

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**“Determinación de la capacidad antioxidante del café (*Coffea Arábica*)
de diversas regiones en Guatemala.”**

Trabajo de graduación presentado por
Ana Lucía Dorantes Cerrate
para optar al grado académico de
Licenciada en Ingeniería en Ciencias de Alimentos

Guatemala
2012

“Determinación de la capacidad antioxidante del café (*Coffea Arábica*) de diversas regiones en Guatemala.”

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**“Determinación de la capacidad antioxidante del café (*Coffea Arábica*)
de diversas regiones en Guatemala.”**

Trabajo de graduación presentado por
Ana Lucía Dorantes Cerrate
para optar al grado académico de
Licenciada en Ingeniería en Ciencias de Alimentos

Guatemala
2012

Vo.Bo:

(f) Ana Silvia Colmenares de Ruiz
Licenciada Ana Silvia Colmenares de Ruiz

Tribunal

(f) Ana Silvia Colmenares de Ruiz
Licenciada Ana Silvia Colmenares de Ruiz

(f) Patricia Palacios de Palomo
Licenciada Patricia Palacios de Palomo

(f) Ana Luisa Mendizabal
Licenciada Ana Luisa Mendizabal

Fecha de aprobación del examen de graduación: 5 de diciembre de 2012

ÍNDICE

	Página
LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xv
CAPÍTULO	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	2
III. ANTECEDENTES	10
IV. JUSTIFICACIÓN	20
V. OBJETIVOS	22
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	23
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
VIII. CONCLUSIONES	35
IX. RECOMENDACIONES	36
X. BIBLIOGRAFÍA	37
XI. APÉNDICE	40

LISTA DE CUADROS

Cuadro No.	Página
1. Cantidades necesarias para la preparación del blanco	23
2. Cantidades necesarias para la preparación de las muestras	24
3. Cantidades necesarias para la elaboración de la curva estándar	25
4. Cantidades necesarias para la preparación de la muestra	26
5. Determinación de la capacidad antioxidante por el método DPPH, en duplicado	28
6. Prueba de análisis de varianza para la determinación de la capacidad antioxidante	29
7. Determinación compuestos Fenólicos Totales, en triplicado	30
8. Prueba de análisis de varianza para la determinación de compuestos fenólicos totales	31
9. Determinación del contenido de cafeína mediante HPLC en triplicado	32
10. Prueba de análisis de varianza para la determinación de cafeína	31
11. Datos obtenidos para la determinación de la capacidad antioxi- dante para la región Acatenango Valley 1	39

Continuación de Lista de Cuadros

12.	Datos obtenidos para la determinación de la capacidad antioxidante para la región Acatenango Valley 2	40
13.	Datos obtenidos para la determinación de la capacidad antioxidante para la región Antigua Coffee 1	41
14.	Datos obtenidos para la determinación de la capacidad antioxidante para la región Antigua Coffee 2	42
15.	Datos obtenidos para la determinación de la capacidad antioxidante para la región Traditional Atitlán 1	43
16.	Datos obtenidos para la determinación de la capacidad antioxidante para la región Traditional Atitlán 2	44
17.	Datos obtenidos para la determinación de la capacidad antioxidante para la región Rainforest Cobán 1	45
18.	Datos obtenidos para la determinación de la capacidad antioxidante para la región Rainforest Cobán 2	46
19.	Datos obtenidos para la determinación de la capacidad antioxidante para la región Fraijanes Plateau 1	47

Continuación de Lista de Cuadros

20.	Datos obtenidos para la determinación de la capacidad antioxidante para la región Fraijanes Plateau 2	48
21.	Datos obtenidos para la determinación de la capacidad antioxidante para la región Highland Huehue 1	49
22.	Datos obtenidos para la determinación de la capacidad antioxidante para la región Highland Huehue 2	50
23.	Datos obtenidos para la determinación de la capacidad antioxidante para la región New Oriente 1	51
24.	Datos obtenidos para la determinación de la capacidad antioxidante para la región New Oriente 2	52
25.	Datos obtenidos para la determinación de la capacidad antioxidante para la región Volcanic San Marcus 1	53
26.	Datos obtenidos para la determinación de la capacidad antioxidante para la región Volcanic San Marcus 2	54
27.	Análisis estadístico para la determinación de la capacidad antioxidante por el método DPPH Brand Williams et.al (1995) en duplicado	55

Continuación de Lista de Cuadros

28.	Análisis de varianza para la determinación de la capacidad antioxidante por el método DPPH Brand Williams et.al (1995)	55
29.	Datos necesarios para trazar la curva estándar	56
30.	Absorbancia y concentración obtenida para cada región en triplicado	57
31.	Análisis estadístico para la determinación de compuestos fenólicos, en triplicado	58
32.	Análisis de varianza para la determinación de compuestos fenólicos	58
33.	Datos obtenidos por el equipo HPLC	59
34.	Datos calculados para la obtención del resultado por grado de café	59
35.	Análisis estadístico para la determinación del contenido de cafeína por 100 gramos de café	59
36.	Análisis de varianza para la determinación de compuestos fenólicos	60

LISTA DE FIGURAS

Figura No.	Página
1. Arbusto de Coffee Arábica	4
2. Regiones de café guatemalteco	10
3. Perfil de “Highland Huehue”	11
4. Perfil de “Highland Huehue”	12
5. Perfil de “Tradicional Atitlán”	12
6. Perfil de “New Oriente”	13
7. Perfil de “Volcanic San Marcus”	14
8. Perfil de “Acatenango Valley”	14
9. Perfil de “Antigua Coffee”	15
10. Perfil de “Frajanes Plateau”	16
11. Obtención de ecuación para la determinación del IC50 para la región de Acatenango Valley 1	36
12. Obtención de ecuación para la determinación del IC50 para la región de Acatenango Valley 2	37

Continuación de Lista de Figuras

13.	Obtención de ecuación para la determinación del IC50 para la región de Antigua Coffee 1	38
14.	Obtención de ecuación para la determinación del IC50 para la región de Antigua Coffee 2	39
15.	Obtención de ecuación para la determinación del IC50 para la región de Traditional Atitlan 1	40
16.	Obtención de ecuación para la determinación del IC50 para la región de Traditional Atitlan 2	41
17.	Obtención de ecuación para la determinación del IC50 para la región de Rainforest Coban 1	42
18.	Obtención de ecuación para la determinación del IC50 para la región de Rainforest Coban 2	43
19.	Obtención de ecuación para la determinación del IC50 para la región de Fraijanes Plateu 1	44
20.	Obtención de ecuación para la determinación del IC50 para la región de Fraijanes Plateu 2	45

Continuación de Lista de Figuras

21.	Obtención de ecuación para la determinación del IC50 para la región de Highland Huehue 1	46
22.	Obtención de ecuación para la determinación del IC50 para la región de Highland Huehue 2	47
23.	Obtención de ecuación para la determinación del IC50 para la región de New Oriente 1	48
24.	Obtención de ecuación para la determinación del IC50 para la región de New Oriente 2	49
25.	Obtención de ecuación para la determinación del IC50 para la región de Volcanic San Marcos 1	50
26.	Obtención de ecuación para la determinación del IC50 para la región de Volcanic San Marcos 2	51
27.	Obtención de ecuación para la determinación del contenido de compuestos fenólicos	53
28.	Dispersión de los datos de cafeína, polifenoles totales y capacidad antioxidante	58

Continuación de Lista de Figuras

29.	Agrupación de las regiones en grupos	58
30.	Tendencia lineal de cafeína y polifenoles	58
31.	Agrupación de Polifenoles, cafeína y DPPH por grupos	59
32.	Fotografía de los cafés analizados y sus etiquetas	60

RESUMEN

En este trabajo de investigación, se utilizaron las 8 regiones de café de Guatemala avaladas por ANACAFÉ (Asociación Nacional del Café) “Acatenango Valley”, “Antigua Coffee”, “Traditional Atitlán”, “Rainforest Cobán”, “Frajanes Plateau”, “Highland Huehue”, “New Oriente”, “Volcanic San Marcos”.

El objetivo de dicha investigación fue determinar mediante el método DPPH de Brand Williams *et al.* 1995, la capacidad antioxidante del café, el contenido de polifenoles totales por el método Folin-ciocalteu y la determinación del contenido de cafeína por el método HPLC.

Para la determinación de capacidad antioxidante se pudo determinar que la región con mayor capacidad es la de “Traditional Atitlán” seguido por la región de “Frajanes Plateau” y la que menor capacidad antioxidante es la de “Highland Huehue”.

Con respecto a la del contenido de Polifenoles totales se pudo determinar que la región con mayor contenido es la de “New Oriente” y la de menor contenido es la de “Frajanes Plateau”.

El contenido de cafeína que se determinó por cromatografía HPLC demuestra que la región que presenta mayor contenido de cafeína es “Volcanic San Marcos” y la de menor contenido es la de “Traditional Atitlán”.

I. INTRODUCCIÓN

El café es la bebida más consumida a nivel mundial, las personas lo ingieren aun sin saber sus beneficios. Debido al incremento de las enfermedades degenerativas, actualmente el ser humano está en busca de compuestos que ayuden a reducir el riesgo de padecer este tipo de enfermedades. El café es ampliamente conocido por su capacidad para reducir el estrés oxidativo, sin embargo es necesario evaluar el nivel y el efecto que tiene el procesamiento industrial de estos productos para poder explotar al máximo sus propiedades.

El café es una industria de suma importancia, ya que ocupa el segundo lugar en términos de dólares, al nivel mundial. La producción de café es aproximadamente 6.3 millones de toneladas, y Guatemala contribuye grandemente en este mercado y ocupa el 8avo lugar en exportación y es una de las bebidas que son mayormente consumidas alrededor del mundo.

Con este trabajo se pretende investigar si el café puede ser considerado un alimento funcional por su alto poder oxidativo.

Así mismo determinar mediante el método DPPH de Brand Williams et al. 1995, la capacidad antioxidante del café, el contenido de polifenoles totales por el método Folin-ciocalteu y la determinación del contenido de cafeína por el método HPLC del café cultivado en las 8 distintas regiones de Guatemala ; “Acatenango Valley”, “Antigua Coffee”, “Traditional Atitlán”, “Rainforest Cobán”, “Frajanes Plateu”, “Highland Huehue”, “New Oriente”, “Volcanic San Marcos”.

Para la determinación de capacidad antioxidante se pudo determinar que la región con mayor capacidad es la de “Traditional Atitlán” seguido por la región de “Frajanes Plateu” y la que menor capacidad antioxidante es la de “Highland Huehue”.

Con respecto a la del contenido de Polifenoles totales se pudo determinar que la región con mayor contenido es la de “New Oriente” y la de menor contenido es la de “Frajanes Plateu”.

El contenido de cafeína que se determinó por cromatografía HPLC demuestra que la región que presenta mayor contenido de café es “Volcanic San Marcos” y la de menor contenido es la de “Traditional Atitlán”.

II. MARCO TEÓRICO

A. Alimentos funcionales.

Típicamente, un alimento comercializado como funcional contiene ingredientes que proveen algún beneficio para la salud. (Niva, 2007). A pesar que el término “Alimento funcional” ya se ha definido (Roberfroid, 2002), hasta ahora no existe una definición única aceptada para este grupo de alimentos (Alzamora *et al.*, 2005).

En la mayoría de los países no existe una definición legislativa de la palabra y no existe una línea fronteriza entre los alimentos convencionales y funcional, incluso es un reto para los expertos en nutrición y alimentación (Mark-Herbert, 2004; Niva de 2007).

Estas van desde las más simples a las más complejas, “Alimentos que pueden proporcionar beneficios para la salud más allá de la nutrición básica” y “Alimentos similar en apariencia a los alimentos convencionales y que están destinados a ser consumidos como parte de una dieta normal, pero han sido modificados para subservir funciones fisiológicas más allá de la prestación de los simples requerimientos de nutrientes”, son buenos ejemplos para los dos enfoques (Bech-Larsen & Grunert, 2003).

La comisión europea de acciones concertadas en alimentos funcionales en Europa (FuFoSE) por su siglas en inglés “Functional Food Science in Europe”, coordinadas por Instituto Internacional de Ciencias de la vida de Europa han definido a los alimentos funcionales como:

«Un alimento puede ser solamente considerado funcional si junto con el impacto de la nutrición básica tiene efectos beneficiosos en una o más funciones el organismo humano, ya sea mejorando las condiciones generales y físico o / y disminuir el riesgo de la evolución de las enfermedades. La cantidad de la ingesta y la forma del alimento funcional debe ser lo que normalmente se espera para fines alimentarios. Por lo tanto, no podría ser en forma de pastilla o cápsula así como la forma normal de alimentos» (Diplock *et al.*, 1999).

B. Coffea Arábica

Coffea, establecido por DeJussieu, en 1735. Se puede considerar que se explotan en todo el mundo fundamentalmente dos especies: *Coffea arabica* L. y *Coffea canephora* P.

El *Coffea* robusta muy extendido, se considera en general una variedad o forma del *C. canephora*. (Coste,1978)

En Guatemala, la especie comercial que se cultiva es la *C. arabica*. A nivel mundial también es la más importante, observándose que más del 70% de la producción proviene de ella. (Anacafé)

La especie *C. arabica*, que con su antigüedad es la más extendida en todo el mundo, presenta las características siguientes:

«arbusto de hoja perenne, de 8 a 10 m de altura, ramas opuestas, largas, flexibles, muy delgadas, de aspecto semi-erecto cuando son jóvenes, ensanchado y decaído en la edad adulta. Hojas opuestas, ovaladas, acuminadas, de peciolo corte borde ondulados y superficie brillante, ligeramente abarquillada; longitud de 10 a 15 cm, ancho de 4 a 6 cm. Sus flores son blancas de perfume ajazminado, agrupadas en la axila de las parejas de hojas, en imas de 2 ó 3, constituyendo verticilos de 8 a 15 flores, cada flor sujeta por un corto pedúnculo y un cáliz compuesto de 5 pequeñas brácteas, recubre el ovario. Corola formada por un largo tubo que es ensanchada en cinco lóbulos (seis en raras ocasiones), muy estrechos. Estambres soldados a los pétalos, anteras alargadas; pistilo formado por largo estilo y dos finos estigmas dominando la corola. El ovario de una drupa, llamada corrientemente cereza, ovoidea, subglumosa, roja, si está madura, de 10 a 15 mm de diámetro por 16 a 18 de largo, constituida por un exocarpio (piel) coloreado, un mesocarpio carnoso y blanco-amarillento (pulpa) y dos semillas unidas por sus caras planas. Cuando uno de estos dos óvulos aborta, el otro se desarrolla dando una semilla ovoidea, conocida comercialmente con el nombre de caracolito. Cada grano está protegido por dos envolturas, la primera, el endocarpio, es delgada y de textura esclerosa (parche), la segunda, el perispermo, es una membrana muy fina (película o película plateada) más o menos adherida al grano. La semilla es de color gris-amarillenta o gris pizarra, más o menos azulado o gris verdoso, según las variedades, el modo de preparación, el medio y el tiempo de conservación. Está formada por un albumen córneo, de superficie lisa, cuya cara plana está hendida siguiendo el eje mayor por un surco más o menos rectilíneo. El embrión es corto y está situado en la base; comprende una radícula cónica y dos cotiledones cordiformes». (Coste,1978)

Figura No. 1 Arbusto Coffea Arábica



Imagen obtenida de (www.anacafe.org)

1. Compuestos del café

a. Carbohidratos. Los carbohidratos constituyen casi la mitad del peso en seco del café verde. La sucrosa es el principal oligosacárido, los mannanos y los arabinogalactanos son los principales polisacáridos. En el tostado se destruye la sucrosa y los polisacáridos se despolimerizan gradualmente y acaban por quedar pirolizados al llegar al tostado oscuro. El porcentaje de carbohidratos en una taza de café depende de la mezcla, el nivel de tueste y el modo de preparación. Puede llegar del 20% al 35% de la materia sólida. (Clifford,1975)

b. Componentes nitrogenados. Estos 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 tueste, descomponiéndose en ácido nicotínico, piridina y otros compuestos volátiles. El alcaloide más abundante es la cafeína, que comprende 1-2% del peso seco. Los granos de Robusta tienen más alto contenido de cafeína. Aunque sufre una sublimación muy marginal, la cafeína sobrevive al tueste. Una taza de café contiene de 30 a 180 mg de cafeína, según cuáles sean la mezcla y el modo de preparación. (Clifford,1975)

c. Ácidos clorogénicos. Estos comprenden varios ésteres de ácidos químicos y representan 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)

d. Ácidos carboxílicos. Algunos ácidos alopáticos están presentes en el café verde, especialmente el cítrico, el málico y el químico. El tueste genera otros ácidos, ya sean volátiles o no volátiles, y aumentan las proporciones del ácido químico al descomponerse los ácidos clorogénicos. (Clifford,1975)

e. Lípidos. Estos constituyen del 8% al 10% del café verde. Los diterpenos (parecidos al colesterol) los kahweoles y los cafestoles son específicos del café. El contenido de lípidos pueden llegar a un pequeño porcentaje en la preparación de café turco o cuando el café molido es percolado y no filtrado, pero los niveles son insignificantes en cafés filtrados e instantáneos. (Clifford,1975)

f. Componentes volátiles. Cientos de componentes volátiles en cantidades muy pequeñas le dan al café su sabor único y su aroma. (Clifford,1975)

g. Cafeína. La cafeína es un alcaloide del grupo de las xantinas, concretamente pertenece a la familia de las metilxantinas. Las bases xánticas o púricas son alcaloides derivados de la purina. Concretamente, provienen del anillo de la purina que se forma a través de la condensación de una pirimidina con un imidazol. Poseen una estructura cristalina y su fórmula molecular es $C_8H_{10}N_4O_2$.

1) Vida media y eliminación de la cafeína. Casi el 100% de la cafeína ingerida, es rápidamente absorbida a partir del tracto gastrointestinal, aumentando su concentración en el plasma sanguíneo a un nivel máximo (Máx.) en unos 30-45 minutos. Una vez integrada en el torrente circulatorio, la cafeína se introduce rápidamente en todos los tejidos corporales.

Para su excreción, dada su gran capacidad de permear las membranas, la cafeína debe transformarse en sus metabolitos.

El periodo de semieliminación de la cafeína (el tiempo requerido para que el cuerpo elimine la mitad de la presente en el plasma sanguíneo, es decir, la vida media) oscila entre horas y días, dependiendo de la edad, el sexo, la mediación y las condiciones de salud. Los recién nacidos carecen de los enzimas precisos para metabolizar la cafeína; en ellos, el tiempo de semieliminación es de 3-4 días. En los fumadores es más breve (3 horas) que en los no fumadores (3-7 horas). En las mujeres gestantes es de 18 horas y en los pacientes con insuficiencia hepática

(deterioro severo de la función hepática; del hígado) es también más prolongado que en los que no tienen trastornos de esta naturaleza.

C. Antioxidantes

1. Definición. Un antioxidante es una molécula capaz de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas. La oxidación es una reacción química de transferencia de electrones de una sustancia a un agente oxidante. Las reacciones de oxidación pueden producir radicales libres que comienzan reacciones en cadena que dañan las células. Los antioxidantes terminan estas reacciones quitando intermedios del radical libre e inhiben otras reacciones de oxidación oxidándose ellos mismos. (Speisky.H.2012)

2. Principales antioxidantes presentes en los alimentos. La riqueza antioxidante de los alimentos está generalmente dada por la suma e interacción de numerosas moléculas. Si bien la estructura química de tales moléculas puede ser significativamente diferente, entre los principales antioxidantes presentes en los alimentos es posible distinguir: (Speisky.H.2012)

a. Vitaminas. Las vitaminas antioxidantes, que comprenden al Ácido ascórbico (o Vitamina C); la vitamina E, un término que incluye no sólo al alfa-tocoferil, sino además, a las isoformas, alfa, beta, gama y delta, de los tocoferoles y tocotrienoles; y los compuestos Pro-Vitamina A (representados por el beta caroteno, el alfa-caroteno y la beta-criptoxantina). (Speisky.H.2012)

b. Carotenoides. Destacan la luteína, el licopeno, la zeaxantina y la astaxantina. Bajo la denominación de carotenoides se incluyen también aquellos compuestos que son Pro- Vitamina A (arriba mencionados). Desde un punto de vista químico, los carotenoides comprenden los carotenos (alfa-caroteno, beta-caroteno y licopeno) que no incluyen átomos de oxígeno en su estructura, y las xantofilas (beta-criptoxantina, luteína, astaxantina y zeaxantina), que si lo presentan, mayormente bajo la forma los hidroxilos. (Speisky.H.2012)

c. Polifenoles. Los polifenoles dan cuenta de la riqueza antioxidante de la parte mayor de los alimentos habitualmente consumidos por la población. Todos los polifenoles exhiben en su estructura, a lo menos, uno o más grupos hidróxilos unidos a un anillo aromático. Entre los polifenoles es posible distinguir dos tipos mayores de compuestos: Los flavonoides, para

los cuales se han descrito varios miles en el reino vegetal) y cuya estructura comprende dos anillos aromáticos unidos un heterociclo de tres átomos de carbono y uno de oxígeno ($C_6-C_3-C_6$), y los llamados no flavonoides (algunos cientos) que comprenden, mayormente, alcoholes monofenólicos, ácidos fenólicos y estilbenos. (Speisky.H.2012)

3. Beneficios para la salud. Antioxidantes naturales, particularmente en frutas y vegetales han tenido un interés en los consumidores y en la comunidad científica, debido a los estudios epidemiológicos realizados han indicado que el consumo frecuente de antioxidantes naturales está asociado con la disminución del riesgo de enfermedades cardiovasculares y cáncer. (Renaud *et al.*, 1998; Temple,2000)

En teoría, los antioxidantes disminuyen este proceso suministrando electrones a los radicales libres, protegiendo las células de los órganos. El órgano se mantiene sano por más tiempo. Funciona mejor y es más resistente a algunas enfermedades. Los estudios indican que los antioxidantes pueden ayudar a prevenir el cáncer, cataratas y aterosclerosis (Jockey 2002).

Existe evidencia científica de que la ingesta habitual de sustancias con actividad antioxidante se relaciona con la disminución de la incidencia de enfermedades cardiovasculares. Uno de los principales mecanismos de producción de aterosclerosis (estrechamiento del diámetro de las arterias que dificulta el paso de sangre), origen de la mayoría de enfermedades cardiovasculares, es la oxidación de una de las proteínas que transportan colesterol por la sangre (LDL). (Jockey 2002).

El aporte de polifenoles en la dieta puede estar entre 50 y 800 mg/día, dependiendo del consumo de productos que lo contienen. Un nivel importante de antioxidantes, se alcanza cuando el consumo es de unos 800 mg/día. (Belina, J. 2007)

4. En donde los podemos encontrar. Entre las sustancias antioxidantes que reducen este proceso, se encuentran las vitaminas E (aceite vegetal virgen de primera presión en frío, frutos secos, germen de trigo) y C (cítricos, kiwi, pimienta, tomate) así como otros carotenoides como el licopeno (tomate), betacaroteno (zanahoria, calabaza, mango), zinc (carnes, pescados, huevos) y selenio (carnes, pescados, huevos, marisco principalmente), polifenoles (vegetales en general) y compuestos azufrados (verduras de la familia de la col, cebollas y ajos).

5. Determinación de la capacidad antioxidante mediante el método Brand Williams *et al.* 1995. La actividad antioxidante se determinó utilizando el método basado en la reducción del radical libre estable 2,2 difenil-1picrilhidrazil (DPPH) es un radical libre estable que presenta una coloración púrpura en medio metanólico que se pierde progresivamente cuando se añade la muestra conteniendo sustancias antioxidantes. Las sustancias antioxidantes del café reaccionan con el DPPH y la reducción del reactivo es seguida midiendo la disminución de la absorbancia a 515nm. Los resultados se expresan como CI_{50} que representa la cantidad de bebida (μ l) que reduce la absorbancia de la solución de DPPH en un 50%. Así que un menor valor de CI_{50} indica mayor actividad antioxidante, porque se requiere menos cantidad de la bebida para disminuir en 50% la absorbancia de la solución de DPPH. (Murillo,E.2002)

6. Determinación del contenido de polifenoles totales mediante el método Folin-Ciocalteu. Los compuestos fenólicos (principalmente polifenoles) se determinan haciendo reaccionar los componentes de las bebidas con el reactivo de Folincioalceu. Esta reacción es característica para compuestos que tienen un grupo hidróxilo unido a un anillo de benceno. El reactivo de Folin – ciocalteu tiene una coloración amarilla que en presencia de un fenol se torna azul. La intensidad del color azul se mide espectrofotométricamente a 765 nm. Los resultados se expresan como equivalentes de pirogalol. (Shahidi F., Naczk M. 1995)

7. Determinación de cafeína mediante HPLC. La cromatografía es un método físico de separación basado en la distribución de los componentes de una mezcla entre dos fases inmiscibles, una fija o estacionaria y otra móvil. En la cromatografía líquida, la fase móvil es un líquido que fluye a través de una columna que contiene a la fase fija.

III. ANTECEDENTES

A. Regiones de cultivo en Guatemala

Guatemala es un país que posee una gran variedad de microclimas, con patrones de lluvias ideales, entre montañas altas y majestuosas; y una gran diversidad de suelos ricos. Todo esto junto hace tales combinaciones que produce una diferencia en cada taza de café.

Guatemala posee ocho distintas regiones produciendo estrictamente café duro, sus siglas en inglés (SHB) que significan “Strictly Hard Bean”.

El nombre de sus ocho regiones son “Highland Huehue”, “Rainforest Cobán”, “Traditional Atitlán”, “New Oriente”, “Volcanic San Marcos”, “Acatenango Valley” “Antigua Coffee”, “Frajanes Plateau”. Cada una de estas regiones se caracteriza por la diferencia de su aroma, sabor, acidez, cuerpo, balance, etc. lo que los hace únicos. (Anacafé)

Figura No. 2 Regiones de café guatemalteco



Imagen obtenida de (www.anacafe.org)

1. “Highland Huehue”. De las tres regiones no volcánicas, Huehuetenango es el más alto y más seco de cultivo. Gracias a los vientos secos y cálidos que soplan en las montañas de la llanura de México Tehuantepec, la región está protegida de las heladas, lo que permite Highland Huehue a cultivar hasta 6.500 pies (2.000 metros). La lejanía de Huehuetenango prácticamente exige a todos los productores para procesar su propio café. Afortunadamente, la región tiene un número casi infinito de ríos y arroyos, por lo que una fábrica se puede colocar en casi cualquier lugar. (Anacafé)

Figura No. 3 Perfil de “Highland Huehue”

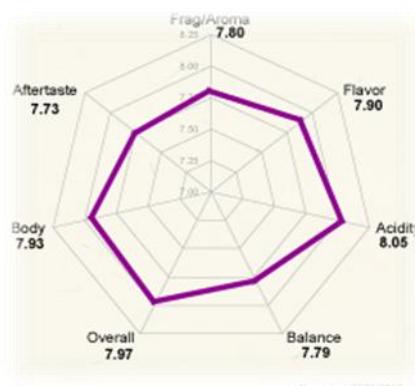


Imagen obtenida de (www.anacafe.org)

Intensa acidez con un cuerpo lleno y agradables notas de vino

2. “Rainforest Cobán”. Cobán es nublado, lluvioso y frío durante todo el año. La mayoría de Cobán selva se cultiva en distintivos colinas de la zona, bajo las influencias tropicales de la cuenca del Atlántico, en los suelos de piedra caliza y arcilla. Cobán tiene un clima lluvioso. El Chipichipi célebre de Cobán con frecuencia envuelve a la región en una niebla fina que cae de la densa cubierta de nubes. (Anacafé)

Figura No.4 Perfil de “Highland Huehue”

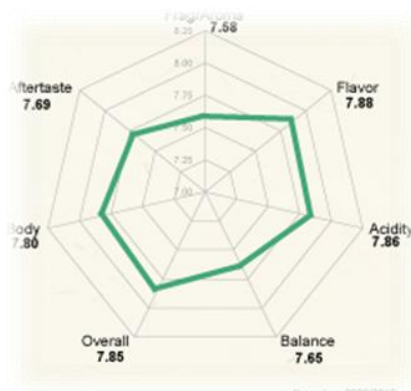


Imagen obtenida de (www.anacafe.org)

Distintas notas de fruta fresca. Cuerpo bien balanceado y aroma agradable.

3. “Traditional Atitlán”. De las cinco regiones cafetaleras volcánicas de Guatemala, el suelo de Atitlán es el más rico en materia orgánica. El noventa por ciento de Atitlán tradicional que se cultiva en las laderas de los volcanes espectaculares que dominan las orillas del Lago Atitlán. Los vientos diarios (llamado Xocomil) que se agitan las aguas del lago frías son una importante influencia sobre el microclima. La tradición artesanal muy desarrollada de la cultura se refleja en el cultivo de expertos del pequeño productor y su procesamiento. (Anacafé)

Figura No.5 Perfil de “Traditional Atitlán”

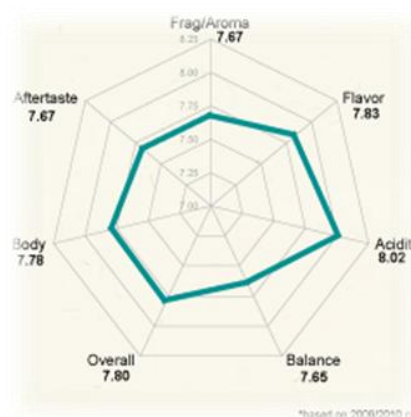


Imagen obtenida de (www.anacafe.org)

Deliciosamente aromático con una acidez cítrica brillante y cuerpo lleno.

4. “New Oriente”. En esta región, el café ha sido cultivado, casi exclusivamente, por los pequeños productores desde la década de 1950. Hoy en día, prácticamente todas las granjas de la montaña se ha convertido en una unidad productora de café y lo que fue una de las zonas más pobres y aisladas de Guatemala es vibrante y en crecimiento. Lluvioso y nublado, Oriente está ubicado en una cordillera volcánica antigua. Su suelo es de roca metamórfica: equilibrado en minerales y muy diferente de los suelos en las regiones que han registrado actividad volcánica ya que el café se plantó por primera vez (Anacafé)

Figura No.6 Perfil de “New Oriente”



Imagen obtenida de (www.anacafe.org)

Buen balance, cuerpo lleno con un sabor a chocolate

5. “Volcanic San Marcos”. La más cálida de las ocho regiones de cultivo de café, de San Marcos también tiene el más alto patrón de lluvias, alcanzando un máximo de 200 pulgadas (5.000 mm). Las lluvias de la temporada llega antes que en otras regiones, produciendo la primera floración. Al igual que en todas las regiones remotas de Guatemala, la mayoría de origen volcánico de San Marcos se cultiva en granjas con sus propias plantas de procesamiento. Debido a la imprevisibilidad de las lluvias durante la temporada de cosecha, la mayor parte del café se pre-secada al sol y terminó en un secador de Guardiola. (Anacafé)

Figura No.7 Perfil de “Volcanic San Marcos”



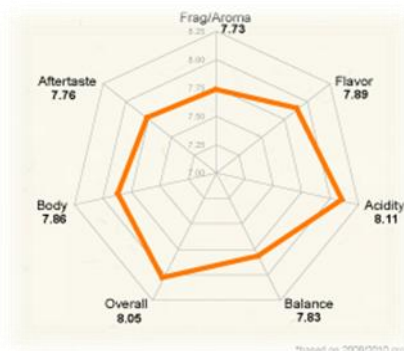
Imagen obtenida de (www.anacafe.org)

Delicadas notas florales presentes en el aroma y sabor, pronunciada acidez y buen cuerpo.

6. “Acatenango Valley”. Acatenango valley se cultiva bajo sombra densa de hasta 6.500 pies (2.000 metros), creando un bosque que es un regalo ecológico. Constantes erupciones del cercano volcán de Fuego mantienen los suelos arenosos llenos de minerales. (Anacafé)

Ráfagas templadas del Océano Pacífico y estaciones marcadas permiten que el café sea secado al sol, siguiendo para su tratamiento una fórmula basada en antiguas tradiciones de la familia. (Anacafé)

Figura No.8 Perfil de “Acatenango Valley”



Marcada acidez, aroma fragante, cuerpo balanceado, limpieza final persistente.

7. “Antigua Coffee”. La riqueza del suelo volcánico, baja humedad, mucho sol y noches frescas caracterizan a la región del Café Antigua. Este valle está rodeado por tres volcanes: Agua, Fuego y Acatenango. De vez en cuando, Fuego, uno de los tres volcanes activos de Guatemala, agrega una nueva capa de cenizas ricas en minerales a la tierra de Antigua. Piedra pómez en el suelo volcánico conserva la humedad, que ayuda a compensar la escasez de precipitaciones de Antigua. En Antigua, la sombra es especialmente denso para proteger a las plantas de café de las heladas ocasionales de la región. (Anacafé)

Figura No.9 Perfil de “Antigua Coffee”



Imagen obtenida de (www.anacafe.org)

Elegante, buen balance con un rico aroma y un sabor dulce.

8. “Frajanes Plateu”. Tierra volcánica pómez, altitudes muy altas, mucha lluvia, la humedad variable, y un volcán activo caracterizan a la región. Pacaya, el más activo de los tres volcanes en erupción en Guatemala, la región suministra cenizas de la luz cada cierto tiempo, dando al suelo un impulso importante mineral. La estación seca tiene mucho sol. A pesar de las nubes, niebla y rocío fuerte son comunes en la madrugada, se queman rápidamente permitiendo que toda la meseta Frajanes para ser secada al sol. (Anacafé)

Figura No.10 Perfil de “Frajanes Plateau”

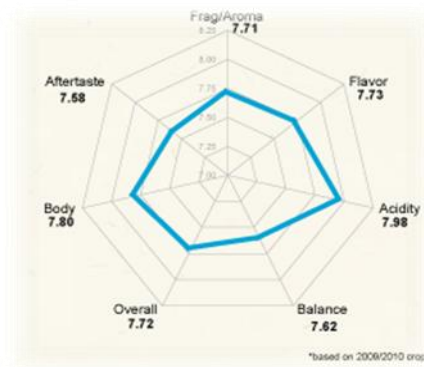


Imagen obtenida de (www.anacafe.org)

Brillante y una acidez persistente, aromático con un cuerpo definido.

B. Café como antioxidante

Muchos estudios han indicado que el café contiene altos niveles de antioxidante, en comparación con otras bebidas de frecuente consumo, y las más recientes investigaciones han demostrado claramente que aunque el café y el té muestran fuertes propiedades antioxidantes, el café demostró ser cuatro veces más fuerte que el té. (Gutiérrez. A, 2001)

En este estudio, llevado a cabo en Suiza, la actividad antioxidante del té verde, el cacao, las infusiones de hierbas y el café, fue comparada sobre la base de una sola ración. Los investigadores examinaron los efectos en la oxidación del colesterol LDL (lipoproteína de baja densidad) y confirmaron las fuertes propiedades antioxidantes del café, llegando a la conclusión de que el café era cuatro veces más eficaz que el té verde. (Gutiérrez. A, 2001)

El estudio mostró que cada taza de café tiene una gran cantidad de polifenoles antioxidantes en su café tostado, la cual no disminuye al añadir leche o al descafeinarlo. Aunque el café es una de las bebidas más frecuentes de las que se disfruta en todo el mundo, el estudio mostró que la actividad antioxidante dependía en gran parte del método de preparación y esto podría llevar a una considerable diferencia en la cantidad ingerida en países diferentes. En

EE.UU., por ejemplo, el contenido promedio por taza es de 0.7 por ciento en el café soluble comparado con el 1.7 por ciento en los consumidores suizos y el 2.0 por ciento en Francia. (Gutiérrez. A, 2001)

El Profesor Peter Martin, Director del Instituto de Estudios Cafeteros de Nashville (EE.UU.), en un comentario sobre ese estudio dijo: “es interesante que la mayoría de la gente cree que las infusiones de hierbas son saludables y que el café puede ser dañino para la salud. Este trabajo sugiere que con respecto a la actividad antioxidante, puede ser verdad lo contrario.” Y añadió: “la magnitud de los resultados publicados debe ser considerada significativa, ya que consumimos esta bebida en la proporción utilizada en el estudio”

Se sabe que los granos de café contienen cientos de componentes que podrían ayudar a la investigación de algunas de las enfermedades más prevalentes de nuestros tiempos. Muchos de esos componentes contribuyen al sistema de defensa antioxidante en el organismo y estos últimos descubrimientos ayudan a confirmar algunos de los beneficios significativos para la salud que ofrece el café. (Gutiérrez A., 2001)

C. Situación económica del café en la actualidad

La Bolsa de Valores de Nueva York reportó que el precio del café bajo de USD184.20 a USD176.15 en un día; el mercado regresó a niveles tan bajos como los vistos en septiembre del 2010.

Se estima que desde inicios de este año el precio ha bajado sensiblemente debido a los problemas económicos que atraviesa Europa los cuales repercuten en una actividad económica más lenta. (Anacafé , 22 marzo de 2012)

Según los reportes de Anacafé (Asociación Nacional del Café), en el mes de diciembre del año 2011 se exportó 232,540 quintales al resto del mundo, generando un ingreso para la población guatemalteca de \$53,557,088.44 colocando al país en el 8avo exportador de café. (Anacafé, 9 abril 2012)

La Asociación Nacional del Café (Anacafé) de Guatemala dijo en un comunicado que durante los últimos seis meses los productores guatemaltecos han exportado un total de 1.454.812 sacos de 60 kilogramos. (Anacafé, 9 abril 2012)

Esa cifra, según Anacafé, es inferior en 0,92 % respecto a los 1.441.539 exportados durante el mismo período del año anterior. (Anacafé, 9 abril 2012)

En marzo pasado, según el informe, los productores locales exportaron un total de 460.203 sacos, 0,75 % menos respecto a los 463.699 sacos exportados durante el mismo mes del año anterior. (Anacafé, 9 abril 2012)

Durante la cosecha cafetalera anterior (octubre 2010 a septiembre 2011), Guatemala exportó un total de 3.652.458, y según las previsiones de Anacafé este año las ventas al extranjero alcanzarán los 4,5 millones de sacos. (Anacafé, 9 abril 2012)

D. Beneficios del consumo del café

El café puede reducir el riesgo de desarrollar cálculos biliares, impedir el desarrollo de cáncer de colon, mejora la función cognitiva, reducir el riesgo de daño hepático en personas con alto riesgo de enfermedad hepática, y reducir el riesgo de la enfermedad de Parkinson. El café también ha demostrado que mejora el rendimiento de resistencia de larga duración actividades físicas. (Harvard Health Publications, 2006.)

En el 2009, dos estudios sugieren beneficios adicionales de café: beber café, los hombres parecían tener un riesgo menor de cáncer de próstata avanzado o mortal que los demás hombres, y personas de mediana edad que beben cantidades moderadas de café, de tres a cinco tazas al día - tenían el menor riesgo para la demencia y la enfermedad de Alzheimer más tarde en la vida en comparación con menos (o más) los bebedores frecuentes. (Klein.S.2010)

1. Reducción del riesgo de padecer Alzheimer. La enfermedad de Alzheimer es hoy en día una de las formas más frecuentes de la demencia, y su prevención y tratamiento son uno de los mayores retos planteados a la salud pública en el mundo entero. El entendimiento de la función del café como factor de protección ha ido en aumento a medida que se ha ido demostrando en estudios científicos que la ingestión de cafeína va asociada a un menor riesgo de Alzheimer.

Uno de esos estudios, que se llevó a cabo a escala nacional en el Canadá (Lindsay, J. *et al.*2002), se hizo con una muestra de 6.434 personas. Todas ellas tenían por lo menos 65 años de edad en 1991, cuando se inició el estudio, y carecían de síntomas de Alzheimer. De las 4.615 que seguían vivas en 1996 fueron diagnosticadas de Alzheimer 194. Del análisis efectuado con esas 4.615 personas resultó que el consumo de café, junto con otros factores tales como la actividad habitual iba asociado con un descenso del riesgo de contraer la enfermedad de Alzheimer. Se observaron resultados similares, por lo que al café se refiere, en un estudio a menor escala llevado a cabo en Portugal. (Maia, L. *et al.*2002)

Varios estudios que compararon bebedores de café moderados (unas 2 tazas al día) con consumidores esporádicos de café (menos de una taza al día) concluyeron que aquellos que bebían más café tenían muchas menos probabilidades de desarrollar Alzheimer más tarde. (Maia, L. *et al.*2002) (Lindsay, J. *et al.*2002)

2. Reducción de padecer diabetes tipo II. La toma de café puede reducir el riesgo de diabetes mellitus de tipo II hasta la mitad. (Salazar-Martínez 2004) Varios estudios han demostrado que el ácido clorogénico componente que se encuentra en el café puede prevenir la aparición de diabetes de tipo 2. La cafeína es conocida por aumentar los niveles de azúcar en la sangre y aumentar el gasto de energía en el corto plazo. También aumenta la sensibilidad del organismo a la insulina, disminuyendo el riesgo de desarrollar diabetes tipo 2.

3. Disminuye el dolor de cabeza. Son muchas las personas que sufren de dolor de cabeza, de manera que las nuevas investigaciones que indican que con una taza de café pueden aliviarse esos síntomas es una buena noticia para todos. En un estudio reciente (Diamond, S.2000) se administró a 301 personas que sufrían de frecuentes dolores de cabeza una combinación de un analgésico conocido (ibuprofen) y cafeína. En el 80% de los pacientes se apreció considerable mejoría en el término de seis horas, mientras que ese resultado sólo se dio en el 67% de los que tomaron solamente el analgésico.

Se añade con frecuencia cafeína a los analgésicos porque mejora su absorción y aumenta sus efectos. Sostienen muchos que la cafeína de una taza de café fuerte puede contribuir a mitigar una migraña, o incluso curarla, si se toma muy al principio de un dolor de cabeza. Se sabe que las sustancias que dilatan los vasos sanguíneos, como lo hace el alcohol, pueden ocasionar dolores de cabeza vasculares. Las sustancias que comprimen los vasos sanguíneos, como lo hace la cafeína,

pueden contribuir a contrarrestar los penosos efectos de la dilatación de los vasos sanguíneos en la cabeza.

4. Reducción del asma. La incidencia del asma, enfermedad del sistema respiratorio, ha aumentado notablemente en el mundo entero en los últimos veinte años. En algunos países industrializados llega ahora al 10% (Reino Unido) o al 14% (Japón) de la población. Los efectos beneficiosos del café en el asma se conocen desde hace más de un siglo, y el café se emplea para tratar esa enfermedad en Escocia desde 1859 por lo menos (Salter, H,1859). Investigaciones recientes confirman ese efecto.

En un estudio realizado en Italia con 72.284 personas (Pagano, R. et al.1988) se observó que la incidencia del asma descendía un 28% cuando se bebían tres o más tazas al día. Se llegó a resultados similares en el Segundo censo de Salud y Nutrición Nacionales de los EE UU (12), en el que, en un grupo de 20.322 personas, la incidencia del asma descendió un 29% y la de resuello un 13%, al comparar los consumidores regulares de café con los no consumidores.

IV. JUSTIFICACIÓN

El café es una industria de suma importancia, ya que ocupa el segundo lugar en términos de dólares, a nivel mundial. La producción de café es aproximadamente 6.3 millones de toneladas, y Guatemala contribuye grandemente en este mercado.

Según los reportes de Anacafé (Asociación Nacional del Café), en el mes de diciembre del año 2011 se exportó 232,540 quintales al resto del mundo, generando un ingreso para la población guatemalteca de \$53,557,088.44 colocando al país en el 8avo exportador de café.

Guatemala es un país que posee una gran variedad de microclimas, con patrones de lluvias ideales, entre montañas altas y majestuosas; y una gran diversidad de suelos ricos. Todo esto junto hace tales combinaciones que produce una diferencia en cada taza de café.

Millones de personas inician su día con una taza de café, sin conocer los múltiples beneficios que tienen estos para su salud. Es muy probable que lo consuman por su delicioso aroma, o porque necesitan mantenerse despiertos, o porque necesitan esa dosis de cafeína para poder arrancar el día.

Existe una controversia a nivel mundial ya que se ha oído hablar mucho sobre que el café es una bebida poco beneficiosa para la salud ya que afecta la salud reproductiva de las mujeres, afecta y altera el sistema nervioso de la personas, algunos se quejan de no poder dormir después de tomar café, pues a la hora de acostarse están muy inquietos. Tanto que hay quienes lo relacionan con los ataques de pánico sin dejar de mencionar que podría llegar a causar dependencia, lo que podría generar una adicción.

Este estudio propone determinar la capacidad antioxidante en la bebida de café de 8 diferentes regiones del país, las cuales son comercializadas y exportadas, por lo que es de suma importancia determinar esta capacidad en el café Guatemalteco ya que pues es muy probable que contenga mayor capacidad antioxidante que otros a nivel mundial y esto podría aumentar en exportaciones y a largo plazo mejorar la economía de nuestro país.

Y a corto plazo podría darse a conocer a la población guatemalteca las regiones que podrían beneficiar de mayor manera a los consumidores, proveyéndoles la información sobre su capacidad antioxidante.

Sea buena o mala, esta bebida al mismo tiempo que sigue siendo controversial, las personas no dejan de consumirla, y buscan los mejores granos.

V. OBJETIVOS

A. Generales

1. Determinar la capacidad antioxidante del café de 8 regiones de Guatemala ; “Acatenango Valley”, “Antigua Coffee”, “Traditional Atitlán”, “RainForest Cobán”, “Fraijanes Plateau”, “Highland Huehúe”, “New Oriente”, “Volcanic San Marcos”.

B. Específicos

1. Determinar la capacidad antioxidante por el ensayo DPPH por el método Brand Williams *et al.* 1995 en las 8 regiones de café de Guatemala.
2. Obtener el contenido de polifenoles totales mediante el método Folin-Ciocalteu en las 8 regiones de café de Guatemala.
3. Determinar el contenido de cafeína en las 8 regiones de café de Guatemala.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Preparación del extracto

Se preparó el extracto de café pesando alrededor de 14 gramos y agregando 250ml de agua destilada, en una moka, se calentó a 255 °C durante 40 minutos. El extracto fue preparado un día antes del análisis y fue almacenado en un bote forrado con papel aluminio a temperatura ambiente.

B. Determinación del poder antioxidante, en duplicado

Para la determinación de la capacidad antioxidante se utilizó el método de Brand Williams *et al* (1995). Todas las determinaciones se realizaron en duplicado.

1. Dilución en agua. Se tomó una alícuota de 100 ml del extracto y se aforó a 250 ml con agua destilada.

2. Dilución con metanol (1:10). Se tomó una alícuota de 0.25ml de la muestra diluida en agua y se aforó a 25ml con metanol.

3. Preparación del Blanco. Se utilizó un blanco de la bebida diluida y metanol de la siguiente manera:

Cuadro 1. Cantidades necesarias para la preparación del blanco

# Tubo	Bebida diluida ml	Metanol ml	DPPH ml
1	0.1	1.9	0
2	0.2	1.8	0
3	0.3	1.7	0
4	0.4	1.6	0
5	0.5	1.5	0
6	0.6	1.4	0
7	0.7	1.3	0
8	0.8	1.2	0
9	0.9	1.1	0
10	1.0	1.0	0

4. Preparación de muestras.

Cuadro 2. Cantidades necesarias para la preparación de las muestras

# Tubo	Bebida diluida ml	Metanol ml	DPPH ml
1	0.1	1.4	0.5
2	0.2	1.3	0.5
3	0.3	1.2	0.5
4	0.4	1.1	0.5
5	0.5	1.0	0.5
6	0.6	0.9	0.5
7	0.7	0.8	0.5
8	0.8	0.7	0.5
9	0.9	0.6	0.5
10	1.0	0.5	0.5

5. Preparación solución DPPH 50 μ M en metanol. Se pesó 0.0056g de DPPH y se aforó a 25ml con metanol, utilizando un balón aforado forrado con papel aluminio.

6. Lectura de absorbancia a 517nm

- a. Se agitó con un vortex durante 10 segundos el blanco y leyó la absorbancia.
- b. Se agitó 0.5ml de DPPH, en este momento se tomó el tiempo con un cronómetro, luego se agitó en vortex durante 15 segundos, y midió la absorbancia.
- c. Al finalizar de leer la lectura de los 10 tubos (blanco y muestra).
- d. Se almacenaron en un lugar oscuro, hasta que el cronómetro # 1 indicara que habían transcurrido 30 minutos.
- e. Se repitieron las lecturas, volviendo agitar tanto el blanco como la muestra.

C. Determinación de compuestos fenólicos totales, en triplicado

1. Preparación de la curva estándar

- a. Solución de Pirogalol . Se pesó 0.0050g de pirogalol y se aforó a 50ml con agua destilada.
- b. Solución de carbonato de sodio 7.5%. Se pesó 1.875g y se aforó a 25ml con agua destilada.
- c. Solución de Folin-ciocalteu diluido 10 veces. Se tomó 2.5 ml del reactivo y se aforó a 25 ml con agua destilada.
- d. Preparación de tubos. Se agregó en el siguiente orden Pirogalol, Agua, Bicarbonato y Folin diluido.

Cuadro 3. Cantidades necesarias para la elaboración de la curva estándar.

Tubo #	Agua	Pirogalol	Folin	Na ₂ CO ₃
1	0.8	0.2	2.5	2.0
2	0.6	0.4	2.5	2.0
3	0.4	0.6	2.5	2.0
4	0.2	0.8	2.5	2.0
5	0	1.0	2.5	2.0
Blanco	1.0	0.0	2.5	2.0

- e. Procedimiento
 - 1) Después de adicionar el reactivo de Folin, se agitó con un vortex durante 10 segundos.
 - 2) Se colocaron los tubos en un baño maría a una temperatura de 45°C por 20 minutos.
- f. Lectura de absorbancia a 765nm. Se leyó la absorbancia de cada uno de los tubos, sin olvidar leer la lectura del blanco previo a cada corrida.

2. Preparación de la muestra. Se preparó una solución madre (3:10) tomando una alícuota del extracto y se aforó con agua destilada, y luego a partir de esa se preparó una solución hija (1:10) y se aforó con agua destilada.

Cuadro 4. Cantidades necesarias para la preparación de la muestra

Tubo #	Agua ml	Pirogalol ml	Folin ml	Na ₂ CO ₃ ml	Muestra ml
1	0	0	2.5	2.0	0.4
2	0	0	2.5	2.0	0.4

a. Procedimiento

- 1) Después de adicionar el reactivo de Folin, se agitó con un vortex durante 10 segundos.
- 2) Se colocaron los tubos en un baño maría a una temperatura de 45° C minutos por 20 minutos.

b. Lectura de absorbancia a 765nm. Se leyó la absorbancia de cada uno de los tubos

D. Determinación de la concentración de cafeína por HPLC , en triplicado

1. Preparación de la curva estándar. Se preparó los extractos a diferentes concentraciones, 20mg/L, 40mg/L, 60mg/L, 80 mg/L y 100mg/L con agua destilada.
2. Preparación de la muestra. Se preparó una solución (2:25), tomar 2 ml del extracto y se aforó a 25 ml con agua destilada.
3. Filtración. Se filtró tanto los estándares como la muestra con filtros de un tamaño de poro de 0.2 µm.
4. Determinación de cafeína, Se corrieron los estándares de primero y después se corrieron las muestras, con un flujo de 1.5ml/min , y una Fase móvil de Agua:Metanol (60:40)

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tendencia hace unos años era el consumo de alimentos “bajos en grasa”, “Sin azúcar”, “Bajo en sodio”, sin embargo hoy en día esa tendencia a cambiado y se ha podido ver que existe una alta demanda por el consumo de productos los cuales provean al consumidor el beneficio de los antioxidantes.

Cada vez las personas están siendo más conscientes de los productos que ingieren, a edades más tempranas. Los consumidores hoy en día están siendo más exigentes en los productos, y se ha notado el crecimiento de las tendencias hacia lo natural.

El objetivo principal de este estudio fue determinar la capacidad antioxidante, contenido de polifenoles y el contenido de cafeína presente en el café.

Se decidió analizar los cafés de las 8 regiones avaladas por ANACAFE (Asociación Nacional del Café) y determinar su capacidad antioxidante de diversas formas, en la época de cosecha de diciembre a marzo del año presente. Como se puede observar en la Figura No. 30 en anexos se encuentra la información de las etiquetas.

El primer método a analizar fue el de Brand Williams et. al (1995) el cual se presenta como IC50 que quiere decir la cantidad de café que reduce la absorbancia de la solución DPPH en un 50%. Así, un menor valor IC50 indica mayor actividad antioxidante.

Para este método se utilizó el radical libre estable DPPH, el cual es de una coloración morada intensa, y que al reaccionar con el café va perdiendo su coloración morada y va cambiando a una coloración café amarillenta, es este cambio de color que se mide mediante el uso del espectrofotómetro.

Como se puede observar en el Cuadro 5, el que presenta menor índice de capacidad de reducción al 50% (IC50) es el de región Traditional Atitlán seguido por Fraijanes Plateau, Volcanic San Marcos, New Oriente, Acatenango Valley, Rainforest Cobán, Antigua Coffee, Highland Huehue.

Como se puede observar en el Cuadro 5, existe diferencia entre Traditional Atitlán y Fraijanes Plateau con el resto de cafés, ya que Traditional Atitlán presenta un IC50 de 41.3 ± 0.6 , Fraijanes Plateau presenta un IC50 de 54.2 ± 19.5 y si se observa Highland Huehue es de 204.5 ± 7.1

Cuadro 5. Determinación de la capacidad antioxidante por el método DPPH, en duplicado

Región	IC50 ($\bar{x} \pm$ desviación estándar)
Acatenango Valley	157.1 ± 4.5
Antigua Coffee	186.7 ± 1.4
Traditional Atitlán	41.3 ± 0.6
Rainforest Cobán	175.6 ± 8.4
Fraijanes Plateau	54.2 ± 19.5
Highland Huehue	204.5 ± 7.1
New Oriente	103.1 ± 2.8
Volcanic San Marcos	99.3 ± 5.9

Además para estas pruebas se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) en Excel y se obtuvo un F de 8.8392 y el F crit es de 3.5004 en donde se determina que $F > F_{crit}$ por lo tanto se puede determinar que los resultados de las pruebas son significativos.

Sin embargo F es mayor pero no mucho mayor, entre más grande sea la diferencia más seguro se puede estar que los resultados fueron significativos. Pero como en este análisis los resultados de Traditional Atitlán y Fraijanes Plateau son muy diferentes al resto; es muy probable que ha esto se deba a que entre los valores de F y F crit no exista una diferencia muy grande. Además la probabilidad que se obtuvo fue de 0.0031 la cual es menor a 0.05 por lo tanto nuevamente confirmamos en que los resultados son confiables.

Cuadro 6. Prueba de análisis de varianza para la determinación de la capacidad antioxidante

ANOVA						
Source of Variation	SS	Df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	53656.81	7	7665.258	8.839232	0.003173	3.500463855
Within Groups	6937.488	8	867.186			
Total	60594.29	15				

También se determinó la presencia de compuestos fenólicos totales mediante el método Folin-Ciocalteu, en este método se utilizó Pirogalol debido a que este es un compuesto fenólico representativo y a partir de este se calculó cuanto mg equivalentes de pirogalol por gramo de café; este análisis se realizó en triplicado para cada una de las regiones.

Para el análisis de los resultados a mayor contenido de miligramos de pirogalol mayor contenido de polifenoles. Estudios han demostrado que los polifenoles dan cuenta de la riqueza antioxidante de la parte mayor de los alimentos habitualmente consumidos por la población.

Como se puede observar en el Cuadro 7 la presencia de polifenoles de orden ascendente es el siguiente; Fraijanes Plateau, Highland Huehue, Traditional Atitlán, Acatenango Valley, Rainforest Cobán, Antigua Coffee, Volcanic San Marcos, New Oriente.

Cuadro 7. Determinación compuestos Fenólicos Totales, en triplicado.

Región	mg equivalentes de pirogalol/ g café ($\bar{x} \pm$ desviación estándar)
Acatenango Valley	45.1±0.2
Antigua Coffee	48.3±2.9
Traditional Atitlán	43.2±1.1
Rainforest Cobán	47.6±0.8
Fraijanes Plateau	37.9±0.3
Highland Huehue	41.8±0.7
New Oriente	51.5±0.9
Volcanic San Marcos	48.4± 0.8

En este análisis se puede observar que no existe una diferencia entre ellas, como se había observado en el método anterior y esto se reflejó al realizar un análisis de varianza.

Mediante el análisis de varianza (ANOVA) en Excel y se obtuvo un F de 36.3436y el F crit es de 2.6571 en donde se determina que $F \gg F_{crit}$ cuando el F es mucho mayor que el F crítico se tiene una mayor seguridad de los resultados. Además la probabilidad que se obtuvo fue de $1.1658E^{-08}$ la cual es mucho menor a 0.05 por lo tanto nuevamente confirmamos en que los resultados son confiables.

Cuadro 8. Prueba de análisis de varianza para la determinación de compuestos fenólicos totales

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	398.36522	7	56.90931711	36.34364853	1.16583E-08	2.657197
Within Groups	25.0538708	16	1.565866923			
Total	423.419091	23				

Se determinó el contenido de cafeína en el café preparado en la cafetera moka, es necesario enfatizar el método de preparación del café ya que de este depende el contenido de cafeína. La cafeína es un compuesto soluble en agua y es el agua que acarrea la cafeína por lo que si se le agrega mayor volumen de agua por un mayor tiempo se obtiene un café con mayor contenido de cafeína.

Se realizó una curva estándar con las siguientes concentraciones de cafeína 20 ppm , 40ppm, 80 ppm y 100ppm se observó un tiempo de retención de la muestra en un rango de 1.230 a 1.299 min. El análisis se realizó en triplicado en dos diferentes días. Estos se inyectaron en un cromatógrafo HPLC con detector de arreglo de Diodos.

Se pudo determinar que la región con mayor contenido de cafeína es Volcanic San Marcos seguido por New Oriente, Highland Huehue, Antigua Coffee, Acatenango Valley, Fraijanes Plateu, Rainforest Cobán y de último Traditional Atitlán

Cuadro 9. Determinación del contenido de cafeína mediante HPLC en triplicado

Región	mg cafeína/100 g café (\bar{x} \pm desviación estándar)
Acatenango Valley	0.1873 \pm 0.0047
Antigua Coffee	0.1941 \pm 0.0020
Traditional Atitlán	0.1628 \pm 0.0058
Rainforest Cobán	0.1778 \pm 0.0185
Fraijanes Plateau	0.1861 \pm 0.0045
Highland Huehue	0.2119 \pm 0.0060
New Oriente	0.2121 \pm 0.0019
Volcanic San Marcos	0.2229 \pm 0.0014

En este análisis se puede observar que no existe una diferencia significativa entre ellas, y esto se reflejó al realizar un análisis de varianza.

Mediante el análisis de varianza (ANOVA) en Excel y se obtuvo un F de 20.9255 y el F crit es de 2.6571 en donde se determina que $F \gg F_{crit}$, cuando el F es mucho mayor que el F crítico se tiene una mayor seguridad de los resultados. Además la probabilidad fue de 6.25E-07 que se obtuvo es mucho menor a 0.05 por lo tanto nuevamente confirmamos en que los resultados son confiables.

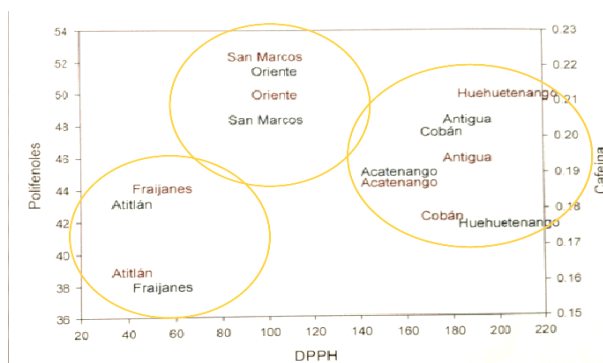
Cuadro 10. Prueba de análisis de varianza para la determinación de cafeína

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	0.008482	7	0.001212	20.92554	6.25E-07	2.657197
Within Groups	0.000926	16	5.79E-05			
Total	0.009408	23				

De igual manera se realizó una gráfica de dispersión de regiones y ubicando cada región en los valores que le correspondían tanto como para Polifenoles que se encuentra en el eje y de la gráfica, DPPH que se encuentra en el eje x y en el eje z el contenido de cafeína.

Se pudo observar en la Figura No. 28 que existe una agrupación de las regiones. Existe una similitud en los resultados de San Marcos y Oriente asignándoles el grupo No.1 , de igual manera existe una similitud en los resultados de Huehuetenango, Antigua y Cobán como grupo No. 2 y en el último grupo se asemejan los resultados Atitlán y de Fraijanes se identifican como grupo No. 3

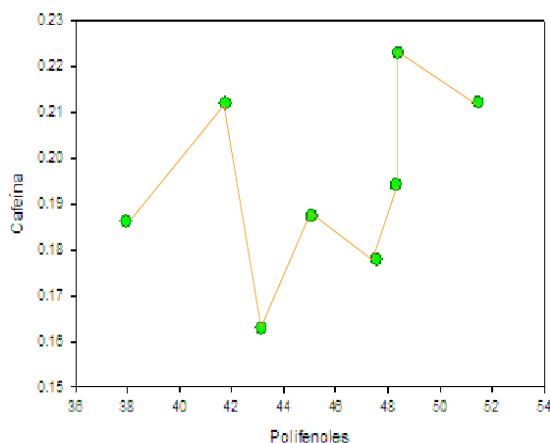
Figura No. 28 Dispersión de los datos de cafeína, polifenoles totales y capacidad antioxidante



Fuente: propia

De igual manera se intento encontrar una relacion lineal entre el contenido de cafeina y el contenido de Polifenoles y poder decir que a mayor contenido de cafeina mayor contenido de polifenoles sin embargo como se puede observar en la Figura No. 29 es posible hacer este tipo de conclusion ya que existe tal relacion lineal, es probable que debido a la diversidad de suelos que se tienen en nuestro pais y las diversas condiciones climaticas en las cuales ha sido cultivado el café , no permita poder hacer este tipo de relaciones.

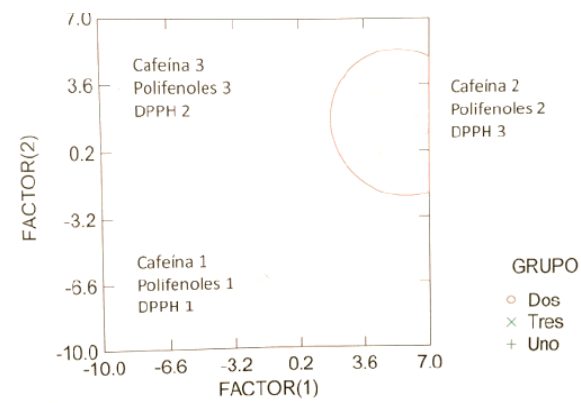
Figura No. 30 Tendencia lineal de cafeína y Polifenoles



Fuente: propia

Y por último se realizó una agrupación de los tres grupos que se generaron anteriormente mediante el método canonical score plots. Se puede observar en la parte inferior de la Figura No. 31 que coinciden los valores del grupo 1 (San Marcos y Oriente) tanto para cafeína, polifenoles y DPPH. El contenido de cafeína y el Contenido de Polifenoles si se agruparon en el mismo número de grupo sin embargo para DPPH se agrupo DPPH del grupo 2 con cafeína y polifenoles del grupo 3; y DPPH del grupo 3 se agrupo con cafeína y polifenoles del grupo 2.

Figura No. 31 Agrupación de Polifenoles, cafeína y DPPH por grupos.



Fuente: propia

VIII. CONCLUSIONES

1. Para la determinación de capacidad antioxidante se pudo notar que la región con mayor capacidad es la de “Traditional Atitlán” seguido por la región de “Frajanes Plateu” y la que tiene menor capacidad antioxidante es la de “Highland Huehue”.
2. Con respecto a la del contenido de Polifenoles totales se pudo determinar que la región con mayor contenido es la de “New Oriente” y la de menor contenido es la de “Frajanes Plateu”.
3. El contenido de cafeína que se determinó por cromatografía HPLC demuestra que la región que presenta mayor contenido de café es “Volcanic San Marcos” y la de menor contenido es la de “Traditional Atitlán”.
4. Los análisis de varianza (ANOVA) realizados a los resultados determinan que no existe diferencia significativa entre cada una de las regiones tanto para Capacidad antioxidante (DPPH), Polifenoles Totales (Folin-Ciocateu), Contenido de Cafeína (HPLC).
5. No existe una correlación lineal entre el contenido de polifenoles totales en las muestras, el valor numérico de la prueba de antioxidantes, y el contenido de cafeína.

IX. RECOMENDACIONES

1. Realizar el estudio sobre el contenido de cafeína en las diferentes regiones de Guatemala, por diferentes métodos de extracción.
2. Determinar el contenido de cafeína utilizando un diferente método de extracción, y utilizar el método tradicional de preparación el cual la mayoría de guatemaltecos utilizan, después de haber realizado una encuesta.
3. Analizar el café de las 8 regiones en diferente temporada de cosecha.
4. Estandarizar a profundidad el método de extracción y la granulometría del café.
5. Realizar estudios en café de diferentes marcas comerciales y compararlas con las 8 regiones de registradas en Anacafé.

I. BIBLIOGRAFÍA

1. Acuña U.M., Atha D.E., Ma J., Nee M.H. Y Kenelly E. J. (2002) “*Antioxidant Capacities of Ten Edible North Americans Plants*”, *Phytother. Res* 16: 63-65
2. Anacafé. www.anacafe.org
3. Alzamora, S. M., Salvatori, D., Tapia, S. M., López-Malo, A., Welti-Chanes, J., & Fito, P. (2005). *Novel functional foods from vegetable matrices impregnated with biologically active compounds*. *Journal of Food Engineering*, 67, 205–214.
4. Badui, S. (1999). *Química de los Alimentos*. 3a. Edición. México, Longman de México. 648 págs
5. Bech-Larsen, T., & Grunert, K. G. (2003). *The perceived healthiness of functional foods A conjoint study of Danish, Finnish and American consumers' perception of functional foods*. *Appetite*, 40, 9–14
6. Belina, J. (2007). *Evaluación de la actividad antioxidante de extractos orgánicos de semillas de heliocarpus Terebinthinaceus*. Tesis Universidad Tecnológica de la Mixteca, México.Facultad de Ingeniería. Pp. 68
7. Clifford M.N.,(1975). *The composition of green and roasted coffee beans*. *ProcBiochem* 10, (3) 22-23, (5) 13-16.
8. Coste, RE.1978.*El café; técnicas agrícolas y producciones tropicales*. España.277Pp
9. Diamond, S. *Clinical Pharmacology and Therapeutics* (2000)(68): 312-319
10. Diplock, A. T., Aggett, P. J., Ashwell, M., Bornet, F., Fern, E. B., & Roberfroid, M. B. (1999). *Scientific concepts of functional foods in Europe: Concensus document*. *British Journal of Nutrition*, 81(suppl. 1), S1–S27.
11. Gutiérrez. A. (2001). *Café, antioxidantes y protección a la salud*.*J.Agric. Food Chem*, 49, 3438 -3442
12. *Harvard Health Publications*, Harvard Medical School, (2006).
<http://www.coffeedetective.com/coffee-benefits.html>
13. Jockey, K., S. Rodgers. (2002). *Food Science. The Biochemistry of Food and Nutrition*. 4ª. Ed. Estados Unidos, McGraw-Hill. 496 págs.

14. Klein,S. Abril 28, (2010). *Coffee: Is it healthier than you think?*
<http://edition.cnn.com/2010/HEALTH/04/28/coffee.studies/index.html>
15. Lindsay, J., *et al.* (2002) *Risk Factors for Alzheimer's Disease: A Prospective Analysis from the Canadian Study of Health and Aging*, *Am J Epidemiol* 2002; 156:445-453
16. Maia, L., & de Mendonça, A.. July (2002). *Does caffeine intake protect from Alzheimer's disease?* *European Journal of Neurology*. 9:4, 377
17. Mark-Herbert, C. (2004). *Innovation of a new product category—Functional foods*. *Technovation*, 24, 713–719.
18. Murillo, E. (2002). *Actividad Antioxidante de bebidas de frutas y te comercializadas en Costa Rica*. Universidad de Panamá. Instituto de Alimentación y Nutrición (IANUT).
19. Niva, M. (2007). *'All foods affect health': Understandings of functional foods and healthy eating among health-oriented Finns*. *Appetite*, 48, 384–393.
20. Pagano, R. *et al.* *Chest*, (1988),(94): 386-389
21. Renaud,S.C.,Gueguen,R.,Schenker,J.,d'Houtaud,A.,1998. *Alcohol and mortality in middle-aged men from eastern France*. *Epidemiology* 9, 184-188
22. Roberfroid, M. B. (2002). *Global view on functional foods: European perspectives*. *British Journal of Nutrition*, 88, S133–S138.
23. Temple,N.J.,(2000) *Antioxidants an disease: more questions tan answers*. *Nutrition Research* 20, 449-459
24. Shahidi F., Naczk M. (1995). *Methods of Analysis and Quantification of Phenolic Compounds. En food Phenolics*. Technomic, Publishing Co. Inc., Lancaster 281-219
25. Salazar-Martinez.E.(2004).*Coffee consumption and risk for type 2 diabetes mellitus*. Harvard School of Public Health. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14706966>
26. Speisky.H.(2012). Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos (INTA).Corfo-Chile. Universidad de Chile. <http://portalantioxidantes.com/orac-base-de-datos-actividad-antioxidante-y-contenido-de-polifenoles-totales-en-frutas/>

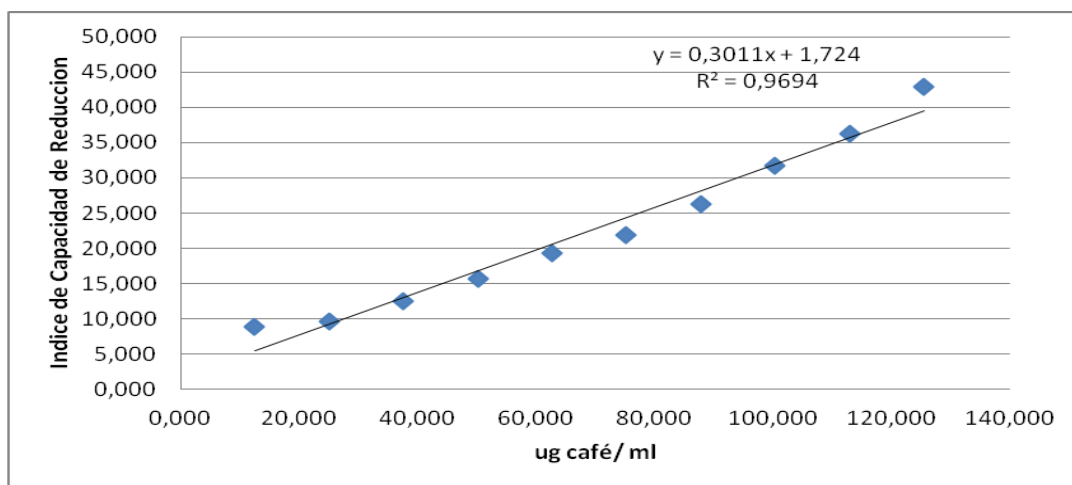
XI. APÉNDICE

A. Determinación de la capacidad antioxidante por el método DPPH Brand Williams *et. al* 1995

Cuadro 11. Datos obtenidos para la determinación de la capacidad antioxidante para la región Acatenango Valley 1

ml de muestra	Absorbancia t=0	Absorbancia t=30	ug/ml	% Pérdida de absorbancia	IC50 (ug/ml)
0.100	1.391	1.267	12.550	8.914	160.332
0.200	1.398	1.264	25.100	9.585	
0.300	1.336	1.169	37.650	12.500	
0.400	1.279	1.078	50.200	15.715	
0.500	1.303	1.052	62.750	19.263	
0.600	1.271	0.993	75.300	21.873	
0.700	1.216	0.897	87.850	26.234	
0.800	1.133	0.773	100.400	31.774	
0.900	1.105	0.704	112.950	36.290	
1.000	0.995	0.568	125.500	42.915	

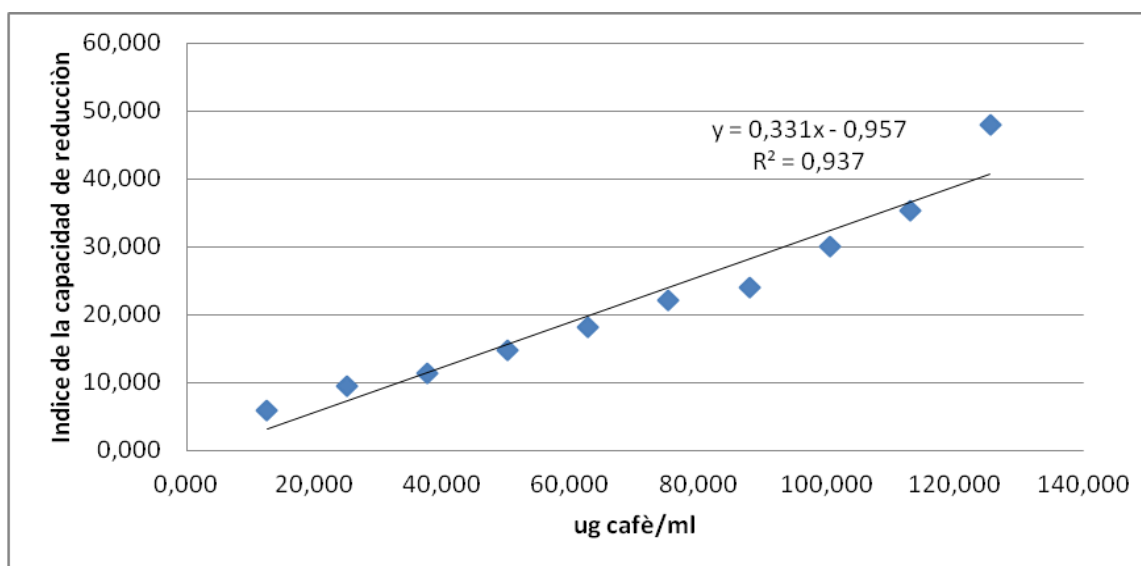
Figura 11. Obtención de ecuación para la determinación del IC50 para la región de Acatenango Valley 1



Cuadro 12. Datos obtenidos para la determinación de la capacidad antioxidante para la región Acatenango Valley 2

ml de muestra	Absorbancia t= 0	Absorbancia t= 30	ug/ml	% Pérdida de absorbancia	IC50 (ug/ml)
0.100	1.382	1.302	12.550	5.789	153.949
0.200	1.432	1.297	25.100	9.427	
0.300	1.384	1.227	37.650	11.344	
0.400	1.360	1.159	50.200	14.779	
0.500	1.378	1.127	62.750	18.215	
0.600	1.331	1.037	75.300	22.089	
0.700	1.267	0.963	87.850	23.994	
0.800	1.206	0.843	100.400	30.100	
0.900	1.113	0.721	112.950	35.220	
1.000	1.011	0.526	125.500	47.972	

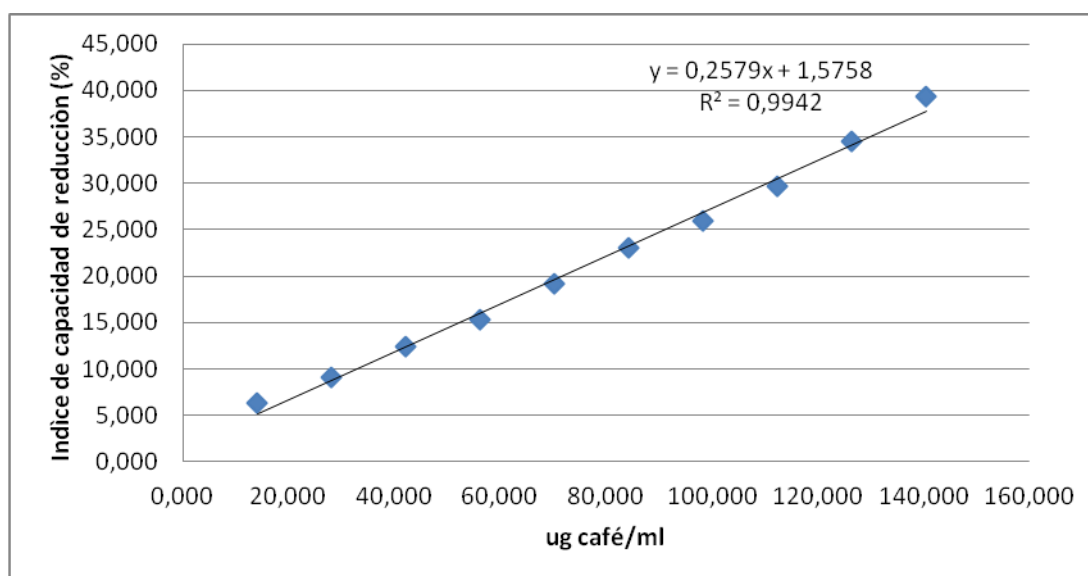
Figura 12. Obtención de ecuación para la determinación del IC50 para la región de Acatenango Valley 2



Cuadro 13. Datos obtenidos para la determinación de la capacidad antioxidante
para la región Antigua Coffee 1

ml de muestra	Absorbancia t= 0	Absorbancia t= 30	ug/ml	% Pérdida de absorbancia	IC50 (ug/ml)
0.100	1.389	1.301	14.050	6.335	187.763
0.200	1.515	1.378	28.100	9.043	
0.300	1.397	1.224	42.150	12.384	
0.400	1.397	1.182	56.200	15.390	
0.500	1.454	1.174	70.250	19.257	
0.600	1.393	1.072	84.300	23.044	
0.700	1.336	0.989	98.350	25.973	
0.800	1.304	0.917	112.400	29.678	
0.900	1.261	0.825	126.450	34.576	
1.000	1.215	0.737	140.500	39.342	

Figura 13. Obtención de ecuación para la determinación del IC50
para la región de Antigua Coffee 1



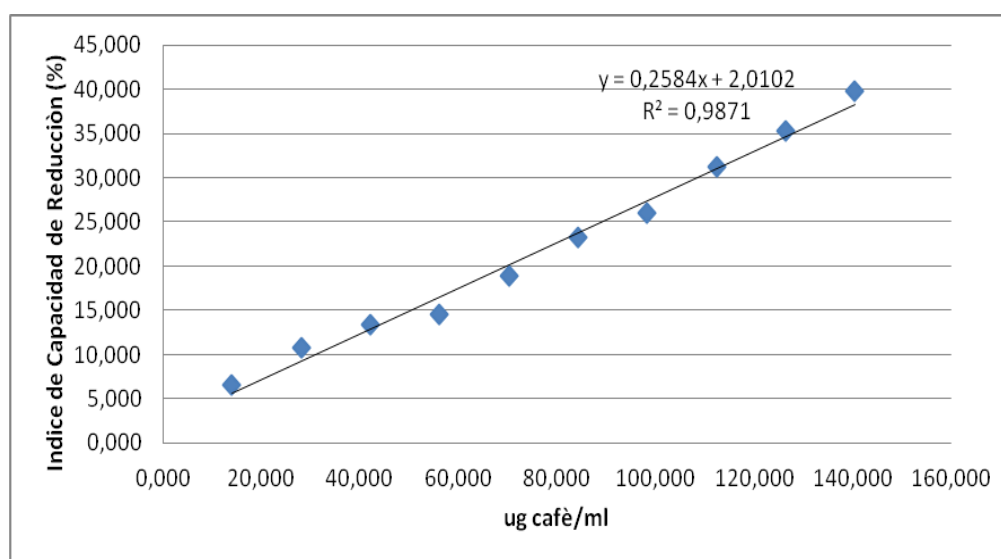
Cuadro 14. Datos obtenidos para la determinación de la capacidad antioxidante

para la región Antigua Coffee 2

ml de muestra	Absorbancia t= 0	Absorbancia t= 30	ug/ml	% Pérdida de absorbancia	IC50 (ug/ml)
0.100	1.546	1.444	14.050	6.598	185.719
0.200	1.497	1.336	28.100	10.755	
0.300	1.445	1.251	42.150	13.426	
0.400	1.421	1.215	56.200	14.497	
0.500	1.448	1.175	70.250	18.854	
0.600	1.414	1.085	84.300	23.267	
0.700	1.353	1.001	98.350	26.016	
0.800	1.320	0.908	112.400	31.212	
0.900	1.200	0.776	126.450	35.333	
1.000	1.190	0.716	140.500	39.832	

Figura 14. Obtención de ecuación para la determinación del IC50

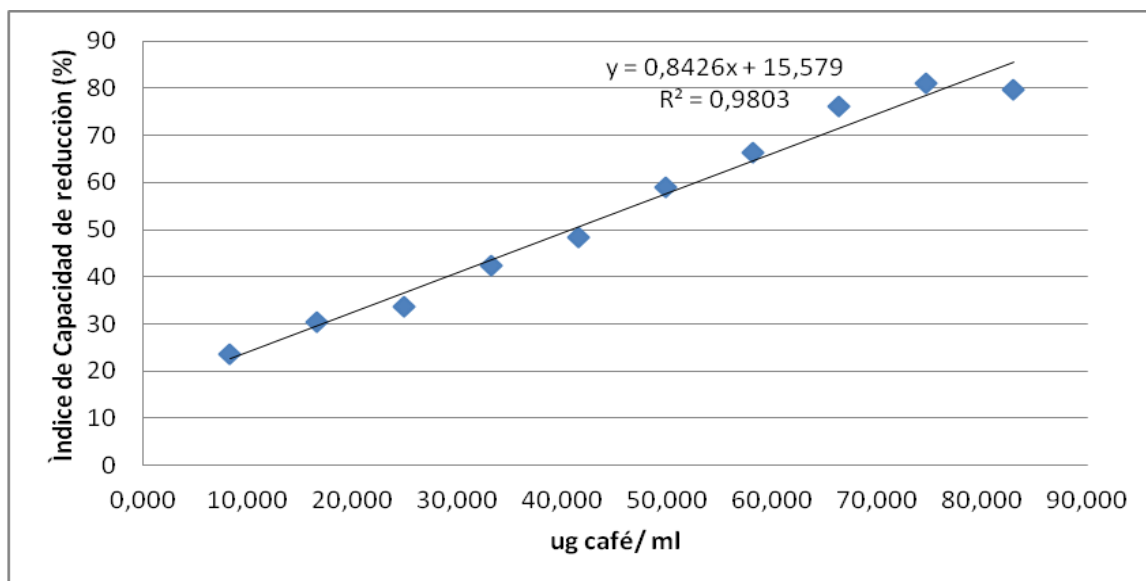
para la región de Antigua Coffee 2



Cuadro15. Datos obtenidos para la determinación de la capacidad antioxidante para la región Traditional Atitlán 1

ml de muestra	Absorbancia t= 0	Absorbancia t= 30	ug/ml	% Pérdida de absorbancia	IC 50 (ug/ml)
0.1	0.883	0.674	8.300	23.66930917	40.85093757
0.2	0.835	0.582	16.600	30.2994012	
0.3	0.833	0.552	24.900	33.7334934	
0.4	0.776	0.448	33.200	42.26804124	
0.5	0.75	0.388	41.500	48.26666667	
0.6	0.709	0.29	49.800	59.09732017	
0.7	0.669	0.225	58.100	66.367713	
0.8	0.617	0.148	66.400	76.01296596	
0.9	0.582	0.111	74.700	80.92783505	
1	0.539	0.109	83.000	79.77736549	

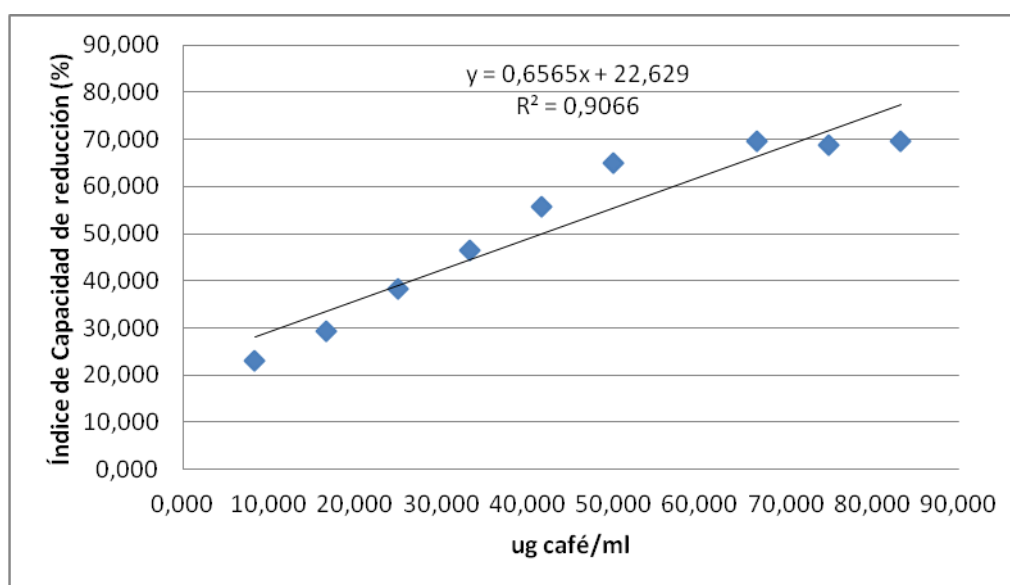
Figura 15. Obtención de ecuación para la determinación del IC50 para la región de Traditional Atitlán 1



Cuadro 16. Datos obtenidos para la determinación de la capacidad antioxidante para la región Traditional Atitlán 2

ml de muestra	Absorbancia t= 0	Absorbancia t= 30	ug/ml	% Pérdida de absorbancia	IC50 (ug/ml)
0.100	0.781	0.600	8.333	23.175	41.692
0.200	0.761	0.537	16.667	29.435	
0.300	0.737	0.454	25.000	38.399	
0.400	0.695	0.372	33.333	46.475	
0.500	0.640	0.283	41.667	55.781	
0.600	0.615	0.216	50.000	64.878	
0.800	0.362	0.110	66.667	69.613	
0.900	0.376	0.117	75.000	68.883	
1.000	0.372	0.113	83.333	69.624	

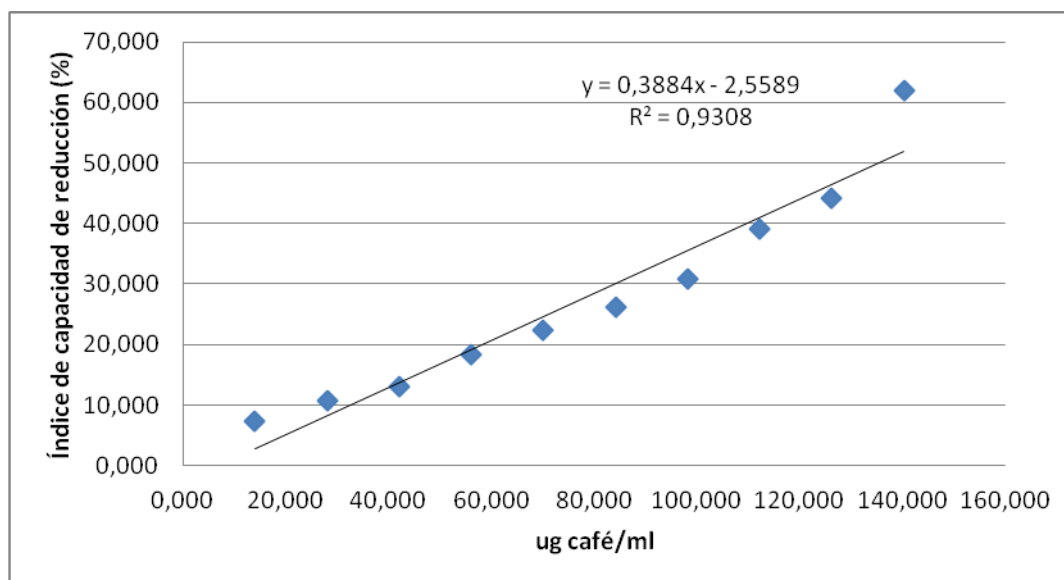
Figura 16. Obtención de ecuación para la determinación del IC50 para la región de Traditional Atitlán 2



Cuadro 17. Datos obtenidos para la determinación de la capacidad antioxidante para la región Rainforest Cobán 1

ml de muestra	Absorbancia t= 0	Absorbancia t= 30	ug/ml	% Pérdida de absorbancia	IC50 (ug/ml)
0.100	1.970	1.822	14.019	7.513	147.229
0.200	1.923	1.725	28.038	10.296	
0.300	1.843	1.601	42.057	13.131	
0.400	1.721	1.391	56.076	19.175	
0.500	1.776	1.419	70.096	20.101	
0.600	1.717	1.288	84.115	24.985	
0.700	1.653	1.195	98.134	27.707	
0.800	1.513	0.981	112.153	35.162	
0.900	1.414	0.807	126.172	42.928	
1.000	1.219	0.540	140.191	55.701	

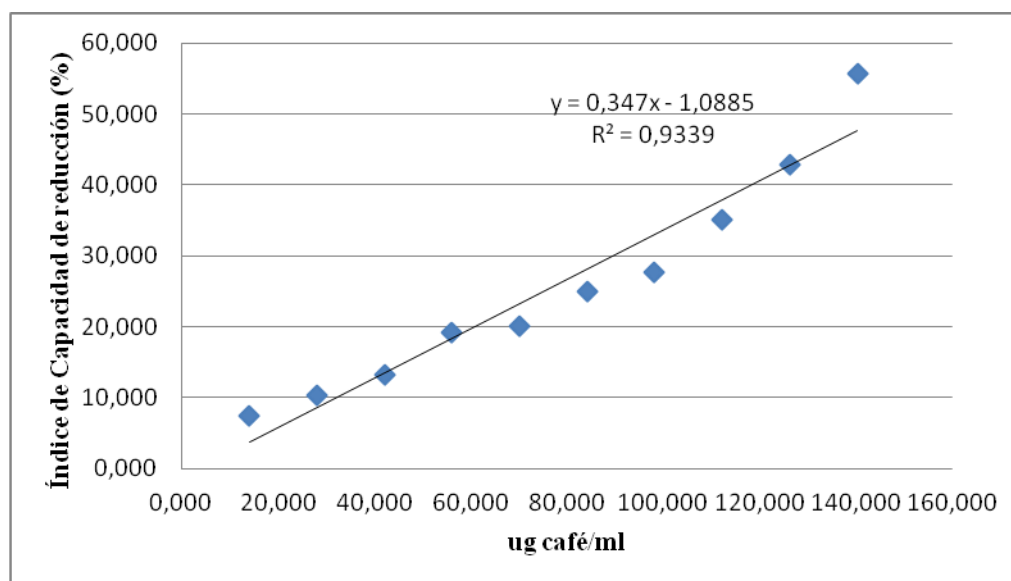
Figura 17. Obtención de ecuación para la determinación del IC50 para la región de Rainforest Cobán 1



Cuadro 18. Datos obtenidos para la determinación de la capacidad antioxidante
para la región Rainforest Cobán 2

ml de muestra	Absorbancia t= 0	Absorbancia t= 30	ug/ml	% Pérdida de absorbancia	IC50 (ug/ml)
0.100	1.970	1.822	14.019	7.513	147.229
0.200	1.923	1.725	28.038	10.296	
0.300	1.843	1.601	42.057	13.131	
0.400	1.721	1.391	56.076	19.175	
0.500	1.776	1.419	70.096	20.101	
0.600	1.717	1.288	84.115	24.985	
0.700	1.653	1.195	98.134	27.707	
0.800	1.513	0.981	112.153	35.162	
0.900	1.414	0.807	126.172	42.928	
1.000	1.219	0.540	140.191	55.701	

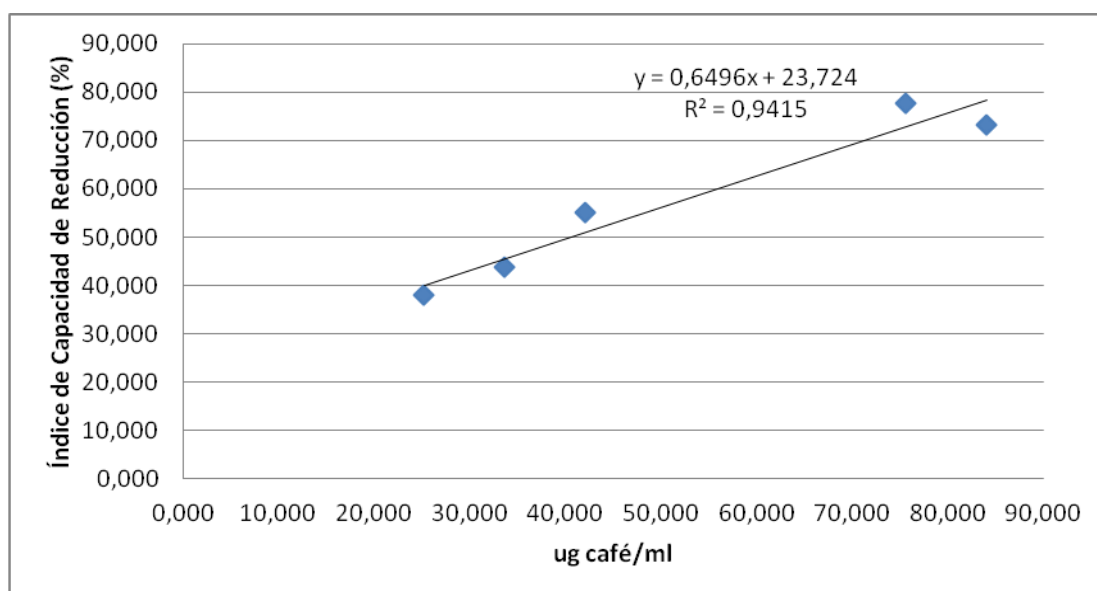
Figura 18. Obtención de ecuación para la determinación del IC50 para
la región de Rainforest Cobán 2



Cuadro 19. Datos obtenidos para la determinación de la capacidad antioxidante para la región Fraijanes Plateau 1

ml de muestra	Absorbancia t= 0	Absorbancia t= 30	ug/ml	% Pérdida de absorbancia	IC50 (ug/ml)
0.100	1.366	1.051	8.400	23.060	40.450
0.200	1.395	0.994	16.800	28.746	
0.300	1.239	0.767	25.200	38.095	
0.400	1.225	0.689	33.600	43.755	
0.500	1.051	0.473	42.000	54.995	
0.900	0.748	0.167	75.600	77.674	
1.000	0.662	0.177	84.000	73.263	

Figura 19. Obtención de ecuación para la determinación del IC50 para la región de región Fraijanes Plateau 1

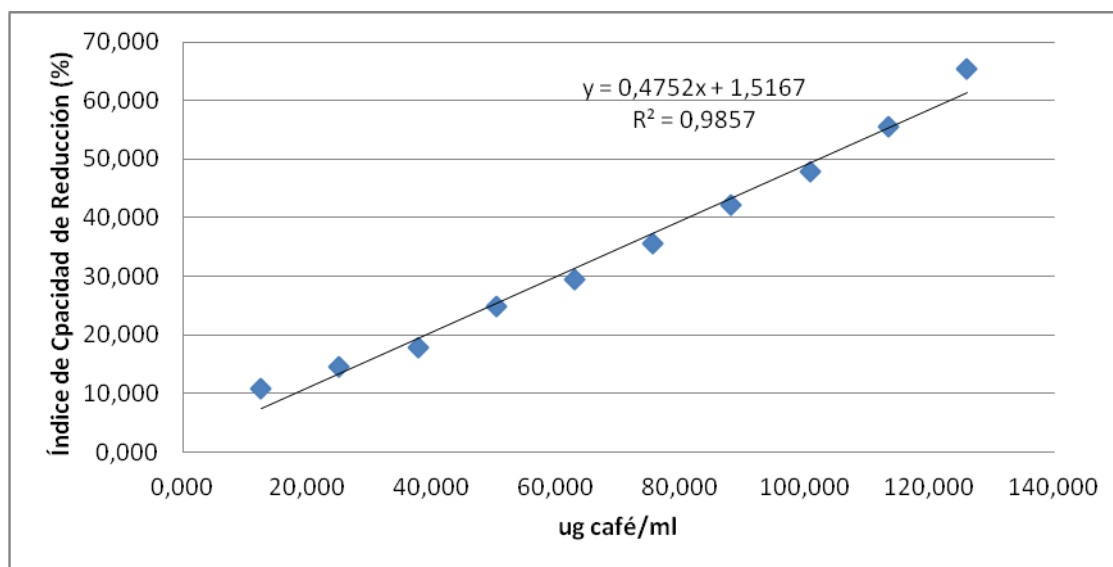


Cuadro 20. Datos obtenidos para la determinación de la capacidad

antioxidante para la región Fraijanes Plateau 2

ml de muestra	Absorbancia t= 0	Absorbancia t= 30	ug/ml	% Pérdida de absorbancia	IC50 (ug/ml)
0.100	1.518	1.353	12.600	10.870	68.018
0.200	1.447	1.236	25.200	14.582	
0.300	1.429	1.175	37.800	17.775	
0.400	1.337	1.005	50.400	24.832	
0.500	1.311	0.925	63.000	29.443	
0.600	1.252	0.805	75.600	35.703	
0.700	1.211	0.699	88.200	42.279	
0.800	1.112	0.579	100.800	47.932	
0.900	1.082	0.480	113.400	55.638	
1.000	0.932	0.322	126.000	65.451	

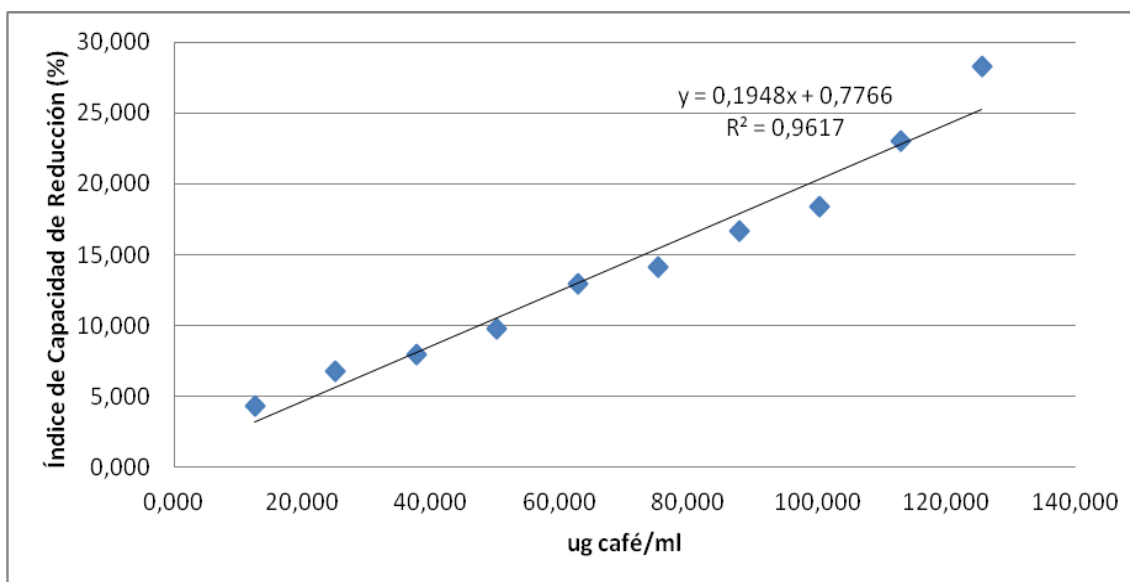
Figura 20. Obtención de ecuación para la determinación del IC50 para la región de región Fraijanes Plateau 2



Cuadro 21. Datos obtenidos para la determinación de la capacidad antioxidante
para la región Highland Huehue 1

ml de muestra	Absorbancia t= 0	Absorbancia t= 30	ug/ml	% Pérdida de absorbancia	IC50 (ug/ml)
0.100	1.516	1.451	12.550	4.288	252.687
0.200	1.460	1.361	25.100	6.781	
0.300	1.448	1.333	37.650	7.942	
0.400	1.417	1.278	50.200	9.809	
0.500	1.450	1.262	62.750	12.966	
0.600	1.437	1.234	75.300	14.127	
0.700	1.380	1.150	87.850	16.667	
0.800	1.373	1.121	100.400	18.354	
0.900	1.314	1.012	112.950	22.983	
1.000	1.233	0.884	125.500	28.305	

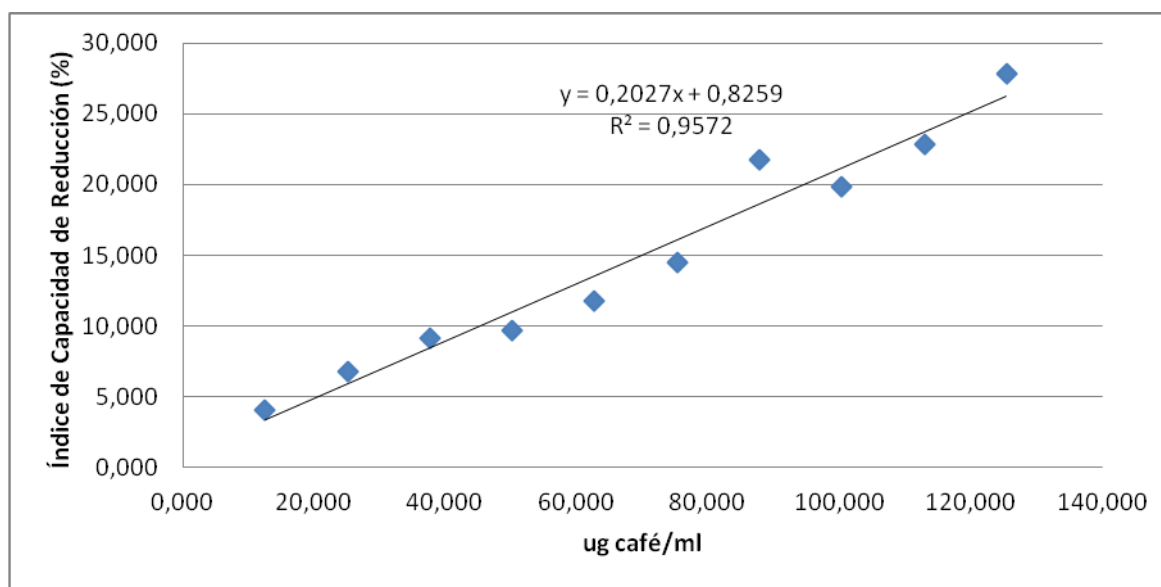
Figura 21. Obtención de ecuación para la determinación del IC50
para la región de región Highland Huehue 1



Cuadro 22. Datos obtenidos para la determinación de la capacidad antioxidante
para la región Highland Huehue 2

ml de muestra	Absorbancia t= 0	Absorbancia t= 30	ug/ml	% Pérdida de absorbancia	IC50 (ug/ml)
0.100	1.545	1.483	12.550	4.013	242.595
0.200	1.505	1.403	25.100	6.777	
0.300	1.439	1.307	37.650	9.173	
0.400	1.421	1.284	50.200	9.641	
0.500	1.515	1.337	62.750	11.749	
0.600	1.420	1.214	75.300	14.507	
0.700	1.371	1.073	87.850	21.736	
0.800	1.383	1.108	100.400	19.884	
0.900	1.282	0.989	112.950	22.855	
1.000	1.238	0.893	125.500	27.868	

Figura 22. Obtención de ecuación para la determinación del IC50
para la región de región Highland Huehue 2



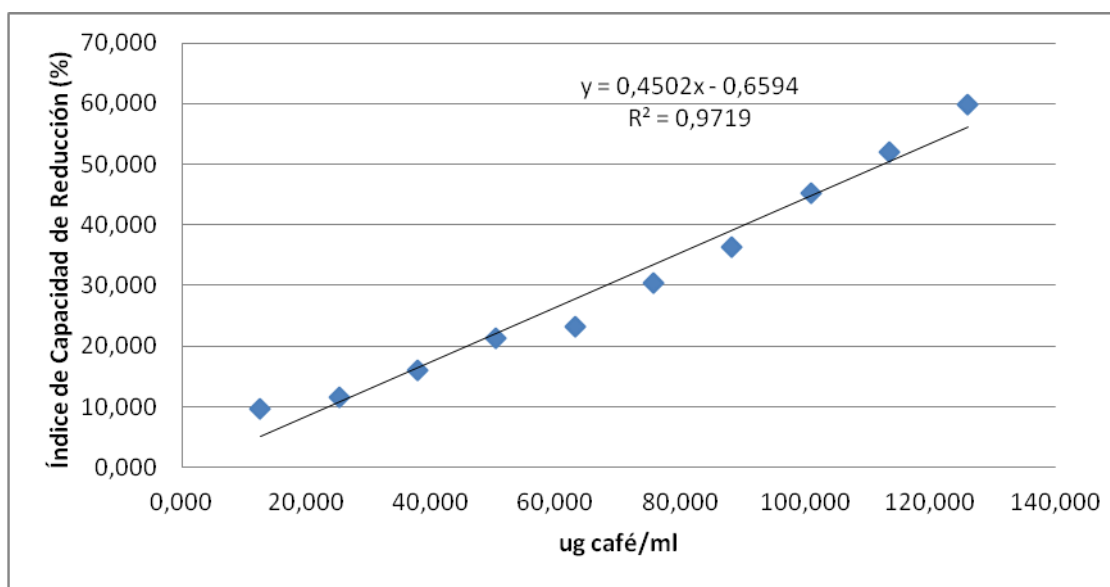
Cuadro 23. Datos obtenidos para la determinación de la capacidad antioxidante

para la región New Oriente 1

ml de muestra	Absorbancia t= 0	Absorbancia t= 30	ug/ml	% Pérdida de absorbancia	IC50 (ug/ml)
0.100	1.170	1.058	12.600	9.573	112.526
0.200	1.125	0.996	25.200	11.467	
0.300	1.068	0.898	37.800	15.918	
0.400	1.026	0.807	50.400	21.345	
0.500	1.029	0.791	63.000	23.129	
0.600	0.990	0.689	75.600	30.404	
0.700	0.933	0.594	88.200	36.334	
0.800	0.882	0.482	100.800	45.351	
0.900	0.829	0.398	113.400	51.990	
1.000	0.788	0.316	126.000	59.898	

Figura 23. Obtención de ecuación para la determinación del IC50

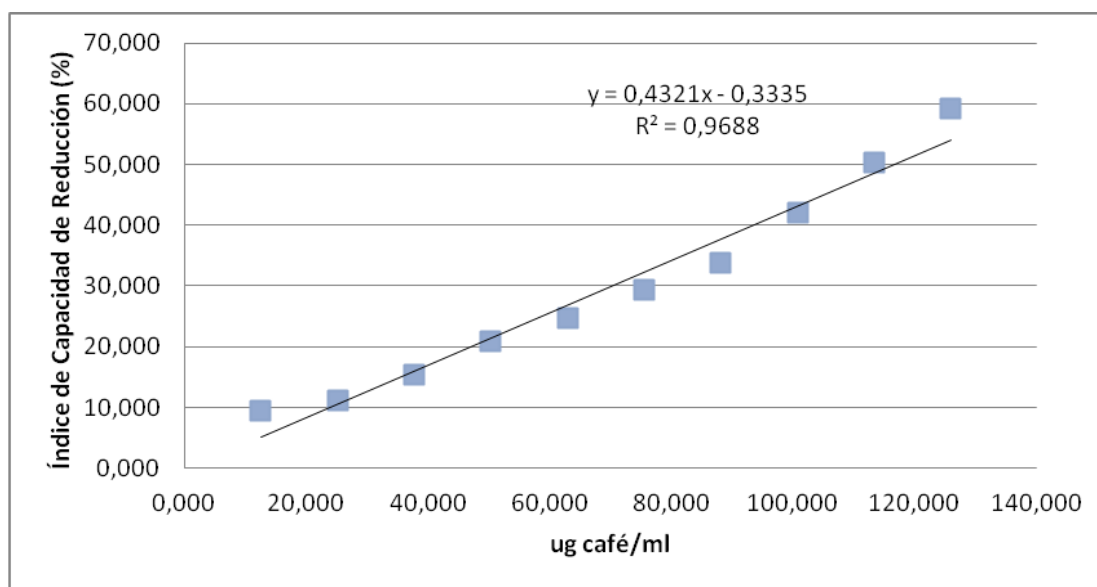
para la región de región New Oriente 1



Cuadro 24. Datos obtenidos para la determinación de la capacidad antioxidante
para la región New Oriente 2

ml de muestra	Absorbancia t= 0	Absorbancia t= 30	ug/ml	% Pérdida de absorbancia	IC50 (ug/ml)
0.100	1.174	1.064	12.600	9.370	116.486
0.200	1.144	1.016	25.200	11.189	
0.300	1.075	0.910	37.800	15.349	
0.400	1.022	0.808	50.400	20.939	
0.500	1.000	0.753	63.000	24.700	
0.600	0.993	0.702	75.600	29.305	
0.700	0.934	0.618	88.200	33.833	
0.800	0.872	0.506	100.800	41.972	
0.900	0.808	0.402	113.400	50.248	
1.000	0.755	0.308	126.000	59.205	

Figura 24. Obtención de ecuación para la determinación del IC50
para la región de región New Oriente 2



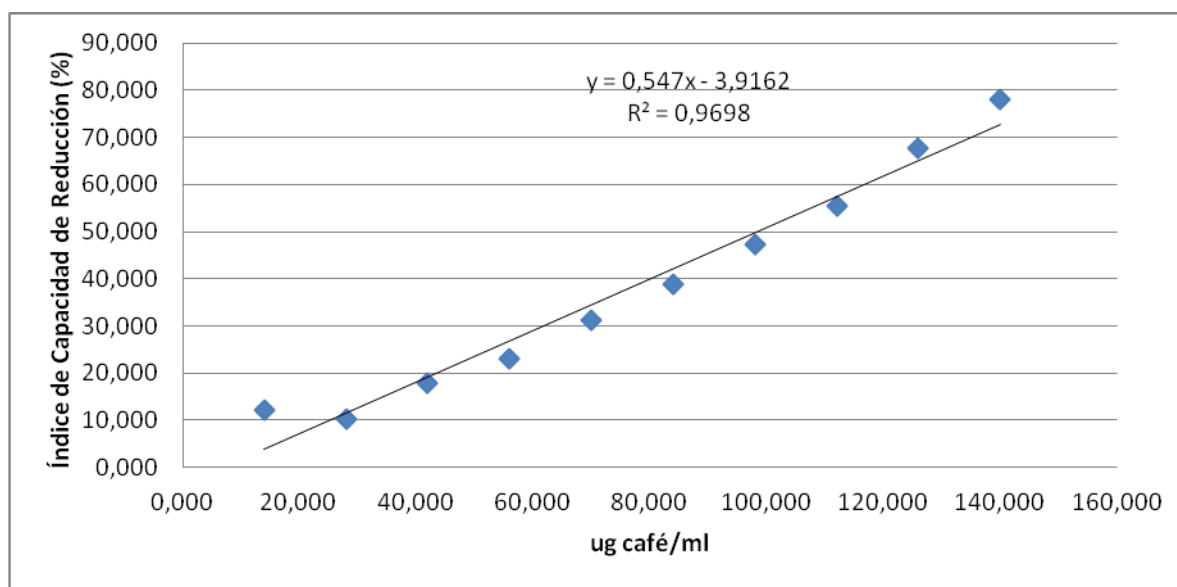
Cuadro 25. Datos obtenidos para la determinación de la capacidad antioxidante

para la región Volcanic San Marcos 1

ml de muestra	Absorbancia t= 0	Absorbancia t= 30	ug/ml	% Pérdida de absorbancia	IC50 (ug/ml)
0.100	1.665	1.463	14.000	12.132	98.567
0.200	1.774	1.592	28.000	10.259	
0.300	1.556	1.278	42.000	17.866	
0.400	1.477	1.137	56.000	23.020	
0.500	1.434	0.986	70.000	31.241	
0.600	1.324	0.808	84.000	38.973	
0.700	1.186	0.624	98.000	47.386	
0.800	1.133	0.505	112.000	55.428	
0.900	1.003	0.323	126.000	67.797	
1.000	0.947	0.209	140.000	77.930	

Figura 25. Obtención de ecuación para la determinación del IC50

para la región de Volcanic San Marcos 1



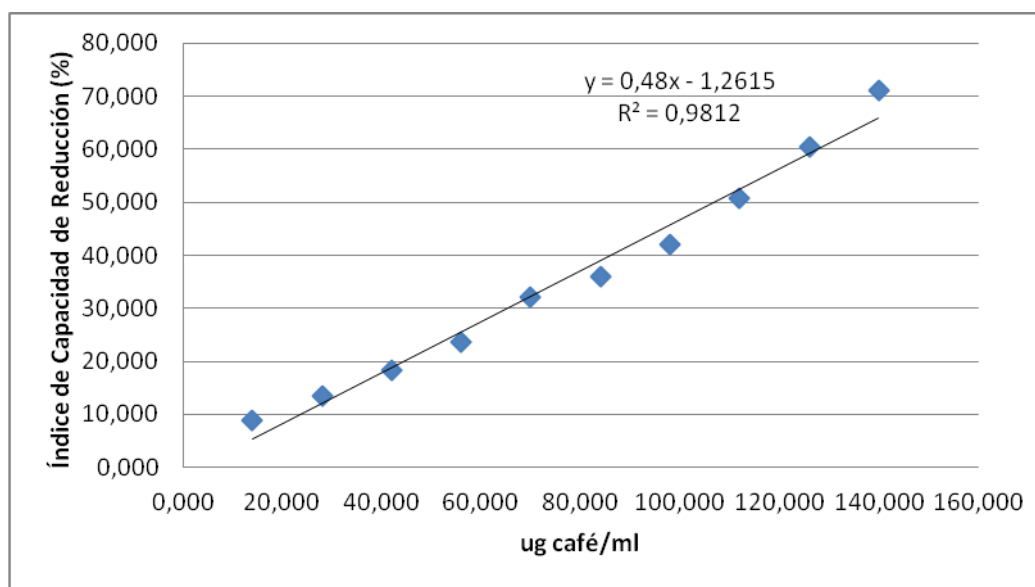
Cuadro 26. Datos obtenidos para la determinación de la capacidad antioxidante

para la región Volcanic San Marcos 2

ml de muestra	Absorbancia t= 0	Absorbancia t= 30	ug/ml	% Pérdida de absorbancia	IC50 (ug/ml)
0.100	1.755	1.598	14.000	8.946	106.795
0.200	1.690	1.461	28.000	13.550	
0.300	1.607	1.312	42.000	18.357	
0.400	1.494	1.142	56.000	23.561	
0.500	1.388	0.942	70.000	32.133	
0.600	1.390	0.889	84.000	36.043	
0.700	1.299	0.752	98.000	42.109	
0.800	1.205	0.593	112.000	50.788	
0.900	1.081	0.427	126.000	60.500	
1.000	0.986	0.286	140.000	70.994	

Figura 26. Obtención de ecuación para la determinación del IC50

para la región de Volcanic San Marcos 2



Cuadro 27. Análisis estadístico para la determinación de la capacidad antioxidante por el método DPPH Brand Williams *et al* (1995) en duplicado

Corrida	Acatenango Valley	Antigua Coffee	Traditional Atitlán	Rainforest Cobán	Fraijanes Plateau	Highland Huehue	New Oriente	Volcanic San Marcos
1	160.332	187.763	40.851	147.229	40.450	252.687	112.526	98.567
2	153.949	185.719	41.692	135.322	68.018	242.595	116.486	106.795
Media	157.140	186.741	41.272	141.275	54.234	247.641	114.506	102.681
Desviación estándar	4.514	1.446	0.595	8.420	19.494	7.136	2.800	5.818

Cuadro 28. Análisis de varianza para la determinación de la capacidad antioxidante por el método DPPH Brand Williams *et al* (1995)

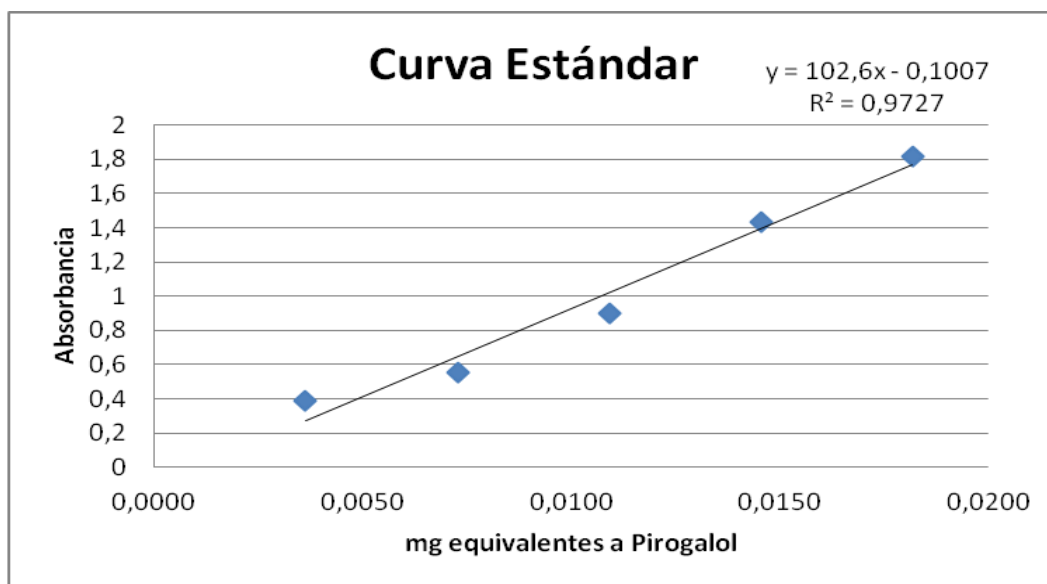
Source Of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	53656.80692	7	7665.258131	8.83923213	0.003173036	3.500463855
Within Groups	6937.487799	8	867.1859748			
Total	60594.29472	15				

B. Determinación de compuestos fenólicos totales mediante el método Folin-ciocalteu

Cuadro 29. Datos necesarios para trazar la curva estándar.

# Tubo	Absorbancia	mg equivalentes a Pirogalol
1	0.388	0.0036
2	0.555	0.0073
3	0.903	0.0109
4	1.432	0.0145
5	1.815	0.0182

Figura 27. Obtención de ecuación para la determinación del contenido de compuestos fenólicos



Cuadro 30. Absorbancia y concentración obtenida para cada región en triplicado

Región	Absorbancia	(mg equivalentes Pirogalol/ g café)
Acatenango Valley	0.604	45.017
	0.603	44.953
	0.608	45.273
Antigua Coffee	0.603	44.933
	0.682	49.977
	0.683	50.041
Traditional Atitlán	0.596	43.981
	0.564	41.960
	0.589	43.539
Rainforest Cobán	0.651	47.800
	0.658	48.245
	0.633	46.655
Frajanes Plateu	0.49	37.750
	0.499	38.325
	0.491	37.814
Highland Huehue	0.545	41.289
	0.548	41.481
	0.565	42.568
New Oriente	0.704	51.253
	0.695	50.680
	0.724	52.527
Volcanic San Marcos	0.671	49.321
	0.648	47.851
	0.651	48.043

Cuadro 31. Análisis estadístico para la determinación de compuestos fenólicos, en triplicado

Corrida	Acatenango Valley	Antigua Coffee	Traditional Atitlán	Rainforest Cobán	Fraijanes Plateau	Highland Huehue	New Oriente	Volcanic San Marcos
1	45.017	44.933	43.981	47.800	37.750	41.289	51.253	49.321
2	44.953	49.977	41.960	48.245	38.325	41.481	50.680	47.851
3	45.273	50.041	43.539	46.655	37.814	42.568	52.527	48.043
Media	45.081	48.317	43.160	47.566	37.963	41.780	51.487	48.405
Desviación Estandar	0.169	2.931	1.062	0.820	0.315	0.690	0.945	0.799

Cuadro 32. Análisis de varianza para la determinación de compuestos fenólicos

Source Of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	398.36522	7	56.90931711	36.34364853	1.16583E-08	2.657197
Within Groups	25.0538708	16	1.565866923			
Total	423.419091	23				

C. Determinación del contenido de cafeína mediante el uso de HPLC

Cuadro 33. Datos obtenidos por el equipo HPLC

mg cafeina /Lt								
Corrida	Acatenango Valley	Antigua Coffee	Traditional Atitlán	Rainforest Cobán	Fraijanes Plateau	Highland Huehue	New Oriente	Volcanic San Marcos
1	96.0881	95.6517	85.5012	99.6430	95.3111	107.9056	104.9815	110.4075
2	92.1362	97.4093	79.9659	84.7176	91.8538	106.4566	106.8328	111.0355
3	91.8934	97.3432	80.9731	82.7233	91.0561	102.2038	106.4020	111.7753

Cuadro 34. Datos calculados para la obtención del resultado por gramo de café

mg cafeina/100g café								
corrida	Acatenango Valley	Antigua Coffee	Traditional Atitlán	Rainforest Cobán	Fraijanes Plateau	Highland Huehue	New Oriente	Volcanic San Marcos
1	0.1928	0.1918	0.1695	0.1990	0.1913	0.2167	0.2100	0.2216
2	0.1849	0.1954	0.1585	0.1692	0.1844	0.2138	0.2137	0.2229
3	0.1844	0.1952	0.1605	0.1652	0.1828	0.2053	0.2129	0.2244

Cuadro 35. Análisis estadístico para la determinación del contenido de cafeína por 100 gramos de café

mg cafeina/100g café								
corrida	Acatenango Valley	Antigua Coffee	Traditiona l Atitlán	Rainforest Cobán	Fraijanes Plateau	Highland Huehue	New Oriente	Volcanic San Marcos
1	0.1928	0.1918	0.1695	0.1990	0.1913	0.2167	0.2100	0.2216
2	0.1849	0.1954	0.1585	0.1692	0.1844	0.2138	0.2137	0.2229
3	0.1844	0.1952	0.1605	0.1652	0.1828	0.2053	0.2129	0.2244
Media	0.1873	0.1941	0.1629	0.1778	0.1861	0.2119	0.2122	0.2230
Desviación estandar	0.0047	0.0020	0.0058	0.0185	0.0045	0.0060	0.0019	0.0014

Cuadro 36. Análisis de varianza para la determinación de compuestos fenólicos

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	0.008482	7	0.001212	20.92554	6.25E-07	2.657197
Within Groups	0.000926	16	5.79E-05			
Total	0.009408	23				

Figura No. 28 Dispersión de los datos de cafeína, polifenoles totales

y capacidad antioxidante

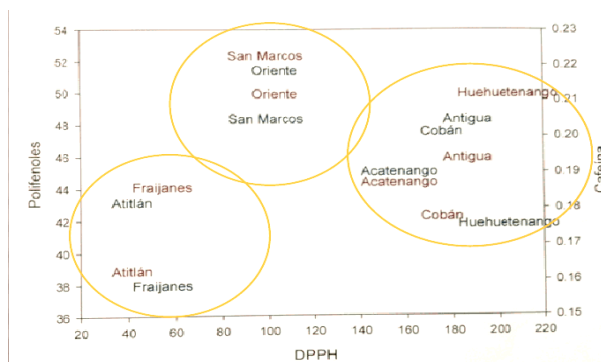


Figura No. 29 Agrupación de las regiones en grupos

Grupo	Cafés
Uno	San Marcos Oriente
Dos	Huehuetenango Antigua Acatenango Cobán
Tres	Frajanes Atitlán

Figura No. 30 Tendencia lineal de cafeína y Polifenoles

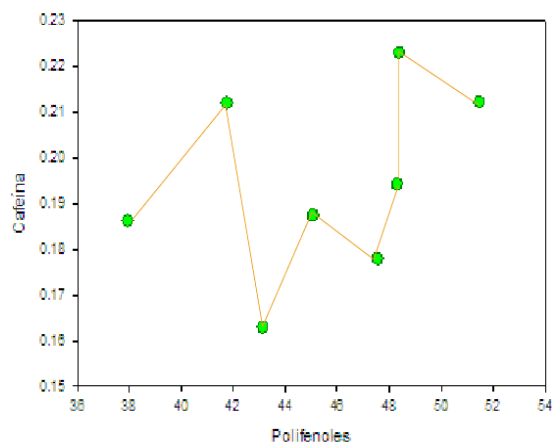


Figura No. 31 Agrupación de Polifenoles, cafeína y DPPH por grupos

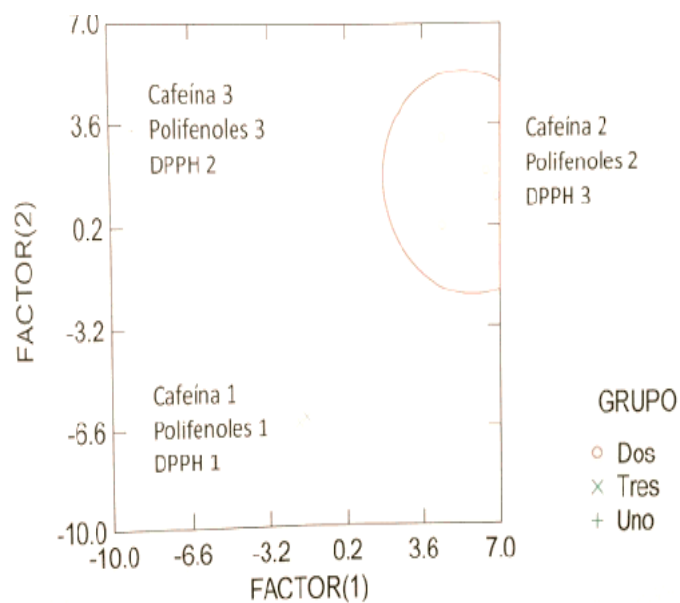


Figura 32. Fotografía de los cafés analizados y sus etiquetas







