

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DE NIVELES DE NITRÓGENO, FOSFORO Y POTASIO SOBRE EL
RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE CAFÉ, DURANTE DOS AÑOS, EN DOS
LOCALIDADES DE LA PARTE ALTA DEL MUNICIPIO DE QUEZALTEPEQUE,
DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA

TESIS
PRESENTADA AL HONORABLE CONSEJO REGIONAL

POR
EDGAR JERÓNIMO LEMUS SAGASTUME

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

Chiquimula, Guatemala, Febrero de 2006

INDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁG.
ÍNDICE DE CUADROS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	2
3. OBJETIVOS	3
3.1 Objetivo General	3
3.2 Objetivos Específicos	3
4. HIPÓTESIS	4
5. MARCO TEÓRICO	5
5.1 Antecedentes históricos	5
5.2 Ecología del cafeto	6
5.3 Morfología y anatomía funcional del cafeto	7
5.4 Fertilización del café	10
5.5 Absorción, requerimientos, función y síntomas de deficiencia en nitrógeno, fósforo y potasio en plantas de café	10
5.6 Ciclo anual de crecimiento del cafeto	14
5.7 Crecimiento vegetativo y del fruto en un ciclo anual	16
5.8 Número de aplicaciones anuales de fertilizantes y épocas en que deben hacerse	17
5.9 Método de aplicación de fertilizantes	19
5.10 Dosis de fertilizantes	19
5.11 Fertilización foliar	20
5.12 Análisis de suelos y foliares	21
6. INVESTIGACIONES QUE SE HAN REALIZADO SOBRE NIVELES DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO EN EL CULTIVO DE CAFÉ	22
7. METODOLOGÍA	26
7.1 Localización del área de estudio	26

7.2	Material experimental	26
7.3	Manejo del experimento	27
7.4	Diseño de tratamientos	28
7.5	Tratamientos Evaluados	28
7.6	Diseño experimental	29
7.7	VARIABLES EVALUADAS	30
7.8	Análisis de la información	30
	7.8.1 Análisis Estadístico	30
	7.8.2 Análisis Económico	30
	7.8.2.1 Presupuestos Parciales	31
	7.8.2.2 Análisis de Dominancia	31
	7.8.2.3 Tasa Marginal de Retorno	31
7.9	Manejo del cultivo	32
8.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
8.1	Análisis de suelo de las localidades bajo estudio	33
8.2	Localidad Montaña Las Cebollas	34
	8.2.1 Análisis de rendimiento de café maduro en Kgs. Ha	34
	8.2.2 Peso de 100 granos de café maduro	40
	8.2.3 Análisis Económico	43
8.3	Localidad de Chiramay	47
	8.3.1 Análisis de rendimiento de café maduro en Kgs. Ha	47
	8.3.2 Peso de 100 granos de café maduro	52
	8.3.3 Análisis Económico	55
9.	CONCLUSIONES	59
10.	RECOMENDACIONES	60
11.	BIBLIOGRAFÍA	61
12.	ANEXOS	64

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO No.	CONTENIDO	PAG.
1	Contenido de Elementos Esenciales en Cafetos de 2 años y medio de Campo, Variedad Catuaí	8
2	Niveles adecuados de nutrientes en el suelo para el cultivo del café.	10
3	Niveles y dosis de N-P-K utilizados para la evaluación de café (<i>Coffea arabica</i> var. Catuaí), en la parte alta del municipio de Quezaltepeque, Depto. de Chiquimula 2001.	28
4	Niveles y Fuentes de N, P y K utilizados para la evaluación de café (<i>Coffea arabica</i> var. Catuaí), en la parte alta del municipio de Quezaltepeque, departamento de Chiquimula. 2,001.	28
5	Tratamientos y sus efectos medios utilizados en la evaluación de café (<i>Coffea arabica</i> var. Catuaí) en la parte alta del municipio de Quezaltepeque, departamento de Chiquimula. 2,001.	29
6	Resultados de los análisis de suelo del área experimental previo a la instalación del experimento, en las localidades de Chiramay, montaña Las Cebollas, municipio de Quezaltepeque, Chiquimula. 2000.	33
7	Rendimiento acumulado en dos años de producción (2000 y 2001) de café maduro variedad Catuaí. En la evaluación de niveles de N, P y K, en la localidad de Las Cebollas, del municipio de Quezaltepeque, Chiquimula, (kgs).	34
8	Peso promedio en dos años de producción (2000 y 2001) de 100 granos de café maduro variedad catuaí. en la evaluación de niveles de N, P y K, en la localidad de Las Cebollas, del municipio de Quezaltepeque, Chiquimula, (grs.).	35
9	Análisis de Varianza sobre el rendimiento acumulado de café maduro en la evaluación de niveles de N-P-K en la localidad de Montaña Las Cebollas, Quezaltepeque, Chiquimula, 2000-2001.	36

10	Significancia del Efecto Factorial Medio de los factores estudiados en la evaluación de niveles de N-P-K en el cultivo de café sobre el rendimiento acumulado, Las Cebollas, Quezaltepeque, Chiquimula 2000-2001.	36
11	Análisis de Varianza sobre el peso promedio durante dos años de producción (2000 y 2001) de 100 granos de café cereza en la evaluación de niveles de N-P-K en la localidad de Las Cebollas, Quezaltepeque, Chiquimula.	40
12	Significancia del Efecto Factorial Medio de los factores estudiados en la evaluación de niveles de N-P-K en el cultivo de café sobre el peso promedio de 100 granos de café cereza, en la localidad de Las Cebollas, Quezaltepeque.	41
13	Análisis de Presupuestos Parciales en el rendimiento acumulado de café variedad Catuaí ante la aplicación de niveles de N-P-K en la Localidad de Las Cebollas, Quezaltepeque, 2000-2001.	45
14	Análisis de dominancia del rendimiento de café variedad Catuai, en la evaluación de niveles de N-P-K en la localidad de Las Cebollas, municipio de Quezaltepeque.	46
15	Tasa Marginal de Retorno para tratamientos no dominados, en la evaluación de niveles de N-P-K en el cultivo de café variedad Catuaí, en la localidad de Las Cebollas, Quezaltepeque.	46
16	Rendimiento acumulado en dos años de producción (2000 y 2001) de café maduro variedad Catuaí. En la evaluación de niveles de N, P y K, en la localidad de Chiramay, municipio de Quezaltepeque, Chiquimula, (kgs).	47
17	Peso promedio en dos años de producción (2000 y 2001) de 100 granos de café maduro variedad catuai. en la evaluación de niveles de N, P y K, en la localidad de Chiramay, municipio de Quezaltepeque, Chiquimula, (grs.).	48
18	Análisis de Varianza sobre el rendimiento acumulado de café maduro en la evaluación de niveles de N-P-K en la localidad de Chiramay, municipio de Quezaltepeque, Chiquimula.	49

19	Significancia del Efecto Factorial Medio de los factores estudiados en la evaluación de niveles de N-P-K en el cultivo de café sobre el rendimiento acumulado, en la localidad de Chiramay, Quezaltepeque, 2000-2001.	49
20	Rendimiento Acumulado Medio de los Tratamientos.	50
21	Análisis de Varianza sobre el peso promedio durante dos años de producción (2000 y 2001) de 100 granos de café cereza en la evaluación de niveles de N-P-K en la localidad de Chiramay, Quezaltepeque.	52
22	Significancia del Efecto Factorial Medio de los factores estudiados en la evaluación de niveles de N-P-K en el cultivo de café sobre el peso promedio de 100 granos de café maduro, en la localidad de Chiramay, Quezaltepeque.	53
23	Análisis de Presupuestos Parciales en el rendimiento acumulado de café variedad Catuai ante la aplicación de niveles de N-P-K en la Localidad de Chiramay, Quezaltepeque, 2000-2001.	57
24	Análisis de Dominancia del rendimiento de café Catuai, en la evaluación de niveles De N-P-K en la localidad de Chiramay, Municipio De Quezaltepeque, Chiquimula.	58
25	Tasa Marginal de Retorno para tratamientos no dominados, en la evaluación de niveles de N-P-K en el cultivo de café variedad Catuai, en la localidad de Chiramay, Quezaltepeque.	58

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA No.	CONTENIDO	PAG.
1	Crecimientos ortotrópico y plagiotrópico de una planta de café.	9
2	Crecimiento vegetativo, desarrollo del fruto y demanda de nutrientes de acuerdo a las etapas de desarrollo del cultivo de café.	15
3	Comportamiento del efecto de N-P-K sobre el rendimiento acumulado en Kgs.Ha de café maduro en la localidad de Las Cebollas, Quezaltepeque.	39
4	Comportamiento del efecto de N-P-K sobre el Peso Promedio de 100 granos de café maduro en la Localidad de Las Cebollas, Quezaltepeque.	42
5	Comportamiento del efecto de N-P-K sobre el rendimiento acumulado en Kgs.Ha de café maduro en la localidad de Chiramay, Quezaltepeque.	51
6	Comportamiento del efecto de N-P-K sobre el Peso Promedio de 100 granos de café maduro en la Localidad de Chiramay, Quezaltepeque.	54

EVALUACIÓN DE NIVELES DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE CAFÉ, DURANTE DOS AÑOS, EN DOS LOCALIDADES DE LA PARTE ALTA DEL MUNICIPIO DE QUEZALTEPEQUE, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA.

RESUMEN

Con el propósito de mejorar las alternativas nutricionales en el cultivo de café *Coffea arabica* para el aumento de la productividad con fertilización tradicional, en las localidades de Montaña las Cebollas (1,500 m.s.n.m.) y Chiramay (1,300 m.s.n.m.); cuyas condiciones agroclimáticas las distinguen como zonas de importancia en la producción cafetalera en el municipio de Quezaltepeque, Chiquimula; se evaluó por segundo año consecutivo la respuesta del cultivo de café a diferentes combinaciones de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en rangos de 100-300, 0-180 y 0-180 Kg.Ha., respectivamente. Se partió de un análisis inicial de suelos, cuyo estado natural reportó un pH ácido, con bajo contenido de Fósforo, y presencia de Potasio, Calcio y Magnesio que sobrepasan los niveles adecuados, así como un alto contenido de Aluminio y Manganeso; según el laboratorio de suelos de ANACAFE.

El diseño experimental utilizado fue el de Bloques Completos al Azar, con cuatro repeticiones, catorce tratamientos, entre los cuales se incluye el testigo relativo que es la forma en que el productor acostumbra fertilizar su cafetal.

Se realizó un análisis de varianza para el rendimiento de café maduro en Kg.Ha. y para el peso de 100 granos de café maduro en gramos, el cual sirvió para conocer la varianza que estimó en Efecto Medio Significativo (EMS) propuesto por la técnica de Yates. Se determinó que para la localidad de Montaña las Cebollas se encontró respuesta positiva a las aplicaciones intermedias de Fósforo (80 Kg.Ha.) y Potasio (120 Kg.Ha.) las que incrementaron la producción. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en el primer ciclo de evaluación realizado durante el año 2002. Con respecto a la localidad de Chiramay, se obtuvo respuesta positiva a las aplicaciones altas de Potasio (120 Kg.Ha.), y a niveles bajos a intermedios de Nitrógeno (100-200 Kg.Ha), Fósforo (40-80 Kg.Ha.), las que incrementaron la producción y el peso de 100 granos de café maduro. Consolidando así los resultados obtenidos durante el año 2002.

El análisis económico indicó que la mejor Tasa Marginal de Retorno (TMR), para las localidades de Montaña las Cebollas y Chiramay se obtuvo cuando se invirtió en niveles bajos para Nitrógeno y en niveles intermedios para Fósforo y Potasio; estos resultados indicaron que en ambas localidades fue más rentable invertir en Fósforo y Potasio que en Nitrógeno.

1. INTRODUCCIÓN

La globalización, motiva a los sectores productivos del ámbito nacional a desarrollar una nueva visión para ser más competitivos. La caficultura nacional, actividad con mayor influencia en la economía del país, no puede ni debe quedarse rezagada ante los inminentes cambios que ocurren en la producción y comercialización mundial. Estos cambios requieren de la generación y transferencia de tecnología que permita a la caficultura, modernizarse, para enfrentar los retos de la época actual, caracterizados por mercados mucho más exigentes en donde la productividad y calidad del grano son de vital importancia; sin olvidar que debe propiciarse la calidad del medio ambiente a través del manejo y conservación de los recursos naturales existentes.

El cultivo del café en el país ha sido rentable y por más de cien años ha constituido el renglón principal de la economía de la nación, ya que ha sido el principal rubro de exportación; sin embargo, actualmente la caficultura nacional está viviendo una de las peores crisis de su historia debido a la caída de los precios internacionales del producto, lo que obliga a los caficultores a reducir los costos de producción. Dentro de esta estrategia, los productores han reducido ó en el peor de los casos eliminado el uso de fertilizantes, ya que éste insumo ocupa el mayor valor dentro de los costos de producción. Estas medidas sin ninguna base agroeconómica, en muchos casos agravan la situación en vez de mejorarla. Concientes de que, el manejo racional de la fertilización como parte importante de la estrategia de reducción de costos, es una opción para palear la crisis cafetalera, y que por lo tanto se debe generar tecnologías que tengan como propósito ofrecer recomendaciones agroeconómicas ajustadas a las demandas actuales del cultivo de café, se continuará con el trabajo titulado **“Evaluación de Niveles de Nitrógeno, Fósforo y Potasio, sobre el Rendimiento del cultivo de Café *Coffea arabica*, durante dos años, en dos localidades de la parte alta del municipio de Quezaltepeque, del departamento de Chiquimula”**.

Esta investigación complementará estudios anteriores para generar tecnología apropiada en el manejo de la fertilización del cultivo de café.

2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

En la parte alta de Quezaltepeque, Chiquimula se encontró que la mayoría de los productores utilizan el fertilizante 16-20-0 aplicado al suelo a razón de 8 quintales por manzana en dos épocas, durante los meses de mayo-junio y agosto-septiembre, y Urea (46% Nitrógeno) que es aplicado a razón de 7 quintales por manzana en el mes de octubre, por consiguiente se deduce que en un año se está incorporando al suelo la cantidad de 375.7 Kg/ha de Nitrógeno, 208 Kg/ha de Fósforo y 0 Kg/ha de Potasio, de acuerdo con las recomendaciones de fertilización para plantaciones en producción (Marroquín, C. 2002), de lo recomendado se está aplicando en exceso 75.7Kg N/ha y 128 Kg P₂O₅/ha, se tiene un déficit de 120 Kg K₂O/ha; ésto, debido básicamente a que la mayoría de los caficultores de la parte alta del municipio de Quezaltepeque desconocen un programa de fertilización que se ajuste a las necesidades nutricionales del cultivo de café y a los suelos predominantes del área, lo cual ha causado un uso irracional de los recursos, provocando un desequilibrio nutricional y un incremento en los costos de producción.

En investigaciones anteriores (Marroquín, C. 2002), en donde se evaluaron diferentes niveles de Nitrógeno, Fósforo y Potasio; se encontraron tendencias positivas en relación a los niveles evaluados y el desarrollo de la planta, rendimiento maduro y peso de grano, sin embargo es necesario consolidar la información por un año más dado el tipo de cultivo (perenne).

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

* Generar información aplicada para el manejo de la fertilización en el cultivo de café *Coffea arabica*, en la parte alta del municipio de Quezaltepeque, departamento de Chiquimula, que consolide los esfuerzos encaminados a ofrecer recomendaciones agronómicas en el cultivo.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

* Evaluar diferentes niveles de Nitrógeno, Fósforo y Potasio, en el cultivo de café por segundo año consecutivo, en dos localidades de Quezaltepeque, Chiquimula.

* Establecer la relación entre los parámetros de desarrollo y rendimiento del café, y los diferentes niveles de Nitrógeno, Fósforo y Potasio a evaluar.

* Conocer la viabilidad económica de los niveles de Nitrógeno, Fósforo y Potasio a evaluar en relación a la respuesta fisiológica del cultivo.

4. HIPÓTESIS

1. Los niveles de Nitrógeno, Fósforo y Potasio aplicados al suelo durante dos años consecutivos inciden positivamente sobre el rendimiento de frutos y peso de 100 granos de café.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

El vocablo café se deriva del árabe “kahwah” (cauá), llegando a nosotros a través del vocablo turco “kahweh” (cavé), con distintas acepciones, según los idiomas, pero conservando su raíz.

El café es sin duda hoy uno de los vegetales más conocidos en el mundo entero. Una versión dice que el cafeto o café fue descubierto casualmente por un pastor al ver que sus cabras, que habían comido el fruto de esta planta, se ponían nerviosas e intranquilas. Otra versión, en cambio, afirma que el café lo descubrieron unos monjes que lo utilizaban para proporcionarse insomnio en sus horas de oración nocturna. Sea como fuere, el caso es que se conocen unas 30 especies. El café, la familiar bebida que se hace hirviendo los granos tostados y molidos de *Coffea arabica* L. y otras especies de *Coffea*, ha sido por mucho tiempo una de las bebidas más importantes en el mundo, siendo rivalizado sólo por el té, la cocoa y el mate (www.infoagro.com).

El cafeto es originario de Etiopía, África. La especie arábica es indígena de la región que circunda el lago Tana, localizada en una latitud entre los 12 y los 16^o Norte. Los padres Jesuitas reciben el crédito de haber introducido el café a Guatemala por el año 1760 quienes lo trajeron como planta ornamental para sus jardines de Antigua Guatemala. El primer registro del cafeto en plantación data del año 1800 como un cultivo en las orillas de la ciudad de Guatemala (López de León E. 1999).

Durante las décadas de los 70 y 80 del siglo XIX, se abren al café numerosas fincas en los departamentos de Baja Verapaz, San Marcos, Huhuetenango, Santa Rosa, Sololá, Chimaltenango, Chiquimula, Zacapa, Jalapa y Quiché. (López de León; Mariscal O. 1998).

En el año 1983 en el municipio de Quezaltepeque, el cultivo de café empezó a tomar importancia para los productores de la zona, al establecer pequeñas fincas, las cuales se han incrementado años tras año, llegando a establecerse en la actualidad un mínimo de 0.5 manzanas hasta un máximo de 5 manzanas por productor por año, lo que se considera que anualmente se están estableciendo alrededor de 45 manzanas, especialmente de la variedad Catuai (Marroquín, C. 2002).

5.2. ECOLOGIA DEL CAFETO

En la parte aérea y en el sistema radical de los cafetos influyen factores determinantes de la producción que se identifican como suministros primarios (luz, calor, agua, oxígeno, nutrientes, etc.); restricciones externas (hongos, insectos, contaminantes, nemátodos, bacterias, etc.) y suministros secundarios (efectos de la sombra, plaguicidas, herbicidas, sustancias reguladoras del crecimiento).

En general, se ha observado de acuerdo a varios estudios efectuados en países como Brasil, Colombia, Kenya, Costa Rica, que las plantas de café se desarrollan mejor cuando se presentan las siguientes condiciones (Carvajal, JF. 1984):

- Son cultivadas bajo en 40% de sombra
- Precipitación entre 1600 a 1800 mm. anual.
- Disponibilidad de agua en etapa de desarrollo
- Temperatura promedio anual de 20 °C.
- Altitudes comprendidas entre 1200 a 1700 m.s.n.m. (Avila, P.1998)
- Vientos con velocidades menores de 30 Kms./h. (Avila, P.1998).
- Suelos derivados de cenizas volcánicas y aluviales.
- pH que oscile entre 5.5 y 6.5.

5.3. MORFOLOGIA Y ANATOMIA FUNCIONAL DEL CAFETO

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

El sistema radicular está formado por una raíz principal, que alcanza una profundidad máxima de 50-60 cm.; raíces axiales, laterales y raíces absorbentes representan el 80-90% las que son responsables de la absorción del agua y los nutrientes, éstas se encuentran en los primeros 30 cm. de profundidad. El crecimiento en la planta de café está dado en dos formas: vertical (ortotrópico) que es el crecimiento del tallo principal a través de su punto de crecimiento terminal o meristemas. (Figura 1).

El crecimiento horizontal (plagiotrópico) que se da sobre las bandolas, que van a diferenciarse para formar yemas florales, después de recibir estímulos climáticos. A partir de estas yemas, también puede formarse el crecimiento de ramas secundarias. (figura 1).

En el campo, la planta tiene un crecimiento acelerado en los primeros 5 o 6 años, que luego será más lento. El crecimiento en altura se marca en los primeros 3 años, después habrá un mayor desarrollo de ramas secundarias y terciarias, donde va a concentrarse una producción creciente, hasta concluir su primer ciclo de producción comercial. La formación de todas las hojas se inicia en el ápice del tallo y las ramas. En ellas se realiza la producción de muchos alimentos y hormonas, con las cuales la planta crece, se desarrolla y produce cosechas. (Azúeto Rodríguez, F; Vásquez y Vásquez, M. 1998).

En el cuadro 1 se indica el contenido de los elementos esenciales y su concentración (%), expresadas como materia seca para una planta de Catuaí de dos años y medio de campo.

CUADRO 1. CONTENIDO DE ELEMENTOS ESENCIALES EN CAFETOS DE DOS AÑOS Y MEDIO DE CAMPO, VARIEDAD CATUAÍ.

ELEMENTO ESENCIAL	PESO DE MATERIA SECA			
	ORGANOS VEGETATIVOS	FRUTOS	PLANTA ENTERA	%
Carbono	1024,000	925,000	1949,00	45.00
Oxígeno	1024,000	925,000	1949,00	45.00
Hidrógeno	137,000	123,000	260,00	6.00
Nitrógeno	16,000	35,000	51,00	1.18
Potasio	12,000	38,000	50,00	1.16
Calcio	13,000	8,000	21,00	0.48
Magnesio	5,000	6,000	11,00	0.26
Fósforo	1,000	3,000	4,00	0.09
Azufre	0.260	1,230	1.49	0.03
Hierro	0.880	0.460	1.34	0.03

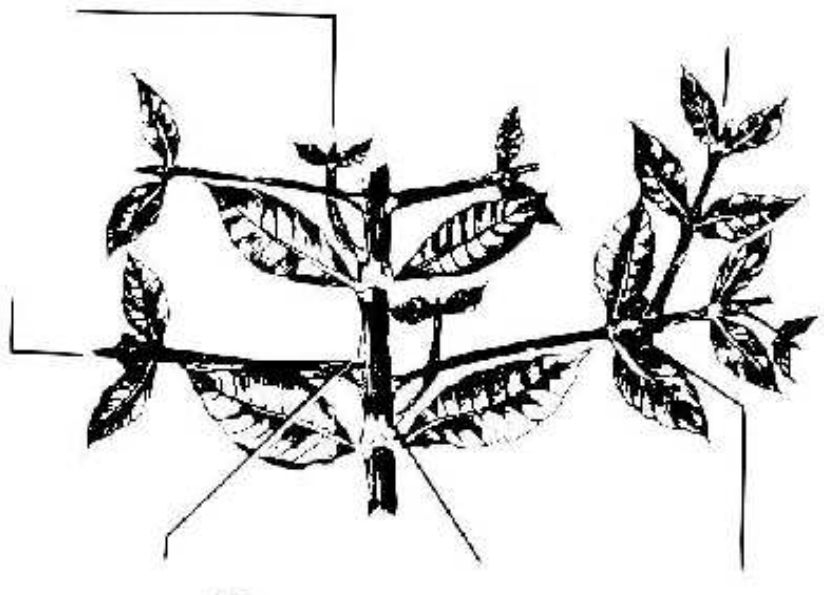
Cinc	0.079	0.044	0.12	0.00
Cobre	0.037	0.052	0.09	0.00
Boro	0.047	0.039	0.09	0.00

Fuente: Manual de caficultura tercera edición. Morfología y anatomía Funcional del cafeto.

En donde las hojas representan el 22.3% de la materia seca total de la planta, contribuyendo, sin embargo, a la producción de más del 96% del peso total de la misma.

Las yemas que dan origen a la inflorescencia están distribuidas en forma axilar sobre las bandolas, a nivel de la base de las hojas en cada uno, con un promedio de 12 flores por nudo. Inicialmente, las yemas son de naturaleza vegetativa y por estímulos de días cortos se transforman paulatinamente en yemas reproductivas o florales. Las flores individuales son completas, hermafroditas y autofértiles. (Azueto Rodríguez, F; Vásquez y Vásquez, M. 1998).

FIGURA 1. CRECIMIENTO ORTOTRÓPICO Y PLAGIOTRÓPICO DE UNA PLANTA DE CAFÉ.



5.4. Rama ortotrópica de una yema seriada

Ramificación secundaria de una yema "Cabeza de Serie"

Según ANACAFE, los niveles adecuados de nutrientes en el suelo para el cultivo de café, con el método de extracción del doble ácido diluido, son los siguientes:

Ramificación primaria originada de una yema "Cabeza de serie"

NIVELES ADECUADOS DE NUTRIENTES EN EL SUELO PARA EL CULTIVO DE CAFÉ.

Ph	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
	Mg.Kg	Cmol.Kg			Mg.Kg		
5.5-6.5	10-15	Yema seriada 0.33-0.41	3-6	Estípula 0.8-1.7	Frutos originados de yemas seriadas 10-20	5-20	2-4

ANACAFE, recomienda realizar tres aplicaciones en el año para obtener de 1,625 a 1,950 Kg.Ha de café pergamino; La primera aplicación de 97-39-35 Kg. N-P-K. Ha en el mes de mayo (primeras lluvias), la segunda aplicación de 97-37-58 Kg.N-P-K. Ha en el mes de septiembre, y la tercera aplicación de 97 Kg.N.Ha en el mes de Noviembre.

5.5. **ABSORCION, REQUERIMIENTOS, FUNCION Y SINTOMAS DE DEFICIENCIA EN NITROGENO, FOSFORO Y POTASIO EN PLANTAS DE CAFÉ.**

NITROGENO:

El nitrógeno es el elemento de mayor importancia en el desarrollo de la planta y el fruto, dándole una condición de vigor y "frescura" a los cafetos; Es el elemento que más rápidamente da una mayor y más constante respuesta en la producción de café, a la vez que el nitrógeno es requerido por la planta en una alta cantidad por lo que es necesario devolvérselo al suelo por medio del fertilizante; de una manera oportuna y considerable, para lograr un buen desarrollo y producción (www.coffeeresearch.org).

El Nitrógeno es absorbido por la planta en forma NO_3 o NH_4 . Los compuestos de Nitrógeno comprenden del 40 al 50% en el peso de la materia seca en la sustancia del protoplasma y consecuentemente de la sustancia viviente de las células de las plantas. Es por esta razón que de Nitrógeno se requiere por lo general en cantidades relativamente grandes durante todo el proceso de desarrollo de las plantas. De ahí se deduce que sin un adecuado abastecimiento de este nutrimento no puede llevarse a cabo un desarrollo apreciable en las plantas (INTECAP; ANACAFE 1978).

El Nitrógeno es importante para incrementar la producción, es el componente de las proteínas, aminoácidos, amidas, alcaloides y coenzimas, forma parte además de la clorofila y citocromos. (Torres Arias, G. 1997). Es el elemento constitutivo de los ácidos nucleicos responsables de la transferencia de la información genética. (Carvajal, JF. 1984).

Participa en la formación y desarrollo de botones florales y minimiza la muerte descendente (asociada con potasio). (Malavolta, E. 1992).

Las deficiencias de este elemento se manifiesta como una clorosis (amarillamiento) uniforme en la lámina foliar, del ápice y vena central hacia los bordes en hojas adultas, deficiencia severa también se presenta en hojas jóvenes.

El hecho de que los síntomas de deficiencia de Nitrógeno aparezcan primero en las partes viejas de las plantas y no precisamente en los sitios de crecimiento, alrededor de las yemas terminales se debe a la movilidad y nueva utilización del Nitrógeno, que se trasloca de los tejidos más viejos a las regiones de desarrollo más jóvenes. (Torres Arias, G. 1997).

FOSFORO:

El fósforo juega un papel muy importante en la fisiología de las plantas es constituyente de muchos compuestos esenciales como ácidos nucleicos, azúcares, fosforados, núcleo - proteínas, enzimas, vitaminas y fosfolípidos. Una de las principales funciones está relacionada con los procesos energéticos dentro de la planta. En general los suelos del trópico presentan contenidos bajos de fósforo, esta situación se hace crítica especialmente en suelos tipo ultisoles y andisoles en donde se presentan mecanismos de fijación en el que intervienen por un lado elementos como el hierro y aluminio y por otro en los que se presentan altos contenidos de alúmina (www.coffeeresearch.org).

Las formas iónicas $H_2PO_4^-$ y HPO_4^{2-} son las absorbidas por los mecanismos activos y forman rápidamente compuestos orgánicos (Carvajal, JF. 1984).

El Fósforo es necesario para el desarrollo del tejido leñoso en plantías y brotes de recepa y para el crecimiento radicular. En cafetos en producción, este nutrimento ocupa el quinto lugar en el requerimiento para el cultivo. La necesidad del Fósforo se determina mediante un muestreo de suelos y su respectivo análisis químico foliar (3er par de hojas) como complemento. La movilidad del Fósforo en el suelo es bien mínima debido a las interacciones que existen con el Hierro, Aluminio y Magnesio en suelos ácidos; con el Calcio en suelos neutros y alcalinos. Se sabe que el Fósforo contribuye enormemente a la formación de raíces en los primeros estados de crecimiento del cafeto (etapa de vivero y en los dos primeros años de establecido en el campo). Forma parte de las moléculas que transportan energía en la planta; interviene en la formación de los órganos reproductores de la estructura floral y en el metabolismo de los carbohidratos, grasas y proteínas; juega un papel importante en la asimilación del Nitrógeno (Torres Arias, G. 1997).

Algunos hechos han demostrado que en ocasiones el Nitrógeno super abundante, hasta cierto punto bloquea la utilización del Fósforo y viceversa. Es por esto que en algunos procesos de floración forzada de las plantas, el Fósforo actúa siempre y cuando se haya agotado prácticamente el Nitrógeno, como ocurre en el caso de las piñas. Si la planta de piña tiene una disponibilidad alta de Nitrógeno, el proceso de diferenciación de las yemas florales tiende lugar muy difícilmente, a pesar de la presencia del Fósforo. Las plantas se estancan en su desarrollo y toman un color verde oscuro anormal que les da apariencia de sufrir intoxicación, el ciclo enzimático se disloca. (INTECAP; ANACAFE 1978).

Cuando el Fósforo se encuentra deficiente en la planta los síntomas se presentan en las hojas adultas, observándose manchas amarillas de diferentes tamaños; simultáneamente aparecen en las hojas manchas de color rojizo a pardo rojizo, que puede cubrir toda la hoja. (Torres Arias, G. 1997).

POTASIO:

El Potasio es absorbido en forma K^+ . El Potasio lo contienen los tejidos vegetales en mayor cantidad que los demás cationes lo que confirma su alto requerimiento por las plantas, al igual que el Nitrógeno. (Carvajal, JF. 1984). Se ha mostrado en muchos ejemplos que el contenido de Potasio en las plantas generalmente es más alto de lo necesario para el desarrollo saludable y se considera que por lo general el Potasio a menudo es absorbido más de lo necesario por las plantas. (INTECAP; ANACAFE 1978).

A diferencia de la mayoría de los nutrientes, el Potasio no forma parte constitutiva de compuestos orgánicos. No obstante está presente en todos los tejidos vegetales y experimenta gran movilidad. (Carvajal, JF. 1984).

La mayor demanda de Potasio se presenta en el proceso de crecimiento y maduración de frutos; además influye en los rendimientos; calidad del grano y resistencia a plagas y sequías. El nivel de Potasio en el suelo debe ser de un 5% en relación con el 65% de Calcio y 18% de Magnesio, dentro de la capacidad de intercambio catiónico total (capacidad productiva del suelo). Otras funciones que se atribuyen al Potasio, de éstas se pueden mencionar las siguientes: participa en la activación de más de 60 sistemas enzimáticos, en los procesos fotosintéticos, en la síntesis de almidones y aminoácidos, apertura de estomas y traslocación de carbohidratos. El Potasio participa en el tamaño, forma, color, fragancia y sabor del café. Contribuye al endurecimiento de los tejidos de sostén y resistencia a enfermedades. (Torres Arias, G. 1997).

El Potasio ha sido reportado que favorece la conversión de energía lumínica en energía química, además incrementa el efecto del Nitrógeno y contribuye a la fijación de Nitrógeno atmosférico. (Carvajal, JF. 1984).

La deficiencia de este elemento se manifiesta en hojas adultas produciendo áreas necróticas hacia el interior de las hojas en forma de "V". (Torres Arias, G. 1997). Cuando la deficiencia es aguda, los puntos de desarrollo son severamente afectados y mueren y en general el colapso de la planta puede ocurrir. (INTECAP; ANACAFE 1978).

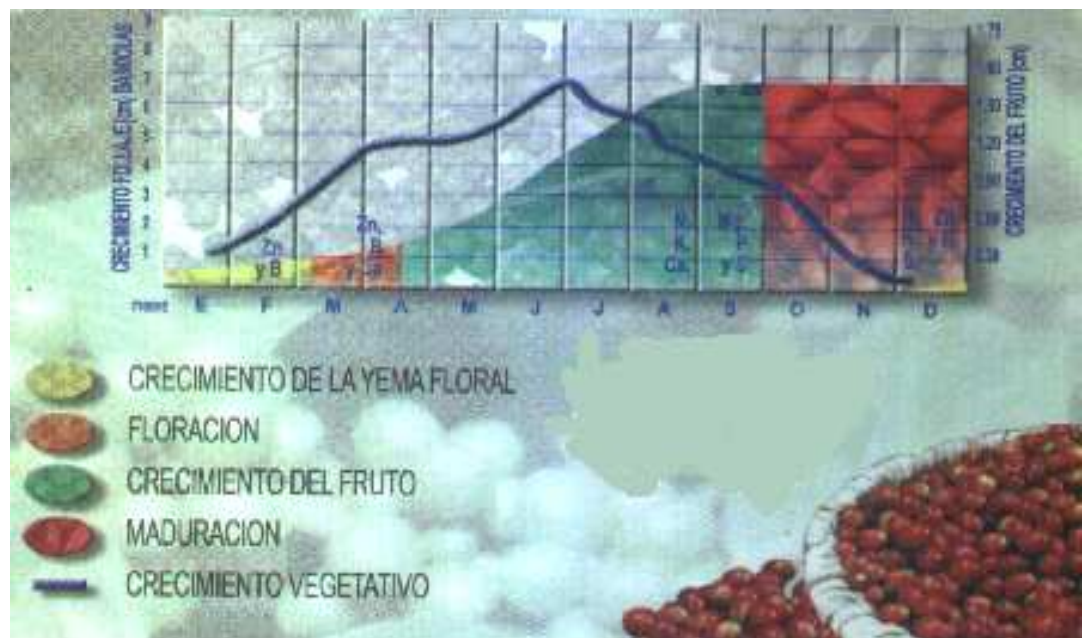
5.6. CICLO ANUAL DE CRECIMIENTO DEL CAFETO

Como planta superior el cafeto utiliza una apreciable cantidad de elementos orgánicos y minerales, tanto para reponer lo que consume en los procesos de crecimiento y producción, como en su propia conservación. Al respecto debe recordarse y reconocerse que el cafeto se planta para cultivarlo en forma permanente y que su ciclo de producción debe ser prolongado y económico. Con relación al crecimiento, el cafeto manifiesta dos curvas.

La primera se inicia con el suministro de agua, ya sea esta artificial o natural, después de un período relativamente seco y declina al presentarse otro período seco pero corto. La segunda curva es menos pronunciada debido a factores climáticos, entre los que predominan la alta nubosidad y bajo luminosidad, que permiten un crecimiento acelerado. Por otra parte en la primera fase del ciclo de la planta debe realizar al máximo sus funciones de asimilación fotosíntesis, respiración, metabolismo, etc. para promover el crecimiento de los órganos vegetativos y el almacenamiento o reserva de nutrimentos. En la fase segunda estas funciones disminuyen su intensidad, operándose otros procesos como el de maduración de los frutos y diferenciación de las yemas. (Figura 2)

El establecer en una región el Ciclo Anual de Crecimiento de Cafeto tiene especial importancia para la programación de prácticas culturales tan decisivas como la regulación del sombrío, la poda del cafeto, la fertilización y el combate de enfermedades, plagas y malezas. Al finalizar la recolecta de los frutos, generalmente se inicia la época seca más prolongada. Es en esa etapa que debe regularse el sombrío y receparse los cafetos. (INTECAP; ANACAFE 1978).

FIGURA 2. CRECIMIENTO VEGETATIVO, DESARROLLO DEL FRUTO Y DEMANDA DE NUTRIENTES DE ACUERDO A LAS ETAPAS DE DESARROLLO DEL CULTIVO DE CAFÉ.



5.7. CRECIMIENTO VEGETATIVO Y DEL FRUTO EN UN CICLO ANUAL.

El período de mayor crecimiento lateral del cafeto ocurre durante los meses de febrero, marzo y abril, siendo más intenso en marzo. (Ortíz Mayen, O. 1973).

Las lluvias o irrigación, luego de un período seco y alta luminosidad, hace que los botones crezcan rápidamente hasta su apertura en flores, aproximadamente 8 a 10 días después de la lluvia. (Azúeto Rodríguez, F; Vásquez y Vásquez, M. 1998). Las floraciones generalmente ocurren entre enero y abril. (Ortíz Mayen, O. 1973).

Luego que los óvulos han sido polinizados, el ovario fecundado empezará a crecer, en las primeras 6 o 7 semanas el fruto crece muy lentamente. Un mes y medio después de la floración el fruto inicia un crecimiento acelerado, que continúa hasta los tres meses y medio. Continúa un estado de crecimiento lento y el llenado del grano. En esta fase, el fruto consume la mayor cantidad de nutrientes. Entre el cuarto y sexto mes el grano se endurece, forma la pulpa y alcanza su madurez fisiológica como fruto sazón, que ha obtenido su máximo crecimiento. Finalmente, el fruto llega a su madurez de corte, como promedio, sobre el octavo mes después de la floración. (Figura 2). (Azúeto Rodríguez, F; Vásquez y Vásquez, M. 1998).

La mayor parte del crecimiento del fruto se lleva a cabo en el mes de junio. La aplicación de fertilizantes en el mes de septiembre, o cerca de este mes, es muy importante, ya que constituye la única oportunidad de administrar elementos al suelo bajo condiciones lluviosas, en una época previa a la llegada de estos períodos de mayor crecimiento vegetativo y del fruto. Cuando ocurran estos períodos, los elementos estarán ya incorporados al suelo, en la zona de las raíces, disponibles para el cafeto (Ortíz Mayen, O. 1973).

5.8. NUMERO DE APLICACIONES ANUALES DE FERTILIZANTES Y EPOCAS EN QUE DEBEN HACERSE.

Existen dos vías para aumentar la producción agrícola: una, mejorar la productividad de las tierras cultivadas de acuerdo a su vocación agrícola, y la otra, expandir la frontera agrícola. En ambos casos, es indispensable el uso de una fertilización eficiente, que permita lograr una mayor producción y más sostenida rentabilidad (www.infoagro.com). El ciclo de fertilización de café, está comprendido entre los meses de agosto de un año y julio del año siguiente. En general, se recomienda hacer tres aplicaciones de fertilizante al año, en las épocas siguientes:

PRIMERA EPOCA:

La primera aplicación es conveniente hacerla, con una fórmula completa, en agosto o septiembre (en el momento más propicio, de acuerdo con el programa de actividades de la finca y la distribución de las lluvias en la zona). Esta fórmula debe ser especialmente rica en Nitrógeno, como una 20-10-10, u otras similares, que tengan las proporciones de Fósforo y Potasio más indicadas, según el análisis de los suelos. De no encontrarse en el comercio una fórmula de este tipo, puede emplearse otra, por ejemplo la 15-15-15, pero en tal caso debe aplicársele a la planta una cantidad adicional de urea (al mismo tiempo que se aplica la fórmula o después, pero siempre en la misma época), con el objeto de aumentar el nivel de aplicación de Nitrógeno.

SEGUNDA EPOCA:

A excepción de las zonas de Oriente, donde las lluvias terminan más temprano, se aconseja hacer una aplicación adicional de Nitrógeno en el mes de noviembre, antes del fin de las lluvias. Esta aplicación es sobre todo importante para los lotes de cafetal con más producción de la finca, que son aquellos que tienen mayor cantidad de tejido productivo.

Como fuente de Nitrógeno se usa generalmente la Urea, por ser más barata, pero en otros casos se puede emplear también otro fertilizante Nitrogenado, como sulfato de amonio.

TERCERA EPOCA:

Al inicio formal de las lluvias en el mes de mayo, es conveniente hacer otra aplicación de fertilizante al café. El objetivo principal de ésta es aportar nitrógeno adicional, para las necesidades posteriores de la planta, antes y un poco después de la cosecha. Por esta razón, generalmente se aconseja usar urea u otra fuente de Nitrógeno en esta época. No obstante esto, último es necesario especialmente en los casos en que las aplicaciones anteriores han sido muy tardías o insuficientes y en el caso de las fincas de altitudes bajas, donde las cosechas principian más temprano. El uso de una fórmula completa en esta época nos asegura un programa de fertilización más adecuado.

Si por diferentes razones, el caficultor sólo puede hacer una fertilización al año, deberá escoger la época de septiembre para efectuarla. Si sólo puede hacer dos aplicaciones, convendrá que haga la primera en septiembre-octubre y en mayo la segunda. Pero lo más aconsejable es llevar a cabo las tres aplicaciones, en la forma ya indicada. (Ortíz Mayen, O. 1973).

La aplicación de cantidades muy altas de Nitrógeno y Potasio pueden conducir al desarrollo de una presión osmótica excesiva en la solución del suelo. El Boro puede lixiviarse especialmente en los suelos arenosos de bajo pH. Por otro lado, el Cinc puede fijarse y lo mismo sucede con el Fósforo.

Es por estas razones que las cantidades totales de Fósforo y Cinc deben ser usadas en una sola aplicación justo antes de la floración mientras que las cantidades de Nitrógeno, Potasio y Boro deben fraccionarse en dos o tres aplicaciones dentro del período que va desde la floración al máximo crecimiento del fruto.

Las dosis totales de Nitrógeno, Potasio y Boro pueden dividirse en partes iguales. No se ha obtenido resultados consistentes cuando las dosis han sido fraccionadas en proporciones diferentes. (Malavolta, E. 1992).

5.9. METODO DE APLICACIÓN DE FERTILIZANTES

La distribución de las raíces del cafeto en el suelo es fundamental para la localización del fertilizante, en el momento de la aplicación. La mayor concentración de raíces absorbentes se localiza entre la mitad de la bandola y el área de goteo. Para asegurar que el fertilizante quede en contacto directo con el suelo debe limpiarse la banda de fertilización. El mismo se aplica en banda dispersa alrededor del tronco, a la mitad de la distancia entre el tronco y la zona de goteo. En terrenos muy inclinado es aconsejable aplicar el fertilizante en forma de media luna, en el lado de arriba y para que no se lave conviene enterrarlo. La limpia en la banda de fertilización es muy importante, pues además de que permite el contacto directo del fertilizante con el suelo, evita la competencia de las malezas. (López de León, EE et al. 1998).

5.10. DOSIS DE FERTILIZANTES

Las cantidades de fertilizante comúnmente usadas en Guatemala varían de 4 a 9 quintales por manzana, por aplicación, dependiendo de varios factores, especialmente de la densidad del cafetal. Por ejemplo, en una plantación adulta de 2x1 metros de distancia, entran 3,500 cafetos por manzana; las dosis comúnmente usadas 2 a 4 onzas por cafeto por aplicación lo que es igual a unos 4.5 a 9 quintales por manzana.

Cuando el Fósforo y el Potasio están en concentraciones altas en el suelo, se aplica solamente fuente nitrogenada, ejemplo: urea, se utilizan de 7 a 10 qq/mz/año.

La cantidad total de fertilizante que conviene aplicar a un cafetal en el año, depende de la fertilidad del suelo, manejo de cultivo y expectativas de producción.

Cuando la Cal Dolomítica se recomienda sólo como fertilizante (fuente de Calcio y Magnesio como nutrientes), se aplican de 3 a 5 onzas por cafeto adulto. (López de León, EE et al. 1998).

5.11 FERTILIZACION FOLIAR

La fertilización foliar tiene innegables ventajas sobre la aplicación de fertilizante al suelo. La principal ventaja es que el fertilizante aplicado a las hojas es absorbido en una elevada proporción, no inferior al 90%. Por el contrario los fertilizantes aplicados al suelo se pierden en un 50% o más, por diferentes motivos. Otras ventajas de la fertilización foliar es que se pueden aplicar fungicidas en la misma solución. Al mismo tiempo que nutrimos estamos controlando las enfermedades. Otra ventaja de la fertilización foliar es la aplicación por este medio, de micronutrientes o elementos menores cuando se comprueba que hay deficiencia de ellos. Como desventajas de la fertilización foliar se apuntan un mayor número de tratamientos o fertilizaciones para asegurar un suministro suficiente de nutrientes a la planta. Finalmente, en base a estudios de costos y a pesar de las ventajas antes citadas, parece que el empleo de fertilización foliar en cafetales en producción no es recomendable pues comparando la efectividad entre la aplicación al suelo y la aspersión foliar, con el alto costo de los fertilizantes foliares, ésta es una práctica totalmente antieconómica en aquellos lugares donde los precios de dichos productos sean elevados (www.infoagro.com).

Algunos investigadores han demostrado experimentalmente que el fertilizante aplicado en forma líquida a las hojas es absorbido en forma más rápida y efectiva que el fertilizante granulado que se aplica al suelo. Sin embargo, la fertilización foliar generalmente sólo se recomienda como un complemento a la fertilización al suelo. Esto se debe principalmente a que las dosis de fertilizantes que se pueden aplicar a las partes aéreas de la planta son relativamente muy pequeñas. De lo contrario, se corre el riesgo de intoxicar la planta. En esta forma se necesitaría hacer un gran número de aplicaciones al año para poder cubrir sus demandas nutricionales. Cuando se trata de aplicar únicamente elementos menores, esto no representa mayor problema, ya que la planta los necesita en cantidades más pequeñas, basado a veces con una o dos aspersiones foliares para llenar sus exigencias. (Osorio, JJ et al. 2000).

5.12. ANALISIS DE SUELOS Y FOLIARES

El análisis de suelos sirve de base principal para determinar las fórmulas de fertilizante que conviene aplicar en una finca de café y su combinación con aplicaciones adicionales de Nitrógeno y de otros elementos. También para determinar las dosis de fertilizante por aplicación y las cantidades totales por manzana por año. Si en una finca nunca hacen análisis de suelos, el caficultor puede llegar a perder mucho dinero en fertilizantes inadecuados. Para el muestreo de suelos no es necesario tomar un gran número de muestras; si están bien tomadas, se pueden determinar en forma confiable los niveles de los nutrientes en el suelo y su variabilidad dentro de la finca. (López de León, EE et al. 1998).

El análisis foliar es una herramienta que contribuye a obtener información sobre la fertilidad del suelo. Su importancia como técnica de diagnóstico fue reconocida a mediados del siglo XIX por Liebig. A través de este diagnóstico puede llegarse a determinar problemas específicos de nutrición. Para el efecto existen varias metodologías analíticas que deben calibrarse previamente a su adopción definitiva.

El diagnóstico foliar en el cultivo del café consiste en la evaluación del estado nutricional a través del análisis de las hojas. Con los resultados de análisis se realizan los ajustes nutricionales por medio de la aplicación de fertilizantes, considerando siempre los análisis de suelos. La correlación entre el análisis de suelos y el foliar no siempre es congruente. En los casos de bajos contenidos de nutrientes en las plantas, no siempre el análisis de suelos refleja también bajos contenidos que permitirán calificar al suelo como incapaz de suministrar las necesidades de la planta. La incongruencia en el caso de bajos contenidos de la planta y niveles adecuados en el suelo se debe, entre otros factores, a los siguientes:

- Época y calidad del muestreo
- Baja humedad del suelo
- Deficiente drenaje
- Daños en el sistema radicular
- Baja temperatura del suelo

En muchos casos la apariencia física del cafeto puede mostrar deficiencias de uno ó más nutrientes y, tanto el análisis foliar como de suelo no las detecta. Estos casos de aparentes deficiencias muchas veces se deben a daños provocados por aspersiones químicas. (Malavolta, E. 1992).

6. **INVESTIGACIONES QUE SE HAN REALIZADO SOBRE NIVELES DE NITRÓGENO, FOSFORO Y POTASIO EN EL CULTIVO DE CAFÉ.**

En investigaciones realizadas por el ICAFE han demostrado que la adicción de Nitrógeno produjo un aumento en la producción del 24%, en estudios sobre el fraccionamiento del elemento en el fertilizante al suelo con la presencia de otros elementos (P, K, Mg y B) se considera que la producción aumenta conforme se realizan mayor número de aplicaciones debido a que el Nitrógeno es absorbido por la planta como NO_3 el cual es altamente lixiviable.

En experimentos de fuentes de nitrógeno, no se han encontrado diferencias, sin embargo los contenidos de materia orgánica en el suelo pueden ayudar a establecer diferencias de importancia, ya que en muchos suelos existen cantidades considerables de nitrógeno, principalmente en formas orgánicas. Un valor medio de nitrógeno atmosférico incorporado al suelo anualmente, para los suelos del mundo, es estimado en 12.8 kg/ha, siendo 9.2 kg/ha proveniente de la fijación biológica (www.coffeeresearch.org).

La respuesta del café al nitrógeno ha sido señalado en todos los países donde se cultiva el café, por lo que su suministro debe ser común denominador en la fertilización de rutina. (Carvajal JF 1984). El mismo autor informa que en Costa Rica se recomiendan 300 Kg N/Ha,/Año con lo que se ha conseguido un aumento en la cosecha de 39 por ciento con respecto a las parcelas testigo, Malovolta, E., citado por Palma (Palma, MR et al. 1989) menciona que en Brasil la aplicación de nitrógeno varía entre 64 y 200 gramos/cova/año.

En Colombia Valencia citado por Palma (Palma, MR et al. 1989) recomienda en suelos con bajo contenido de materia orgánica la adición 14-23 gramos/árbol en forma de urea; la tendencia en este país es emitir recomendaciones de fertilización con base en análisis de suelos y follaje.

En la zona occidental de Guatemala Avila (Avila Pinto, LE et al. 1998) recomienda utilizar 300 Kg/Ha/año de nitrógeno.

En Honduras Palma (Palma, MR et al. 1989) sugiere utilizar 125 Kg N/Ha/año en los primeros tres años de cultivo y aumentar a 250 Kg N/Ha/año del cuarto año en adelante.

La respuesta a fósforo varía según las condiciones de cada región, sin embargo en la mayoría de países cafetaleros no se ha encontrado respuesta a este elemento.

Datos de Abruña F. Y Mandog, A.S., citados por Carvajal (Carvajal, JF 1984) comprueban que en Kenia no existe respuesta al fósforo, a pesar de que el nivel de fósforo disponible aumenta significativamente con la adición de fosfatos.

En Costa Rica el 74% de los suelos presentan niveles de fósforo iguales o menores a 10 mg/L. Investigaciones realizadas desde la década de los 50 con el elemento fósforo conducen a recomendar la dosis de 50 kg/ha por año de P_2O_5 es el nivel que permite garantizar buenas producciones y a la vez mantener la fertilidad del suelo. También en Costa Rica la respuesta a este elemento se manifiesta por lo general lineal negativa; puede aseverarse que en este país la respuesta de este elemento constituye la excepción y no la regla al igual que las interacciones N x P y P x K. En dos diferentes suelos cafetaleros de Costa Rica tipos ultisol y andisol; Se evaluó el efecto de dos dosis, dos fuentes y dos formas de aplicación de fósforo, en el establecimiento y producción de café. Luego de varios años de aplicación y 6 y 4 registros de cosecha se determinó que hay una acumulación significativa de fósforo en el suelo; presentando diferencias significativas a favor de la aplicación de 50 kg/ha de Triple Super Fosfato aplicado en hoyos. En cuanto a los parámetros productivos no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos para el análisis general de varianza como para la separación de efectos de las diferentes variables (www.coffeeresearch.org).

En Colombia Valencia, citado por Palma (Palma, MR et al. 1989), dice que no es común el efecto positivo del fósforo, pero se recomienda aplicarlos cuando se encuentra en el suelo a menos de 10 y 4 ppm.

Para la zona Occidental de Guatemala la aplicación de P_2O_5 varía de 60-180 Kg/Ha/año. (Avila Pinto, LE et al. 1989).

En Honduras se considera como adecuado aplicar 75 Kg/Ha/año de fósforo. (Palma, MR et al. 1989).

La respuesta a potasio se destaca en Colombia, Brasil y Puerto Rico; en Colombia la dosis más corriente es de 400 gramos/arbusto/año de las formulas 12-6-22-2, 12-12-17-2 y 12-6-24, en las regiones en donde la respuesta es positiva, el análisis foliar indica que una característica constante es el aumento respectivo de potasio y una disminución del contenido de magnesio; por tal razón se pone énfasis en que el contenido de potasio en las fórmulas debe ser igual o mayor que el de nitrógeno para evitar desequilibrios en la nutrición (Carvajal, JF 1984).

Recientemente se recomienda en suelos bajos en potasio aplicar sulfato de potasio 20-40 gramos por planta o cloruro de potasio 15-30 gramos, según datos de Valencia citado por Palma (Palma, MR et al. 1989).

En Brasil Malavolta E. Citado por Palma (Palma, MR et al. 1989) informa excelente respuesta a potasio, especialmente cuando se aplica nitrógeno simultáneamente o como fertilizante a base de NPK; la dosis que se aplica en el presente es de 150-200 Kg K₂O/Ha.

En Costa Rica, Carvajal (Carvajal, JF 1984) afirma que es más notoria la respuesta a potasio en los suelos rojos (oxisoles); en los suelos donde se obtiene respuesta, la dosis que se recomienda es de 100-130 Kg K₂O/Ha/año. En Honduras (Palma, MR et al. 1989) el nivel adecuado de potasio es de 90 Kg/Ha/año Bornemiza citado por Palma, (Palma, MR et al. 1989) informa que en Centro América las respuesta a potasio han sido especialmente en suelos no volcánicos, antiguos, comúnmente ultisoles u oxisoles. En estas condiciones tanto los suelos como las plantas se han caracterizado por niveles bajos de potasio.

Para Guatemala, en el occidente los requerimientos de K₂O se encuentran entre 150-300 Kg/Ha/año. (Avila Pinto, LE et al. 1989). En el oriente de

Guatemala, específicamente la parte alta de Quezaltepeque, Chiquimula, los programas de fertilización de los agricultores están basados en fórmulas químicas como 16-20-0 ó 20-20-0 y Urea (46% Nitrógeno), aplicadas en tres épocas del año (mayo-junio, agosto-septiembre y octubre-noviembre), en dosis que varían de 3 a 6 onzas por planta. En la zona se obtienen rendimientos promedios de 25-33 quintales pergamino por manzana en plantaciones de 4 años. En el área han existido instituciones y entidades que han realizado estudios enfocados hacia el aspecto social como: Educación, Salud y Vivienda. Pero no se ha dado importancia a la fuente de desarrollo, como es la productividad del recurso suelo. Por tal razón en esta investigación se pretende generar información básica que permita orientar los programas de fertilización en el cultivo de café en las localidades de Montaña Las Cebollas y Chiramay ubicadas dentro del municipio de Quezaltepeque, departamento de Chiquimula. (Marroquín, C. 2002).

7. METODOLOGÍA.

7.1 LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

El estudio se estableció en las localidades de “Montaña Las Cebollas y Chiramay”, municipio de Quezaltepeque, departamento de Chiquimula. La primera zona esta ubicada a 14°35'34.15" latitud Norte y 89°25'15" longitud Oeste a 1,520 msnm. La segunda zona se encuentra a 14°38'12.68" latitud Norte y 89°22'18.75" longitud Oeste a 1,300 msnm. El régimen de lluvias en la zona está registrada en un promedio de 1300 mm por año y una temperatura de 24 C°. (Anexo 2).

La zona ecológica corresponde a un Bosque muy Húmedo Sub-Tropical Templado. (Galicia Portillo, JC et al. 1998). Los suelos según Simmons (Simmons, CH et al. 1959) son desarrollados sobre material volcánico pertenecientes al grupo Ib e Ic. Los suelos del grupo Ib, son poco profundos sobre materiales de color claro. Los suelos del grupo Ic, son suelos sobre materiales mixtos o de color oscuro en relieve escarpado.

7.2 MATERIAL EXPERIMENTAL:

Para el estudio se utilizaron plantas de café, *Coffea arabica* var. Catuaí de cinco años de plantadas en el campo. Esta proviene de un cruzamiento artificial de las variedades Mundo Novo y Caturra. Con la Variedad Catuaí se obtiene un 15 y 20% de mayor producción en comparación con la variedad Caturra.(Osorio, JJ et al. 2000). Por esta razón los productores la están sembrando en áreas mayores cada año.

El distanciamiento utilizado es de 2 metros entre calle por 1 metro entre plantas, para dar una densidad de 5,000 pts/Ha.

7.3 MANEJO DEL EXPERIMENTO

Se realizaron las siguientes actividades:

7.3.1 El lote se seleccionó en base a las siguientes condiciones:

Se utilizaron por segundo año las mismas parcelas experimentales, que consisten de 4 plantas por unidad experimental, sumando un total de 56 unidades experimentales por Localidad.

7.3.2 Muestreo de suelos.

En vista que ya se cuenta con datos obtenidos de las mismas parcelas en el trabajo anterior, se reutilizaron los mismos.

7.3.3 Muestreo de Tejido:

El primer muestreo se hizo antes de fertilizar de manera general y el próximo muestreo foliar se realizó al final de la cosecha. La muestra se obtuvo de los foliósolos que se encuentran en la mitad de las bandolas de la parte intermedia de cada planta. La muestra consistió en veinticuatro hojas por tratamiento. Con el análisis de dicha muestra se obtuvo información del estado nutricional (P, K, Ca, Mg, Co, Fe, Mn, Zn) foliar de cada tratamiento. Los análisis de suelos y foliares se realizaron en el laboratorio de suelos de ANACAFE, ubicado en la ciudad de Guatemala.

7.3.4 Programa de fertilización:

La fertilización se realizó de acuerdo a las etapas más cercanas al mayor crecimiento de la planta. El Nitrógeno se aplicó de la manera siguiente: 50% en junio y 50% en septiembre. El tratamiento 14 del agricultor de la zona en junio-septiembre-octubre. El Fósforo se aplicó: 50% en junio y un 50% en septiembre. El Potasio se aplicó en un 50% en junio y un 50% en septiembre.

Las dosis de las fuentes de fertilizante aplicadas en cada planta de cafeto se presentan en el cuadro 3.

CUADRO 3. NIVELES Y DOSIS DE N, P Y K UTILIZADOS PARA LA EVALUACIÓN DE CAFÉ (Coffea arabica VAR. CATUAÍ), EN LA PARTE ALTA DEL MUNICIPIO DE QUEZALTEPEQUE, DEPTO. DE CHIQUIMULA, 2,001.

<i>Número de Nivel</i>	Gramos por planta		
	N (Urea)	P (Triple superfosfato)	K (Muriato de potasio)
1	20	0	0
2	40	8	12
3	60	16	24
4	0	24	36
5	0	36	0

7.4 DISEÑO DE TRATAMIENTOS

El diseño de los tratamientos evaluados se realizó por medio de un arreglo combinatorio incompleto, el cual está involucrado el conocimiento agronómico sobre la relación de respuestas de un cultivo en conjunto, a varios factores limitantes. Lo anterior se basa en la selección de tratamientos que tenga un valor práctico o interés agronómico para la obtención de respuestas en la búsqueda de los niveles de Nitrógeno Fósforo y Potasio bajo estudio. (ICTA, 19--).

7.5 TRATAMIENTOS EVALUADOS

En el cuadro 4 se detallan los elementos nutricionales, niveles y fuentes de fertilizantes comerciales evaluados.

CUADRO 4. NIVELES Y FUENTES DE N, P Y K UTILIZADOS PARA LA EVALUACIÓN DE CAFÉ (Coffea arabica VAR. CATUAÍ), EN LA PARTE ALTA DEL MUNICIPIO DE QUEZALTEPEQUE, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA. 2,001.

<i>Niveles (Kgs/Ha.)</i>						<i>Fuentes</i>
Nitrógeno	100	200	300	0	0	Urea 46%
Fósforo	0	40	80	120	180	Triple Superfosfato 46%
Potasio	0	60	120	180	0	Muriato de Potasio60%

Según el arreglo combinatorio (incompleto), las combinaciones seleccionadas fueron: 8 tratamientos para los niveles intermedios y 6 prolongaciones.

En el cuadro 5 se puede apreciar cada uno de los tratamientos evaluados. Los primeros 8 tratamientos son los niveles intermedios y los siguientes 6 son las prolongaciones. El tratamiento 14 es el testigo relativo.

CUADRO 5. TRATAMIENTOS Y SUS EFECTOS MEDIOS UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN DE CAFÉ (Coffea arabica VAR. CATUAÍ) EN LA PARTE ALTA DEL MUNICIPIO DE QUEZALTEPEQUE, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA. 2,001.

Número de Tratamientos	Kg./Ha/Año			Efectos medios
	N	P	K	
1	100	40	60	μ
2	100	40	120	K
3	100	80	60	P
4	100	80	120	PK
5	200	40	60	N
6	200	40	120	NK
7	200	80	60	NP
8	200	80	120	NPK
9	300	80	120	
10	200	120	120	
11	200	80	180	
12	100	0	60	
13	100	40	0	
14*	300	180	0	

- Testigo relativo del agricultor de la zona

7.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental utilizado es el de bloques completos al azar con 4 repeticiones, según el modelo estadístico siguiente.

$$Y_{ij} = \mu + R_i + T_j + \Sigma_{ij}$$

En donde:

Y_{ij} = Variable respuesta

μ = efecto de la media general

R_i = Efecto de las repeticiones i donde $i = 4$ repeticiones

T_j = Efecto de los Tratamientos j donde $j = 14$ tratamientos

Σij = Efecto del error experimental asociado a las unidades experimentales ij .

El tamaño de las **unidades experimentales** fue de 4 metros de largo por dos de ancho.

7.7 VARIABLES EVALUADAS

1. Estado nutricional de P, K, Ca, Mg, Co, Fe, Mn, Zn, de la planta, antes de la primera aplicación de fertilizante y después de la cosecha.
2. Rendimiento: Se determinó de acuerdo:
 - Peso de 100 granos de café maduro en gramos.
 - Rendimiento en Kgs. de café maduro/ha.

7.8 ANÁLISIS DE LA INFORMACION

7.8.1 ANALISIS ESTADISTICO

Para la búsqueda de variaciones inherentes a los tratamientos, bloques o repeticiones, otros, se utilizó para cada una de las localidades un **Análisis de Varianza**, sobre el rendimiento, para los 8 y 14 tratamientos. Se utilizaron algoritmos matemáticos, que son procedimientos numéricos que se realizan en un orden específico para buscar el efecto entre sí de los factores principales y sus interacciones. (Burden, R; Douglas Faires, J. 1985). (Método de Yates). (ICTA, 19--). Para ordenar las diferencias en los tratamientos se utilizó el método de pruebas de rangos múltiples, utilizando la prueba DMS (Diferencia Mínima Significativa).(ICTA, 19--).

7.8.2 ANALISIS ECONOMICO

Para calcular los beneficios netos de la producción y encontrar la Tasa Marginal de Retorno, se realizó el Análisis Económico mediante la metodología de **Presupuestos Parciales**. Se incluyó además los tratamientos que resultaron con significancia al realizar las comparaciones mediante una DMS (diferencia mínima significativa).

Estas comparaciones se realizaron entre las prolongaciones y los tratamientos más cercanos en el contenido porcentual de los elementos bajo estudio. El análisis económico incluyó el tratamiento relativo del agricultor de la zona. El procedimiento que se determinó en esta metodología es el siguiente:

7.8.2.1 Presupuesto Parcial:

En el análisis del Presupuesto Parcial, a los rendimientos medios de cada tratamiento se les realizó un ajuste del 5%, con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que el agricultor podría lograr con ese tratamiento. Este rendimiento ajustado multiplicado por el precio del producto arrojó el Beneficio Bruto. Se determinaron los Costos Variables por tratamiento. Finalmente para obtener los Beneficios Netos por tratamiento, se restó los Costos Variables del Beneficio Bruto.

7.8.2.2 Análisis de Dominancia:

Se ordenaron los tratamientos del mayor al menor Beneficio Neto y se procedió a comparar cada una de las alternativas tomando como comparador el Costo Variable. Un tratamiento fue dominado cuando obtuvo Costos Variables mayores que otros tratamientos. Para el siguiente análisis se eliminaron los tratamientos que fueron dominados.

7.8.2.3 Tasa Marginal de Retorno:

Los tratamientos que estadísticamente se comportaron mejor, resultando no dominados se ordenaron de mayor a menor Beneficio Neto con su respectivo Costo Variable. Con estos datos se calculó la Tasa Marginal de Retorno, de acuerdo a la fórmula siguiente: $TMR = (\text{Incremento IB} / \text{Incremento CV}) \times 100$. El resultado permitió conocer el Beneficio Económico adicional obtenido por quetzal invertido en cada tratamiento.

7.9 MANEJO DEL CULTIVO.

7.9.1 Aplicación de Cal Dolomítica por recomendación del Laboratorio de Suelos:

Se realizó una aplicación de Cal a toda la plantación al inicio de las lluvias, utilizándose para ello el producto llamado Cal-mag, el cual contiene 21-22% de Calcio y 13% de Magnesio, se utilizó una dosis de 2 onzas por planta. Esta enmienda se realizó en todos los tratamientos en la misma fecha, con la finalidad de corregir la acidez e incrementar el pH del suelo, reducir las concentraciones tóxicas de aluminio, manganeso y hierro. Proveer calcio y magnesio y controlar las reacciones de transferencia y disponibilidad de los elementos minerales por planta, también con el propósito de aumentar la actividad microbiana del suelo, favoreciendo la descomposición de la materia orgánica y la formación del humus del suelo.

Se ha comprobado por medios experimentales que cuando los suelos tienen problemas causados por la acidez y son encalados, la respuesta del suelo a los fertilizantes ha sido mejor. Lo anterior obedece a que las condiciones químicas, físicas y biológicas del suelo son restauradas y mejoradas, y la planta desarrolla un mejor sistema radicular.

7.9.2 Control Fitosanitario:

El control de enfermedades se hizo en ambas localidades, a partir del mes de octubre hasta el mes de diciembre, dependiendo de la incidencia de la misma. Se llevaron a cabo aplicaciones principalmente para el control de Foma, *Phoma sp.*

7.9.3 Control de Malezas:

Se realizaron tres limpiezas en forma manual.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1 ANALISIS DE SUELO DE LAS LOCALIDADES BAJO ESTUDIO.

Con el propósito de conocer el estado de fertilidad natural del suelo involucrado en este estudio, se realizó un muestreo al inicio de la investigación anterior (Marroquín, C 2002), el cual fue enviado al Laboratorio de Suelos de ANACAFE para su análisis correspondiente. Obteniéndose los resultados siguientes:

CUADRO 6. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE SUELO DEL ÁREA EXPERIMENTAL PREVIO A LA INSTALACIÓN DEL EXPERIMENTO, EN LAS LOCALIDADES DE CHIRAMAY, MONTAÑA LAS CEBOLLAS, MUNICIPIO DE QUEZALTEPEQUE, CHIQUIMULA. 2000.

Identificación	Ug/ml		Meq/100ml					Microgramos/ml				%
	Ph	P	K	Ca	Mg	Al	Acidez interc.	Cu	Fe	Mn	Zn	M.O.
Niveles adecuados	5.5-6.5	10	0.42	4.20	1.26	0-1	(-)	1-2.5	10-20	5-20	2-4	3-6
Chiramay	4	0.53	1.24	10.90	2.34	3.5	4.20	0.50	25.57	>60	1.70	4.55
CEBOLLAS	3.5	0.18	1.46	4.40	1.19	3	3.40	0.37	5.24	>60	5.00	11.4

Podemos observar que el pH es ácido de acuerdo a los niveles adecuados propuestos por ANACAFE (5.5-6.5), El Fósforo de acuerdo a los niveles adecuados (10 ug/ml) está por abajo del límite inferior, para ambas localidades. Con relación al Potasio (K) el contenido del mismo se encuentra por arriba del nivel adecuado y que para este caso es de 0.42 meq/100ml. El Calcio y el Magnesio, se encuentran presentando niveles adecuados para la localidad de Chiramay y para la localidad de montaña Las Cebollas. El aluminio se encuentra a niveles altos en el suelo de acuerdo con el nivel adecuado, así como el Manganeso, para ambas localidades. El porcentaje de Materia Orgánica en el suelo de Chiramay se encuentra dentro del nivel adecuado y alto para la localidad de la montaña Las Cebollas. El Cobre se encuentra bajo para ambos suelos y el Zinc se encuentra ligeramente bajo para el suelo de la localidad Chiramay y ligeramente alto para el suelo de montaña Las Cebollas. El Hierro se encuentra ligeramente alto para el suelo de Chiramay y bajo para el suelo de Cebollas.

8.2 LOCALIDAD MONTAÑA LAS CEBOLLAS

8.2.1 ANÁLISIS DE RENDIMIENTO DE CAFÉ MADURO EN KG./HA.

En el cuadro 7 se muestran los rendimientos promedios por año y rendimientos acumulados durante los dos años de investigación de los niveles de N-P-K de café maduro expresados en Kg. por parcela neta (8 mts²). Para cada uno de los tratamientos estudiados.

CUADRO 7: RENDIMIENTO ACUMULADO EN DOS AÑOS DE PRODUCCIÓN (2000 Y 2001) DE CAFÉ MADURO VARIEDAD CATUAÍ, EN LA EVALUACIÓN DE NIVELES DE N-P- K, EN LA LOCALIDAD DE LAS CEBOLLAS, DEL MUNICIPIO DE QUEZALTEPEQUE, CHIQUIMULA. (KGS).

Trats.	NIVELES			Rendimiento promedio y acumulado. kg/parcela.		
				LAS CEBOLLAS		
	N	P	K	2000	2001	Acumulado
1	100	40	60	4.74	7.63	49.49
2	100	40	120	4.30	9.16	53.82
3	100	80	60	3.26	7.97	44.94
4	100	80	120	5.98	8.87	59.38
5	200	40	60	4.62	7.65	49.10
6	200	40	120	4.33	5.74	40.28
7	200	80	60	3.39	6.36	39.00
8	200	80	120	4.95	8.05	51.99
9	300	80	120	2.67	7.96	52.42
10	200	120	120	5.63	6.81	49.76
11	200	80	180	3.78	7.76	46.16
12	100	0	60	4.01	8.56	50.27
13	100	40	0	3.14	5.84	35.91
14	300	180	0	5.59	7.66	52.98

En el cuadro 7 observamos que el tratamiento 4(100-80-120) obtuvo el mayor rendimiento acumulado en la localidad Las Cebollas. Observamos también que el tratamiento 13(100-40-0) tiene el rendimiento acumulado más bajo. Las columnas del año 2000 y 2001 están referidas al rendimiento promedio de cada tratamiento en las cuatro repeticiones, en cada año. La columna de rendimiento acumulado está referida a la sumatoria de cada tratamiento en las cuatro repeticiones, en dos años.

CUADRO 8: PESO PROMEDIO EN DOS AÑOS DE PRODUCCIÓN (2000 Y 2001) DE 100 GRANOS DE CAFÉ MADURO VARIEDAD CATUAÍ. EN LA EVALUACIÓN DE NIVELES DE N-P-K, EN LA LOCALIDAD DE LAS CEBOLLAS DEL MUNICIPIO DE QUEZALTEPEQUE, CHIQUIMULA, (GRS.).

Trats.	NIVELES			Peso de 100 granos de café maduro. Grs.		
				LAS CEBOLLAS		
	N	P	K	100 Granos 2000	100 Granos 2001	Peso Promedio
1	10 0	40	60	215	174	195
2	100	40	120	208	183	196
3	100	80	60	213	171	192
4	100	80	120	208	160	184
5	200	40	60	203	166	185
6	200	40	120	206	180	193
7	200	80	60	210	185	198
8	200	80	120	215	180	198
9	300	80	120	222	181	202
10	200	120	120	213	185	199
11	200	80	180	208	179	194
12	100	0	60	175	163	169
13	100	40	0	180	163	172
14	300	180	0	203	153	178

En el cuadro 8, se observa que en lo referente al peso de 100 granos de café maduro, el tratamiento 9(300-80-120) obtuvo el peso promedio más alto en la localidad Las Cebollas. Observamos también que el tratamiento 12(100-0-60) tiene el peso promedio más bajo.

Con el propósito de conocer la respuesta fisiológica del cultivo a los niveles de N-P-K evaluados, se realizó un análisis por medio de la técnica de Yates; para los tratamientos centrales del diseño planteado. Utilizándose los rendimientos acumulados durante dos años de cosecha (2000-2001) de los 8 tratamientos, los cuales forman los niveles intermedios es decir los primeros 8 tratamientos. Cuadro 10. Posteriormente se analizaron las prolongaciones por separado, comparando con los tratamientos que más se aproximan en sus porcentajes bajo estudio.

En el cuadro 9, se presenta el análisis de Varianza de las 8 combinaciones, puede observarse diferencia significativa para los tratamientos. El coeficiente de Variación fue de 18.24%.

CUADRO 9: ANÁLISIS DE VARIANZA SOBRE EL RENDIMIENTO ACUMULADO DE CAFÉ MADURO EN LA EVALUACIÓN DE NIVELES DE N-P-K EN LA LOCALIDAD DE LA MONTAÑA LAS CEBOLLAS, QUEZALTEPEQUE, CHIQUIMULA, 2000-2001.

Causa de la variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.	Prob.
<i>Repeticiones</i>	3	36.90	12.30	2.52	0.0860
<i>Tratamiento</i>	7	82.52	11.788	2.41	0.0559 *
Error	21	102.65	4.888		
Total	31	222.07			

Coeficiente de Variación 18.24%

En el cuadro 10 se presenta el análisis por la técnica de Yates de las primeras 8 combinaciones. Puede observarse un Efecto Factorial Medio significativo para los niveles de Potasio (K) y Fósforo (P) y para la interacción NPK.

CUADRO 10. SIGNIFICANCIA DEL EFECTO FACTORIAL MEDIO DE LOS FACTORES ESTUDIADOS EN LA EVALUACIÓN DE NIVELES DE N-P-K EN EL CULTIVO DE CAFÉ SOBRE EL RENDIMIENTO ACUMULADO, LAS CEBOLLAS, QUEZALTEPEQUE, CHIQUIMULA 2000-2001.

No. Trat.	Tratamiento			Código Yates	Rend. Totales	1	2	3	Divisor	EFM	EMS	Signifi
	N	P	K									
1	100	40	60	1	49.49	103.31	207.63	388	32	12.125		
2	100	40	120	K	53.82	104.32	180.37	22.94	16	1.434	1.34	**
3	100	80	60	P	44.94	89.38	4.17	-31.92	16	-1.995	1.34	**
4	100	80	120	PK	59.38	90.99	18.77	2.62	16	0.164	1.34	NS
5	200	40	60	N	49.1	12.99	-10.11	-0.6	16	-0.038	1.34	NS
6	200	40	120	NK	40.28	-8.82	-21.81	-11.7	16	-0.731	1.34	NS
7	200	80	60	NP	39	14.44	1.61	14.6	16	0.913	1.34	NS
8	200	80	120	NPK	51.99	4.33	1.01	-27.26	16	-1.704	1.34	**

El resultado del Efecto Medio Significativo (EMS) es igual a 1.34, el cual se obtiene de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{EMS} = t(0.10)(\text{gle}) \sqrt{\{\text{CME}/2^{N-2} \dots r\}}$$
 en donde:

$t(0.10)(\text{gle})$ = valor de "t" a una probabilidad de cometer error de 0.10, y los grados de libertad del CME obtenido del Andeva de los 8 tratamientos que forma el 2^n .

CME = Cuadrado Medio del Error

n = número de factores

r = repeticiones

El cuadro 9 se interpreta de la siguiente manera: En la columna del código Yates, el 1 corresponde a los factores estudiados a su nivel más bajo y su cálculo mide el rendimiento promedio que se obtiene de las observaciones.

El código K corresponde al tratamiento en donde potasio se estudia a su nivel más alto, mientras que nitrógeno y fósforo permanecen a su nivel más bajo. La columna de significancia de ésta fila mide si el efecto principal del potasio es estadísticamente significativo. Lo mismo sucede cuando el código corresponde a cada uno de los otros factores, nitrógeno (N) y fósforo (P).

Cuando existen interacciones, como por ejemplo en la celda que tiene el código yates P/K, el fósforo y potasio se analizan a su nivel más alto, mientras que el nitrógeno permanece a su nivel más bajo. En la celda final de ésta fila se medirá si el efecto de la interacción de estos dos factores es estadísticamente significativo.

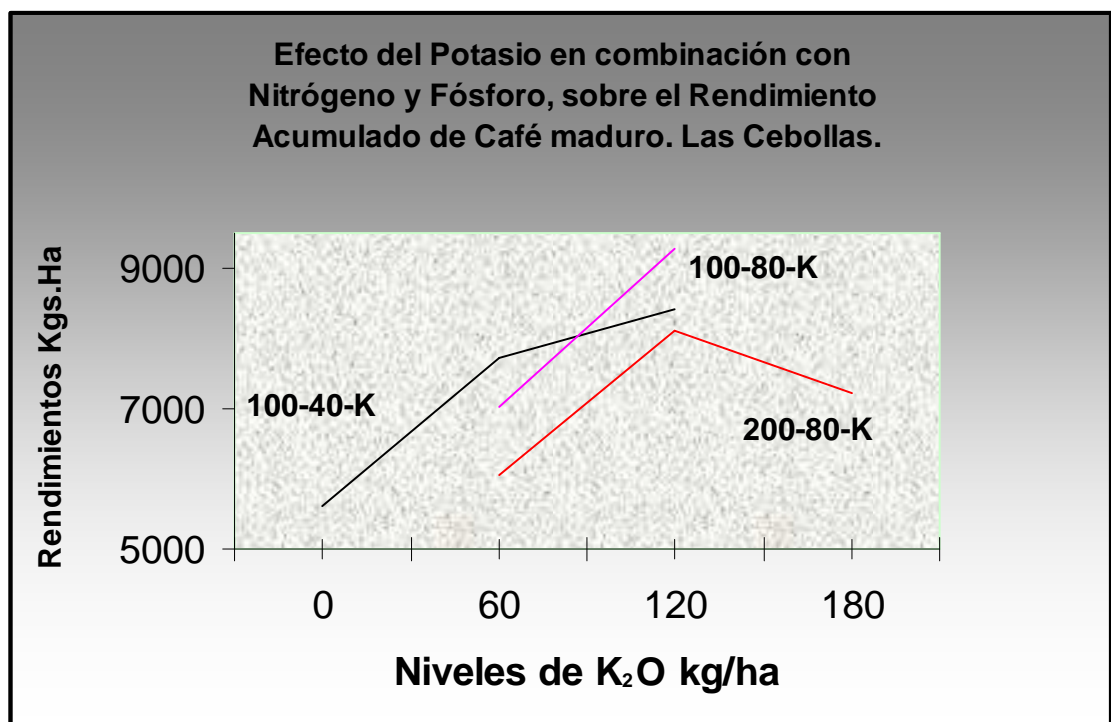
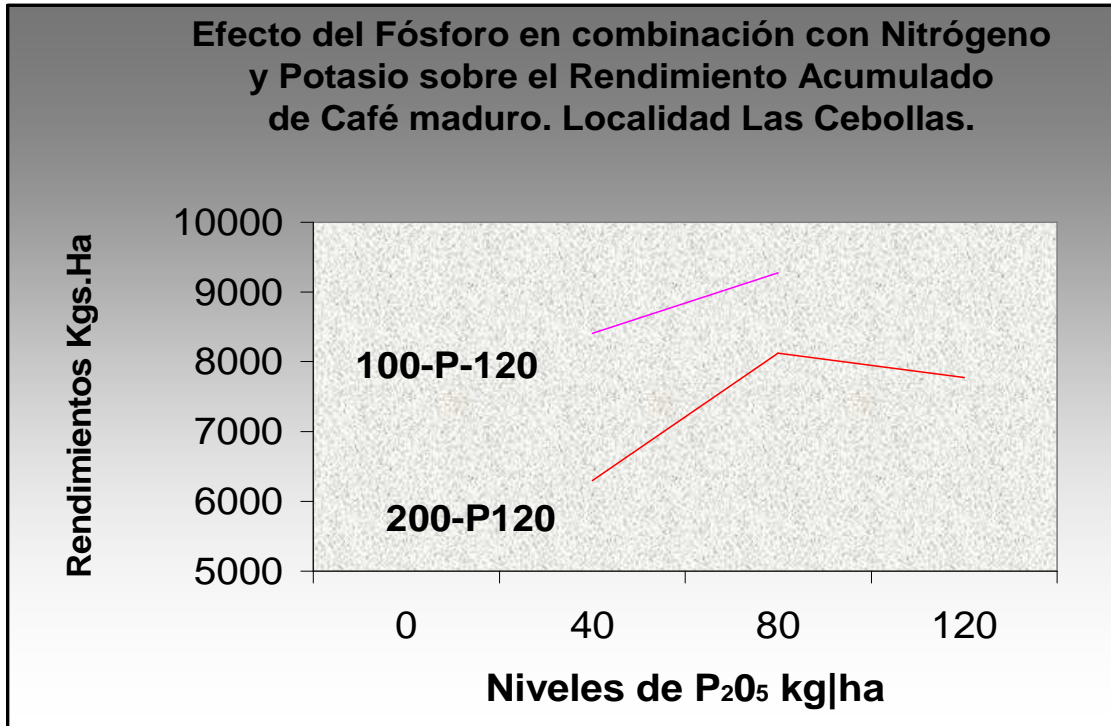
De esta manera se analizan los demás tratamientos, hasta llegar al código N/P/K, en donde se estudia el nitrógeno, fósforo y potasio a sus niveles más altos y su resultado indicará si el efecto de la interacción de los tres factores es estadísticamente significativo.

Al analizar los resultados obtenidos observamos que existe diferencia significativa en el rendimiento al aplicar niveles altos de Potasio y Fósforo, pero no existe diferencia significativa al efectuar altas aplicaciones de Nitrógeno. Según el análisis de suelo realizado por ANACAFE, en este suelo la Acidez es alta (pH 4.40), así como el Aluminio (0.30 meq/100ml) y Manganeso (>60 microgramos/ml), por tal razón la respuesta a fosfatos es clara en interacción con el Potasio. Lo cual viene a consolidar el análisis de resultados expuesto en la investigación anterior (Marroquín, C. 2002). También se observa respuesta positiva a la interacción NPK.

Al encontrar significativa la interacción NPK, están involucrados los tres factores, por lo tanto los ocho tratamientos según el análisis de Yates son diferentes.

En la figura 3 observamos que en la localidad de Montaña Las Cebollas, el tratamiento 100-80-120 presenta mayor respuesta en el comportamiento N-P-K sobre el rendimiento acumulado de café maduro. Tanto para el efecto del fósforo en combinación con nitrógeno y potasio como para el efecto del potasio en combinación con nitrógeno y fósforo.

FIGURA 3. COMPORTAMIENTO DEL EFECTO DE N-P-K SOBRE EL RENDIMIENTO ACUMULADO EN KGS.HA DE CAFÉ MADURO EN LA LOCALIDAD DE LAS CEBOLLAS, QUEZALTEPEQUE.



8.2.2 PESO DE 100 GRANOS DE CAFÉ MADURO

Para conocer el efecto de los diferentes niveles de N-P-K sobre el peso de 100 granos de café maduro, se realizó un análisis por medio de la técnica de Yates para los tratamientos centrales del diseño planteado. Los tratamientos centrales corresponden a las primeras 8 combinaciones de N-P-K. Posteriormente, se analizaron las prolongaciones por separado comparando con los tratamientos que más se aproximan en sus porcentajes bajo estudio.

En el cuadro 11 se presenta el Análisis de Varianza de los 8 tratamientos; puede observarse que no existe diferencia significativa para los tratamientos. El coeficiente de variación es de 4.69%

CUADRO 11. ANÁLISIS DE VARIANZA SOBRE EL PESO PROMEDIO DURANTE DOS AÑOS DE PRODUCCIÓN (2000 Y 2001) DE 100 GRANOS DE CAFÉ CEREZA EN LA EVALUACIÓN DE NIVELES DE N-P- K EN LA LOCALIDAD DE LAS CEBOLLAS, QUEZALTEPEQUE, CHIQUIMULA.

Causa de la variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.	Prob.
Repeticiones	3	564.09	188.03	2.31	0.1055
Tratamiento	7	810.22	115.75	1.42	0.2484
Error	21	1708.16	81.341		
Total	31	3082.47			

Coeficiente de Variación 4.69%

En el cuadro 12 se presenta el análisis por la técnica de Yates de las primeras 8 combinaciones, puede observarse que el Efecto Factorial Medio no es significativo para ninguno de los 8 tratamientos.

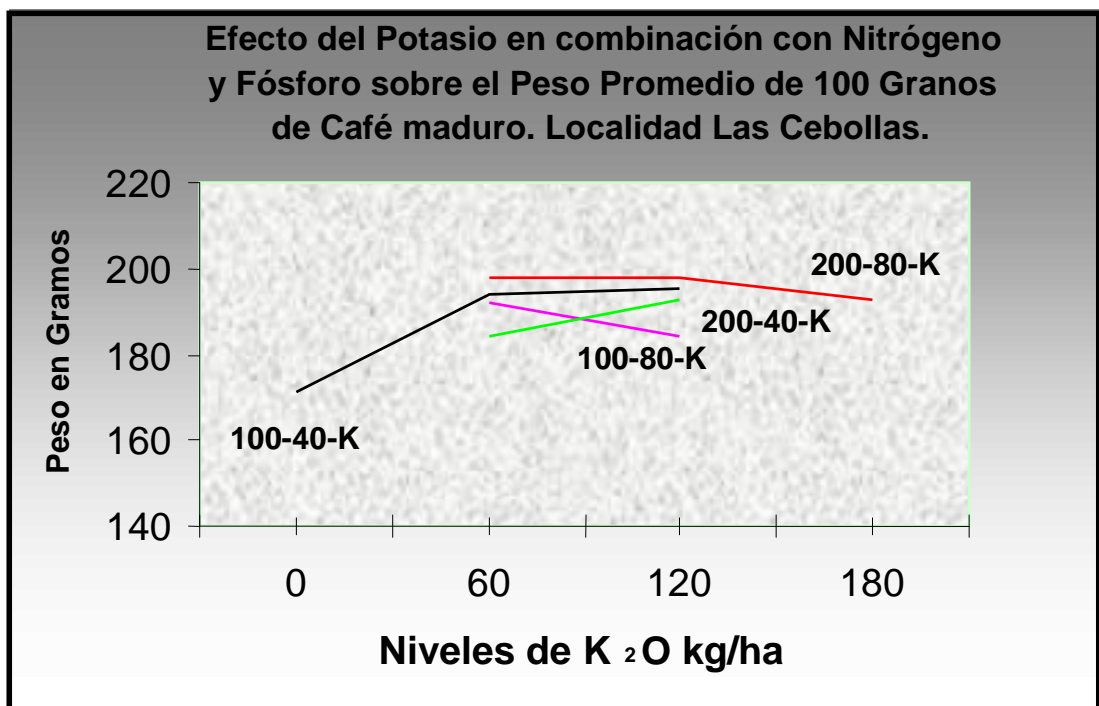
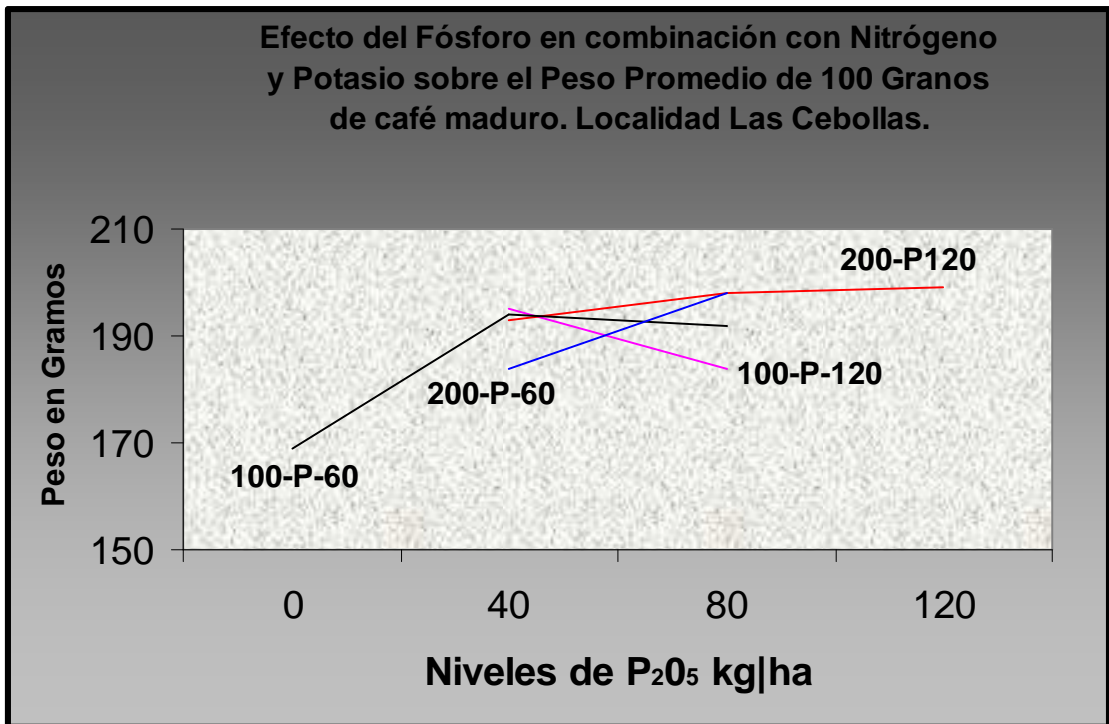
CUADRO 12. SIGNIFICANCIA DEL EFECTO FACTORIAL MEDIO DE LOS FACTORES ESTUDIADOS EN LA EVALUACIÓN DE NIVELES DE N-P-K EN EL CULTIVO DE CAFÉ SOBRE EL PESO PROMEDIO DE 100 GRANOS DE CAFÉ CEREZA, EN LA LOCALIDAD DE LAS CEBOLLAS, QUEZALTEPEQUE.

No. Trat.	Tratamiento			Código Yates	Rend. Totales	1	2	3	Divisor	EFM	EMS	Signif. i
	N	P	K									
1	100	40	60	U	778	1558	3061	6152	32	192.250		
2	100	40	120	K	780	1503	3091	4	16	0.250	5.487	NS
3	100	80	60	P	768	1511	35	70	16	4.375	5.487	NS
4	100	80	120	PK	735	1580	-31	14	16	0.875	5.487	NS
5	200	40	60	N	738	0.00	35	-124	16	-7.750	5.487	NS
6	200	40	120	NK	773	35	35	0	16	0.000	5.487	NS
7	200	80	60	NP	790	-33.00	69	-66	16	-4.125	5.487	NS
8	200	80	120	NPK	790	2	-55	30	16	1.875	5.487	NS

En el cuadro 12 observamos que de acuerdo a la técnica de Yates, no existe diferencia significativa para los tratamientos en su efecto sobre el peso promedio de 100 granos de café maduro, en la localidad Las Cebollas.

La figura 4 nos muestra que en la localidad Montaña Las Cebollas, el tratamiento 200-120-120 presenta una tendencia positiva en cuanto al efecto del fósforo en combinación con nitrógeno y potasio, y el efecto del potasio en combinación con nitrógeno y fósforo, sobre el peso promedio de 100 granos de café maduro.

FIGURA 4. COMPORTAMIENTO DEL EFECTO DE N-P-K SOBRE EL PESO PROMEDIO DE 100 GRANOS DE CAFÉ MADURO EN LA LOCALIDAD DE LAS CEBOLLAS, QUEZALTEPEQUE.



8.2.3 ANÁLISIS ECONÓMICO

a) Análisis de Presupuestos Parciales

En el cuadro 13 se presentan los costos variables de cada tratamiento en dos años de producción. Para el mismo se consideró el costo de los insumos utilizados y mano de obra en la aplicación de los tratamientos. También se presenta el ingreso neto de cada tratamiento, para el cual se consideró su rendimiento y el precio de venta del mismo en el mercado.

Observamos que el tratamiento 4(100-80-120), es el que mostró el mayor ingreso neto (Q. 18,727.19). El tratamiento 7(200-80-60) fue el que mostró el menor ingreso (Q. 10,894.52), mientras que el testigo ocupó un octavo lugar con un ingreso neto de (Q. 14,264.97). Considerando un precio de venta de Q. 400.00 por quintal de café pergamino.

b) Análisis de Dominancia

En el cuadro 14 se describe el análisis de dominancia de tratamientos, los que se ordenaron de mayor a menor Beneficio neto con su respectivo Costo Variable. El tratamiento con mayor Beneficio Neto fue comparado con el tratamiento de menor beneficio, el cual debe satisfacer un menor Costo Variable para ser considerado como no dominado. De todos los tratamientos solamente el 4, 2 y 12 resultaron no dominados.

c) Análisis de la Tasa Marginal de Retorno

En el cuadro 15 se presenta la Tasa Marginal de Retorno para los tres tratamientos que resultaron ser no dominados en el análisis de dominancia. Según la TMR, el tratamiento 4(100-80-120) resultó ser económicamente más rentable para el productor con 276%, lo que representa que por cada Q. 1.00 invertido, se puede obtener una recuperación de la inversión de Q. 2.76, así como el tratamiento 2(100-40-120) que presenta una TMR, de 22%, que significa una recuperación de la inversión de Q. 0.22 por cada quetzal adicional a la alternativa anterior.

Este análisis consolida los resultados de la investigación anterior (Marroquín, C. 2002) y corresponde con los resultados anteriores en esta

investigación con respecto a la respuesta fisiológica de la planta, al observarse por un lado que las mejores opciones económicas las encontramos al aplicar niveles bajos de Nitrógeno y por el otro una mejor retribución económica al invertir en Fósforo. Esto corresponde a que existen niveles bajos de Fósforo en el suelo. También el análisis indicó que es rentable invertir en Potasio.

CUADRO 13. ANÁLISIS DE PRESUPUESTOS PARCIALES EN EL RENDIMIENTO ACUMULADO DE CAFÉ VARIEDAD CATUAÍ ANTE LA APLICACIÓN DE NIVELES DE N-P-K EN LA LOCALIDAD DE LAS CEBOLLAS, QUEZALTEPEQUE, 2000-2001.

	TRATAMIENTOS													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Rendto. medio (Kgs/Ha) 2000	5927.50	5375.00	4077.50	7475.00	5778.75	5408.75	4235.00	6183.75	7043.75	7043.75	4731.25	5008.75	3922.50	6987.50
Rendto. medio (Kgs/Ha) 2001	9537.50	11443.14	9965.31	11080.31	9566.75	7178.13	7954.38	10061.25	9950.00	8505.63	9693.75	10700.00	7300.00	9568.75
Rendto. Medio Acumulado	15465.00	16818.14	14042.81	18555.31	15345.50	12586.88	12189.38	16245.00	16993.75	15549.38	14425.00	15708.75	11222.50	16556.25
Rendto. Ajustado al (5%)	14691.75	15977.23	13340.67	17627.55	14578.22	11957.53	11579.91	15432.75	16144.06	14771.99	13703.00	14923.31	10661.38	15728.44
Rendto. Pergamino en qq/Mz	45.25	49.21	41.09	54.29	44.90	36.83	35.67	47.53	49.72	45.50	42.21	45.96	32.84	48.44
Rend. Perg. Prom qq/mz	23	25	21	27	22	18	18	24	25	23	21	23	16	24
COSTOS VARIABLES														
Tratamientos (N-P-K) 2000	780.87	985.64	1007.47	1212.24	1137.52	1342.29	1364.12	1568.89	1925.96	1782.49	1778.47	554.27	584.10	2071.92
Tratamientos (N-P-K) 2001	874.57	1103.92	1128.37	1357.71	1274.02	1503.36	1527.81	1757.16	2157.08	1996.39	1991.89	620.78	654.19	2320.55
Aplicación de trats. 2000	135.00	180.00	165.00	210.00	255.00	255.00	240.00	285.00	360.00	315.00	315.00	105.00	105.00	360.00
Aplicación de trats. 2001	135.00	180.00	165.00	210.00	255.00	255.00	240.00	285.00	360.00	315.00	315.00	105.00	105.00	360.00
Total Costos Variables	1925.44	2449.56	2465.84	2989.95	2921.54	3355.65	3371.93	3896.05	4803.04	4408.88	4400.36	1385.05	1448.29	5112.47
Ingresos Brutos (Q)	18100.24	19683.95	16435.71	21717.14	17960.36	14731.68	14266.45	19013.15	19889.48	18199.09	16882.1	18385.52	13134.8	19377.4
Ingreso Neto (Q)	16174.80	17234.39	13969.87	18727.19	15038.83	11376.03	10894.52	15117.10	15086.44	13790.21	12481.74	17000.47	11686.53	14264.97

CUADRO 14. ANÁLISIS DE DOMINANCIA DEL RENDIMIENTO DE CAFÉ VARIEDAD CATUAI, EN LA EVALUACIÓN DE NIVELES DE N-P-K EN LA LOCALIDAD DE LAS CEBOLLAS, MUNICIPIO DE QUEZALTEPEQUE.

TRATS.	NIVELES Kg/Ha			INGRESO NETO	COSTO VARIABLE	SIGNIFICANCIA
	N	P	K			
4	100	80	120	18727.19	2989.95	NO DOMINADO
2	100	40	120	17234.39	2449.56	NO DOMINADO
12	100	0	60	17000.47	1385.05	NO DOMINADO
1	100	40	60	16174.80	1925.44	DOMINADO
8	200	80	120	15117.10	3896.05	DOMINADO
9	300	80	120	15086.44	4803.04	DOMINADO
5	200	40	60	15038.83	2921.54	DOMINADO
14	300	180	0	14264.97	5112.47	DOMINADO
3	100	80	60	13969.87	2465.84	DOMINADO
10	200	120	120	13790.21	4408.88	DOMINADO
11	200	80	180	12481.74	4400.36	DOMINADO
13	100	40	0	11686.53	1448.29	DOMINADO
6	200	40	120	11376.03	3355.65	DOMINADO
7	200	80	60	10894.52	3371.93	DOMINADO

CUADRO 15. TASA MARGINAL DE RETORNO PARA TRATAMIENTOS NO DOMINADOS, EN LA EVALUACIÓN DE NIVELES DE N-P-K EN EL CULTIVO DE CAFÉ VARIEDAD CATUAI, EN LA LOCALIDAD DE LAS CEBOLLAS, QUEZALTEPEQUE.

TRATS.	NIVELES EVALUADOS Kgs/Ha			BENEFICIOS NETOS (Q)	COSTOS VARIABLES (Q)	INCREMENTOS		T.M.R. (%)
	N	P	K			BENEFICIO S (Q)	COSTO S (Q)	
4	100	80	120	18727.19	2989.95	1492.8	540.39	276
2	100	40	120	17234.39	2449.56	233.92	1064.51	22
12	100	0	60	17000.47	1385.05			

8.3 LOCALIDAD DE CHIRAMAY

8.3.1 ANÁLISIS DE RENDIMIENTO DE CAFÉ MADURO EN KG/HA

En el cuadro 16 se muestran los rendimientos promedios por año y rendimientos acumulados durante los dos años de investigación de los niveles de N-P-K de café maduro expresados en Kg. por parcela neta (8 mts²). Para cada uno de los tratamientos estudiados.

CUADRO 16: RENDIMIENTO ACUMULADO EN DOS AÑOS DE PRODUCCIÓN (2000 Y 2001) DE CAFÉ MADURO VARIEDAD CATUAÍ. EN LA EVALUACIÓN DE NIVELES DE N-P-K EN LA LOCALIDAD DE CHIRAMAY, MUNICIPIO DE QUEZALTEPEQUE, CHIQUIMULA. (KGS).

Trats.	NIVELES			Rendimiento promedio y acumulado. Kgs/parcela		
				Chiramay		
	N	P	K	2000	2001	Acumulado
1	10 0	40	60	12.53	8.79	85.30
2	100	40	120	13.75	9.12	91.50
3	100	80	60	7.24	8.86	71.33
4	100	80	120	16.84	8.37	100.83
5	200	40	60	13.72	5.83	78.23
6	200	40	120	13.21	10.92	96.51
7	200	80	60	16.01	6.79	91.23
8	200	80	120	13.92	8.93	91.40
9	300	80	120	12.97	10.90	95.50
10	200	120	120	16.33	7.70	96.12
11	200	80	180	10.06	7.08	68.56
12	100	0	60	14.43	10.08	98.04
13	100	40	0	16.08	10.81	107.55
14	300	180	0	15.28	6.69	87.89

En el cuadro 16 se observa que en la localidad de Chiramay el tratamiento 13(100-40-0) tiene el rendimiento acumulado más alto. Sin embargo el tratamiento 4(100-80-120) manifiesta mayor uniformidad ya que obtuvo el mayor rendimiento acumulado en la localidad Las Cebollas y el segundo más alto en la localidad Chiramay. Observamos también que el tratamiento 3(100-80-60) tiene el rendimiento acumulado más bajo. en la localidad de Chiramay. Las columnas del año 2000 y 2001 están referidas al rendimiento promedio de cada tratamiento en las cuatro repeticiones, en cada año. La columna de rendimiento acumulado está referida a la sumatoria de cada tratamiento en las cuatro repeticiones, en dos años.

CUADRO 17: PESO PROMEDIO EN DOS AÑOS DE PRODUCCIÓN (2000 Y 2001) DE 100 GRANOS DE CAFÉ MADURO VARIEDAD CATUAÍ. EN LA EVALUACIÓN DE NIVELES DE N-P-K, EN LA LOCALIDAD DE CHIRAMAY, MUNICIPIO DE QUEZALTEPEQUE, CHIQUIMULA. (GRS.).

Trats.	NIVELES			Peso de 100 granos de café maduro. Grs.		
				CHIRAMAY		
	N	P	K	100 Granos 2000	100 Granos 2001	Peso Promedio
1	10 0	40	60	186	191	189
2	100	40	120	202	198	200
3	100	80	60	185	186	186
4	100	80	120	187	198	193
5	200	40	60	194	200	197
6	200	40	120	195	204	200
7	200	80	60	187	195	191
8	200	80	120	190	201	196
9	300	80	120	193	199	196
10	200	120	120	205	210	208
11	200	80	180	193	199	196
12	100	0	60	190	205	198
13	100	40	0	188	204	196
14	300	180	0	200	202	201

En el cuadro 17, se observa que en lo referente al peso de 100 granos de café maduro, el tratamiento 10(200-120-120) tiene el peso promedio acumulado más alto en la localidad de Chiramay. Observamos también que el tratamiento 3(100-80-60) tiene el peso promedio más bajo.

El análisis estadístico se realizó con la información obtenida en la cosecha acumulada de los años 2000 y 2001 y se presenta en los cuadros 18 Y 19. Para conocer el Efecto Medio Significativo (EMS), propuesto por la técnica de Yates, se realizó un Análisis de Varianza para 8 tratamientos que forman los niveles intermedios. Estos corresponden a los primeros 8 tratamientos evaluados los cuales se muestran en los cuadros 18 y 19. Posteriormente se analizaron las prolongaciones por separado comparando con los tratamientos que más se aproximan en sus porcentajes bajo estudio.

En el cuadro 18, se presenta el análisis de varianza de las 8 combinaciones; puede observarse que no existe diferencia significativa para los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 25.40%.

Cuadro 18. ANÁLISIS DE VARIANZA SOBRE EL RENDIMIENTO ACUMULADO DE CAFÉ MADURO EN LA EVALUACIÓN DE NIVELES DE N-P-K EN LA LOCALIDAD DE CHIRAMAY, MUNICIPIO DE QUEZALTEPEQUE, CHIQUIMULA.

Causa de la variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.	Prob.
Repeticiones	3	181.95	60.651	1.84	0.1717
Tratamiento	7	143.10	20.443	.62	0.7348
Error	21	694.05	33.050		
Total	31	1019.11			

Coeficiente de Variación 25.40%

En el cuadro 19 puede observarse el análisis por la técnica de Yates de las primeras 8 combinaciones. Se observa un Efecto Factorial Medio Significativo para el nivel de Potasio (K) evaluado.

CUADRO 19. SIGNIFICANCIA DEL EFECTO FACTORIAL MEDIO DE LOS FACTORES ESTUDIADOS EN LA EVALUACIÓN DE NIVELES DE N-P-K EN EL CULTIVO DE CAFÉ SOBRE EL RENDIMIENTO ACUMULADO, EN LA LOCALIDAD DE CHIRAMAY, QUEZALTEPEQUE, 2000-2001.

No. Trat.	Tratamiento			Código Yates	Rend. Totales	1	2	3	Divisor	EFM	EMS	Signifi
	N	P	K									
1	100	40	60	1	85.3	176.8	348.96	706.33	32	22.073		
2	100	40	120	K	91.5	172.16	357.37	54.15	16	3.384	3.49	*
3	100	80	60	P	71.33	174.74	18.45	-5.19	16	-0.324	3.49	NS
4	100	80	120	PK	100.83	182.63	35.7	3.25	16	0.203	3.49	NS
5	200	40	60	N	78.23	0.17	-23.3	-12.53	16	-0.783	3.49	NS
6	200	40	120	NK	96.51	18.28	18.11	41.41	16	2.588	3.49	NS
7	200	80	60	NP	91.23	29.5	7.89	17.25	16	1.078	3.49	NS
8	200	80	120	NPK	91.4	6.2	-4.64	8.41	16	0.526	3.49	NS

En el cuadro 19 observamos que el resultado del Efecto Medio Significativo (EMS) es igual a 3.49, el cual se obtiene de igual manera como se describe en la localidad de Las Cebollas. De acuerdo a los resultados obtenidos se observa que existe diferencia

significativa a niveles altos de Potasio (K), lo cual confirma que el cultivo de café en producción requiere Potasio en cantidades superiores a las de Nitrógeno y Fósforo. Carvajal (Carvajal, JF. 1984) señala que la proporción es la siguiente N =6, P₂O =1, K₂O =8. Se aprecia que el factor Potasio (K) por si mismo incrementa el rendimiento de café maduro, obteniéndose mayor respuesta al interactuar con Fósforo (P).

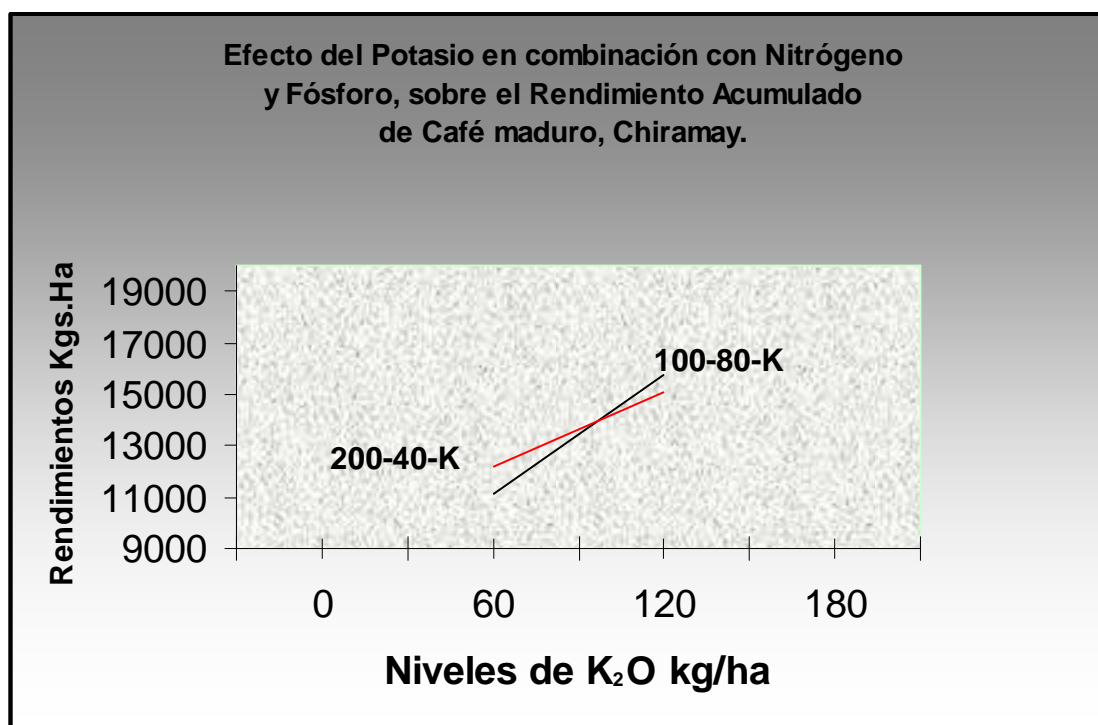
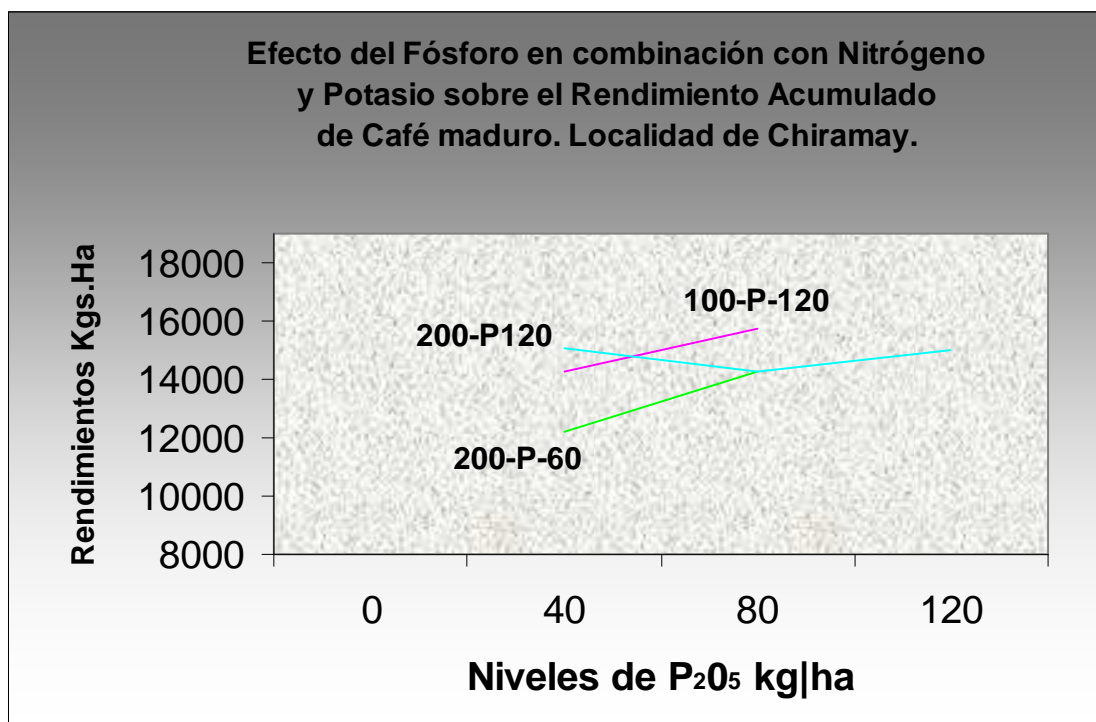
CUADRO 20. RENDIMIENTO ACUMULADO MEDIO DE LOS TRATAMIENTOS

TRAT. PROMEDIO	TRATAMIENTOS REDUCIDOS			KGS.
	N	P	K	RENDI. PROMEDIO
1—5	100	40	60	22.69
2—6	100	40	120	23.50
3—7	100	80	60	20.32
4—8	100	80	120	24.02

En el cuadro 20 observamos que al comparar las prolongaciones con el tratamiento más cercano al nivel bajo estudio se obtiene un mejor rendimiento al utilizar el nivel (120) de Potasio (K).

En la figura 5 observamos que en la localidad de Chiramay, el tratamiento 100-80-120 presenta una tendencia positiva sobre el rendimiento acumulado de café maduro, en el efecto del fósforo en combinación con nitrógeno y potasio, y en el efecto del potasio en combinación con nitrógeno y fósforo.

FIGURA 5. COMPORTAMIENTO DEL EFECTO DE N-P-K SOBRE EL RENDIMIENTO ACUMULADO EN KGS.HA DE CAFÉ MADURO EN LA LOCALIDAD DE CHIRAMAY, QUEZALTEPEQUE.



8.3.2 PESO DE 100 GRANOS DE CAFÉ MADURO

Para conocer el efecto de los diferentes niveles de N-P-K sobre el peso de 100 granos de café maduro, se realizó un análisis por medio de la técnica de Yates para los tratamientos centrales del diseño planteado. Los tratamientos centrales corresponden a las primeras 8 combinaciones de N-P-K. Posteriormente, se analizaron las prolongaciones por separado comparando con los tratamientos que más se aproximan en sus porcentajes bajo estudio.

En el cuadro 21 se presenta el Análisis de Varianza de los 8 tratamientos; puede observarse que existe diferencia significativa para los tratamientos. El coeficiente de variación es de 2.47%

CUADRO 21. ANÁLISIS DE VARIANZA SOBRE EL PESO PROMEDIO DURANTE DOS AÑOS DE PRODUCCIÓN (2000 Y 2001) DE 100 GRANOS DE CAFÉ CEREZA EN LA EVALUACIÓN DE NIVELES DE N-P- K EN LA LOCALIDAD DE CHIRAMAY, QUEZALTEPEQUE.

Causa de la variación	G.L.	S.C.	C.M.	F.	Prob.
Repeticiones	3	897.25	299.08	13.04	0.0000
Tratamiento	7	762.50	108.92	4.75	0.0025 *
Error	21	481.75	22.94		
Total	31	2141.50			

Coeficiente de Variación 2.47%

En el cuadro 22 se presenta el análisis por la técnica de Yates de las primeras 8 combinaciones, puede observarse el Efecto Medio Significativo para niveles de Potasio (K) y para la interacción en los niveles de Nitrógeno, Fósforo y Potasio (N/P/K).

CUADRO 22. SIGNIFICANCIA DEL EFECTO FACTORIAL MEDIO DE LOS FACTORES ESTUDIADOS EN LA EVALUACIÓN DE NIVELES DE N-P-K EN EL CULTIVO DE CAFÉ SOBRE EL PESO PROMEDIO DE 100 GRANOS DE CAFÉ MADURO, EN LA LOCALIDAD DE CHIRAMAY, QUEZALTEPEQUE.

No. Trat.	Tratamiento			Código Yates	Rend. Totales	1	2	3	Divisor	EFM	EMS	Signifi
	N	P	K									
1	100	40	60	U	754	1555	3068	6199	32	193.719		
2	100	40	120	K	801	1513	3131	105	16	6.563	2.9	**
3	100	80	60	P	742	1584	29	9	16	0.563	2.9	NS
4	100	80	120	PK	771	1547	76	-79	16	-4.938	2.9	NS
5	200	40	60	N	787	19	18	-5	16	-0.313	2.9	NS
6	200	40	120	NK	797	10	-9	-27	16	-1.688	2.9	NS
7	200	80	60	NP	764	29	-37	47	16	2.938	2.9	NS
8	200	80	120	NPK	783	47	-42	63	16	3.938	2.9	**

En el cuadro 22, se observa que existe diferencia significativa para niveles altos de Potasio (k), similar a lo que se observó en el análisis de la Técnica de Yates para el rendimiento acumulado de 4 plantas en esta misma localidad, cuadro 19. Esto demuestra que al aplicar niveles altos de Potasio en el cultivo de café en producción para la localidad de Chiramay se obtiene una respuesta positiva en cuanto al peso del grano. También se observa respuesta positiva a la interacción N-P-K.

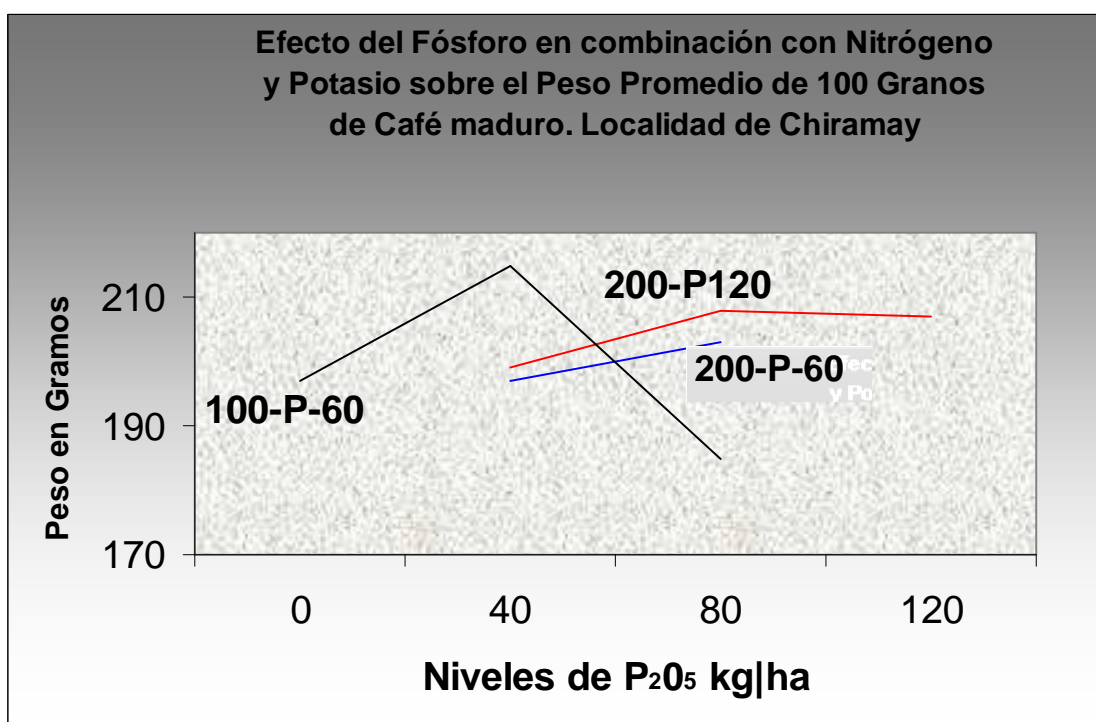
Al encontrar significativa la interacción N/P/K, están involucrados los tres factores por lo tanto los 8 tratamientos según el análisis de Yates son diferentes.

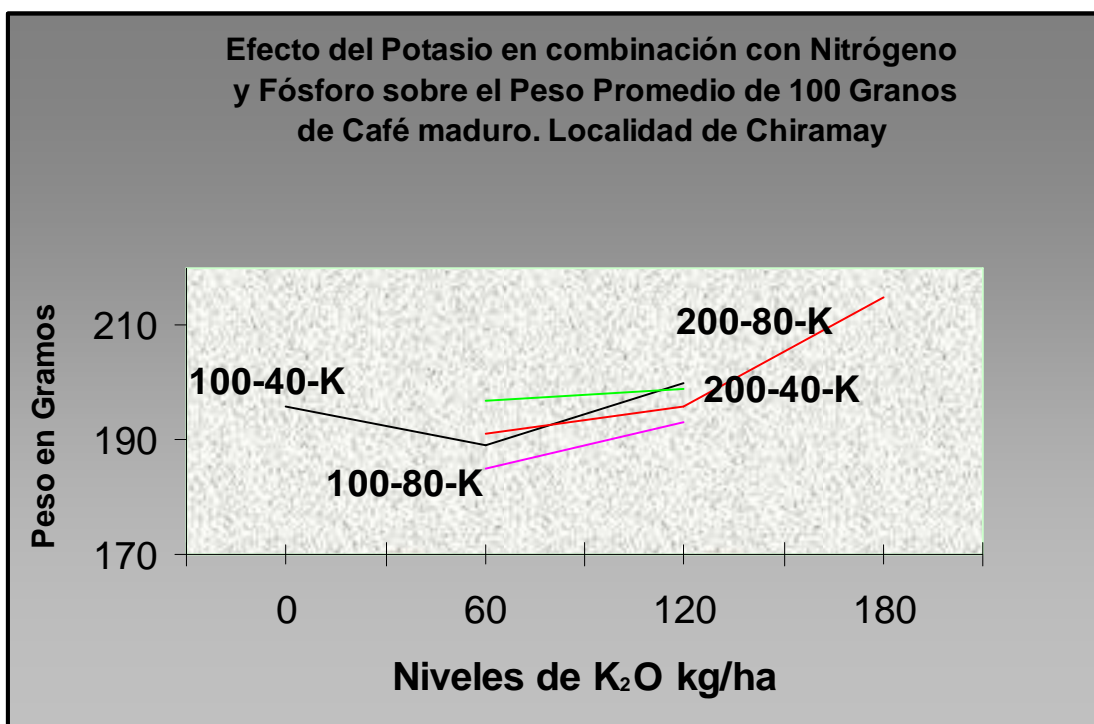
En la figura 6 observamos que el tratamiento 100-40-60 presenta tendencia positiva en cuanto al efecto del fósforo en interacción con Nitrógeno y Potasio sobre el peso de 100 granos de café maduro.

El tratamiento 200-80-180 presenta mayor respuesta en cuanto al efecto del Potasio en interacción con el Nitrógeno y Fósforo.

FIGURA 6. COMPORTAMIENTO DEL EFECTO DE N-P-K SOBRE EL PESO PROMEDIO

DE 100 GRANOS DE CAFÉ MADURO EN LA LOCALIDAD DE CHIRAMAY, QUEZALTEPEQUE.





8.3.3 ANÁLISIS ECONOMICO

a) Análisis de Presupuestos Parciales

En el cuadro 23 se presentan los costos variables de cada tratamiento en dos años de producción. Para el mismo se consideró el costo de los insumos utilizados y mano de obra en la aplicación de los tratamientos. También se presenta el ingreso neto de cada tratamiento, para el cual se consideró su rendimiento y el precio de venta del mismo en el mercado.

Observamos que el tratamiento 13(100-40-0), es el que mostró el mayor ingreso neto (Q. 37,918.53). El tratamiento 11(200-80-180) fue el que mostró el menor ingreso (Q. 20,763.80), mientras que el testigo ocupó un onceavo lugar con un ingreso neto de (Q. 27,133.23). Considerando un precio de venta de Q. 400.00 por quintal de café pergamino.

b) Análisis de Dominancia

En el cuadro 24 se describe el análisis de dominancia de tratamientos, los que se ordenaron de mayor a menor Beneficio neto con su respectivo Costo Variable. El tratamiento con mayor Beneficio Neto fue comparado con el tratamiento de menor beneficio, el cual debe satisfacer un menor Costo Variable para ser considerado como no dominado. De todos los tratamientos solamente el 12 y 13 resultaron no dominados.

c) Análisis de la Tasa Marginal de Retorno

En el cuadro 25 se presenta la Tasa Marginal de Retorno para los dos tratamientos que resultaron ser no dominados en el análisis de dominancia. Según la TMR, el tratamiento 13(100-40-0) resultó ser económicamente más rentable para el productor con 5401%, lo que representa que por cada Q. 1.00 invertido, se puede obtener una recuperación de la inversión de Q. 5401.

Este análisis consolida los resultados de la investigación anterior (Marroquín, C. 2002) y corresponde con los resultados anteriores en esta investigación con respecto a la respuesta fisiológica de la planta, al observarse por un lado que las mejores opciones económicas las encontramos al aplicar niveles bajos de Nitrógeno y por el otro una mejor retribución económica al invertir en Fósforo. Esto corresponde a que existen niveles bajos de Fósforo en el suelo. También el análisis indicó que es rentable invertir en Potasio.

CUADRO 23.

ANÁLISIS DE PRESUPUESTOS PARCIALES EN EL RENDIMIENTO ACUMULADO DE CAFÉ VARIEDAD CATUAÍ ANTE LA APLICACIÓN DE NIVELES DE N-P-K EN LA LOCALIDAD DE CHIRAMAY, QUEZALTEPEQUE, 2000-2001.

	TRATAMIENTOS													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Rendto.medio (Kgs/Ha) 2000	15662.50	17193.75	9046.25	21050.00	17156.25	16512.50	20018.75	17403.75	16218.75	20418.75	12571.27	18037.50	20097.50	19100.00
Rendto.medio (Kgs/Ha) 2001	10992.81	11399.69	11076.56	10460.31	7290.63	13647.81	8490.31	11157.81	13625.00	9618.75	8853.13	12600.00	13512.50	8364.06
Rendto. Acumulado	26655.31	28593.44	20122.81	31510.31	24446.88	30160.31	28509.06	28561.56	29843.75	30037.50	21424.40	30637.50	33610.00	27464.06
Rendto. Ajustado al (5%)	25322.54	27163.77	19116.67	29934.79	23224.536	28652.29	27083.61	27133.48	28351.56	28535.63	20353.18	29105.63	31929.5	26090.9
Rendto. Pergamino en qq/Mz	77.99	83.66	58.88	92.20	71.53	88.25	83.42	83.57	87.32	87.89	62.69	89.65	98.34	80.36

Rend. Perg. Prom qq/mz	39	42	29	46	36	44	42	42	44	44	31	45	49	40
COSTOS VARIABLES														
Tratamientos (N-P-K) 2000	762.87	961.64	985.47	1184.24	1109.52	1308.29	1332.12	1530.89	1877.96	1740.49	1736.47	540.27	570.10	2023.92
Tratamientos (N-P-K) 2001	854.41	1077.04	1103.73	1326.35	1242.66	1465.28	1491.97	1714.60	2103.32	1949.35	1944.85	605.10	638.51	2266.79
Aplicación de trats. 2000	135.00	180.00	165.00	210.00	255.00	255.00	240.00	285.00	360.00	315.00	315.00	105.00	105.00	360.00
Aplicación de trats. 2001	135.00	180.00	165.00	210.00	255.00	255.00	240.00	285.00	360.00	315.00	315.00	105.00	105.00	360.00
Total Costos Variables	1887.28	2398.68	2419.20	2930.59	2862.18	3283.57	3304.09	3815.49	4701.28	4319.84	4311.32	1355.37	1418.61	5010.71
Ingresos Brutos (Q)	31197.37	33465.76	23551.74	36879.67	28612.6284	35299.63	33367	33428.45	34929.13	35155.89	25075.12	35858.14	39337.1	32143.9
Ingreso Neto (Q)	29310.09	31067.09	21132.54	33949.08	25750.45	32016.05	30062.91	29612.96	30227.85	30836.05	20763.80	34502.77	37918.53	27133.23

CUADRO 24. ANÁLISIS DE DOMINANCIA DEL RENDIMIENTO DE CAFÉ CATUAI, EN LA EVALUACIÓN DE NIVELES DE N-P-K EN LA LOCALIDAD DE CHIRAMAY, MUNICIPIO DE QUEZALTEPEQUE, CHIQUIMULA.

Trats.	NIVELES KG.HA			ING. NETO	COSTO VARIABLE	SIGNIFICANCIA
	N	P	K			
13	100	40	0	37918.53	1418.61	NO DOMINADO
12	100	0	60	34502.76	1355.37	NO DOMINADO
4	100	80	120	33949.08	2930.59	DOMINADO
6	200	40	120	32016.05	3283.57	DOMINADO
2	100	40	120	31067.09	2398.68	DOMINADO
10	200	120	120	30836.05	4319.84	DOMINADO
9	300	80	120	30227.65	4701.28	DOMINADO
7	200	80	60	30062.91	3304.09	DOMINADO
8	200	80	120	29612.96	3815.49	DOMINADO
1	100	40	60	29310.09	1887.28	DOMINADO
14	300	180	0	27133.23	5010.71	DOMINADO
5	200	40	60	25750.45	2862.18	DOMINADO
3	100	80	60	21132.54	2419.10	DOMINADO
11	200	80	180	20763.80	4311.32	DOMINADO

9. CONCLUSIONES

1. **En la parte alta del municipio de Quezaltepeque, en lo que respecta a las localidades de Chiramay y Montaña Las Cebollas, los suelos son ácidos, con deficiencia de Fósforo y alto contenido de Aluminio y Manganeso.**
2. En la Montaña Las Cebollas, Quezaltepeque, se encontró respuesta positiva a las aplicaciones intermedias de Fósforo (80 Kg.Ha) y Potasio (120 Kg.Ha) las que incrementaron la producción, por lo que deberá tomarse en consideración al formular los programas de fertilización de la región. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en el primer ciclo de evaluación realizado durante el año 2002.
3. En Chiramay, se obtuvo respuesta positiva a las aplicaciones altas de Potasio (120 Kg.Ha), y a niveles bajos a intermedios de Nitrógeno (100-200 Kg.Ha.), Fósforo (40-80 Kg.Ha), las que incrementaron la producción y el peso de 100 granos de café maduro. Consolidando así los resultados de la investigación realizada durante el año 2002.

Trats.	NIVELES EVALUADOS KG.HA			BENEFICIO NETO (Q)	COSTO NETO (Q)	INCREMENTOS		T.M.R.
	N	P	K			BENEFICIOS	COSTOS	
13	100	40	0	37918.53	1418.61	3415.77	63.24	5401.28
12	100	0	60	34502.76	1355.37			

3. Los análisis económicos indicaron que la mejor Tasa Marginal de Retorno para las localidades de Chiramay y Montaña Las Cebollas se obtuvieron cuando se invirtió en niveles bajos

para Nitrógeno (100 Kg.N/ha) y niveles entre 40-80 Kg.Ha de Fósforo y 60-120 Kg.Ha de Potasio.

4. Los resultados indicaron que en ambas localidades fue más rentable invertir en Fósforo y Potasio que en Nitrógeno.

10. RECOMENDACIONES

1. Para las localidades de Chiramay y Montaña Las Cebollas se recomienda utilizar niveles de 40 a 80 kilogramos por hectárea de Fósforo, 60 a 120 kilogramos por hectárea de Potasio y 100 kilogramos por hectárea de Nitrógeno en dos épocas de aplicación junio y septiembre.
2. A los productores de café de la parte alta del municipio de Quezaltepeque, específicamente a los de Chiramay y Montaña Las Cebollas, se les recomienda realizar enmienda caliza al suelo debido a que éstos son ácidos y con alto contenido de Aluminio y Manganeso.
3. En base a los rendimientos obtenidos en la evaluación sobre niveles de N-P-K, se recomienda evaluar la combinación de fórmulas, de tal manera que se ajusten a las necesidades nutricionales del cafeto en cada región productora.

11. BIBLIOGRAFIA

ANACAFE (Asociación Nacional del Café, GT). 1999. Dándole de tomar café al mundo, generando mayores divisas y trabajo para mucha gente. El cafetal. Guatemala 1(12): 18.

Avila Pinto, LE et al. 1998. Establecimiento de cafetales y conservación del suelo. *In* Manual de caficultura. 3 ed. Guatemala, ANACAFE. p. 63.

Azuetto Rodríguez, F; Vásquez y Vásquez, M. 1998. Morfología y anatomía funcional del cafeto. *In* Manual de caficultura. 3 ed. Guatemala, ANACAFE. p. 19-24.

Burden, R; Douglas Faires, J. 1985. Análisis numérico. Trad. Simón 1 Mochon C. México, Grupo Editorial Iberoamericana S.A. de C.V. p. 31-37.

Carvajal, JF. 1984. Cafeto; cultivo y fertilización. 2 ed. Suiza, Instituto Internacional de Potasa. 254 p.

Coffee Research Institute, US. 2001. Café (en línea). USA. Consultado 8 de sep. 2001. Disponible en: www.coffeeresearch.org/science/journalarticles.htm.

Del Valle, R. 1992. Resultados y avances de investigación en fertilización en café. *In* Seminario de fertilización y nutrición del café. Memorias. Guatemala, ANACAFE. p. 93-956.

Galicia Portillo, JC et al. 1998. Caracterización y plan de manejo de la subcuenca del río La Conquista, Quezaltepeque. Chiquimula, GT, USAC. 73 p.

ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, GT). s.f. Guía técnica para investigación agrícola. Editor L. Malio Castillo. Guatemala, ICTA. 50 p.

INFOAGRO, ES. 2001. Cultivo del café (en línea). España. Consultado 8 de sep. 2001. Disponible en: www.infoagro.com/herbaceos/industriales/café.asp.

INTECAP (Instituto Técnico de Capacitación y Productividad, GT); ANACAFE (Asociación Nacional del Café, GT). 1978. Nutrición mineral del cafeto. Guatemala, INTECAP. 76 p.

López de Leon, EE et al. 1998. Fertilidad y fertilización. *In* Manual de caficultura. 3 ed. Guatemala, ANACAFE. p. 121-129.

_____. 1999. Fertilización. *In* Investigaciones y descubrimientos sobre el cultivo de café. Guatemala, ANACAFE. p. 181-193.

_____; Mariscal Ordóñez, E. 1998. Historia del cultivo del cafeto en Guatemala. *In* Manual de caficultura. 3 ed. Guatemala, ANACAFE. p. 11-15.

Malavolta, E. 1992. Nutrición mineral del café. *In* Seminario de fertilización y nutrición del café. Memoria. Guatemala, ANACAFE. p. 27-41.

Marroquín Castañeda, JR. 2002. Evaluación de niveles de nitrógeno, fósforo y potasio sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de café, en dos localidades de la parte alta del municipio de Quezaltepeque, Chiquimula, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Chiquimula, GT, USAC. 67 p.

Ortiz Mayen, O. 1973. Manual de suelos y fertilidad del café. Guatemala, ANACAFE. 89 p.

Osorio, JJ et al. 2000. Variedades comerciales de café e introducciones para el nuevo siglo. *Revista AgriCultura* 3 (25): 14-18.

Palma, MR et al. 1989. Respuesta del café *Coffea arabica* a diferentes niveles de nitrógeno, fósforo y potasio en dos localidades de Honduras. *In* Simposio sobre

caficultura latinoamericana (11, 1989, San Pedro Sula, HN). Honduras, IICA/PROMECAFE. p. 333-349.

Simmons, CH; Tarano, JM; Pinto, JR. 1959. Clasificación y reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. P. Tirado Sulsana. Guatemala, Editorial José de Pineda Ibarra. 1,000 p.

Tisdale, S; Nelson, WL. 1988. Fertilidad de los suelos y fertilizaciones. Trad. Balasch. México, UTEHA. 760 p.

Torres Arias, G. 1997. La fertilización del cafeto. *In* Manual del caficultor salvadoreño. El Salvador, Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café. p. 43-51.