en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcallí, Méx. a 22 de agosto de 2011.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	I.B.Q. Saturnino Maya Ramírez	
VOCAL	M.C. María de la Luz Zambrano Zaragoza	
SECRETARIO	Dra. María Andrea Trejo Márquez	
1er SUPLENTE	M.C. Ignacio Martínez Trejo	
2do SUPLENTE	I.A. Verónica Romero Arreola	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 120).
HHA/pm

DEDICATORIA

*A mi madre, quien es lo más importante en mi vida y sin su amor
dedicación y sobre todo apoyo nunca hubiera logrado este gran sueño.*

AGRADECIMIENTOS

A Agroindustrias Unidas de México por abrirme las puertas y permitirme desarrollar este gran proyecto.

A Eligio por todo el tiempo que dedico a mi tesis, ya que fue el mejor compañero de experimentación que pude tener.

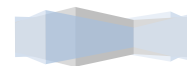
A mis asesores, Andrea Trejo y Christophe Montagnon quienes con sus conocimientos, asesoría y dedicación hicieron posible este trabajo.

A mi padre que gracias a todo su apoyo y comprensión pude concluir esta etapa, las mayores enseñanzas de mi vida las he tenido a tu lado gracias papá.

A mis hermanos que nunca dudaron que pudiera lograr esto y siempre estuvieron ahí para ayudarme en todo lo que necesite.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. ANTECEDENTES	
2.1 Café	4
2.1.1 Definición	4
2.1.2 Origen	4
2.1.3 Botánica	5
2.1.4 Morfología	6
2.1.5 Composición química	7
2.1.6 Proceso de elaboración: agrícola y de fabricación	12
2.1.7 Factores ambientales	16
2.2 Importancia económica	
2.2.1 Producción de café	17
2.2.2 Zonas productoras	19
2.2.3 Normatividad y reglamentación	20
2.3 Técnica NIRS: espectroscopia de infrarrojo cercano	
2.3.1 Fundamento	21
2.3.2 Calibración y validación de curvas	23
2.3.3 Aplicaciones en alimentos	23
3. OBJETIVOS	26
4. MATERIALES Y MÉTODOS	
4.1 Materiales	
4.1.1 Material biológico	27
4.1.2 Criterio de agrupación de muestras	27
4.1.3 Identificación de las muestras	29
4.1.4 Tratamiento de las muestras	29



4.2 Métodos	
4.2.1 Determinación de humedad	32
4.2.2 Calibración del equipo	32
4.2.3 Predicción del origen geográfico y el perfil de calidad de diferentes muestras de café empleando la técnica NIRS mediante un análisis factorial discriminante	35
4.2.4 Determinar el perfil químico de las muestras de café mediante el análisis de los espectros obtenidos del NIRS para conocer la cantidad de materia grasa	35
4.2.5 Tratamiento estadístico de resultados	36
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
5.1 Elaboración de la base de datos de muestras de café de diferentes regiones	37
5.2 Predicción del origen geográfico y el perfil de calidad de diferentes muestras de café empleando la técnica NIRS mediante un análisis factorial discriminante	39
5.2.1 Predicción del origen geográfico	39
5.2.2 Predicción del perfil de calidad	44
5.2.3 Predicción del tipo de cliente	47
5.3 Determinar el perfil químico de las muestras de café mediante el análisis de los espectros obtenidos del NIRS para conocer la cantidad de materia grasa que poseen como indicativo de calidad	49
5.3.1 Análisis por estado	50
5.3.2 Análisis por perfil de calidad	51
5.3.3 Análisis por cliente	53
6. CONCLUSIONES	56
7. RECOMENDACIONES	58
8. REFERENCIAS	59
ANEXO I	63
ANEXO II	65

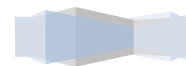


ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Clasificación botánica	5
2	Tiempo de maduración de diferentes especies de café	7
3	Composición química de café tostado medio	8
4	Composición en lípidos de café crudo	10
5	Composición en minerales del fruto entero	10
6	Normas Mexicanas para el café	21
7	Muestras agrupadas de acuerdo al origen geográfico	28
8	Muestras agrupadas de acuerdo al cliente (grupo 1 y 2)	28
9	Base de datos cosecha 2009 y 2010	37
10	Matriz de calibración “VALIDACIÓN” por estado COSECHA 2009	41
11	Matriz de calibración “VALIDACIÓN” por estado COSECHA 2009 y 2010	41
12	Matriz de calibración “ESTIMACIÓN” por estado COSECHA 2009 y 2010	42
13	Matriz de calibración “VALIDACIÓN” por calidad COSECHA 2009	45
14	Matriz de calibración “VALIDACIÓN” por calidad COSECHA 2009 y 2010	46
15	Matriz de calibración “ESTIMACIÓN” por calidad COSECHA 2009 Y 2010	46
16	Matriz de calibración “VALIDACIÓN” por cliente COSECHA 2009	48
17	Matriz de calibración “VALIDACIÓN” por cliente COSECHA 2010	48
18	Matriz de calibración “VALIDACIÓN” por cliente COSECHA 2009 y 2010	49
19	Análisis de varianza entre estado y contenido de materia grasa (%) COSECHA 2009	50
20	Análisis de varianza entre estado y contenido de materia grasa (%) COSECHA 2009 y 2010	50
21	Análisis de varianza entre calidades y contenido de materia grasa (%) COSECHA 2009	52
22	Análisis de varianza entre calidades y contenido de materia grasa (%) COSECHA 2010	52

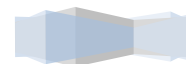


23	Análisis de varianza entre calidades y contenido de materia grasa (%) COSECHA 2009 y 2010	53
24	Análisis de varianza entre clientes y contenido de materia grasa (%) COSECHA 2009	53
25	Análisis de varianza entre clientes y contenido de materia grasa (%) COSECHA 2009 y 2010	54
26	Análisis de varianza entre cliente y contenido de materia grasa (%) COSECHA 2010	54
27	Análisis de varianza entre clientes específicos y contenido de materia grasa (%) COSECHA 2009 y 2010	55



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Morfología del fruto entero del café	7
2	Proceso agrícola	12
3	Proceso de fabricación	14
4	Distribución geográfica de las zonas productoras del país	19
5	Distribución de la producción por estado (%)	20
6	Fascos para almacén de café.	29
7	Recipiente hermético para almacén de café	30
8	Hielera y sustituto de hielo para tratamiento del café	30
9	Molino para café	31
10	Celda para análisis de café con NIRS	31
11	FOSS NIRS	33
12	Espectros de las muestras cosecha 2009 y 2010	39
13	Distribución de muestras de ambas cosechas de acuerdo al origen geográfico	43
14	Distribución 3D de ambas cosechas de acuerdo al origen.	43



RESUMEN

El café es la bebida más consumida en el mundo y es la segunda materia prima en importancia en el mercado internacional, por lo que una alta calidad es demandada para este producto. Para asegurar la calidad del café tanto para los consumidores como para los productores existe la necesidad de establecer métodos analíticos, rápidos, objetivos y sensitivos. La espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS) es una técnica que cumple con esas necesidades para evaluar la calidad en el café.

La técnica NIRS es un método de análisis rápido, no destructivo ni contaminante, que permite la medición cualitativa y cuantitativa de un constituyente químico. Las razones por la que NIRS está siendo adoptado como el método analítico preferido en muchos laboratorios está relacionada con: mínima preparación de la muestra, mínimo pre-tratamiento de las muestras, bajo costo, consumo de poco tiempo, no uso de productos químicos y resultados precisos (Batten, 1998).

El objetivo del estudio fue predecir el origen geográfico, perfil de calidad y cliente mediante la calibración y validación de curvas de medición. Se emplearon 508 muestras de café verde (oro) proporcionadas por Agroindustrias Unidas de México (AMSA).

Dos tipos de análisis se utilizaron: a) Análisis discriminante ya que se pueden construir funciones lineales de las variables originales que discriminen y ayuden a tener probabilidades de pertenencia a un grupo, dichos grupos pueden estar definidos por la pertenencia a cierto estado, cliente o perfil de calidad. b) Análisis de varianza la cual sirve para comparar si los valores de un conjunto de datos numéricos son significativamente distintos a los valores de otro o más conjuntos de datos, que en este caso serían los grupos al que pertenecen las diferentes muestras permitiendo así la diferenciación y descripción de dichos grupos basándose en la cantidad de lípidos que contengan.

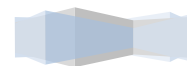
Los resultados obtenidos demostraron que la técnica NIRS es una herramienta útil y confiable para el aseguramiento del origen geográfico y sirve como una estrategia comercial para tener mayor competitividad ante el mercado global.

1. INTRODUCCIÓN

Café se denomina al alimento consumido frecuentemente como bebida que se obtiene por infusión a partir de los frutos y semillas del cafeto (*Coffea*). El café es la bebida más consumida en el mundo. Cada año se beben 400.000 millones de tazas de café. La popularidad del café hace que la importancia económica del cafeto sea extraordinaria, siendo uno de los productos vegetales más importantes del mercado global (Dicum, 1999). Las especies de arbusto del cafeto que más se cultivan son dos: la arábica y la robusta (Feria-Morales, 2002). El café contiene un número de sustancias bioactivas; una de las más importantes y conocidas es la cafeína, pero además es una fuente considerable de compuestos fenólicos, los que pudieran contribuir en cantidad y variedad a la ingesta de antioxidantes en la dieta, particularmente en nuestro país, donde no se consumen de forma regular otras bebidas abundantes en compuestos de esta naturaleza (Gutiérrez, 2002). México produce café de excelente calidad, ya que su topografía, altura, climas y suelos le permiten cultivar y producir variedades clasificadas dentro de las mejores del mundo. México es el quinto productor mundial de café se ubica después de Brasil, Colombia, Indonesia y Vietnam, con un volumen de producción que oscila entre los 4 a 5 millones de sacos por año. México a pesar de ser uno de los países que más produce café, tiene uno de los consumos más bajos (700 gramos per cápita), esto probablemente por la falta de difusión para incrementar el consumo, la carencia de cultura de café de los mexicanos y los tabús que existen alrededor del café en el aspecto de salud. Los tipos de café producidos en México, de acuerdo a su clasificación son: Prima Lavado, Extra Prima, Altura, Estrictamente Altura; siendo las principales variedades Arábica y Robusta (Waridel y St Pierre, 2002). Este cultivo tiene una superficie total de 760,000 hectáreas aproximadamente, distribuida en 12 estados, 400 municipios y más de 4000 localidades. Los estados productores en orden de importancia son: Chiapas, Oaxaca, Veracruz (estados que concentran el 72% de la producción el café a nivel nacional), Puebla, Guerrero, Hidalgo, San Luis Potosí (el 24%) y Nayarit, Colima, Jalisco, Querétaro y Tabasco (el 4% restante) (Moguel y Toledo, 1999). Las exportaciones mexicanas de café son principalmente para los mercados de Estados Unidos, Bélgica, Alemania, Japón y Canadá "naciones cuyos consumidores reconocen al café nacional por su calidad, consistencia y

sabor" (Centro de Estudios y Finanzas Públicas, 2001). Las adulteraciones y falsificaciones de café, mezclándolo o sustituyéndolo con otros productos como arroz, cebada, centeno, garbanzo, trigo, sorgo, soya o remolacha, entre otros, se presentan tanto en México como en otros países, debido principalmente a la diferencia de precio entre el café y los productos sustitutos. (Revista del Consumidor, 2001). Para el control de calidad del café se toman en cuenta las siguientes características: color, la humedad, forma, tamaño, número de defectos, aroma, acidez, cuerpo, ausencia de malos sabores y aceptabilidad general del sabor (NOM-149-SCFI-2001).

Existen también Normas Oficiales Mexicanas que establecen las especificaciones de calidad, métodos de muestreo y especificaciones de métodos de prueba para los diferentes tipos de café, como son: NMX-149, NMX-013, NMX-173, NMX-551. Con la finalidad de proporcionar información sobre la calidad, la pureza y origen del café que se comercializa se realizan estudios de calidad de café en grano o molido (Viani y Illy, 2005). Dentro de los estudios que se realizan se encuentra la espectroscopia de infrarrojo cercano. El infrarrojo cercano se le denomina a la longitud de onda dentro del espectro electromagnético que abarca entre los 750 a 2500nm. Es una técnica por la cual las radiaciones de longitud de onda NIR se proyectan hacia la muestra haciendo que la composición orgánica de la muestra responda a esa energía de manera específica (Osbourne, *et al* 1998). Los enlaces orgánicos específicos como C-N, N-H, y O-H absorben la energía NIR a lo largo de las bandas de longitudes de onda específicas. Estos enlaces pertenecen a los principales compuestos de alimentos como grasas, carbohidratos y proteínas (Guerrero, *et al* 2007). La técnica NIRS ha sido empleada para determinar los 6 mayores componentes bioquímicos: materia seca (conociendo el contenido de agua se determinarían condiciones de almacenado), cafeína (sabor amargo), trigonelina, sacarosa y ácido cloragénico (precursores del sabor), grasa (ayuda a fijar los sabores complejos durante el tostado)(Davrieux, *et al* 2004). Recopilando las medidas de los espectros, las muestras pueden ser matemáticamente analizadas y determinados sus componentes basándose en la correlación con las medidas reales, obtenidas mediante técnicas tradicionales de laboratorio (Oatway y Helm, 1999).



2. ANTECEDENTES

2.1 CAFÉ

2.1.1 Definición

Se denomina al alimento consumido frecuentemente como bebida que se obtiene por infusión a partir de los frutos y semillas del cafeto (*Coffea*).

2.1.2 Origen

El café se hizo popular alrededor del siglo XIII como bebida estimulante, posiblemente a raíz de la prohibición islámica contra las bebidas alcohólicas. Durante varios siglos su cultivo fue conservado en secreto.

El café comenzó a conquistar territorio en el mundo como la bebida favorita, a Europa llegó en 1650. Posteriormente en el siglo XVIII, estos países lo difundieron en África, Medio Oriente y Latinoamérica.

El cultivo del café se inició en el Nuevo Mundo en 1715, siendo Haití y Santo Domingo los escenarios de las primeras plantaciones; a partir de ahí apareció en la mayor parte de las regiones de América en las que el clima era propicio: Brasil en 1727, Cuba en 1748, Puerto Rico en 1755, Costa Rica en 1779, Venezuela en 1784 y Nueva España en 1790. Aun cuando no conocemos con certeza cuando se plantaron los primeros arbustos de la planta, sí sabemos que fue en alguna zona de Veracruz. Para principios del siglo XIX, el consumo de la bebida en México era todavía poco usual; sin embargo, empezaba a ser producto de exportación, así, poco a poco se fueron abriendo al cultivo nuevas zonas del estado de Veracruz y amplias regiones de Tabasco, Oaxaca, Chiapas y en menor escala, en Puebla, Michoacán y Colima.

Al contar con un mercado asegurado en el continente Europeo, el café representó un “cultivo de ensueño” por ser un grano altamente valuado, fácil de transportar y con el potencial de convertirse en un hábito cotidiano entre los consumidores (Dicum, 1999)



2.1.3 Botánica

Clasificación botánica del café se muestra en el cuadro 1:

Cuadro 1: Clasificación botánica.

REINO	Plantae
TIPO	Espermatofitas
SUB-TIPO	Angiospermas
CLASE	Dicotiledóneas
SUB-CLASE	Gamopétalas inferiovariadas
ORDEN	Rubiales
FAMILIA	Rubiáceas
GÉNERO	Coffea
SUB-GÉNERO	Eucoffea
ESPECIE	Arabica, cenephora, liberica

Fuente: Monroig, (2011).

Por lo menos 66 especies del género *Coffea L.* han sido identificados hasta ahora; solo dos de estas especies son económica y comercialmente importantes: *C. Arabica L.* (café arábica) y *C. canephora var. Robusta* (café robusta) (Feria-Morales, 2002).

Los cafetos producen frutos carnosos, rojos o púrpuras, raramente amarillos, llamados cerezas de café, con dos núcleos, cada uno de ellos con un grano de café.

Coffea arabica o cafeto arábica es la que se cultiva desde más antiguamente, y representa el 75 por ciento de la producción mundial de café. Produce un café fino y aromático necesita un clima más fresco.

El cultivo del arábica es más delicado, menos productivo y está reservado a tierras altas de montaña, entre 900 y 2.000 msnm. Originario de Etiopía, hoy en día se produce en países como: Brasil, Camerún, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Guatemala, Haití, Jamaica,

Java, Kenia, México, Perú, Bolivia, Puerto Rico, República Dominicana, El Salvador, Tanzania, Honduras y Venezuela (Avelino, 2005)

Coffea canephora o cafeto robusta ofrece una bebida rica en cafeína; fuerte y más ácido, usualmente usado para la fabricación de café soluble o instantáneo y mezclas. El robusta se adapta a terrenos llanos, con rendimientos más elevados. Originario del Congo Belga (actualmente República Democrática del Congo), hoy en día se cultiva no sólo en África (Costa de Marfil, Angola y el propio Zaire), sino también en India, Indonesia, Madagascar, Brasil y Filipinas. Es más resistente que el arábico (de ahí su nombre de «robusta»). (Feria-Morales, 2002).

2.1.4 Morfología

El fruto es de color verde al principio, luego se torna amarillo y finalmente rojo aunque algunas variedades maduran color amarillo. La estructura del fruto y grano se encuentran en la Figura 1.

Morfología del fruto

- Epicarpio (cutícula, cáscara, pulpa) - de color rojo o amarillo en su madurez, jugoso y envuelve todas las demás partes del fruto.
- Mesocarpio (mucílago, baba) - de consistencia gelatinosa y color cremoso.
- Endocarpio (pergamino, cascarilla) - cubierta corácea de color crema a marrón que envuelve la semilla.
- Espermoderma (película plateada) - envuelve la semilla (integumento seminal)
- Endospermo - la semilla propiamente constituida.
- Embrión - localizado en la superficie convexa de la semilla y representado por un hipocotilo y dos cotiledones.

La semilla o cotiledón tiene un surco o hendidura en el centro del lado plano por donde se unen las dos semillas. El grano o semilla tiene un extremo que termina en forma puntiaguda donde se encuentra el embrión.



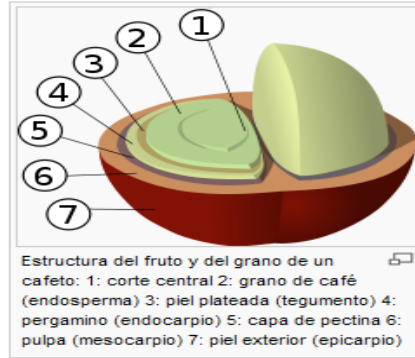


Figura 1: Morfología del fruto entero de café.

Fuente: Wikipedia, (2011).

El tiempo que transcurre desde la florecencia hasta la maduración del grano varía según la especie (Cuadro 2).

Cuadro 2: Tiempos de maduración de diferentes especies de café.

Especie	Tiempo
C. arábica	6 a 8 meses
C. canephora	9 a 11 meses
C. liberica	11 a 14 meses

Fuente: Feria-Morales, (2002).

2.1.5 Composición química

El café tiene múltiples componentes. Los granos de café crudos tienen una composición diferente entre la especie Arábica y la Robusta. Las diferencias detectadas en la composición química entre ambas especies pueden ser útiles para objetivos de clasificación ya que varios parámetros químicos muestran diferencias muy marcadas. Algunos parámetros químicos que suelen usarse para caracterizar dichas variedades son: contenido de minerales (Martin, *et al.*, 1999), componentes volátiles (Bicchi, *et al.*, 1997), ácidos cloragénicos y cafeína (Martin, *et al.*, 1998), tocoferoles y triglicéridos (Gonzales, *et al.*, 2001), diterpenos (Frega, *et al.*, 1995) y materia grasa (González, *et al.*, 2001).

La composición de los granos de café se altera de forma dramática por el proceso de tostado, y pierde gran cantidad de agua (posee apenas 1 a 5%), proteínas, ácidos clorogénicos y carbohidratos. Ocurren importantes transformaciones químicas y se forman cientos de sustancias volátiles, como los gases volátiles que conforman el aroma y pigmentos (Gutierrez, 2002).

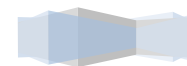
La composición química de ambas especies se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3. Composición química de los granos de café tostado medio (%)

Componente	Variedad Arábica	Variedad Robusta
Cafeína	1.3	2.4
Minerales	4.5	4.7
Lípidos	17	11
Trigonelinas	1	0.7
Proteínas	10	10
Ácidos alifáticos	2.4	2.5
Ácidos cloragénicos	2.7	3.1
Carbohidratos	38	41.5
Aromas volátiles	0.1	0.1
Melanoidinas	23	23

Fuente: Revista del consumidor, (2001).

Carbohidratos. Los carbohidratos constituyen casi la mitad del peso en seco del café verde. La sacarosa es el principal oligosacárido, los mananos y los arabinogalactanos son los principales polisacáridos. En el tostado se destruye la sacarosa y los polisacáridos se despolimerizan gradualmente y acaban por quedar pirolizados al llegar al tostado oscuro. Los constituyentes insolubles incluyen celulosa y hemicelulosa (Clifford, 1975).



Compuestos nitrogenados. Éstos comprenden las proteínas, los aminoácidos, la trigonelina y los alcaloides. La trigonelina representa cerca del 1% del peso seco del café verde pero no sobrevive al tostado, descomponiéndose en ácido nicotínico, piridina y otros compuestos volátiles. El alcaloide más abundante es la cafeína. Los granos de Robusta tienen más alto contenido de cafeína. Aunque sufre una sublimación mínima, la cafeína sobrevive al tostado. (Clifford, 1975).

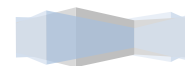
Lípidos. Los lípidos son parte importante en la composición del grano de café. Éstos constituyen del 8 al 10% del café verde. Los diterpenos (parecidos al colesterol) los kahweoles y los cafestoles son específicos del café. (Clifford, 1975).

El aceite de café se concentra en el endospermo, el resto (0,2 a 0,3%) de cera se encuentra en la capa externa de la semilla. El aceite de café se compone de ácidos grasos, particularmente linoléico (40 a 45%) y palmítico (25 a 35%), proporciones similares a las encontradas en otros vegetales comestibles. Entre los esteroides, 24-metilenecolesterol y avenasterol son más importantes en la variedad Robusta que en la Arábica (Viani, 1988).

La capa externa de cera contiene 5-hidroxitriptamidas, ácidos araquidónico, esteárico, 20-hidroxiaraquidónico, behénico y lignosérico. La presencia de estas sustancias en el café ha recibido la categoría de «sustancias irritantes», a las cuales algunas personas son más sensibles.

El lavado y la utilización de algunos solventes permiten la remoción de gran cantidad de estas sustancias (Clifford, 1975).

En el cuadro 4 se muestra el porcentaje de los diferentes tipos de lípidos que están contenidos en los granos de café.



Cuadro 4. Composición en lípidos de café crudo.

Componente	Porcentaje (%)
Triglicéridos	70-80
Ácidos grasos libres	0.5-2
Esteres diterpenos (palmitatos y linoleatos)	15-18.5
Triterpenos, esteroides y esteroides de metilesterol	1.4-3.2
Diterpenos libres (cafestol y kahweol)	0.1-1.2
Fosfolípidos	0.1
Hidrocarburos	Tr.
5- hidroxitriptamidas	0.3-1.0
Tocoferoles (α, β, γ- isómeros)	0.3-0.7

Fuente: Revista del consumidor, (2001).

Minerales

En el cuadro 5 se muestran los principales minerales presentes en los granos de café.

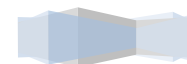
Cuadro 5. Composición en minerales del fruto entero.

<i>Minerales</i>	<i>N</i>	<i>P₂</i>	<i>K₂</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>B</i>	<i>Mo</i>
(mg/kg)											
Fruto entero	31.8	5.7	64.5	9.9	2.9	112	50	84	32	51	0.12

Fuente: Revista del consumidor, (2001).

Compuestos volátiles. Las sustancias aromáticas no se encuentran en el grano verde, ésta se conforma durante el proceso de tostado del grano maduro.

En el café tostado se identifican más de 700 sustancias volátiles, las cuales corresponden a cerca del 0,1% del total de la materia. Las características químicas y el aroma de los constituyentes volátiles del café han sido motivo de importantes estudios.



Compuestos fenólicos. Los más comunes son los ácidos fenílico, cumárico, cafeico y clorogénico.

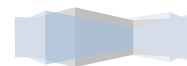
Al tostarse, se afecta marcadamente su composición en fenoles, lo cual le confiere un agradable sabor y aroma. El aroma del café es en gran parte determinado por el tostado de los granos (Federación Española del Café, 2004). Las 4 principales reacciones durante el tostado son:

1. Reacción del Maillard; una reacción entre el nitrógeno contenido en algunas sustancias (aminoácidos, proteínas así como trigonelina y serotonina) y los carbohidratos (azúcares).
2. Degradación de aminoácidos, particularmente, aminoácidos sulfurados.
3. Degradación del azúcar resultando en sustancias parecidas al caramelo.
4. Degradación de ácidos fenólicos, particularmente de un segmento del ácido quínico.

A si mismo se originan pigmentos denominados melanoidinas, que le dan al café tostado su color característico.

Los compuestos fenólicos de las plantas tienen como propiedades generales las de ser antioxidantes, ejercer efectos quelantes y modular la actividad de varios sistemas enzimáticos (Gutierrez, 2002).

Ácidos orgánicos. Destacan el ácido cafeico y clorogénico. El ácido clorogénico representa del 7 al 10% de la materia seca del café verde. Durante el tueste ocurren diferentes reacciones químicas que reduce significativamente el porcentaje de ácidos clorogénicos libres aún presentes después del tueste (Clifford, 1975).



2.1.6 Procesos de elaboración: agrícola y de fabricación

El café se cultiva tanto en grandes propiedades como en pequeños claros del bosque y en parcelas prácticamente de todos los tamaños. Desde su plantación, pasan entre tres y cuatro años hasta que el cafeto produce su primera cosecha. A partir de aquí, serán productivos entre 20 y 30 años, en función de las condiciones del cafetal y los cuidados que reciba (Federación Española de Café, 2004).

En México el proceso utilizado comúnmente es el agrícola y se lleva a cabo en prácticamente todas las regiones cafetaleras del país.

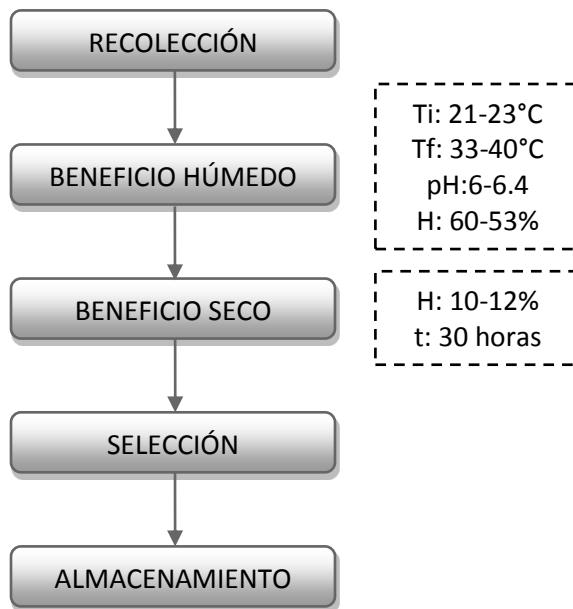


Figura 2. Proceso agrícola

El proceso agrícola se describe a continuación (Federación Española del Café, 2004):

Recolección. El momento de la recolección lo marca el color de sus bayas o cerezas, que son las que albergan los granos de café. Adquieren un color rojizo cuando están maduras: la variedad arábica entre los 6 u 8 meses desde la floración, y la robusta tarda entre 9 y 11 meses. Por lo tanto sólo se obtiene una cosecha anual.

En el sabor final del café, la elección de los frutos tiene gran importancia: un fruto verde o poco maduro aumenta el sabor amargo del café, mientras que un fruto demasiado maduro da un sabor fuerte y áspero.

Beneficio húmedo. Técnicamente consiste en la serie de pasos o etapas de procesamiento a las que se somete el café para quitar o eliminar todas sus capas o cubiertas de la forma más eficiente sin afectar su calidad y su rendimiento.

1. Descerezado: los granos se pasan por una despulpadora para eliminar la cáscara roja externa, eliminando a su vez la mayor parte de la pulpa adherida a los granos.
2. Fermentado: introduciendo los granos en cubas, los azúcares que forman parte de los restos de pulpa se descomponen. Esta etapa se hace con el fin de hidrolizar el mucílago, lo cual facilita eliminarlo en la siguiente etapa de lavado. Se debe controlar el pH en un rango de 6 a 6.4. Ocurre por la acción de enzimas y microorganismos sobre el mucílago.

El tiempo normal para que ocurra varía con: Temperatura (4 horas máximo), el espesor de la capa de mucílago la concentración de enzimas pécticas, volumen de la masa de café, altura sobre el nivel del mar.

3. Lavado: se elimina todo el resto de pulpa con abundante agua en circulación.

Beneficio seco. Es la fase complementaria de los cafés lavados donde se transforman de café pergamino a café verde u oro. Las cerezas se dejan secar al sol dos o tres semanas en amplias explanadas, extendidas en capas finas. Se rastrilla y mueven varias veces al día para que todas las bayas reciban el calor del sol. Por las noches, y en caso de lluvias, se cubren para protegerlas. La humedad de las cerezas se reduce aproximadamente al 10-12% desde el 75% que traen del campo. Llegado este punto la cáscara es más quebradiza, ha adquirido un tono marrón oscuro y permite oír el sonido de las semillas sueltas en el interior.



En la Figura 3 se describe el proceso de fabricación de café:

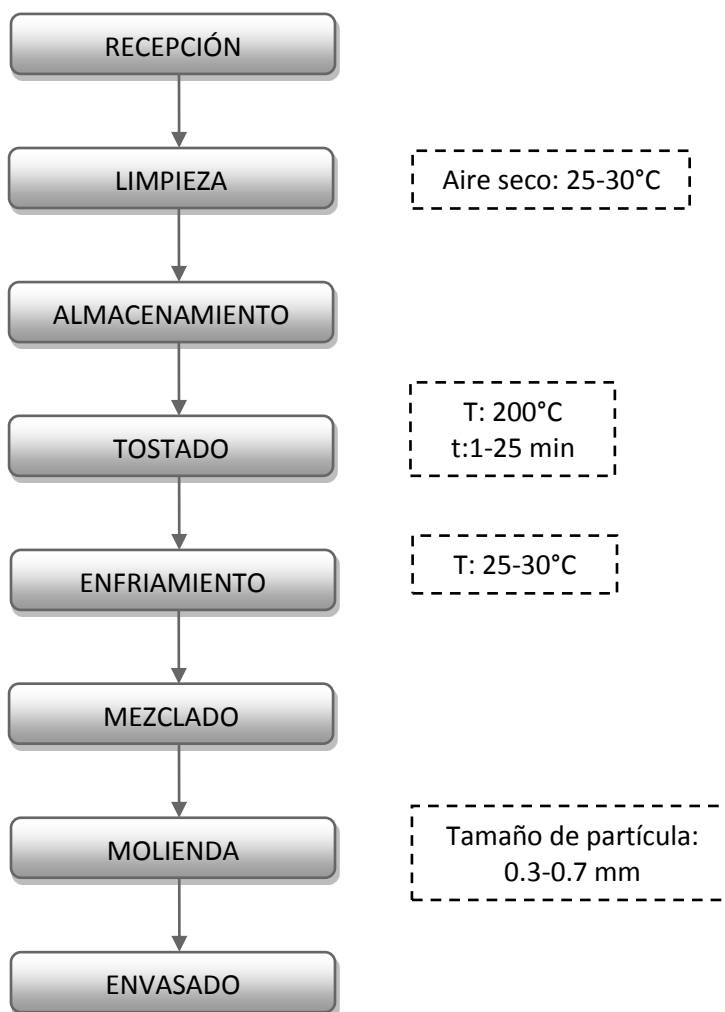
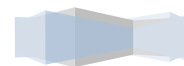


Figura 3. Proceso de fabricación.

A continuación se describe el proceso que se lleva a cabo para la obtención del grano tostado: (Federación Española del Café, 2004).

- ♦ **Recepción.** La llegada del café verde a la fábrica termina con el proceso agrícola y comercial desde los países de origen, para dejar paso al proceso de fabricación. Los sacos llegan perfectamente identificados en cuanto a lugar de procedencia y



variedad de café. Se realiza un primer control de calidad de los granos, en cuanto a calibre, humedad y peso.

- ◆ **Limpieza y almacén.** Antes de almacenarlo en los silos, se somete a una última fase de limpieza con máquinas de aspiración y vibración que permiten garantizar la eliminación total de las más mínimas impurezas, como ramitas, fracciones de hojas, etc. Se hace con aire seco a condiciones ambientales de entre 25 y 30°C.

El café verde, ya en los silos, está listo para pasar a una de las fases más importantes dentro del proceso industrial: el tostado.

- ◆ **Tostado.** Las transformaciones que el café experimenta con este proceso determinarán el aroma, el cuerpo, el sabor, el grado de acidez, etc.

El proceso de tostado se hace a una temperatura de unos 200° C, provocando que el grano pierda la humedad (pérdida de peso 16-18%), aumente el volumen, cambie de color y se desprendan compuestos aromáticos. El tiempo de tostado oscila entre un minuto y un máximo de 25 según el sistema ya que puede ser lento o rápido.

- ◆ **Mezclado.** La calidad de un buen café viene dada por el equilibrio de sus características organolépticas: aroma, cuerpo y sabor. Normalmente, para conseguir el equilibrio perfecto se recurre a la combinación de cafés de diferentes variedades de distinto origen y especie. Se combinan en distintas proporciones hasta conseguir un conjunto aromático que se adecue a los gustos del consumidor en función al mercado al que va destinado.

- ◆ **Molienda.** El café molido es el café en grano que ha sufrido el proceso de molienda a través de máquinas muy sensibles a las condiciones climáticas y de humedad, garantizando unas partículas uniformes de tamaño y calidad.



- ◆ **Envasado.** El envase es un elemento básico a la hora de mantener la calidad del café. Un envase adecuado es aquel que, tanto por su material como por su sistema, permite aislar al café de los elementos externos: humedad, luz, olores, aire, calor, etc.

2.1.7 Factores ambientales

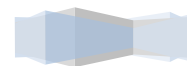
En el caso del café la composición química está fuertemente relacionada con las regiones productoras y las condiciones ecológicas. Cada café varía en su composición bioquímica dependiendo de la región debido a sus condiciones agro-climáticas y edáficas (composición y naturaleza del suelo en su relación con las plantas y el entorno que le rodea). Haciendo una relación entre región y composición bioquímica se puede determinar la procedencia y por ende la calidad del café (Montagnon, 2003).

La composición bioquímica que se puede medir con NIRS está fuertemente relacionada con las regiones productoras y las condiciones ecológicas del cultivo como la altura. La trigonelina y los ácidos clorogénicos aumentan a medida que la altitud disminuye. Por el contrario la concentración de sacarosa en el café oro aumenta a medida que la altura aumenta. La cafeína no guarda ninguna relación con la altitud (Vaast, *et al.*, 2004).

El cafeto, planta del café, requiere condiciones especiales para su cultivo, que se cumplen específicamente en las zonas situadas entre el Trópico de Cáncer y el Trópico de Capricornio.

Las plantaciones de café que se encuentran dentro de esta franja proporcionan las mejores calidades y las que están fuera son marginales para el cultivo. Dentro de la franja las zonas adecuadas para el cultivo están determinadas por el clima, suelo, y altitud. El cafeto necesita temperaturas favorables en promedio de 20 ° C. y precipitaciones pluviales de 2500 mm (Montagnon, 2003).

- Temperatura: entre 15 y 24°C para la variedad arábica y entre 24° y 29°C para la variedad robusta. El cafeto necesita temperaturas favorables en promedio de 20 ° C.



- Humedad alta: pluviosidad entre 1.700 y 2.500 litros por m² anuales.
- Altitud: puede llegar hasta los 2.000 metros sobre el nivel del mar.
- Suelos: húmedos, permeables, ricos en nutrientes.
- Entorno: con el fin de evitar el excesivo sol, en muchas zonas suelen estar rodeados de otros árboles más altos que les proporcionen sombra y eviten la pérdida de humedad.

2.2 IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL CAFÉ EN MÉXICO

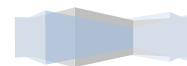
2.2.1 Producción de café

México a nivel mundial ocupa el quinto lugar como país productor después de Brasil, Colombia, Indonesia y Vietnam, con un volumen de producción que oscila entre los 4 a 5 millones de sacos por año (Moguel y Toledo, 1999).

México produce cafés de excelentes calidades, ya que su topografía, altura, climas y suelos le permiten cultivar y producir variedades clasificadas dentro de las mejores del mundo.

Las especies de arbusto del cafeto que se cultivan en el país son dos: la arábica, árabe o arábica que se clasifica dentro del grupo de “otros suaves” y la robusta o canéphora.

En México producimos, hasta ahora, un 96% de café arábica y un 4% de café robusta. El café arábica, tiene mayor valor en los mercados nacional e internacional. Produce una bebida suave, con gran aroma y acidez y un cuerpo mediano, agradable bouquet y exquisito sabor. Cada una de sus variedades confiere a la taza características diferentes. Algunas de las variedades de esta especie son: typica, bourbon, mundo novo (Moguel y Toledo, 1999).



El café robusta se considera de menor calidad, produce una bebida con poco aroma y sabor, y mucho cuerpo. Un café arábigo tostado contiene menos cafeína que un robusta.

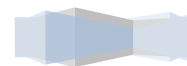
Destacan por su calidad las variedades Coatepec, Pluma Hidalgo, Jaltenango, Marago, Natural de Atoyac, Bourbon, Caturra, Maragogipe (o Márago), Mundo Novo, Garnica y Typica; siendo esta última la que predominaba en México hasta hace poco; sin embargo, actualmente se le está reemplazando por variedades de porte bajo y mayor producción como la Catimor y Catuai (Moguel y Toledo, 1999).

Aproximadamente 90% de los cafetales son bajo sombra y están acompañados de numerosas especies. Estos sistemas agroforestales se pueden diferenciar de acuerdo a la altura del estrato arbóreo y la diversidad biológica que albergan (Moguel y Toledo, 1999).

Varios tipos de café son producidos en México, de acuerdo al perfil de calidad su pueden clasificar de manera general en: Prima Lavado (PL), Extra Prima (EXT), Altura y Estrictamente altura (HGEP), siendo las principales especies la *coffea Arábica* y *Canephora*.

Para obtener la calidad del café, la altura adecuada para la siembra es de 600 msnm hasta 1,400 msnm produciéndose los mejores cafés del mundo, en México se produce café de calidad comparable con el café de Colombia. El sistema de plantaciones de café en nuestro país es bajo sombra, permitiendo conservar el medio ambiente, la flora y fauna, mantos acuíferos, captación de carbono y además de regalar una vista maravillosa a diversos tonos de colores y el verde brillante de sus hojas.

México a pesar de ser uno de los países que más produce café, tiene uno de los consumos más bajos (1 kg per cápita), esto probablemente por la falta de difusión para incrementar el consumo, la carencia de cultura de café de los mexicanos y los tabús que existen alrededor del café en el aspecto de salud.



2.2.2 Zonas productoras

Los estados productores en orden de importancia son (figura 4 y 5): Chiapas, Oaxaca, Veracruz (estados que concentran el 72% de la producción el café a nivel nacional), Puebla, Guerrero, Hidalgo, San Luis Potosí el 24% y Nayarit, Colima, Jalisco, Querétaro y Tabasco el 4% restante (Moguel y Toledo, 1999). De la producción total, el 85% son granos arábigos procesados con beneficio húmedo, el 12% son arábigos naturales (secados al sol) y el restante 3% corresponde a la variedad robusta.

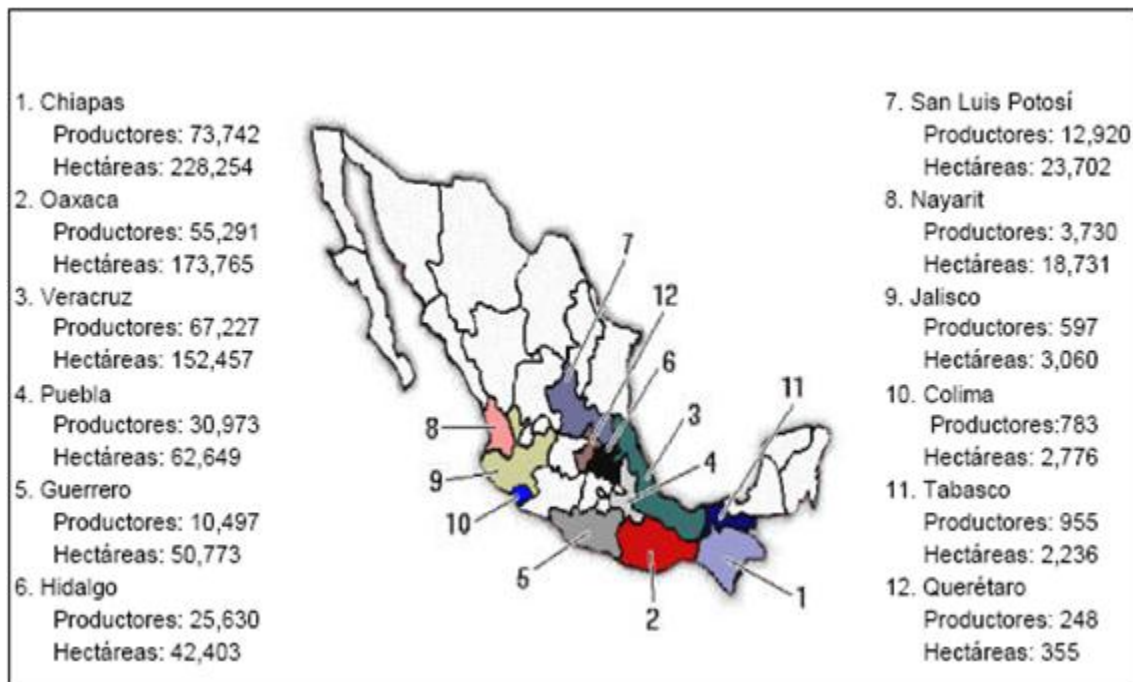


Figura 4. Distribución geográfica de las zonas productoras del país.

Fuente: Consejo Mexicano del Café, (2001).



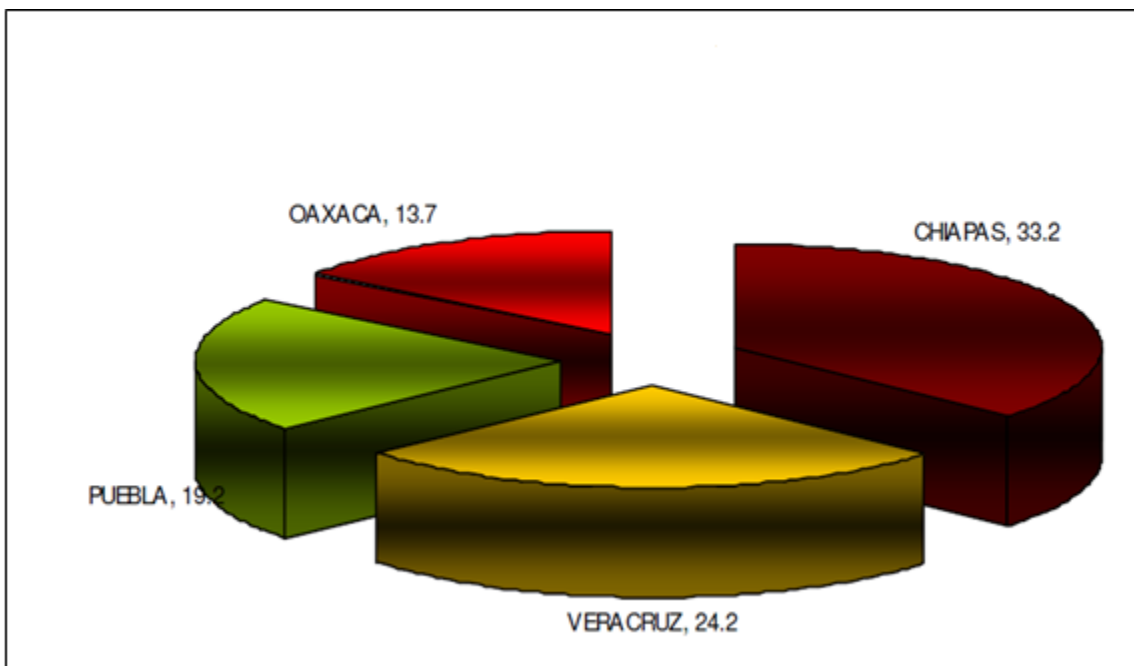


Figura 5. Distribución de la producción por estado (%).

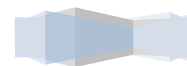
Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2008).

De la producción total, el 85% son granos arábigos procesados con beneficio húmedo, 12% son arábigos naturales (secados al sol) y el restante 3% corresponde a la variedad robusta.

2.2.3 Normatividad y Reglamentación

Las adulteraciones y falsificaciones de café, mezclándolo o sustituyéndolo con otros productos como arroz, cebada, centeno, garbanzo, trigo, sorgo, soya o remolacha, entre otros, se presentan tanto en México como en otros países, debido principalmente a la diferencia de precio entre el café y los productos sustitutos (Revista del Consumidor, 2001). Para el control de calidad del café se toman en cuenta las siguientes características: color, la humedad, forma, tamaño, número de defectos, aroma, acidez, cuerpo, ausencia de malos sabores y aceptabilidad general del sabor (NOM-149-SCFI-2001).

La calidad y técnicas de análisis del café están descritas en las diferentes normas mexicanas que se muestran en el Cuadro 6.



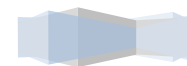
Cuadro 6. Normas Mexicanas para café.

Norma	Descripción	Publicación en Diario Oficial de la Federación
NMX-F-107-SCFI-2008	Café Verde en Sacos – Muestreo	01-Jul-2008
NMX-F-129-SCFI-2008	Café Verde - Preparación de las Muestras para su uso en análisis sensorial	01-Jul-2008
NMX-F-158-SCFI-2008	Café Verde - Inspección olfativa y visual - Determinación de defectos y materia extraña	01-Jul-2008
NMX-F-162-SCFI-2008	Café Verde - Tabla de referencia de defectos	01-Jul-2008
NMX-F-176-SCFI-2008	Café Verde - Determinación de la pérdida de masa a 105 C - Método de prueba	02-Sep-2008
NMX-F-586-SCFI-2008	Café y sus productos - Vocabulario - Términos y definiciones	16-Dic-2008
NMX-F-551-SCFI-2008	Café Verde - Especificaciones, preparaciones y evaluación sensorial (Cancela a la NMX-F-551-SCFI-1996)	18-Feb-2009
NMX-F-177-SCFI-2009	Café Verde de Especialidad - Especificaciones, clasificación y evaluación sensorial	05-Ago-2009
NMX-F-552-SCFI-2009	Café Verde Descafeinado - Especificaciones y Métodos de Prueba (Cancela a la NMX-F-552-SCFI-1998)	12-Nov-2009

2.3 TÉCNICA NIRS: ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO CERCANO

La Técnica NIRS abre paso a la posibilidad de poder realizar en minutos un control de calidad que, por los métodos clásicos, puede necesitar varios días y el realizarlo sin gasto de reactivos ni preparación de la muestra además que es una técnica no destructiva.

A pesar del costo elevado del equipo es una técnica económica a largo plazo ya que se pueden hacer miles de análisis con el mismo aparato.



2.3.1 Fundamento

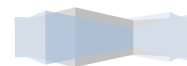
La palabra “espectroscopia” deriva de la raíz latina spectrum (apariencia, imagen) y la palabra griega skopia (ver). El infrarrojo cercano se le denomina a la longitud de onda dentro del espectro electromagnético que abarca entre los 750 a 2500 nm (Osborne, *et al.*, 1998).

Es una técnica por la cual las radiaciones de longitud de onda NIR se proyectan hacia la muestra haciendo que la composición orgánica de la muestra responda a esa energía de manera específica. Se irradia con un haz de luz monocromática la superficie de los materiales orgánicos, estos, en función de la naturaleza de los enlaces y cargas electrostáticas existentes entre sus átomos y moléculas, absorben una determinada cantidad de energía, la cual, en el campo de la espectroscopía NIR, puede expresarse a partir de la reflectancia ($\log 1/R$), obteniéndose como resultado un espectro, característico de cada material, el cual es reflejo, en definitiva, de la composición química, física y/o sensorial del material analizado (Guerrero, *et al.*, 2007).

La aplicación cuantitativa implica el desarrollo de una ecuación de calibración, esto es, el establecer la relación entre los valores del $\log(1/R)$ y la cantidad de un determinado constituyente, obtenido a partir del análisis con un método de referencia, aplicado a un conjunto de muestras representativas (set de calibración) del material objeto de valoración. Una vez obtenida la ecuación de calibración, esta debe ser validada con un grupo de muestras (set de validación) con el que se comprueba si los valores predichos obtenidos estiman con suficiente precisión el valor real de estas muestras.

Los enlaces orgánicos específicos como C-N, N-H, y O-H absorben la energía NIR a lo largo de las bandas de longitudes de onda específicas. Estos enlaces pertenecen a los principales compuestos de alimentos como grasas carbohidratos y proteínas.

Las concentraciones de un tipo de enlace son proporcionales, en una forma aproximadamente lineal, a la altura de un pico de una longitud de onda determinada.



2.3.2 Calibración y validación de curvas

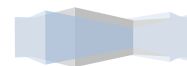
Principalmente el desarrollo de una calibración consta de (Cozzolino, 2002):

1. Grupo homogéneo de muestras las cuales puedan ser representativas para el análisis.
2. Construcción de la población espectral. Se analizan las muestras en base a un componente principal. Se establecen valores para establecer la distancia de Mahalanobis, el cual es calculado mediante técnicas de análisis multivariado a través de componentes principales, con estos valores se puede identificar si una muestra es parte o no del grupo espectral basándose en su distancia al valor espectral promedio (Cozzolino, *et al.*, 2002).
3. Modelo de calibración. Métodos de regresión entre los valores de referencia y los obtenidos por el NIRS. En el desarrollo de una ecuación es necesario identificar las muestras fuera de serie u *outliers*; las cuales no se acoplan a la regresión. Para identificar estas muestras fuera de serie se usa el valor residual entre los datos de referencia y los valores predichos por NIRS. Los valores que guardan mayor residualidad son los denominados fuera de serie y es estrictamente un valor de t igual a 3.
4. Validación de la curva. Se valora el error estándar del grupo de muestras analizadas. Normalmente se emplean muestras que no estén dentro del grupo que se usaron para la calibración.

2.3.3 Aplicaciones en alimentos

La técnica NIRS o Espectroscopía de Infrarrojo Cercano es un método de análisis rápido, no destructivo ni contaminante, que permite la medición cualitativa y cuantitativa de un constituyente químico. Parte del control de calidad de los productos agroalimentarios se basa en su caracterización bioquímica.

Las razones por la que NIRS está siendo adoptado como el método analítico preferido en muchos laboratorios está relacionada con: mínima preparación de la muestra, mínimo pre-



tratamiento de las muestras, bajo costo, consumo de poco tiempo, no uso de productos químicos y resultados precisos (Batten, 1998).

La composición bioquímica del café puede ser usada para caracterizar calidad. La técnica NIRS ha sido empleada para determinar los 6 mayores componentes bioquímicos como: trigonelina, sacarosa y ácido clorogénico son precursores de sabor. Otros constituyentes como la cafeína dan el sabor amargo al café tostado y la grasa ayuda a fijar los sabores complejos durante el tostado. Además si se conoce el contenido de agua es posible caracterizar el café oro para su preparación y condiciones de almacenaje (Davrieux, *et al.*, 2004).

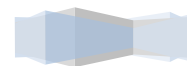
Recopilando las medidas de los espectros, las muestras pueden ser matemáticamente analizadas y determinados sus componentes basándose en la correlación con las medidas reales, obtenidas mediante técnicas tradicionales de laboratorio (Oatway y Helm, 1999).

La técnica NIRS ha sido empleada para determinar los 6 mayores componentes bioquímicos: materia seca (conociendo el contenido de agua se determinarían condiciones de almacenado), cafeína (sabor amargo), trigonelina, sacarosa y ácido clorogénico (precursores del sabor), grasa (ayuda a fijar los sabores complejos durante el tostado) (Davrieux, *et al.*, 2004).

Esta técnica se ha empleado en diversos campos principalmente el alimentario.

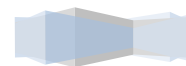
Aplicaciones en café:

1. Análisis de cafeína en diferentes variedades de café.
2. Caracterización química de las especies *coffea arabica* y *coffea canephora*.
3. Diferenciación de especies (arábiga y robusta) en mezclas de acuerdo a su composición química.
4. Detección de adulteraciones mezclas de café tostado.
5. Análisis cuantitativo de contenido de cenizas y lípidos en café tostado.



Otras aplicaciones en el área de alimentos son:

1. Predicción de la composición química y la identificación del origen geográfico de alimentos y materias primas.
2. Predecir el contenido de parámetros indicativos de la calidad de la carne como la detección y cuantificación de proteínas.
3. Para la detección de mezclas en leche y quesos.
4. Predecir las características bioquímicas de los alimentos.
5. Estandarizar la presencia de harina de origen animal en alimentos para el ganado.
6. Mejorar del control de la calidad de productos y de estrategias nutricionales.
7. Optimizar controles de calidad y análisis en laboratorios.



3. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Comprobar el origen geográfico, perfil de calidad y tipo cliente de diferentes muestras de café mediante curvas de predicción empleando espectroscopía de infrarrojo cercano (NIRS).

OBJETIVO PARTICULAR 1

Conocer el origen geográfico, perfil de calidad y tipo cliente de diferentes muestras de café empleando la técnica NIRS mediante un análisis factorial discriminante para elaborar un plan de trazabilidad y de control de calidad.

OBJETIVO PARTICULAR 2

Determinar el perfil químico de las muestras de café mediante el análisis de los espectros obtenidos del NIRS para conocer la cantidad de materia grasa que poseen como indicativo de calidad.



4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 MATERIALES

4.1.1 *Material biológico*

Las 508 muestras de café verde (oro) fueron recolectadas de diferentes calidades de las principales regiones productoras en varios estados de la República Mexicana por medio de Agroindustrias Unidas de México (AMSA). Las muestras utilizadas fueron 508 de las cuales 376 fueron tomadas de la cosecha 2009 y 132 de la 2010.

El café llegó a AMSA por mensajería, embolsadas y en cajas provenientes de los beneficios ubicados en diferentes partes de México. Todas las muestras que se recibieron fueron almacenadas en un cuarto seco en botes herméticamente cerrados a una temperatura ambiente de entre 20 a 25°C.

4.1.2 *Criterio de agrupación de muestras*

Las muestras de café se agruparon por:

- a) Origen geográfico, ya que el objetivo de la investigación es precisamente identificar el origen de diferentes muestras de café.
- b) Año de cosecha: se tomaron dos cosechas para comparar las diferencias en cuanto a la calidad y productividad de la tierra en dos años diferentes. De igual modo se unieron las cosechas, ya que cuando inicio la investigación solamente se contaba con la mitad de la primera cosecha y el número de muestras no era muy grande así que se decidió usar muestras de la cosecha siguiente.
- c) Perfil de calidad: Se analizó y determinó la cantidad de lípidos de las diferentes muestras de café ya que este componente es un indicativo de calidad.
- d) Por clientes o grupos: principalmente se identificaron dos grupos, el grupo 1 fue el integrado por varios clientes que adquieren diferentes tipos y/o calidades de café y el segundo grupo se conforma por los dos clientes más exigentes de AMSA esta exigencia se basa en cuanto a la calidad y al aseguramiento del origen, es decir, sólo consumen café de una región específica del país.

En el ámbito comercial el café se clasifica de manera general en 4 grupos: prima lavado, extra prima, altura y estrictamente altura esta clasificación se hace por medio de cataciones y la determina un experto.

En el cuadro 7 se muestran las muestras agrupadas de acuerdo a: origen geográfico, año de la cosecha y perfil de calidad.

En el cuadro 8 se encuentran agrupadas por: cliente (grupo 1 y 2), año de cosecha (2009 y 2010) y perfil de calidad: prima lavado (PL), extra prima (EXT) y en un uno mismo altura y estrictamente altura (HGEP).

Cuadro 7. Muestras agrupadas de acuerdo al origen geográfico.

CALIDAD		PRIMA LAVADO		EXTRAPRIMA		HGEP		TOTAL	
ESTADO	AÑO	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
CHIAPAS		65	7	36	5	84	70	185	82
OAXACA		6	1	10	2	12	2	28	5
PUEBLA		39	1	1	0	1	0	41	1
VERACRUZ		55	3	20	10	47	31	122	44
								376	132

Cuadro 8. Muestras agrupadas de acuerdo a cliente (grupo 1 y 2).

CALIDAD		PRIMA LAVADO		EXTRAPRIMA		HGEP		TOTAL	
CLIENTE	AÑO	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
GRUPO 1		165	12	67	12	128	75	360	99
GRUPO 2		0	0	0	5	16	28	16	33
								376	132

El análisis de las muestras seleccionadas (508) se realizó con la finalidad de poder predecir a través del NIRS el origen geográfico y la calidad de dichas muestras y se llevó a cabo a partir del análisis de los espectros obtenidos.



4.1.3 Identificación de las muestras.

Una vez recibida la muestra en la matriz de AMSA, se recolectaron en pequeños frascos etiquetados, dicha etiqueta correspondió al código CIRAD (Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo); que correspondía a un número de registro interno que comparten con AMSA. De esta forma se llevó un control de las muestras que fueron ingresando así como del registro de los datos (origen, calidad, sucursal) más importantes de la muestra (Figura 5).

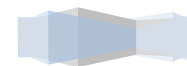


Figura 6. Frascos para almacén de café.

4.1.4 Tratamiento de acondicionamiento de las muestras.

Las muestras llegaron directo del beneficio, por lo que, la humedad osciló entre 10 y 15%; Sin embargo para poder tener un buen análisis con el NIRS se necesitó tener el café a humedad del 5% máximo, así que dichas muestras fueron sometidas a un proceso de acondicionamiento para la disminución en el contenido de humedad mediante la adición de silica gel según la técnica de secado (ANEXO I).

Esta técnica con silica se empleó ya que las muestras llegaron a AMSA aproximadamente 6 meses antes de iniciar la investigación por lo que se determinó que la mejor manera por cuestiones de tiempo era emplear la silica en vez de un secado por estufa; además de esa manera se llegaba a la reducción de humedad deseada sin emplear un método que implicara la aplicación de altas temperaturas.



Las muestras fueron ordenadas en recipientes con 24 frascos cada uno (Figura 7). A ese lote se le agregó 200 g de silica gel aproximadamente. El gel de sílice usado en gránulos de dióxido de silicio fabricado sintéticamente a partir de silicato sódico, se usa como agente desecante para controlar la humedad local y evitar el deterioro del material. La silica contiene un indicador de color y cuando ha absorbido humedad cambia.



Figura 7. Recipiente hermético para almacén de café.

Cuando las muestras alcanzaron la humedad deseada (1-2 meses aprox.) se procedió a realizar la molienda, con un molino especial para café (Figura 9).

Las muestras se colocaron en el congelador un día antes y se quedaron aproximadamente 15 horas, esto porque los molinos se calientan fácilmente y se adhiere el café a las paredes y así, con las muestras frías, se evitó en gran medida esto. Los frascos con café se colocaron en una hielera con sustituto de hielo para conservar la temperatura baja mientras los granos fueron molidos (Figura 8).



Figura 8. Hielera y sustituto de hielo para tratamiento del café.



La molienda se llevó a cabo durante 2 a 3 minutos dependiendo de la dureza del grano. Los granos se colocaron en la parte superior del molino. Esta etapa en la preparación de la muestra fue muy importante, ya que se necesitaba tener un tamaño de partícula muy fino (0.05 micras) para poder llevar a cabo el análisis por NIRS.



Figura 9. Molino para café.

Las muestras una vez molida se acomodaron en unas celdas especiales para el análisis en el NIRS (Figura 10).



Figura 10. Celda para análisis de café con NIRS.



4.2 MÉTODOS

4.2.1 *Determinación de Humedad*

La determinación de hace por la pérdida de peso del material (perdida de humedad) a través del tiempo manteniéndose a una temperatura alta y constante, en ese caso 105°C. Esta disminución de humedad se realizaba aislando muestras en frascos dentro de un recipiente que contiene silica gel, la disminución de humedad fue 5% aproximadamente y se lograba en 1 mes aproximadamente, el inconveniente de utilizar este método fue porque se necesitan muestras de abril y mayo para el análisis y esto implicaría un aumento en el tiempo contemplado para la experimentación bastante grande, por lo que, en lugar de usar el método con sales se implementó el método de determinación de humedad por estufa basándose en la ISO 6673:2003 Green coffee, los resultados de la experimentación de encuentran en el ANEXO I.

4.2.2 *Calibración del equipo*

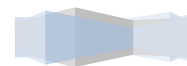
Para desarrollar un método analítico en el que se use la técnica NIRS es necesaria la calibración del mismo ya que permite al usuario recoger espectros de un juego de muestras con composiciones que varían extensamente.

Estos datos son recolectados a partir de longitudes de ondas y estas son procesadas usando diferentes técnicas de modelación matemática.

Cuando la información espectral es recolectada se hace una regresión matemática con los datos de las muestras conocidas y así se pueden obtener una serie de coeficientes

Para calibrarlo se empleó una celda con frijol de soya molido finamente (0.3 micras).

a) Equipo. Una vez acondicionadas las muestras fueron analizadas en un equipo de espectro de infrarrojo cercano marca FOSS NIRS SYSTEM, modelo 6500-M), la celda se coloca en el dispositivo y se procede a la obtención del espectro (Figura 10).



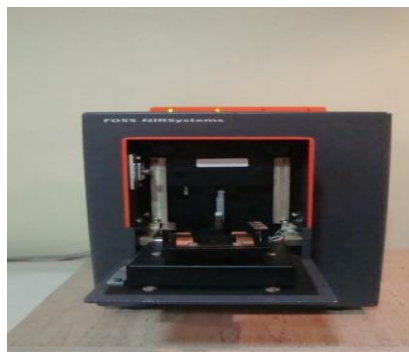


Figura 11. FOSS NIRS

b) Calibración del equipo. El instrumento NIRS no se “calibra” como una balanza donde las lecturas son ajustadas meramente hacia arriba o abajo a un valor estándar.

El instrumento debe ser capacitado para reconocer diferentes productos y elementos. Este proceso de “formación” se llama procedimiento de calibración, y en este punto yace el secreto del éxito de esta revolucionaria tecnología.

Para la calibración, un número de muestras son analizadas por métodos químico-analíticos tradicionales para determinar la composición real de las muestras. Cada una de éstas es colocada luego en el instrumento NIR, y se obtienen los valores de reflectancia de las diferentes longitudes de onda. Con la ayuda de un microcomputador y un software químico-métrico, la combinación de los resultados analíticos y los valores de reflectancia son transformados a las constantes de calibración. Este software es tan poderoso que debe tenerse gran cuidado, ya que no presenta simplemente una solución estadística, sino que realmente suministra una solución científica que puede ser verificada (Osborne, *et al.*, 1998).

Para desarrollar una nueva calibración o aún mantener las ya existentes, es importante primeramente procurarse físicamente de un grupo ideal de muestras. De cada producto, el conjunto de muestras procurado debe incluir muestras que representen tantas variaciones de los componentes analíticos y nutritivos con las que puedan contarse. Este grupo debe idealmente contener también muestras representando la variación natural que pueda darse. Esto incluye la variación en variedades de cultivos, áreas de crecimiento, condiciones y temporadas de crecimiento (Guerrero, *et al.*, 2007). Una vez procurado el grupo de muestras que cubra la mayor parte de las combinaciones, la mayoría de los programas de



software de calibración tienen una herramienta, la cual entonces ayuda a seleccionar además un sub-muestreo para preparar la calibración. Al desarrollar una calibración, se relaciona la información espectral con la información de referencia del laboratorio, definiendo entre otras cosas, el tratamiento matemático de los datos, el segmento del espectro a incluir y el método de regresión a emplear (Alomar y Fuchslocher, 1998).

c) Condiciones. La recolección de los espectros se llevó a cabo con el equipo. Se utilizan una celda circular con vidrio de cuarzo.

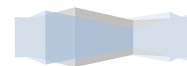
Al momento de la captura de los espectros la temperatura del ambiente promedio fue $23^{\circ}\text{C} \pm 2$.

El rango de longitud de onda comprende de 400 a 2,500nm en el espectro del infrarrojo cercano. La reflectancia de la muestra se midió en intervalos de 2nm, dando así 1050 datos de reflectancia por cada muestra. Los espectros obtenidos fueron almacenados en el software ISISCAN.

d) Tratamiento de los espectros. Se analizaron 508 muestras de café mexicano. La recolección de los espectros se hizo mediante el software ISISCAN. A partir de los espectros:

Se predijeron las características bioquímicas con ecuaciones de calibración del CIRAD mediante el software WINISI II.

El equipo se encontraba pre-calibrado para análisis de café, esto a raíz de estudios básicos que hizo el CIRAD en los años 90's cuando se aplicó por primera vez la tecnología NIRS al café. En esta investigación se aprovechó por primera vez esa tecnología establecida para explorar la posibilidad de discriminar muestras de café según el origen geográfico entre estados dentro de un mismo país y la calidad que posean cada uno.



4.2.3 Predicción del origen geográfico, perfil de calidad y tipo de cliente de diferentes muestras de café empleando la técnica NIRS mediante un análisis factorial discriminante.

Un análisis químico se realizó con la ayuda del equipo NIRS siendo el principal componente a analizar los lípidos. Una vez obtenidos los espectros se realizó un análisis factorial discriminante, ya que permite obtener una ecuación de predicción sobre la pertenencia a un grupo (origen geográfico y calidad). Para este análisis se tomó como variable cualitativa el origen geográfico y perfil de calidad de la muestra (estado) y como variable cuantitativa los datos de longitud de onda obtenidos de los espectros. Una matriz de confusión se obtuvo ya que se trató de probar el grado de acierto del modelo con un conjunto de datos de presencia que no se han utilizado para la creación del mismo.

Para conseguir este conjunto de datos se dividió en 2/3 para la estimación y 1/3 para la validación el número de ocurrencias iniciales de la muestra o sea contamos con dos paquetes de datos: uno para el entrenamiento del modelo (estimación) y otra para su evaluación (validación).

4.2.4 Determinar el perfil químico de las muestras de café mediante el análisis de los espectros obtenidos del NIRS para conocer la cantidad de materia grasa.

Para conocer el perfil químico, específicamente el contenido de materia grasa, se emplearon ecuaciones de predicción previamente establecidas por el CIRAD (Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo) y posteriormente un análisis de varianza, ya que este análisis sirvió para comparar si los valores de un conjunto de datos numéricos fueron significativamente distintos a los valores de otro o más conjuntos de datos, que en este caso serían los grupos al que pertenecen las diferentes muestras permitiendo así la diferenciación y descripción de dichos grupos basándose en la cantidad de lípidos que contengan y la diferenciación se representa dividiéndose en categorías A y B.



4.2.5 Tratamiento estadístico de resultados

Para el presente trabajo se realizaron dos tipos de análisis:

1.- Análisis Discriminante: el AD es un análisis multivariable que permite validar de manera estadística la estructuración en grupos a partir de varias variables descriptivas: en nuestro caso la absorción de cada longitud de onda de los espectros. Es un método que permite modelizar la pertenencia a un grupo de individuos en función de valores tomados por varias variables, y además de predecir el grupo más probable para un individuo, conociendo únicamente los valores de las variables que le caracterizan y las variables que describen a los individuos son inevitablemente variables cuantitativas, dado que los grupos son especificados por una variable cualitativa.

El AD enfoca un problema de identificación relacionado con la pregunta a cuál grupo, de entre varios, pertenece la variable o unidad estadística en observación. La idea de utilizar un AD es construir funciones lineales de las variables originales que discriminen y ayuden a tener probabilidades de pertenencia a un grupo, dichos grupos pueden estar definidos por la pertenencia a cierto estado, cliente o perfil de calidad.

El principio es dividir en dos el archivo principal que contiene toda la información de las variables: longitud de onda, estado, calidad y cliente.

El AD usa el primer archivo para definir una ecuación de predicción del grupo a partir de las longitudes de onda de los espectros, es la parte de estimación. El AD usa el segundo archivo para validar dicha ecuación prediciendo el grupo a partir del espectro NIRS y confrontar la clasificación con el grupo conocido. Es la parte de validación. El número importante es el porcentaje de buena clasificación por el AD en la parte de validación. El análisis se realizó usando el programa estadístico XLSTAT.

2.- Análisis de Varianza: el ANOVA comparará el valor promedio de una variable (materia grasa) de diferentes grupos (estado, cliente y calidad). Se usó el test de Newman-keuls con un nivel de confianza (0.05) para una diferencia estadísticamente significativa entre dos grupos.



5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Elaboración de base de datos de muestras de café de diferentes regiones

Con el fin de organizar las muestras de café en estudio se realizó una base de datos que incluyó todas las características y observaciones de las muestras de manera completa y clara ya que a partir de esta herramienta permite conocer el historial desde el origen geográfico, calidad y códigos asignados hasta el cliente contemplado y final.

La base de datos estuvo conformada por 508 muestras de las cuales 376 son de la primera cosecha (2009) y 132 de la segunda cosecha (2010).

La base de datos se organizó como se muestra en el Cuadro 9 en el cual se incluyen 2 ejemplos y en el anexo II se muestra la base de datos completa para muestras estudiadas.

Cuadro 9. Base de datos cosecha 2009 y 2010.

Código Amsa/Cirad	# Entrada	Cosecha	ESTADO	CLIENTE FINAL	Calidad Inicial
E001	ME-09-0795	2008-2009	CHIAPAS	ATUSA	PL
E002	ME-09-0803	2008-2009	CHIAPAS	SERENGETI TRADING	EXT

El código AMSA/CIRAD fue el número asignado a cada muestra dependiendo de la línea de investigación a la cual fue destinada.

El número de entrada fue el que otorga el Catador a todas aquellas muestras que provienen de los beneficios, dichas muestras fueron analizadas física y organolépticamente para enviarlas a los posibles clientes para una posterior venta.

La cosecha fue el año en el que se obtuvo el grano ya sea del periodo 2008-2009 ó 2009-2010.

El estado de donde proviene la muestra, fue un dato muy importante, ya que un objetivo del proyecto fue conocer el origen geográfico de distintas muestras de café y con esta

información de planteó hacer una diferenciación más específica como en el caso de regiones de un mismo estado.

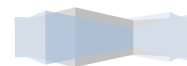
El cliente final fue aquel que adquiere finalmente la muestra. Al igual que el estado estos datos de los clientes son muy descriptivos e importantes ya que podemos elaborar un plan de trazabilidad y distribución de manera cualitativa tomando en cuenta las características que el cliente exige para su material.

La calidad fue la que se determina en matriz y es asignada por el catador.

5.2 Predicción del origen geográfico, perfil de calidad y tipo de cliente de diferentes muestras de café empleando la técnica NIRS mediante un análisis factorial discriminante.

Los espectros muestran una relación directa entre átomos C, O y N: en este caso hay una relación entre la intensidad de un pico relacionado a dichos enlaces y la cantidad de los mismos. Así mismo se puede determinar la concentración de un compuesto dado haciendo una regresión lineal de varios de los picos, la predicción de los lípidos realizada en esta investigación se hizo a partir de una regresión lineal de varios picos.

En la figura 12 se muestra los espectros recolectados de las diferentes muestras de café. En los espectros se encuentra una región visible que corresponde a vibraciones electrónicas que van desde 400 nm hasta 700 nm, dividida en 6 segmentos, así de 400 a 425, absorción violeta; de 425 a 492, absorción azul; 492 a 575, verde; de 575 a 585, amarillo; de 585 a 645, naranja; y de 645 a 700, rojo. La siguiente es la región del infrarrojo cercano cuya información de absorción presenta sobre tonos desde 700 nm a 1900 nm a 2500 nm; son bandas de combinación fundamentales de una o más bandas de sobre tonos. De las calibraciones infrarrojas, es decir de la corrección entre la señal espectral del barrido y el método químico, se obtiene el modelo matemático estadístico que relaciona ambos parámetros.



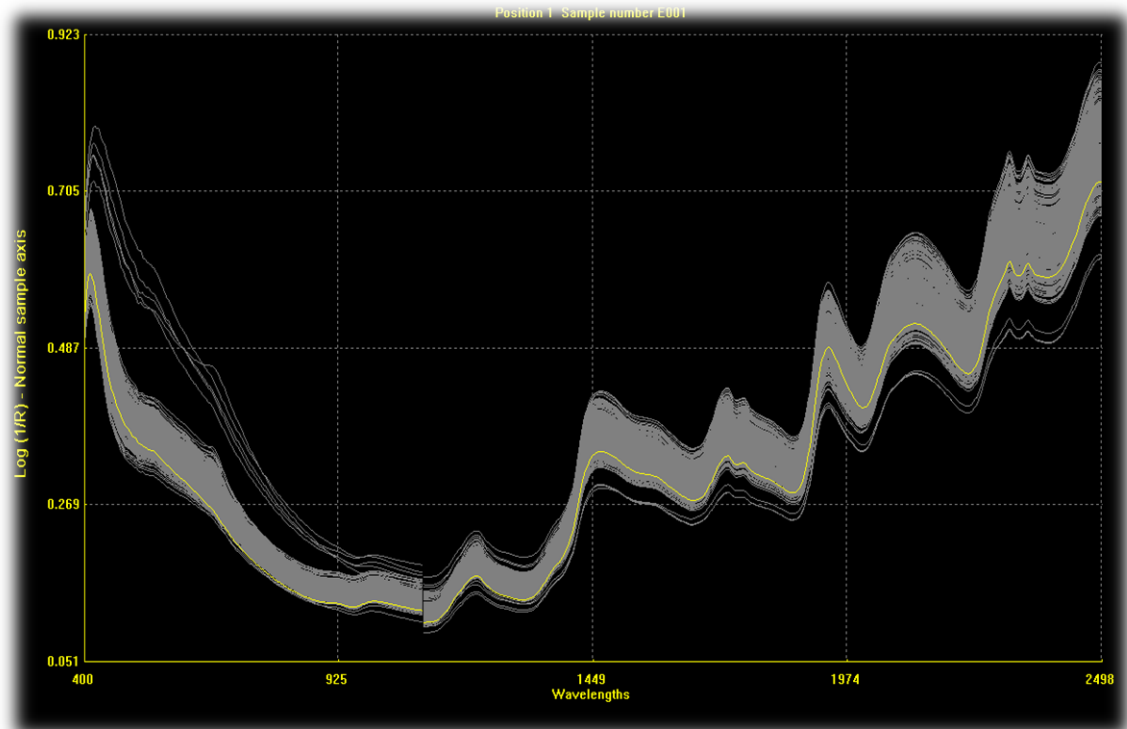


Figura 12. Espectros de las muestras cosecha 2009 y 2010.

5.2.1 Predicción del origen geográfico

Un análisis discriminante se realizó tomando como variable cualitativa el origen geográfico de la muestra (estado) y como variable cuantitativa los datos de longitud de onda obtenidos de los espectros, los análisis fueron los siguientes:

1. Para la cosecha 2009
2. Para las dos cosechas juntas 2009 y 2010
3. Y empleando la cosecha 2009 para la estimación y la 2010 para la predicción.

Los mejores resultados se obtuvieron para la cosecha 2009, la cual fue la que contenía un mayor número de muestras (376) y por tanto la base pudiera ser más sólida y así los resultados más confiables.



La estimación para la cosecha 2009 fue de un 98.25% esto indicó que de un universo de muestras representado por el 100 el 98.25% fue acertado y agrupado en forma correcta que en este caso sería por estado, solo tendríamos un error del 1.75%.

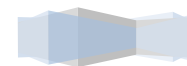
Para el análisis de ambas cosechas se obtuvo un 97.68% de aceptación y para ambos análisis el NIRS se aseguró que por lo menos el 84% de las muestras fueron verdaderamente de esos estados, indicando que solo un 16% máximo presentó una mala clasificación por parte del equipo pero esto puede ser adjudicable a :

- 1) Un error de trazabilidad en la base de datos de AMSA
- 2) A la cercanía de los estados.
- 3) Movimiento de café entre estados sin que se pueda comprobar.

Una matriz de confusión con las muestras empleadas en cada análisis se obtuvo ya que se trata de probar el grado de acierto del modelo con un conjunto de datos de presencia que no se han utilizado para la creación del mismo. Una matriz de confusión con las muestras empleadas en cada análisis se obtuvo ya que se trata de probar el grado de acierto del modelo con un conjunto de datos de presencia que no se han utilizado para la creación del mismo. Dicha matriz presenta una visión general tanto de las asignaciones correctas (% correcto) como de las migraciones o fugas que en este caso serían las muestras que no son clasificadas correctamente por el equipo.

Los cuadros 10, 11 y 12 muestran las matrices de confusión de validación por estado y cosecha. El cuadro 12 tiene suma importancia ya que representa la acumulación de datos para la construcción de la base de datos de AMSA a lo largo de los años. Este cuadro incluye nada más 2 años de cosecha y el porcentaje de buena clasificación fue de 84.17%, lo que fue excelente.

Con la tecnología NIRS se obtienen buenos resultados en la discriminación del origen geográfico lo hizo con bastante exactitud la base de datos 2009 contenía mayor número de muestras a comparación de la 2010 por ello los resultados fueron más útiles eso se confirma en los resultados de estimación y predicción de ambas cosechas ya que fueron los más altos.



Las matrices de confusión para la estimación del origen geográfico dieron los siguientes resultados:

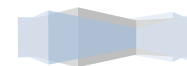
Cuadro 10. Matriz de confusión “VALIDACIÓN” por estado **COSECHA 2009**.

<i>De/a</i>	<i>Chiapas</i>	<i>Oaxaca</i>	<i>Puebla</i>	<i>Veracruz</i>	<i>TOTAL</i>	<i>(CORRECTO %)</i>
<i>Chiapas</i>	139	1	0	0	140	99.29
<i>Oaxaca</i>	1	17	0	0	18	94.44
<i>Puebla</i>	1	0	34	0	35	97.14
<i>Veracruz</i>	0	0	2	91	93	97.85
<i>TOTAL</i>	141	18	36	91	286	98.25

En el cuadro 11 se muestra el análisis discriminante empleando ambas cosechas y el porcentaje correcto fue menor que el de la cosecha 2009 esto porque los datos de esta cosecha fueron más certeros que la de 2010, tomando en cuenta que este último año no dio una cosecha tan buena como la de 2009 y esto hace que el café migre a regiones donde son mejor pagadas a los productores y se pierde la rastreabilidad del origen específico del café.

Cuadro 11. Matriz de confusión “VALIDACIÓN” por Estado **COSECHA 2009 y 2010**.

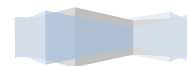
<i>De/a</i>	<i>Chiapas</i>	<i>Oaxaca</i>	<i>Puebla</i>	<i>Veracruz</i>	<i>TOTAL</i>	<i>(CORRECTO %)</i>
<i>Chiapas</i>	196	2	1	0	199	98.49
<i>Oaxaca</i>	3	20	0	1	24	83.33
<i>Puebla</i>	0	0	35	0	35	100
<i>Veracruz</i>	1	0	1	128	130	98.46
<i>TOTAL</i>	200	22	37	129	388	97.68



Cuadro 12. Matriz de confusión “ESTIMACIÓN” por Estado *COSECHA 2009 y 2010*.

<i>De/a</i>	<i>Chiapas</i>	<i>Oaxaca</i>	<i>Puebla</i>	<i>Veracruz</i>	<i>TOTAL</i>	<i>(CORRECTO %)</i>
<i>Chiapas</i>	60	3	4	1	68	88.24
<i>Oaxaca</i>	4	5	0	0	9	55.56
<i>Puebla</i>	2	0	5	0	7	71.43
<i>Veracruz</i>	1	0	4	31	36	86.11
<i>TOTAL</i>	67	8	13	32	120	84.17

Algunos estados tienen colindancia como son Veracruz con Puebla y Chiapas con Oaxaca, por lo que pudiera existir una confusión en la pertenencia a un grupo específico. Como se puede observar las muestras de los estados de Veracruz y Puebla están muy cercanas así como las de Chiapas y Oaxaca así que corresponde la estructura de los espectros con la geografía. En la figura 12 se observa que si hay una discriminación apreciable entre grupo, esto es muy favorable ya que el objetivo es precisamente la predicción del origen geográfico y al existir una buena diferenciación entre los grupos se puede lograr una buena predicción del estado al que pertenece una muestra.



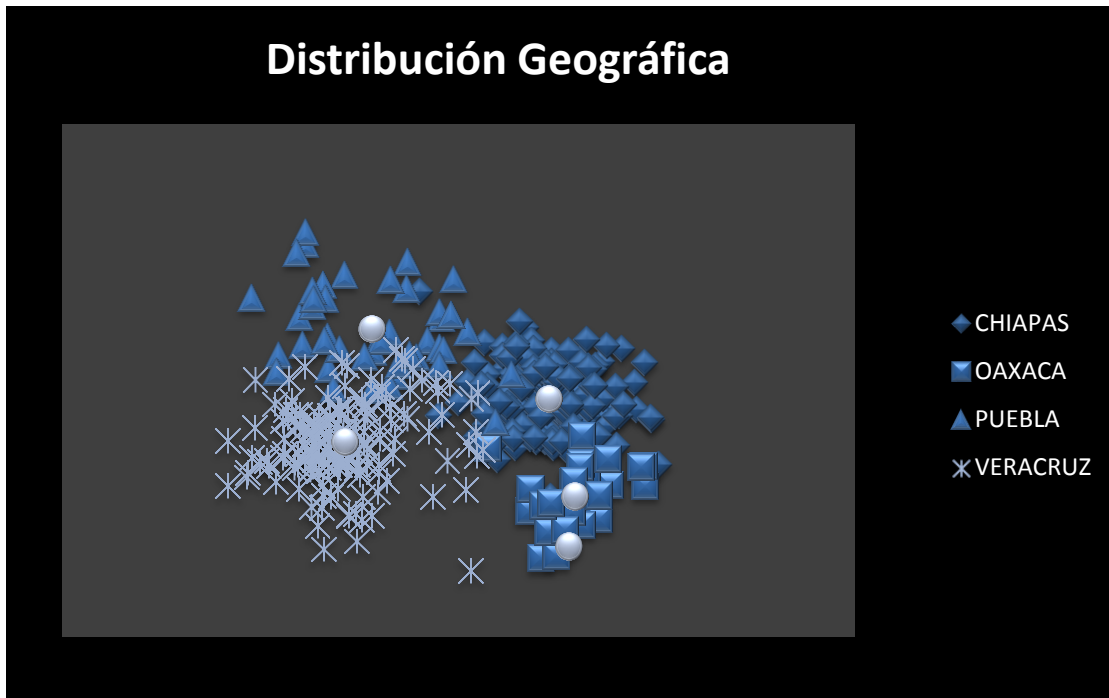


Figura 13. Distribución de muestras de ambas cosechas de acuerdo al origen geográfico.

La figura 14 es mucho más descriptiva y se aprecia ampliamente la diferenciación por estado.

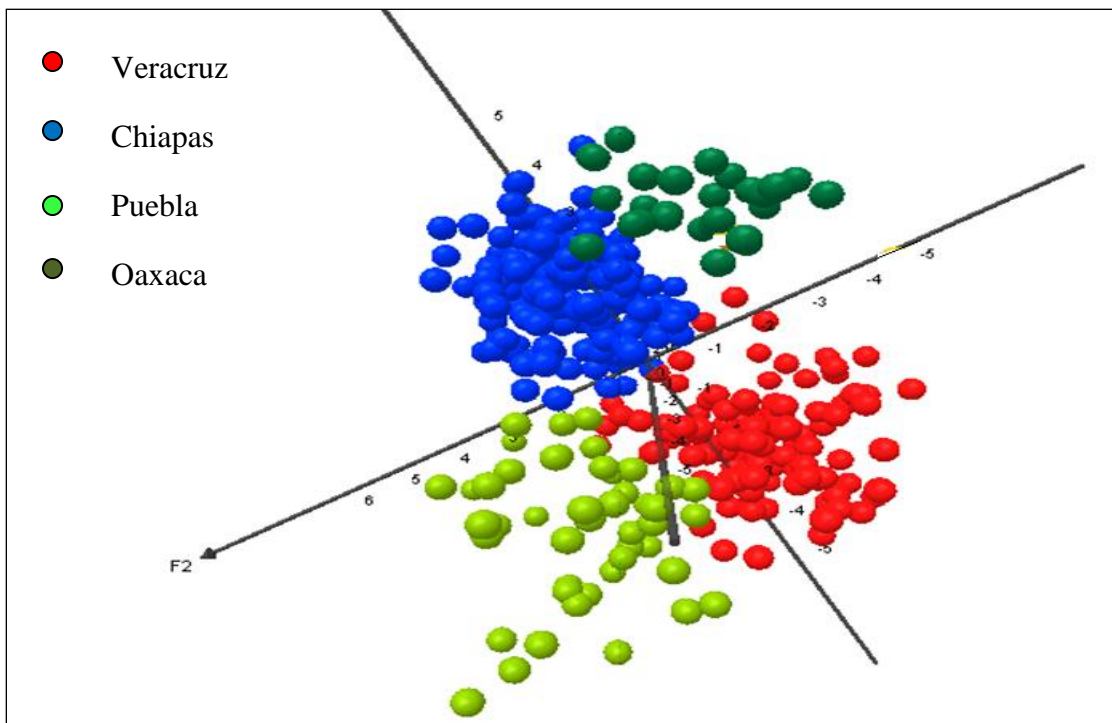


Figura 14. Distribución 3D de ambas cosechas de acuerdo al origen.



Esta figura es un poco más clara y descriptiva ya que como se veía anteriormente algunos estados por su cercanía pueden confundirse y en esta distribución se constata ya que la población roja y verde claro están muy pegadas y son precisamente 2 estados colindantes Veracruz- Puebla y finalmente los estados de Chiapas y Oaxaca tienen una cercanía en la población; sin embargo están bien diferenciados ya que no se están mezclando a pesar de ser estados colindantes.

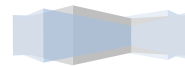
En aplicaciones prácticas estos resultados son muy significativos y de gran importancia, ya que se sabe que el índice de la calidad en café es precisamente el origen de dicha muestra, así mismo hay clientes que solo se enfocan en una región geográfica y esta investigación responde a la problemática del cliente (la cual se basa en una certificación del origen geográfico de los sacos de café que adquieren) por ejemplo, un cliente que tiene preferencia por el café de Chiapas no le va a interesar uno de Veracruz o de Oaxaca él quiere asegurarse de que su materia prima proceda del estado de su elección y no si viene de otro estado que el cliente no desea, y con el NIRS es posible tener una certificación de origen para el cliente y lo puede hacer con un 97% mínimo de confianza.

La técnica NIRS es una herramienta muy poderosa que puede jugar un papel muy importante en el área de control de calidad llevando a instituciones como AMSA y en general a México a tener mejor competitividad mediante el aseguramiento de la trazabilidad y la certificación de origen a los clientes, porque como ya se vio anteriormente es muy poderosa la capacidad de predicción.

5.2.2 Predicción del perfil de calidad

Pasando al análisis de perfil de calidad se realizó de la misma manera que el análisis por estado, realizándose un análisis discriminante tomando como variable cualitativa el perfil de calidad y como variable cuantitativa los datos de longitud de onda obtenidos de los espectros.

En la cosecha del café todos los factores agroambientales juegan un papel importante en la calidad final de producto, en este caso se vio reflejado entre una cosecha y otra, ya que la



tierra no se encontraba en las mismas condiciones, por lo que en un año se obtuvo mayor calidad y mayor volumen y en el año siguiente fue menor tanto para la calidad como para la cantidad. La recolección de frutos maduros es también una de las principales ventajas para obtener una calidad superior, pues se evita la mezcla de frutos en diferente estado de maduración esto también es porque el año “malo” al no producirse el mismo volumen el agricultor cosecha antes las cerezas (frutos verdes) y no se logra la completa maduración (frutos rojos) La presencia de un 2.5% o más de fruto verde en el café recolectado y beneficiado, afecta la calidad de la bebida. El fruto verde no despulpa completamente, y al secarse y trillarse se puede obtener grano inmaduro y negro que afecta la calidad física y organoléptica del café (Montagnon 2003).

El grupo HGEP incluye las dos mejores calidades que son la altura y la estrictamente altura, le sigue en orden descendente la calidad extra prima (EXT) y al final queda la prima lavado (PL).

La matriz de confusión mostró un buen porcentaje para la estimación de calidad, ya que este dato es algo impreciso debido a que es un poco subjetivo y depende básicamente del catador e indicó lo siguiente:

Cuadro 13. Matriz de confusión “VALIDACIÓN” por Calidad *COSECHA 2009*.

<i>De/a</i>	<i>PL</i>	<i>EXT</i>	<i>HGEP</i>	<i>TOTAL</i>	<i>(CORRECTO %)</i>
<i>PL</i>	114	3	8	125	91.20
<i>EXT</i>	9	33	7	49	67.35
<i>HGEP</i>	9	4	99	112	91.20
<i>TOTAL</i>	132	40	114	286	86.01

Nuevamente los resultados de la cosecha 2009 dieron porcentajes de buena clasificación más altos que la 2010, esto porque al ser la cosecha con menos rendimiento los frutos se cosechan antes de tiempo para obtener mayores volúmenes de venta por parte de los productores, esto implica que la calidad sea aún menor ya que el grano no alcanza una



madurez fisiológica adecuada para alcanzar los estándares de calidad y se ve reflejada en los siguientes resultados:

Cuadro 14. Matriz de confusión “VALIDACIÓN” por Calidad *COSECHA 2009 y 2010*

<i>De/a</i>	<i>PL</i>	<i>EXT</i>	<i>HGEP</i>	<i>TOTAL</i>	<i>(CORRECTO %)</i>
<i>PL</i>	118	8	9	135	87.41
<i>EXT</i>	14	32	20	66	48.48
<i>HGEP</i>	10	12	165	187	88.24
<i>TOTAL</i>	<i>142</i>	<i>52</i>	<i>194</i>	<i>388</i>	<i>81.19</i>

En el cuadro 15 el análisis discriminante se hizo para predecir la calidad de ciertas muestras lo que quiere decir que se puso a prueba el NIRS, con la base de datos se evaluó el grado de acierto que se puede lograr con esta tecnología y dio como resultado un 69% de buena clasificación en las dos cosechas lo cual fue muy inesperado, ya que como se comentaba anteriormente en la calidad influyen muchos factores y en cada cosecha se obtienen muestras diferentes, así que de todas las muestras que no se le dio la información al NIRS para crear su base estas fueron acertadas en un 69%. Quedando el grupo de altura y estrictamente altura como la mejor clasificada lo que es muy bueno para fines de exportación ya que con una prueba rápida podremos saber que muestras son las que poseen mejor calidad y serán las que mejor compitan en el mercado por su alta calidad.

Además el porcentaje correcto se mejorará a medida que se aumente la base de datos.

Cuadro 15. Matriz de confusión “ESTIMACIÓN” por Calidad *COSECHA 2009 y 2010*.

<i>De/a</i>	<i>PL</i>	<i>EXT</i>	<i>HGEP</i>	<i>TOTAL</i>	<i>(CORRECTO %)</i>
<i>PL</i>	29	5	8	42	69.05
<i>EXT</i>	4	2	12	18	11.11
<i>HGEP</i>	2	6	52	60	86.67
<i>TOTAL</i>	<i>35</i>	<i>13</i>	<i>72</i>	<i>120</i>	<i>69.17</i>

Los resultados de perfil de calidad no fueron tan altos como los obtenidos por estado, pero fueron muy significativos, ya que sí se logró una discriminación entre calidades y de hecho en los análisis de varianza se diferencia siempre la calidad prima lavado, que en este análisis era la de menor calidad en comparación a las otras, quedando estadísticamente iguales la extra prima y altura, para la cosecha 2009 las tres fueron iguales, ese año se dice fue una buena cosecha y en general todo el café fue de buena calidad en comparación de la cosecha 2010 que fue un mal año esto genera descontrol en la cosecha del café, ya que por cosechas sucesivas la maduración de las cerezas es heterogénea esto quiere decir que se recolectan tanto frutos maduros como verdes y se sabe que el mayor daño en cuanto a la calidad se refiere es producido por los granos obtenidos de cerezas verdes.

5.2.3 Predicción del tipo de cliente

Para este análisis se clasificaron los clientes más severos con “mayor exigencia en cuanto a la calidad” y comprando siempre de una región específica quedando en el grupo 2 este grupo es conformado por dos clientes. De igual modo el grupo 1 fue el conformado por los clientes que consumen diferentes calidades de café y diferentes regiones productoras.

El NIRS logró hacer una clara diferenciación de ambos grupos, para la cosecha 2009 y se obtuvo un 95.54% de aceptación, este dato fue muy significativo ya que es muy útil para la clasificación y trazabilidad del café teniendo la seguridad de estar mandando el café requerido a los clientes específicos de acuerdo a las exigencias de la compra. Los consumidores modernos son exigentes y quieren tener las garantías tanto de la calidad como de la autenticidad de sus productos y de las zonas específicas donde fue cultivado así como de las condiciones del proceso.



Las matrices dieron lo siguiente (Cuadros 16 y 17):

Cuadro 16. Matriz de confusión “VALIDACIÓN” por Cliente *COSECHA 2009*.

<i>De/a</i>	<i>Grupo 1</i>	<i>Grupo 2</i>	<i>TOTAL</i>	<i>(CORRECTO %)</i>
<i>Grupo 1</i>	2	6	8	25.00
<i>Grupo 2</i>	5	107	112	95.54
<i>TOTAL</i>	7	113	120	90.83

Al tener en el 2010 poco volumen de venta la calidad fue más heterogénea ya que se trata de vender lo mejor posible el café aunque no sea la mejor calidad haciendo que los compradores adquieran productos de calidades distintas. En 2009 hizo una buena clasificación pero en 2010 aparte de tener menos muestras, las calidades asignadas a los compradores no fueron las que deberían y esto afectó la buena clasificación por parte del equipo.

Cuadro 17. Matriz de confusión “VALIDACIÓN” por Cliente *COSECHA 2010*.

<i>De/a</i>	<i>Grupo 1</i>	<i>Grupo 2</i>	<i>TOTAL</i>	<i>(CORRECTO %)</i>
<i>Grupo 1</i>	5	2	7	71.43
<i>Grupo 2</i>	3	20	23	86.96
<i>TOTAL</i>	8	22	30	83.33

En el análisis de ambas cosechas el porcentaje correcto aumento, cabe mencionar que en este año las pocas muestras que hubieron fueron principalmente HGEP que son la mejor calidad y se ve como el grupo 2 que es el más estricto y exigente tuvo un porcentaje de buena clasificación del 99% lo que quiere decir que el NIRS hizo una excelente clasificación de muestras de alta calidad para clientes exigentes (Cuadro 18).



Cuadro 18. Matriz de confusión “VALIDACIÓN” por Cliente *COSECHA 2009 y 2010*.

<i>De/a</i>	<i>Grupo 1</i>	<i>Grupo 2</i>	<i>TOTAL</i>	<i>(CORRECTO %)</i>
<i>Grupo 1</i>	6	4	10	60.00
<i>Grupo 2</i>	1	99	100	99.00
<i>TOTAL</i>	7	103	110	95.45

5.3 Determinar el perfil químico de las muestras de café mediante el análisis de los espectros obtenidos del NIRS para conocer la cantidad de materia grasa que poseen como indicativo de calidad.

Los espectros de cada una de las muestras se analizaron para conocer el perfil químico, específicamente el contenido de materia grasa, para esto se emplearon ecuaciones de predicción previamente establecidas por el CIRAD (Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo), por lo que en los resultados siguientes se relacionan los grupos (estado, cliente y perfil de calidad) con la materia grasa de las muestras que pertenecen a esos grupos.

Estas ecuaciones se comportan como una ecuación de la línea recta $Y = mx + b$ donde la pendiente de la recta y la ordenada al origen son constantes que se obtuvieron después de analizar más de 3000 espectros de diferentes muestras de café recolectadas por el CIRAD alrededor del mundo y las variables X y Y son las características que hacen diferentes los espectros de cada muestra. Son ecuaciones cualitativas pero si se tiene una base de datos se podrá predecir una pertenecía a un grupo.

El análisis empleado fue un ANOVA, ya que este análisis de varianza sirve para comparar si los valores de un conjunto de datos numéricos son significativamente distintos a los valores de otro o más conjuntos de datos, que en este caso serían los grupos al que pertenecen las diferentes muestras permitiendo así la diferenciación y descripción de dichos grupos basándose en la cantidad de lípidos que contengan.



5.3.1 Análisis por estado

El análisis de varianza realizado mostró que las muestras con mayor materia grasa pertenecen al grupo del estado de Veracruz, mientras que el estado de Chiapas casi al final lo cual es interesante ya que el café de esta región es especialmente reconocido por su buena calidad (Cuadro 19). El mismo caso para el estado de Oaxaca que quedo por debajo de Veracruz pero estadísticamente igual a Chiapas, lo cual puede ser lógico debido a la cercanía de ambos estados así como la similitud en cuanto a las condiciones ambientales en las que se cultiva el café por ello el perfil químico de ambos estado puede ser muy similar. Este comportamiento fue similar al realizar el análisis de la cosecha 2009 y 2010 (Cuadro 20).

Cuadro 19. Análisis de varianza entre Estado y contenido de materia grasa (%) COSECHA 2009.

<i>Categoría</i>	<i>Media Estimada</i>	<i>Grupos</i>
<i>Veracruz</i>	15.806	A
<i>Oaxaca</i>	15.194	B
<i>Chiapas</i>	15.014	B
<i>Puebla</i>	14.221	C

Nivel de significancia: 0.05

Cuadro 20. Análisis de varianza entre Estado y contenido de materia grasa (%) COSECHA 2009 y 2010.

<i>Categoría</i>	<i>Media Estimada</i>	<i>Grupos</i>
<i>Veracruz</i>	15.806	A
<i>Oaxaca</i>	15.295	B
<i>Chiapas</i>	15.058	C
<i>Puebla</i>	14.204	D

Nivel de significancia: 0.05



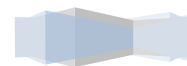
La igualdad estadística en Oaxaca y Chiapas como antes se mencionó puede estar relacionada con la cercanía, solo que en el caso de Veracruz y Puebla esa colindancia no se vio reflejada en este análisis. La calidad del café como se dijo está relacionada a muchos factores agroambientales y a pesar de que estos cuatro estados que se analizaron estén el mismo país, presentan condiciones ambientes totalmente diferentes y todos esos factores afectan directamente la calidad del café de ahí que por cada zona se obtienen diferentes perfiles de aroma y sabor en cada taza.

5.3.2 Análisis por perfil de calidad

Este análisis se hizo con respecto a la cantidad de materia grasa que contenían las muestras, ya que este compuesto químico es especialmente importante en cuanto a la calidad ya que los principales compuestos aromáticos son generados a partir de los lípidos.

En cada estado y/o zona de cultivo las condiciones agroambientales son diferentes por lo tanto el cultivo y la calidad y aunque hay unos estados que produzcan granos con mayor contenido lipídico no se puede decir que seas regiones que producen café de mayor calidad, ya que en esta investigación se comprueba que el contenido de materia grasa es un indicador de la calidad pero no es el único ya que hay otros factores que son igualmente importantes y en conjunto determinan realmente la calidad. Así que no se puede comparar un extra prima de Chiapas con uno de Oaxaca porque cada estado posee condiciones climatológicas y de cultivo que le dan el sabor final a una taza y el sabor se lo dan los azúcares y aceites naturales de cada grano.

Al realizarse el ANOVA se obtuvieron los resultados esperados para la cosecha 2009 (Cuadro 21).



Cuadro 21. Análisis de varianza entre Calidad y contenido de materia grasa COSECHA 2009.

<i>Categoría</i>	<i>Media Estimada</i>	<i>Grupos</i>
<i>PL</i>	15.177	A
<i>EXT</i>	15.418	A
<i>HGEP</i>	15.443	A

Nivel de significancia: 0.05

En la cosecha 2009 no hay diferencia estadística según el ANOVA a diferencia de la 2010, esto porque cada cosecha es diferente y en un año se obtiene mayor rendimiento y calidad que en el siguiente, este es el caso del 2009 por lo que la cosecha fue más homogénea y se observa en el porcentaje de lípidos ya que fue muy similar en cualquier categoría de calidad.

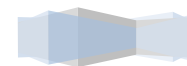
Para las cosecha 2010 (Cuadro 22) si hay diferencia ya que al haber poco café esté se clasifica de manera menos estricta tratando de obtener mayor cantidad de café de buena calidad, por lo que la clasificación por parte de los beneficios o del catador es más alta y así el café se comercializa con una calidad mayor a la que verdaderamente posee.

Cuadro 22. Análisis de varianza entre Calidades y contenido de materia grasa COSECHA 2010.

<i>Categoría</i>	<i>Media Estimada</i>	<i>Grupos</i>
<i>PL</i>	14.886	B
<i>EXT</i>	15.342	A
<i>HGEP</i>	15.499	A

Nivel de significancia: 0.05

En el cuadro 23 se muestra el ANOVA de las dos cosechas y las categorías se relacionan de la forma esperada ya que las mejores calidades (mayor contenido lipídico) fueron estadísticamente iguales y pasa lo mismo con las de menos calidad.



Cuadro 23. Análisis de varianza entre Calidades y contenido de materia grasa COSECHA 2009 y 2010.

<i>Categoría</i>	<i>Media Estimada</i>	<i>Grupos</i>
<i>PL</i>	14.906	<i>B</i>
<i>EXT</i>	15.357	<i>A</i>
<i>HGEP</i>	15.475	<i>A</i>

Nivel de significancia: 0.05

5.3.3 Análisis por tipo de cliente

De igual forma se realizó un análisis de varianza con respecto a la materia grasa pero ahora con el perfil del cliente, esto es importante ya que este estudio va enfocado a elaborar un plan de trazabilidad como estrategia comercial enfocada a ofrecer mejores servicios a los clientes asegurándoles que obtendrán café de la calidad deseada.

Nuevamente el NIRS demostró alta capacidad de predicción ya que precisamente el cliente GP es el más exigente en cuanto a la calidad aceptando solamente café estrictamente altura y de una región específica.

En el análisis se observó que varios clientes fueron estadísticamente iguales esto porque varios compradores adquieren café de diferentes calidades mayoritariamente es extra prima que es por decirlo de alguna manera una calidad intermedia.

En el cuadro 24 y 25 se muestra el ANOVA por cliente y contenido de materia grasa del café:

Cuadro 24. Análisis de varianza entre Cliente y contenido de materia grasa COSECHA 2009.

<i>Categoría</i>	<i>Media Estimada</i>	<i>Grupos</i>
<i>Grupo 1</i>	15.144	<i>A</i>
<i>Grupo 2</i>	15.920	<i>B</i>

Nivel de significancia: 0.05



Cuadro 25. Análisis de varianza entre Cliente y contenido de materia grasa COSECHA 2009 Y 2010.

<i>Categoría</i>	<i>Media Estimada</i>	<i>Grupos</i>
<i>Grupo 1</i>	15.167	A
<i>Grupo 2</i>	15.867	B

Nivel de significancia: 0.05

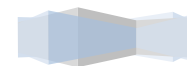
En los cuadros 24 y 26 los resultados muestran que el NIRS fue capaz de hacer una buena diferenciación de la calidad que se asigna a cada grupo dependiendo de las necesidades de los mismos, lo que conlleva a tener una certeza por parte de los clientes que empleando esta tecnología como un análisis establecido en el control de calidad podrán estar seguros de estar adquiriendo un producto que va de acuerdo a sus exigencias.

Cuadro 26. Análisis de varianza entre Cliente y contenido de materia grasa COSECHA 2010.

<i>Categoría</i>	<i>Media Estimada</i>	<i>Grupos</i>
<i>Grupo 1</i>	15.247	A
<i>Grupo 2</i>	15.841	B

Nivel de significancia: 0.05

El cuadro 27 muestra un análisis entre los clientes más estrictos que se encuentran en ambas cosechas (grupo 2) por tanto son clientes que adquieren café todos los años y en alto volumen, pero consumen diferentes calidades y solo algunos de regiones muy específicas como el cliente GP, los demás compran café de diferentes calidades siendo menos exigentes en comparación del primero. En el caso de los clientes el NIRS hace una buena diferenciación de las exigencias del cliente en función de un parámetro de calidad como lo es la materia grasa pudiendo así clasificar mejor las muestras dependiendo de sus calidades y las exigidas por el cliente. En el siguiente cuadro se presentaron los cuatro clientes más exigentes, se presentan solo las iniciales de los clientes ya que es información privada de AMSA.



Cuadro 27. Análisis de varianza entre Cliente específico y contenido de materia grasa
COSECHA 2009 Y 2010.

<i>Categoría</i>	<i>Media Estimada</i>	<i>Grupos</i>
<i>GP</i>	<i>15.861</i>	<i>A</i>
<i>ST</i>	<i>15.313</i>	<i>B</i>
<i>AC</i>	<i>15.125</i>	<i>B C</i>
<i>AT</i>	<i>14.916</i>	<i>C</i>

Nivel de significancia: 0.05

Con estos datos se puede elaborar un plan de trazabilidad y de aseguramiento de calidad a los clientes ya que mediante estos análisis se puede conocer el perfil que busca un cliente y sabiendo que grupo (estado) cumple con esas condiciones será más fácil proporcionarles un café que cumpla con sus expectativas y asegurándoles la autenticidad del mismo.



6. CONCLUSIONES

1. Es posible hacer una discriminación por estados para la cosecha 2009, ya que los resultados de los análisis dieron los mejores resultados siendo esta base de datos la más viable para la predicción del origen geográfico de una muestra específica. Los análisis de predicción de la cosecha 2010 a partir de la 2009 aún no son sólidos ya que se tienen pocas muestras para la última cosecha y esto hace menos precisos los resultados. Teniendo una base con mayor número de muestras para todos los estados y de la cosecha 2010 será posible tener una buena discriminación de acuerdo al origen geográfico.

Es posible discriminar por calidades, al igual que por estado la cosecha 2009 fue la que mejor se discriminó pero la 2010 no fue tan certera por la poca cantidad de muestras y por las condiciones de madurez de la cereza ya que como se explicó antes afecta fuertemente a la calidad final.

2. La discriminación por clientes no fue muy favorable, pero se obtiene buenos resultados cuando se hacen diferenciaciones entre grupos dependiendo de las exigencias de calidad de cada uno.

La materia grasa fue sin duda un indicador de la calidad del grano pero es relativa ya que intervienen diversos componentes químicos además de los lípidos, así como, las cualidades propias de cada región dándole al café ciertas notas de sabor que son totalmente diferenciables uno del otro pero aunque un estado tenga mayor contenido de lípidos que otro eso no asegura que ese café es de mayor calidad y las diferenciaciones que se hacen de calidad son por un estado en particular y no son comparativas con otros estados.

- a) Los resultados del análisis por calidades resultan muy efectivos para la clasificación y selección de muestras de café que son enviadas a clientes muy específicos siendo estos los más severos y exigentes en cuanto a la calidad de su producto ya que haciendo un sencillo y rápido análisis con el NIRS, además

de la calificación del catador, se podrán enviar con toda seguridad muestras a clientes que buscan café con cualidades especiales.

- b) La calidad del café está relacionada fuertemente con la región productora y se puede hacer una descripción de los grupos o estados en función del perfil químico que poseen, siendo este diferente para cada estado por tanto habrá una diferenciación también en cuanto a la calidad que cada estado produce (mapa de regiones productoras y calidad obtenida).
- c) Con los resultados obtenidos se puede elaborar un plan de trazabilidad como estrategia comercial para asegurar la autenticidad y calidad del café mexicano, siendo esto una ventaja potencial para AMSA. Es una excelente oportunidad para mejorar la competitividad del café de México a través de una garantía de origen y calidad.



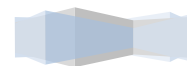
7. RECOMENDACIONES

1. Tener una base de datos más representativa en cuanto al número de muestras por estado, ya que estados como Puebla y Oaxaca tenían muy pocas muestras cada uno a diferencia de Veracruz que es el que posee el mayor número de muestras.
2. En cuanto a la calidad también sería bueno tener más homogeneidad ya que la prima lavado y altura fueron las más abundantes y no había una buena proporcionalidad en cuanto a las demás calidades.
3. Analizar granos en las mejores condiciones de cultivo y sobre todo de madurez fisiológica para que esto no afecte análisis en cuanto a la calidad.

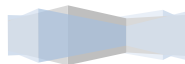


8. REFERENCIAS

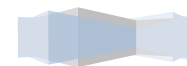
- Avelino, J. (2005). Iniciar un proceso de reconocimiento de Indicaciones Geográficas Protegidas y Denominaciones de Origen Protegidas en café en Centroamérica. IICAPROMECAFE/ CIRAD. Francia. 9p
- Batten, G.D. (1998). An appreciation of the contribution of NIR to agriculture. *J. Near Infrared Spectroscopy*. 6:105-114.
- Bicchi, C.P., Ombretta, M.P., Pellegrino, G., Vanni, A.C. (1997). Characterization of roasted coffee and coffee beverages by solid phase microextraction-gas chromatography and principal component analysis, *J.Agric. Food Chem.* 45: 4680-4686.
- Centro de Estudios de las Finanzas Públicas. (2001). El Mercado del Café en México. Fecha de consulta: 8 de julio de 2011. Disponible en: <http://www.cefp.gob.mx/intr/edocumentos/pdf/cefp/cefp0542001.pdf>
- Clifford, M.N. (1975). The composition of green and roasted coffee beans. *Proc biochem* 10, 22-23.
- Cozzolino, D. Fassio, A. Fernández, E. (2002). Uso de la espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano para el análisis de ensilaje de maíz. *Agric. Téc.*, 63 (4): 387-393.
- Cozzolino D. (2002). Uso de la espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) en el análisis de alimentos para animales. *Agrociencias.*, 6 (2): 25-32. Uruguay.
- Davrieux, F., Manez, J.C., Durand, N. y Guyot, B. (2004). Determination of the content of six major biochemical compounds of green coffee using NIRS. *NIR Publications*. Near Infrared Spectroscopy: proceedings of the 11th International Conference.
- Dicum, G. (1999). *The Coffee Book*. Norton & Co Inc. Canada.
- Federación Española de Café. (2004). Fecha de Consulta: 8 de Junio de 2011. Disponible en: <http://www.federacioncafe.com/Publico/ElCafe/TuesteNatural.asp>



- Feria-Morales A. (2002). Examining the case of green coffee to illustrate the limitations of grading systems/expert tasters in sensory evaluation for quality control. *Food quality and preference*. 13 355-357.
- Frega, N., Bocci, F., Lercker, G. (1995). Determinazione del caffè robusta nelle miscele commerciali con l'arabica, *Indust. Aliment.* 24 705-708.
- Gonzalez A.G., Pablos F., Martin M.J., Leon-Camacho M., Valdenebro M.S. (2001). HPLC analysis of tocopherols and triglycerides in coffee and their use as authentication parameters. *Food Chem* 73 93-201.
- Guerrero, C., Mataix-Solera, J., Arcenteguir, V, Mataix-Beneyto, J y Gómez, I. (2007). Near-infrared spectroscopy to estimate the maximum temperature reached on Burneo soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 71(3):1029-1037
- Gutiérrez Maydata A. (2002). Café, antioxidantes y protección a la salud. *MEDISAN*; 6 (4).
- ISO 6673, (2003). Green coffee: Determination of loss in mass at 105 degrees C. Fecha de Consulta: 8 de Junio de 2011. Disponible en : http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=38375
- Martin, M.J., Pablos, F., Gonzalez, A.G. (1999). Characterization of arabica and robusta coffee varieties and mixture resolution according to their metal content. *Food Chem.* 66 p. 365-370.
- Martin, M.J., Pablos, F., Gonzalez, A.G. (1998). Discrimination between arabica and robusta green coffee varieties according to their chemical composition. *Talanta* 46: 1259-1264.
- Martin, M.J., Pablos, F., Gonzalez, A.G., Valdenebro, M.S., Leon-Camacho, M. (2001). Fatty acid profiles as discriminant parameters for coffee varieties differentiation. *Talanta* 54: 291-297.
- Moguel, P., Toledo, V.M. (1999), "Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico", *Conservation Biology* 13 (1):11-21.
- Montagnon, C. (2003). Coffee: Terroirs and quality. Ediciones Quae. 1ª Edicion. Francia.



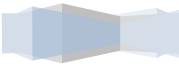
- Monroig, M. (2011). Ecos del Café. Fecha de Consulta: 8 de Junio de 2011. Disponible en: academic.uprm.edu/mmonroig/id51.htm.
- NOM-149-SCFI-2001. Café Veracruz-Especificaciones y métodos de prueba. Norma Oficial Mexicana.
- NMX-F-107-SCFI-2008. Café Verde en Sacos - Muestreo. Norma Mexicana.
- NMX-F-129-SCFI-2008. Café Verde – Preparación de las Muestras para su uso en análisis sensorial. Norma Mexicana.
- NMX-F-158-SCFI-2008. Café Verde – Inspección olfativa y visual – Determinación de defectos y materia extraña. Norma Mexicana.
- NMX-F-162-SCFI-2008. Café Verde – Tabla de referencia de defectos. Norma Mexicana.
- NMX-F-176-SCFI-2008. Café Verde – Determinación de la pérdida de masa a 105° C – Método de prueba. Norma Mexicana
- NMX-F-586-SCFI-2008. Café y sus productos – Vocabulario – Términos y definiciones. Norma Mexicana.
- NMX-F-551-SCFI-2008. Café Verde – Especificaciones, preparaciones y evaluación sensorial. Norma Mexicana.
- NMX-F-177-SCFI-2009. Café Verde de Especialidad – Especificaciones, clasificación y evaluación sensorial. Norma Mexicana.
- NMX-F-552-SCFI-2009. Café Verde Descafeinado – Especificaciones y Métodos de Prueba. Norma Mexicana
- Oatway, L., Helm, JH. (1999). The use of near infrared reflectance spectroscopy to determine quality characteristics in whole grain barley. *Food and Rural Development* Lacombe AB Canada T4L 1W8.
- Osborne, B.G., Fearn, T. and Hindle, P.H. (1998). Practical NIR spectroscopy with applications in food and beverage analysis. Longman Scientific & Tecnical. UK.
- PROFECO. (2001). Calidad de café tostado, en grano o molido. *Revista del Consumidor* No. 289 Fecha de Consulta: 8 de Junio de 2011. Disponible en: http://www.profeco.gob.mx/revista/pdf/est_01/Cafe.pdf.



- Vaast P, Cilas C, Perriot JJ, Davriex F, Guyot B, Bolaño M. (2004). Mapping of coffee quality in Nicaragua according to regions, ecological conditions and farm management. Fecha de Consulta: 8 de Junio de 2011. Disponible en : <http://csusap.csu.edu.au/~robrien/papers/LaederachEtAl2006.pdf>
- Viani, R. (1988). Physiologically active substances in coffee. *Eds. Coffee*. Vol 3: Physiology. London. Elsevier; 1988. p. 1-31.
- Viani R, Illy A. 2005. Espresso coffee, second Edition: The science of quality. Blackwell science. Italia. 367p.
- Waridel, L., y St Pierre, E., (2002). Coffee with Pleasure: Just Java and World Trade. Black Rose Book. 194pp. Canada.
- Wikipedia 2011.Fecha de Consulta: 8 de Junio de 2011. Disponible en: es.wikipedia.org/wiki/Archivo:coffee_bean_structure.svg



ANEXO I



Perdida de masa (ISO 6673:2003 E)							
105°C / 16 h							
Hr	Tiempo (hr)	# de charola	muestra Cira	m0 (gr)	m1 (gr)	m2 (gr)	Humedad perdida
05:00 a.m.	0						
07:00 a.m.	2	1	S1	10.71	20.72	20.32	4.00
09:00 a.m.	4	2	S2	10.79	20.75	20.25	5.02
10:30 a.m.	5.5	3	S3	10.78	20.78	20.22	5.60
12:00 a.m.	7	4	S4	11.14	21.1	20.5	6.02
01:00 p.m.	8	5	S5	10.92	20.95	20.33	6.18
02:00 p.m.	9	6	S6	11	20.99	20.33	6.61
03:00 p.m.	10	7	S7	10.69	20.69	20.027	6.63
04:00 p.m.	11	8	S8	10.82	20.86	20.19	6.67
05:00 p.m.	12	9	S9	11.04	21.01	20.32	6.92
06:00 p.m.	13	10	S10	10.76	20.78	20.08	6.99
07:00 p.m.	14	11	S11	10.96	20.96	20.26	7.00
08:00 p.m.	15	12	S12	11.15	21.16	20.46	6.99
09:00 p.m.	16	13	S13	10.87	20.84	20.12	7.22
09:00 p.m.	16	14	S14	10.94	20.94	20.21	7.30
09:00 p.m.	16	15	S15	11.07	21.09	20.37	7.19
						PROMEDIO	7.24
05:00 a.m.	0						
07:00 a.m.	2	16	H1	11.25	21.23	20.56	6.71
09:00 a.m.	4	17	H2	11.04	20.05	19.32	8.10
10:30 a.m.	5.5	18	H3	10.94	20.92	20.06	8.62
12:00 a.m.	7	19	H4	11.01	21.03	20.11	9.18
01:00 p.m.	8	20	H5	10.93	20.99	20.06	9.24
02:00 p.m.	9	21	H6	9.92	19.93	18.98	9.49
03:00 p.m.	10	22	H7	10.56	20.54	19.57	9.72
04:00 p.m.	11	23	H8	10.34	20.37	19.39	9.77
05:00 p.m.	12	24	H9	10.51	20.55	19.56	9.86
06:00 p.m.	13	25	H10	10.6	20.63	19.66	9.67
07:00 p.m.	14	26	H11	10.49	20.45	19.46	9.94
08:00 p.m.	15	27	H12	10.75	20.74	19.72	10.21
09:00 p.m.	16	28	H13	10.45	20.48	19.45	10.27
09:00 p.m.	16	29	H14	11.05	21.07	20.04	10.28
09:00 p.m.	16	30	H15	10.97	20.98	19.96	10.19
						PROMEDIO	10.25
05:00 a.m.	0						
07:00 a.m.	2	31	R1	10.67	20.63	19.67	9.64
09:00 a.m.	4	32	R2	11.04	21.07	19.98	10.87
10:30 a.m.	5.5	33	R3	10.89	20.93	19.75	11.75
12:00 a.m.	7	34	R4	10.73	20.74	19.51	12.29
01:00 p.m.	8	35	R5	10.37	20.44	19.21	12.21
02:00 p.m.	9	36	R6	10.67	20.88	19.58	12.73
03:00 p.m.	10	37	R7	10.61	20.79	19.48	12.87
04:00 p.m.	11	38	R8	10.81	20.88	19.58	12.91
05:00 p.m.	12	39	R9	10.73	20.71	19.4	13.13
06:00 p.m.	13	40	R10	10.65	20.63	19.33	13.03
07:00 p.m.	14	41	R11	10.87	20.87	19.55	13.20
08:00 p.m.	15	42	R12	11.24	21.31	19.98	13.21
09:00 p.m.	16	43	R13	11.08	21.18	19.83	13.37
09:00 p.m.	16	44	R14	10.84	20.7	19.4	13.18
09:00 p.m.	16	45	R15	10.91	20.85	19.55	13.08
						PROMEDIO	



ANEXO II



Codigo Amsa/Cirad	# Entrada	Cosecha	ESTADO	CLIENTE FINAL	Calidad Inicial
E001	ME-09-0795	2008-2009	CHIAPAS	ATUSA	PL
E002	ME-09-0803	2008-2009	CHIAPAS	SERENGETI TRADING	EXT
E003	ME-09-0679	2008-2009	CHIAPAS	S/R	EXT
E004	ME-09-0792	2008-2009	VERACRUZ	INTERCAFE	EXT
E005	ME-09-0729	2008-2009	CHIAPAS	INTERCAFE	PL
E006	ME-09-0726	2008-2009	CHIAPAS	ATUSA	PL
E007	ME-09-0676	2008-2009	CHIAPAS	N.V. SUPREMO	PL
E008	ME-09-0799	2008-2009	VERACRUZ	ECOM	PL
E009	ME-09-0734	2008-2009	CHIAPAS	N.V. SUPREMO	EXT
E010	ME-09-0777	2008-2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E011	ME-09-0725	2008-2009	CHIAPAS	ATUSA	PL
E012	ME-09-0723	2008-2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E013	ME-09-0720	2008-2009	CHIAPAS	ATUSA	PL
E014	ME-09-0724	2008-2009	VERACRUZ	ATUSA	EXT
E015	ME-09-0800	2008-2009	VERACRUZ	INTERCAFE	PL
E016	ME-09-0796	2008-2009	CHIAPAS	ATUSA	PL
E017	ME-09-0702	2008-2009	PUEBLA	ATUSA	PL
E018	ME-09-0774	2008-2009	VERACRUZ	INTERCAFE	PL
E019	ME-09-0695	2008-2009	VERACRUZ	CAFÉ LA FUENTE	RL
E020	ME-09-0751	2008-2009	CHIAPAS	ATUSA	PL
E021	ME-09-0802	2008-2009	VERACRUZ	ECOM	EXT

E022	ME-09-0778	2008-2009	CHIAPAS	mitsui	EXT
E023	ME-09-0657	2008-2009	PUEBLA	LOEFBERGS	PL
E024	ME-09-0733	2008-2009	CHIAPAS	N.V. SUPREMO	EXT
E025	ME-09-0722	2008-2009	CHIAPAS	ATUSA	PL
E026	ME-09-0730	2008-2009	CHIAPAS	BKI KAFFE	PL
E027	ME-09-0797	2008-2009	CHIAPAS	ATUSA	PL
E028	ME-09-0701	2008-2009	PUEBLA	ATUSA	PL
E029	ME-09-0727	2008-2009	CHIAPAS	ATUSA	PL
E030	ME-09-0716	2008-2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E031	ME-09-0707	2008-2009	CHIAPAS	CAFÉ EQUIS	EXT
E032	ME-09-0765	2008-2009	CHIAPAS	BKI KAFFE	PL
E033	ME-09-0728	2008-2009	CHIAPAS	ATUSA	PL
E034	ME-09-0678	2008-2009	CHIAPAS	ECOM	MAR
E035	ME-09-0713	2008-2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E036	ME-09-0712	2008-2009	VERACRUZ	ASCI	PL
E037	ME-09-0776	2008-2009	PUEBLA	IND. MARINO	PL
E038	ME-09-0789	2008-2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E039	ME-09-0714	2008-2009	VERACRUZ	CAFÉ DEL PACIFICO	PL
E040	ME-09-0677	2008-2009	CHIAPAS	ECOM	HGEP
E041	ME-09-0801	2008-2009	CHIAPAS	TAYLORS OF HARROGATE	HGEP
E042	ME-09-0731	2008-2009	CHIAPAS	TAYLORS OF HARROGATE	HGEP
E043	ME-09-0742	2008-2009	CHIAPAS	DISAMEX	HGEP
E044	ME-09-	2008-	CHIAPAS	KENCAF IMPORTING	HGEP

	0743	2009			
E045	ME-09-0717	2008-2009	VERACRUZ	ASCI	HGEP
E046	ME-09-0706	2008-2009	VERACRUZ	CAFÉ EQUIS	HGEP
E047	ME-09-0710	2008-2009	OAXACA	ROYAL COFFEE	HGEP
E048	ME-09-0745	2008-2009	OAXACA	FALCON COMMODITIES	HGEP
E049	ME-09-0711	2008-2009	OAXACA	ROYAL COFFEE	EXT
E050	ME-09-0740	2008-2009	CHIAPAS	TCHIBO	HGEP
E051	ME-09-0721	2008-2009	CHIAPAS	LIST & BEISLER	HGEP
E052	ME-09-0736	2008-2009	CHIAPAS	STARBUCKS	HGEP
E053	ME-09-0735	2008-2009	CHIAPAS	NESTLE	HGEP
E054	ME-09-0746	2008-2009	CHIAPAS	ROYAL COFFEE	HGEP
E055	ME-09-0769	2008-2009	CHIAPAS	CAFÉ EQUIS	HGEP
E056	ME-09-0715	2008-2009	CHIAPAS	TCHIBO	HGEP
E057	ME-09-0768	2008-2009	CHIAPAS	CAFES VALLADOLID	HGEP
E058	ME-09-0732	2008-2009	CHIAPAS	TCHIBO	HGEP
E059	ME-09-0798	2008-2009	CHIAPAS	LOEFBERGS	HGEP
E060	ME-09-0782	2008-2009	CHIAPAS	STARBUCKS	HGEP
E061	ME-09-0737	2008-2009	CHIAPAS	STARBUCKS	HGEP
E062	ME-09-0753	2008-2009	CHIAPAS	STARBUCKS	HGEP
E063	ME-09-0779	2008-2009	CHIAPAS	STARBUCKS	HGEP
E064	ME-09-0772	2008-2009	CHIAPAS	MITSUI	HGEP
E065	ME-09-0767	2008-2009	CHIAPAS	INTERCAFE	HGEP
E066	ME-09-0773	2008-2009	CHIAPAS	CAFÉ LA FUENTE	HGEP

E067	ME-09-0794	2008-2009	CHIAPAS	ATUSA	EXT
E068	ME-09-0889	2008/2009	OAXACA	PEERLESS COFFEE	HGEP
E069	ME-09-0882	2008/2009	OAXACA	COFFEE RESOURCES	HGEP
E070	ME-09-0867	2008/2009	VERACRUZ	DISAMEX	HGEP
E071	ME-09-0936	2008/2009	CHIAPAS	ZOEGAS KAFFE	HGEP
E072	ME-09-0887	2008/2009	CHIAPAS	ASCI	HGEP
E073	ME-09-0921	2008/2009	OAXACA	ECOM	HGEP
E074	ME-09-0920	2008/2009	VERACRUZ	ECOM	HGEP
E075	ME-09-0904	2008/2009	VERACRUZ	CAFES MOKA	HGEP
E076	ME-09-0850	2008/2009	VERACRUZ	ROYAL COFFEE	HGEP
E077	ME-09-0913	2008/2009	OAXACA	CAFES MOKA	HGEP
E078	ME-09-0932	2008/2009	CHIAPAS	ECOM	HGEP
E079	ME-09-0937	2008/2009	CHIAPAS	STARBUCKS	HGEP
E080	ME-09-0886	2008/2009	CHIAPAS	RUCQUOY FRERES	MAR
E081	ME-09-0909	2008/2009	CHIAPAS	STARBUCKS	HGEP
E082	ME-09-0912	2007-2008	TEPIC	DESCAMEX	PL
E083	ME-09-0881	2008/2009	CHIAPAS	INTERCAFE	HGEP
E084	ME-09-0943	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	PL
E085	ME-09-0890	2008/2009	PUEBLA	ICS COFFEE TEA	PL
E086	ME-09-0918	2008/2009	VERACRUZ	DECOTRADE AG	PL
E087	ME-09-0808	2008-2009	PUEBLA	ECOM	PL
E088	ME-09-0894	2008/2009	PUEBLA	ATUSA	PL
E089	ME-09-	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL

	0942				
E090	ME-09-0891	2008/2009	PUEBLA	ICS COFFEE TEA	PL
E091	ME-09-0897	2008/2009	PUEBLA	ATUSA	PL
E092	ME-09-0870	2008/2009	VERACRUZ	DISAMEX	PL
E093	ME-09-0810	2008-2009	PUEBLA	ECOM	PL
E094	ME-09-0880	2008/2009	VERACRUZ	ASCI	EXT
E095	ME-09-0809	2008-2009	PUEBLA	ECOM	PL
E096	ME-09-0804	2008-2009	VERACRUZ	ECOM	EXT
E097	ME-09-0878	2008/2009	VERACRUZ	ASCI	PL
E098	ME-09-0883	2008/2009	OAXACA	ECOM	HGEP
E099	ME-09-0916	2008/2009	VERACRUZ	SWISS GOURMET	PL
E100	ME-09-0877	2008/2009	VERACRUZ	ASCI	PL
E101	ME-09-0908	2007-2008	CHIAPAS	CAFES MOKA	MAR
E102	ME-09-0895	2008/2009	VERACRUZ	DISAMEX	EXT
E103	ME-09-0907	2008/2009	CHIAPAS	CAFES MOKA	MAR
E104	ME-09-0868	2008/2009	VERACRUZ	DISAMEX	EXT
E105	ME-09-0879	2008/2009	VERACRUZ	ASCI	PL
E106	ME-09-0856	2008/2009	OAXACA	DISAMEX	EXT
E107	ME-09-0938	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E108	ME-09-0919	2008/2009	CHIAPAS	KENCAF IMPORTING	EXT
E109	ME-09-0853	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	PL
E110	ME-09-0859	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	EXT
E111	ME-09-0869	2008/2009	VERACRUZ	DISAMEX	PL

E112	ME-09-0939	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E113	ME-09-0940	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E114	ME-09-0873	2008/2009	VERACRUZ	INTERCAFE	PL
E115	ME-09-0915	2008/2009	PUEBLA	ECOM	PL
E116	ME-09-0941	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E117	ME-09-0871	2008/2009	VERACRUZ	DISAMEX	PL
E118	ME-09-0863	2008/2009	OAXACA	DISAMEX	EXT
E119	ME-09-0862	2008/2009	CHIAPAS	ECOM	EXT
E120	ME-09-1044	2008/2009	CHIAPAS	BKI KAFFE	HGEP
E121	ME-09-1005	2008/2009	OAXACA	DESCAMEX	HGEP
E122	ME-09-1045	2008/2009	CHIAPAS	BKI KAFFE	HGEP
E123	ME-09-1030	2008/2009	VERACRUZ	ENCORE	HGEP
E124	ME-09-0957	2008/2009	CHIAPAS	STARBUCKS	HGEP
E125	ME-09-1038	2008/2009	CHIAPAS	ECOM	HGEP
E126	ME-09-0984	2008/2009	CHIAPAS	BKI KAFFE	HGEP
E127	ME-09-1003	2008/2009	CHIAPAS	PETER LARSEN	PL
E128	ME-09-1039	2008/2009	CHIAPAS	ECOM	HGEP
E129	ME-09-1037	2008/2009	CHIAPAS	ASCI	HGEP
E130	ME-09-0982	2008/2009	VERACRUZ	KEN GABBAY	HGEP
E131	ME-09-1009	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	HGEP
E132	ME-09-0954	2008/2009	CHIAPAS	STARBUCKS	HGEP
E133	ME-09-1026	2008/2009	VERACRUZ	GUSTAV PAULIG	HGEP
E134	ME-09-	2008/2009	VERACRUZ	GUSTAV PAULIG	HGEP

	1068				
E135	ME-09-0956	2008/2009	CHIAPAS	STARBUCKS	HGEP
E136	ME-09-1046	2008/2009	OAXACA	ROYAL COFFEE	EXT
E137	ME-09-1079	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	PL
E138	ME-09-1078	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	PL
E139	ME-09-1036	2008/2009	CHIAPAS	N.V. SUPREMO	EXT
E140	ME-09-1095	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E141	ME-09-1074	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	PL
E142	ME-09-0973	2008/2009	CHIAPAS	INTERCAFE	PL
E143	ME-09-1050	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E144	ME-09-1081	2008/2009	CHIAPAS	DISAMEX	PL
E145	ME-09-1085	2008/2009	CHIAPAS	KENCAF IMPORTING	EXT
E146	ME-09-1084	2008/2009	TEPIC	ROYAL COFFEE	EXT
E147	ME-09-1054	2008/2009	TEPIC	ROYAL COFFEE	EXT
E148	ME-09-1041	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	EXT
E149	ME-09-0972	2008/2009	CHIAPAS	INTERCAFE	PL
E150	ME-09-1002	2008/2009	CHIAPAS	KENCAF IMPORTING	EXT
E151	ME-09-1094	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E152	ME-09-1051	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E153	ME-09-0948	2008/2009	PUEBLA	IND. MARINO	PL
E154	ME-09-1042	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E155	ME-09-1075	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	PL
E156	ME-09-0995	2008/2009	VERACRUZ	MI TRADING	PL

E157	ME-09-0952	2008/2009	PUEBLA	ICS COFFEE TEA	PL
E158	ME-09-1077	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	PL
E159	ME-09-1048	2008/2009	VERACRUZ	INTERCAFE	PL
E160	ME-09-1093	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E161	ME-09-1059	2008/2009	PUEBLA	ATUSA	PL
E162	ME-09-1055	2008/2009	PUEBLA	N.V. SUPREMO	PL
E163	ME-09-1023	2008/2009	CHIAPAS	FRANCISCO RODAS	EXT
E164	ME-09-1022	2008/2009	CHIAPAS	ASCI	EXT
E165	ME-09-0951	2008/2009	PUEBLA	INTERCAFE	DES
E166	ME-09-0949	2008/2009	PUEBLA	INTERCAFE	DES
E167	ME-09-0986	2008/2009	VERACRUZ	INTERCAFE	DES
E168	ME-09-0992	2008/2009	CHIAPAS	INTERCAFE	DES
E169	ME-09-0996	2008/2009	TEPIC	ROYAL COFFEE	EXT
E170	ME-09-0999	2008/2009	PUEBLA	ASCI	PL
E171	ME-09-1060	2008/2009	PUEBLA	ATUSA	PL
E172	ME-09-1088	2008/2009	PUEBLA	INTERCAFE	PL
E173	ME-09-1057	2008/2009	PUEBLA	ATUSA	PL
E174	ME-09-1058	2008/2009	PUEBLA	ATUSA	PL
E175	ME-09-1015	2008/2009	PUEBLA	ECOM	PL
E176	ME-09-1096	2008/2009	OAXACA	ATUSA	PL
E177	ME-09-1076	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	PL
E178	ME-09-1025	2008/2009	VERACRUZ	CAFFE VERDE	RL
E179	ME-09-	2008/2009	OAXACA	CATOEX	AN

	1006				
E180	ME-09-0985	2008/2009	OAXACA	ECOM	HGEP
E181	ME-09-1000	2008/2009	PUEBLA	ASCI	PL
E182	ME-09-0970	2008/2009	CHIAPAS	INTERCAFE	RN
E183	ME-09-1086	2008/2009	PUEBLA	IND. MARINO	PL
E184	ME-09-1004	2008/2009	OAXACA	ATUSA	PL
E185	ME-09-1082	2008/2009	CHIAPAS	ASCI	EXT
E186	ME-09-1222	2008/2009	CHIAPAS	ECOM	HGEP
E187	ME-09-1103	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	EXT
E188	ME-09-1105	2008/2009	CHIAPAS	JOHN BURTON	HGEP
E189	ME-09-1204	2008/2009	CHIAPAS	EXPO CAFÉ	HGEP
E190	ME-09-1205	2008/2009	CHIAPAS	EXPO CAFÉ	HGEP
E191	ME-09-1242	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	HGEP
E192	ME-09-1243	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	HGEP
E193	ME-09-1111	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	HGEP
E194	ME-09-1146	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	HGEP
E195	ME-09-1144	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	HGEP
E196	ME-09-1203	2008/2009	CHIAPAS	EXPO CAFÉ	HGEP
E197	ME-09-1224	2008/2009	CHIAPAS	ASCI	HGEP
E198	ME-09-1221	2008/2009	CHIAPAS	ASCI	HGEP
E199	ME-09-1158	2008/2009	OAXACA	EXPO CAFÉ	HGEP
E200	ME-09-1106	2008/2009	CHIAPAS	ASCI	HGEP
E201	ME-09-1110	2008/2009	CHIAPAS	SERENGETI TRADING	HGEP

E202	ME-09-1157	2008/2009	CHIAPAS	STARBUCKS	HGEP
E203	ME-09-1135	2008/2009	GUERRERO	ATUSA	PL
E204	ME-09-1156	2008/2009	CHIAPAS	ASCI	HGEP
E205	ME-09-1187	2008/2009	VERACRUZ	CAFÉ DEL PACIFICO	DESCAF
E206	ME-09-1191	2008/2009	VERACRUZ	SANBORNS	DESCAF
E207	ME-09-1208	2008/2009	VERACRUZ	DISAMEX	DESCAF
E208	ME-09-1164	2008/2009	VERACRUZ	GUSTAV PAULIG	HGEP
E209	ME-09-1163	2008/2009	VERACRUZ	GUSTAV PAULIG	HGEP
E210	ME-09-1152	2008/2009	VERACRUZ	EXPO CAFÉ	HGEP
E211	ME-09-1154	2008/2009	VERACRUZ	EXPO CAFÉ	HGEP
E212	ME-09-1176	2008/2009	VERACRUZ	CAFÉ DEL PACIFICO	HGEP
E213	ME-09-1121	2008/2009	VERACRUZ	JOHN BURTON	HGEP
E214	ME-09-1147	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	HGEP
E215	ME-09-1165	2008/2009	VERACRUZ	GUSTAV PAULIG	HGEP
E216	ME-09-1155	2008/2009	VERACRUZ	EXPO CAFÉ	HGEP
E217	ME-09-1190	2008/2009	VERACRUZ	CAFÉ DEL PACIFICO	DESCAF
E218	ME-09-1231	2008/2009	PUEBLA	INTERCAFE	PL
E219	ME-09-1238	2008/2009	VERACRUZ	CAFÉ VICTORIA INC	EXT
E220	ME-09-1228	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E221	ME-09-1181	2008/2009	PUEBLA	INTERCAFE	PL
E222	ME-09-1214	2008/2009	VERACRUZ	MILLSTONE COFFEE	EXT
E223	ME-09-1233	2008/2009	PUEBLA	ASCI	PL
E224	ME-09-	2008/2009	VERACRUZ	CAFÉ VICTORIA INC	PL

	1237				
E225	ME-09-1232	2008/2009	PUEBLA	ASCI	PL
E226	ME-09-1239	2008/2009	VERACRUZ	CAFÉ IMPORTS	EXT
E227	ME-09-1126	2008/2009	CHIAPAS	N.V. SUPREMO	EXT
E228	ME-09-1182	2008/2009	PUEBLA	IND. MARINO	PL
E229	ME-09-1185	2008/2009	VERACRUZ	FRANCISCO RODAS	PL
E230	ME-09-1159	2008/2009	OAXACA	EXPO CAFÉ	EXT
E231	ME-09-1184	2008/2009	VERACRUZ	FRANCISCO RODAS	PL
E232	ME-09-1168	2008/2009	PUEBLA	ATUSA	PL
E233	ME-09-1227	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E234	ME-09-1167	2008/2009	PUEBLA	ATUSA	PL
E235	ME-09-1195	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E236	ME-09-1236	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E237	ME-09-1194	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E238	ME-09-1141	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	PL
E239	ME-09-1226	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E240	ME-09-1196	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E241	ME-09-1211	2008/2009	TEPIC	IMPERATOR	EXT
E242	ME-09-1180	2008/2009	TEPIC	ROYAL COFFEE	EXT
E243	ME-09-1192	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E244	ME-09-1186	2008/2009	VERACRUZ	CAFÉ DEL PACIFICO	PL
E245	ME-09-1107	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E246	ME-09-1193	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL

E247	ME-09-1140	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	PL
E248	ME-09-1122	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E249	ME-09-1127	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	PL
E250	ME-09-1169	2008/2009	VERACRUZ	NESTLE	EXT
E251	ME-09-1139	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	PL
E252	ME-09-1123	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E253	ME-09-1151	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E254	ME-09-1225	2008/2009	CHIAPAS	DISAMEX	EXT
E255	ME-09-1171	2008/2009	VERACRUZ	ICS COFFEE TEA	EXT
E256	ME-09-1150	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E257	ME-09-1173	2008/2009	VERACRUZ	ICS COFFEE TEA	EXT
E258	ME-09-1206	2008/2009	CHIAPAS	JUAN LOPEZ DE LA PARRA	PL
E259	ME-09-1201	2008/2009	CHIAPAS	N.V. SUPREMO	PL
E260	ME-09-1137	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E261	ME-09-1172	2008/2009	VERACRUZ	ICS COFFEE TEA	EXT
E262	ME-09-1202	2008/2009	CHIAPAS	JUAN LOPEZ DE LA PARRA	EXT
E263	ME-09-1136	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E264	ME-09-1104	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	EXT
E265	ME-09-1223	2008/2009	CHIAPAS	ECOM	HGEP
E266	ME-09-1207	2008/2009	CHIAPAS	SANBORNS	PL
E267	ME-09-1200	2008/2009	CHIAPAS	N.V. SUPREMO	PL
E268	ME-09-1143	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	PL
E269	ME-09-	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	PL

	1142				
E270	ME-09-1124	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	PL
E271	ME-09-1128	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	PL
E272	ME-09-1112	2008/2009	CHIAPAS	CAFINCO	DES
E273	ME-09-1145	2008/2009	CHIAPAS	CAFINCO	DES
E274	ME-09-1230	2008/2009	PUEBLA	INTERCAFE	DES
E275	ME-09-1218	AÑEJO	CHIAPAS	DESCAMEX	PL
E276	ME-09-1217	AÑEJO	CHIAPAS	DESCAMEX	DES
E277	ME-09-1153	2008/2009	VERACRUZ	STARBUCKS	AN
E278	ME-09-1148	2008/2009	CHIAPAS	CI INDUCARIBE INTL.	G
E279	ME-09-1162	2008/2009	VERACRUZ	EXPO CAFÉ	RL
E280	ME-09-1149	2008/2009	VERACRUZ	EXPO CAFÉ	RN
E281	ME-09-1160	2008/2009	TEPIC	EXPO CAFÉ	AN
E282	ME-09-1177	2008/2009	VERACRUZ	CAFÉ DEL PACIFICO	PL
E283	ME-09-1263	2007/2008	TEPIC	SIN DATOS EN LA HOJA SALIDAS	PL
E284	ME-09-1262	2007/2008	TEPIC	SIN DATOS EN LA HOJA SALIDAS	PL
E285	ME-09-1296	2008/2009	CHIAPAS	ALLOIS DALLMAYR	EXT
E286	ME-09-1325	2008/2009	OAXACA	ASCI	HGEP
E287	ME-09-1311	2008/2009	VERACRUZ	ALLOIS DALLMAYR	HGEP
E288	ME-09-1337	2008/2009	VERACRUZ	NESPRESSO	HGEP
E289	ME-09-1336	2008/2009	VERACRUZ	NESPRESSO	HGEP
E290	ME-09-1335	2008/2009	VERACRUZ	NESPRESSO	HGEP
E291	ME-09-1334	2008/2009	VERACRUZ	NESPRESSO	HGEP

E292	ME-09-1331	2008/2009	VERACRUZ	NESPRESSO	HGEP
E293	ME-09-1330	2008/2009	VERACRUZ	NESPRESSO	HGEP
E294	ME-09-1329	2008/2009	VERACRUZ	NESPRESSO	HGEP
E295	ME-09-1314	2008/2009	VERACRUZ	ALLOIS DALLMAYR	HGEP
E296	ME-09-1298	2008/2009	CHIAPAS	ALLOIS DALLMAYR	HGEP
E297	ME-09-1297	2008/2009	CHIAPAS	ALLOIS DALLMAYR	HGEP
E298	ME-09-1289	2008/2009	CHIAPAS	SIN DATOS EN LA HOJA SALIDAS	HGEP
E299	ME-09-1299	2008/2009	CHIAPAS	ALLOIS DALLMAYR	HGEP
E300	ME-09-1300	2008/2009	CHIAPAS	ALLOIS DALLMAYR	HGEP
E301	ME-09-1301	2008/2009	CHIAPAS	ALLOIS DALLMAYR	HGEP
E302	ME-09-1252	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	PL
E303	ME-09-1254	2008/2009	CHIAPAS	ECOM	HGEP
E304	ME-09-1253	2008/2009	CHIAPAS	CAFÉ IMPORTS	EXT
E305	ME-09-1248	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	PL
E306	ME-09-1255	2008/2009	CHIAPAS	ECOM	HGEP
E307	ME-09-1276	2008/2009	CHIAPAS	ASCI	HGEP
E308	ME-09-1274	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	HGEP
E309	ME-09-1273	2008/2009	CHIAPAS	N.V. SUPREMO	EXT
E310	ME-09-1256	2008/2009	CHIAPAS	ECOM	HGEP
E311	ME-09-1319	2008/2009	CHIAPAS	ASCI	PL
E312	ME-09-1318	2008/2009	CHIAPAS	ASCI	PL
E313	ME-09-1309	2008/2009	CHIAPAS	INTERCONTINENTAL COFFEE	EXT
E314	ME-09-	2008/2009	CHIAPAS	CEREBOS	HGEP

	1295				
E315	ME-09-1251	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	PL
E316	ME-09-1250	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	PL
E317	ME-09-1249	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	PL
E318	ME-09-1272	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	HGEP
E319	ME-09-1260	2008/2009	CHIAPAS	TAYLORS OF HARROGATE	HGEP
E320	ME-09-1293	2008/2009	CHIAPAS	NESTLE	HGEP
E321	ME-09-1247	2008/2009	PUEBLA	ATUSA	PL
E322	ME-09-1246	2008/2009	PUEBLA	ATUSA	PL
E323	ME-09-1266	2008/2009	CHIAPAS	ASCI	HGEP
E324	ME-09-1257	2008/2009	Chiapas	ATUSA	MAR
E325	ME-09-1328	2008/2009	VERACRUZ	NESPRESSO	HGEP
E326	ME-09-1305	2008/2009	VERACRUZ	ALLOIS DALLMAYR	HGEP
E327	ME-09-1294	2008/2009	VERACRUZ	ICS COFFEE TEA	PL
E328	ME-09-1280	2008/2009	VERACRUZ	ECOM	HGEP
E329	ME-09-1277	2008/2009	CHIAPAS	BKI KAFFE	HGEP
E330	ME-09-1316	2008/2009	CHIAPAS	N.V. SUPREMO	PL
E331	ME-09-1310	2008/2009	CHIAPAS	INTERCONTINENTAL COFFEE	EXT
E332	ME-09-1284	2008/2009	CHIAPAS	CEREBOS	RN
E333	ME-09-1258	2008/2009	VERACRUZ	FOLGERS	PL
E334	ME-09-1312	2008/2009	VERACRUZ	ALLOIS DALLMAYR	HGEP
E335	ME-09-1278	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	HGEP
E336	ME-09-1270	2008/2009	VERACRUZ	ICS COFFEE TEA	PL

E337	ME-09-1268	2008/2009	VERACRUZ	NESTLE	HGEP
E338	ME-09-1279	2008/2009	VERACRUZ	ECOM	HGEP
E339	ME-09-1283	2008/2009	VERACRUZ	CAFÉ EQUIS	PL
E340	ME-09-1281	2008/2009	VERACRUZ	ECOM	PL
E341	ME-09-1269	2008/2009	VERACRUZ	ICS COFFEE TEA	PL
E342	ME-09-1264	2007/2008	VERACRUZ	INTERCONTINENTAL COFFEE	DES
E343	ME-09-1321	2008/2009	CHIAPAS	ECOM	HGEP
E344	ME-09-1320	2008/2009	CHIAPAS	ECOM	HGEP
E345	ME-09-1288	2008/2009	VERACRUZ	ASDA	ST
E346	ME-09-1327	2008/2009	VERACRUZ	ECOM	HGEP
E347	ME-09-1244	2008/2009	VERACRUZ	MILLSTONE COFFEE	EXT
E348	ME-09-1333	2008/2009	TEPIC	INTERCONTINENTAL COFFEE	EXT
E349	ME-09-1308	2008/2009	PUEBLA	INTERCAFE	DES
E350	ME-09-1287	2008/2009	PUEBLA	INTERCAFE	DES
E351	ME-09-1317	2008/2009	VARIOS	ALLOIS DALLMAYR	HGEP
E352	ME-09-1304	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E353	ME-09-1315	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E354	ME-09-1303	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E355	ME-09-1302	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E356	ME-09-1245	2008/2009	PUEBLA	ATUSA	PL
E362	ME-09-1409	2008/2009	VERACRUZ	ALLOIS DALLMAYR	HGEP
E363	ME-09-1445	2008/2009	VERACRUZ	MILLSTONE COFFEE	HGEP
E364	ME-09-	2008/2009	VERACRUZ	NESPRESSO	HGEP

	1443				
E365	ME-09-1442	2008/2009	VERACRUZ	NESPRESSO	HGEP
E366	ME-09-1408	2008/2009	VERACRUZ	ALLOIS DALLMAYR	HGEP
E367	ME-09-1407	2008/2009	VERACRUZ	ALLOIS DALLMAYR	HGEP
E368	ME-09-1406	2008/2009	VERACRUZ	ALLOIS DALLMAYR	HGEP
E369	ME-09-1419	2008/2009	CHIAPAS	SIN DATOS EN LA HOJA SALIDAS	EXT
E370	ME-09-1418	2008/2009	CHIAPAS	ALLOIS DALLMAYR	HGEP
E371	ME-09-1412	2008/2009	CHIAPAS	ALLOIS DALLMAYR	EXT
E372	ME-09-1393	2008/2009	GUERRERO	DISAMEX	EXT
E373	ME-09-1416	2008/2009	CHIAPAS	ALLOIS DALLMAYR	HGEP
E374	ME-09-1415	2008/2009	CHIAPAS	ALLOIS DALLMAYR	HGEP
E375	ME-09-1414	2008/2009	CHIAPAS	ALLOIS DALLMAYR	HGEP
E376	ME-09-1413	2008/2009	CHIAPAS	ALLOIS DALLMAYR	EXT
E377	ME-09-1439	2008/2009	OAXACA	PARIS DST	HGEP
E385	ME-091446	2008/2009	OAXACA	GULDRUTAN AB	HGEP
E386	ME-09-1394	2008/2009	OAXACA	ECOM	EXT
E387	ME-09-1351	2008/2009	OAXACA	ECOM	HGEP
E388	ME-09-1449	2008/2009	OAXACA	COFFEE RESOURCES	HGEP
E389	ME-09-1379	2008/2009	CHIAPAS	CAFES MOKA	EXT
E390	ME-09-1405	2008/2009	VERACRUZ	MILLSTONE COFFEE	EXT
E391	ME-09-1424	2008/2009	VERACRUZ	DRIE MOLLEN SERVICE	EXT
E392	ME-09-1417	2008/2009	CHIAPAS	BKI KAFFE	HGEP
E393	ME-09-1411	2008/2009	CHIAPAS	ATUSA	HGEP

E394	ME-09-1410	2008/2009	CHIAPAS	BKI KAFFE	HGEP
E395	ME-09-1384	2008/2009	CHIAPAS	ECOM	HGEP
E396	ME-09-1385	2008/2009	CHIAPAS	ECOM	HGEP
E397	ME-09-1386	2008/2009	CHIAPAS	ECOM	HGEP
E398	ME-09-1387	2008/2009	CHIAPAS	ECOM	HGEP
E399	ME-09-1383	2008/2009	VERACRUZ	ECOM	HGEP
E400	ME-09-1444	2008/2009	VERACRUZ	ALLOIS DALLMAYR	HGEP
E401	ME-09-1420	2008/2009	VERACRUZ	ECOM	HGEP
E402	ME-09-1381	2008/2009	VERACRUZ	ECOM	HGEP
E403	ME-09-1380	2008/2009	VERACRUZ	GUSTAV PAULIG	HGEP
E404	ME-09-1426	2008/2009	VERACRUZ	GUSTAV PAULIG	HGEP
E405	ME-09-1377	2008/2009	VERACRUZ	ECOM	HGEP
E406	ME-09-1376	2008/2009	VERACRUZ	ECOM	HGEP
E407	ME-09-1448	2008/2009	OAXACA	ASCI	EXT
E408	ME-09-1447	2008/2009	OAXACA	ASCI	EXT
E409	ME-09-1392	2008/2009	CHIAPAS	TAYLORS OF HARROGATE	EXT
E410	ME-09-1390	2008/2009	CHIAPAS	FRANCISCO RODAS	HGEP
E411	ME-09-1350	2008/2009	OAXACA	DESCAMEX	EXT
E412	ME-09-1393	2008/2009	OAXACA	DISAMEX	EXT
E413	ME-09-1401	2008/2009	VERACRUZ	INTERCAFE	PL
E414	ME-09-1354	2008/2009	VERACRUZ	IND. MARINO	PL
E415	ME-09-1398	2008/2009	VERACRUZ	STA. LAURA EXP. (COFIROASTERS S.A.)	PL
E416	ME-09-	2008/2009	VERACRUZ	ASCI	PL

	1397				
E417	ME-09-1369	2008/2009	PUEBLA	ATUSA	PL
E418	ME-09-1431	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E419	ME-09-1430	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E420	ME-09-1429	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E421	ME-09-1427	2008/2009	VERACRUZ	STA. LAURA EXP. (COFIROASTERS S.A.)	PL
E422	ME-09-1433	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E423	ME-09-1432	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E424	ME-09-1402	2008/2009	VERACRUZ	CAFINCO	PL
E425	ME-09-1428	2008/2009	VERACRUZ	INTERCAFE	PL
E426	ME-09-1421	2008/2009	VERACRUZ	N.V. SUPREMO	PL
E427	ME-09-1368	2008/2009	PUEBLA	ATUSA	PL
E428	ME-09-1367	2008/2009	PUEBLA	ATUSA	PL
E429	ME-09-1366	2008/2009	PUEBLA	ASCI	PL
E430	ME-09-1438	2008/2009	VERACRUZ	PANAMERICAN COFFEE	PL
E431	ME-09-1349	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E432	ME-09-1348	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E433	ME-09-1396	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E434	ME-09-1373	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E435	ME-09-1372	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL
E436	ME-09-1371	2008/2009	VERACRUZ	ATUSA	PL

