



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

“Efecto de las propiedades edáficas sobre la calidad y productividad
del café en la Sierra Madre del Sur (Oaxaca)”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE: BIÓLOGO

PRESENTA:

LOUIS-PIERRE COMEAU

TUTOR: Dr. PAVEL VLADIMIROVICH KRASILNIKOV

2007





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

FACULTAD DE CIENCIAS

División de Estudios Profesionales



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ
Jefe de la División de Estudios Profesionales
Facultad de Ciencias
P r e s e n t e .

Por este medio hacemos de su conocimiento que hemos revisado el trabajo escrito titulado:

"Efecto de las propiedades edáficas sobre la productividad y la calidad del café en la Sierra Sur de Oaxaca (México)"

realizado por **Comeau Louis-Pierre**, con número de cuenta **404490360** quien opta por titularse en la opción de **Tesis** en la licenciatura en **Biología**. Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Propietario Dra. Norma Eugenia García Calderón

Propietario M. en C. Esteban Escamilla Prado

Tutor(a)
Propietario Dr. Pavel Vladimirovich Krasilnikov

Suplente M. en C. Emiliano Pérez Portilla

Suplente M. en C. Elizabeth Fuentes Romero

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Ciudad Universitaria, D. F., a 5 de noviembre del 2007
EL COORDINADOR DE LA UNIDAD DE ENSEÑANZA DE BIOLOGÍA

DR. ZENÓN CANO SANTANA

FACULTAD DE CIENCIAS



UNIDAD DE ENSEÑANZA
DE BIOLOGÍA

Señor sinodal: antes de firmar este documento, solicite al estudiante que le muestre la versión digital de su trabajo y verifique que la misma incluya todas las observaciones y correcciones que usted hizo sobre el mismo.

A Viole

Por haber creído en mí.



Agradecimientos.

Al Dr. Pavel Krasilnikov por la asesoría en este trabajo y por haberme enseñado un máximo de cosas con un mínimo de palabras. A la Dra. Norma García Calderón, al Dr. Esteban Escamilla Prado, al M. en C. Emiliano Pérez Portilla y a la M. en C. Elizabeth Fuentes Romero por aceptar ser sinodales y por sus aportaciones en la revisión de este trabajo.

Al Laboratorio de Edafología “Nicolás Aguilera” que me permitió la realización de la tesis y a todo su personal por sus asesorías. Al proyecto CONACIT 43702 del Dr. Pavel Krasilnikov y al proyecto PAPIIT IN216906-3 de la Dra. Norma García Calderón por las becas de licenciatura. A la Facultad de Ciencias de la UNAM por el uso de sus instalaciones y recursos.

Un especial agradecimiento a la profesora Berenice por el financiamiento para mis estudios.

A Viole por la ayuda, la asesoría, el apoyo, el soporte y la asistencia en cualquier momento.

A Alfredo y Diego Woolrich por haberme abierta las puerta de su finca y a los trabajadores de ésta, en particular a Marciano y Zoilo por las enseñanzas del oficio de caficultor. A la cooperativa Chatino Kiaat Nuú por el uso de su morteadora. A la Dra. Ana Mendoza por el préstamo del quantómetro. Al maestro catador Ramón Aguilar por la evaluación organoléptica de mis muestras de café. Al Colegio del Sur y al Colegio de Posgraduado por el préstamo de artículos. A la cooperativa Tosepan Titataniske y a la empresa Omnicafé por sus enseñanzas sobre el arte del café.

A Daniel y Michel por los dibujos.

Al pueblo que vive dentro de las fronteras Mexicanas que de cerca o de lejos permite la existencia de una institución pública como es la UNAM.

Y por supuesto a mis papás Isabelle y Pierre, hermanas Suzanne y Sophie y todos mis amigos.

ÍNDICE

1.INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	3
3. ANTECEDENTES	4
3.1 Factores que influyen sobre la productividad de <i>Coffea arabica</i>	4
3.1.2 Manejo agronómico	4
3.1.3 Ambiente	4
3.1.4 Genético	5
3.1.5 Suelo	5
3.2 Factores que influyen sobre la calidad del café	9
3.2.1 Generalidades	9
3.2.1 Manejo agronómico	10
3.2.2 Ambiente	15
3.2.3 Genético	17
3.2.4 Suelo	18
4. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	20
4.1 Localización	20
4.2 Fisiografía	20
4.3 Topografía y hidrología	21
4.4 Geología	23
4.5 Clima	23
4.6 Vegetación	25
4.7 Suelo	26
5. MATERIALES Y MÉTODOS	28
5.1 Generalidades	28
5.2 Manejo y procesamiento	28
5.3 Ambientales	29

5.4 Genética	30
5.5 Edáfica	31
5.6 Fenológica	33
5.6.01 Elección de los cafetos incluidos en el estudio (<i>con los listones y placas</i>)	33
5.6.02 Medición de la altura y de la circunferencia de los cafetos estudiados	34
5.6.03 Evaluación del área foliar dañada	34
5.6.04 Medición de la cantidad de ramas productivas y no productivas	35
5.6.05 Producción total en frutos	35
5.6.06 Cantidad de frutos verdes no cosechados	36
5.6.07 Peso de los frutos	36
5.6.08 Dimensión de los frutos	36
5.6.09 Cantidad de frutos rechazados	37
5.6.10 Peso de las semillas de café (granos)	37
5.6.11 Dimensión de las semillas de café (granos)	37
5.6.12 Determinación de la proporción de semilla caracolillo y defectuoso	37
5.6.13 Calculo de la producción evaluada en grano por ramas	38
5.7 Procesamiento de los frutos	39
5.8 Organoléptica	40
5.9 Análisis estadístico	41
6. RESULTADOS	42
6.1 Descripción de los sitios de estudio	43
6.2 Comparativos	59
7. DISCUSIÓN	84
8. CONCLUSIONES	92
9. BIBLIOGRAFÍA	93
Apéndice A Resultados de los 15 perfiles edáficos	99
Apéndice B Caracterización fenotípica de los 225 cafetos estudiados	103
Apéndice C Tabla comparativa de los promedios de los sitios de estudios	122

ÍNDICE DE CUADROS

4.3.1	Cúspides principales del estado de Oaxaca y subprovincias fisiográficas de localización.	21
6.2.1.1.	Resultados del análisis de correlación lineal entre la cantidad de ramas con frutos y las variables edafo-ambientales.	61
6.2.2.1.	Resultados del análisis de correlación lineal entre el porcentaje de área foliar dañada y las variables edafo-ambientales.	63
6.2.3.1.	Resultados del análisis de correlación lineal entre el porcentaje de frutos rechazados y las variables edafo-ambientales.	65
6.2.4.1.	Resultados del análisis de correlación lineal entre la productividad y las variables edafo-ambientales.	67
6.2.5.1.	Resultados del análisis de correlación lineal entre el volumen de las semillas y las variables edafo-ambientales.	69
6.2.6.1.	Resultados del análisis de correlación lineal entre el peso de las semillas verdes y las variables edafo-ambientales.	71
6.2.7.1.	Resultados del análisis de correlación lineal entre el porcentaje de semillas caracolillo y las variables edafo-ambientales.	73
6.2.8.1.	Resultados del análisis de correlación lineal entre la uniformidad del tueste y las variables edafo-ambientales.	75
6.2.9.1.	Resultados del análisis de correlación lineal entre el aroma del café y las variables edafo-ambientales.	77
6.2.10.1.	Resultados del análisis de correlación lineal entre el cuerpo de la bebida y las variables edafo-ambientales.	79
6.2.11.1.	Resultados del análisis de correlación lineal entre la acidez en taza y las variables edafo-ambientales.	81
6.2.12.1.	Resultados del análisis de correlación lineal entre el sabor global del café y las variables edafo-ambientales.	83

ÍNDICE DE FIGURAS

4.1.1	Mapa político del estado de Oaxaca.	20
4.3.1	Áreas por intervalos de pendientes para la subprovincia fisiográfica Sierra Madre del Sur.	21
4.3.2.	Mapa altimétrico 3D del Sinaí	22
4.3.3.	Mapa altimétrico 2D del Sinaí	22
4.5.1.	Mapa topográfico de la zona de estudio con ubicación de las casetas climatológicas	24
4.5.2.	Relación entre precipitación, temperatura y evapotranspiración.	24
4.7.1.	Mapa edáfico del Sinaí	27
4.7.2.	Mapa de carbón orgánico del suelo del Sinaí ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	27
4.7.3.	Mapa de pH (H_2O) del Sinaí	27
5.3.1.	Foto Quantómetro Li-1850	30
5.6.1.1.	Foto identificación de un cafeto	34
5.6.3.1.	Ilustración medición daño foliar.	35
5.6.4.1.	Ilustración morfología de un cafeto	36
5.6.9.1.	Tipos de semillas de <i>Coffea</i>	38
5.6.13.1.	Resultados de la relación entre el peso de las cerezas y de los granos de café	40
6.2.1.1.	Valor promedio de la cantidad de ramas con frutos en dos tipos de manejo.	60
6.2.1.2.	Valor promedio de la cantidad de ramas con frutos en tres niveles de pedregosidad.	60
6.2.1.3.	Valor promedio de la cantidad de ramas con frutos en <i>C. arabica</i> var. <i>typica</i> y <i>C. arabica</i> var. <i>mundo novo</i> .	60
6.2.1.4.	Valor promedio de la cantidad de ramas con frutos en Umbrisoles y Alisoles.	60
6.2.1.5.	Gráfica de regresión entre la cantidad de ramas con frutos y el porcentaje de nitrógeno.	61
6.2.2.1.	Valor promedio del porcentaje de daño foliar en dos tipos de manejo.	62

6.2.2.2.	Valor promedio del porcentaje de daño foliar en tres niveles de pedregosidad edáfica.	62
6.2.2.3.	Valor promedio del porcentaje de daño foliar en <i>C. arabica</i> var. <i>typica</i> y <i>C. arabica</i> var. <i>mundo novo</i> .	62
6.2.2.4.	Valor promedio del porcentaje de daño foliar en Umbrisoles y Alisoles	62
6.2.2.5.	Gráfica de correlación entre el porcentaje de área foliar dañada y la profundidad del horizonte A	63
6.2.3.1.	Valor promedio del porcentaje de frutos rechazados en dos tipos de manejo.	64
6.2.3.2.	Valor promedio del porcentaje de frutos rechazados en tres niveles de pedregosidad edáfica.	64
6.2.3.3.	Valor promedio del porcentaje de frutos rechazados en <i>C. arabica</i> var. <i>typica</i> y <i>C. arabica</i> var. <i>mundo novo</i> .	64
6.2.3.4.	Valor promedio del porcentaje de frutos rechazados en Umbrisoles y Alisoles.	64
6.2.3.5.	Gráfica de regresión entre el porcentaje de frutos rechazados y el porcentaje de saturación de bases del horizonte A.	65
6.2.4.1.	Valor promedio de la productividad de café en dos tipos de manejo.	66
6.2.4.2.	Valor promedio de la productividad de café en tres niveles de pedregosidad edáfica.	66
6.2.4.3.	Valor promedio de la productividad de café en <i>C. arabica</i> var. <i>typica</i> y <i>C. arabica</i> var. <i>mundo novo</i> .	66
6.2.4.4.	Valor promedio de la productividad de café en Umbrisoles y Alisoles.	66
6.2.4.5.	Gráfica de regresión entre la productividad y la profundidad del horizonte A	67
6.2.5.1.	Valor promedio del volumen de las semillas en dos tipos de manejo.	68
6.2.5.2.	Valor promedio del volumen de las semillas en tres niveles de pedregosidad edáfica.	68
6.2.5.3.	Valor promedio del volumen de las semillas en <i>C. arabica</i> var. <i>typica</i> y <i>C. arabica</i> var. <i>mundo novo</i> .	68
6.2.5.4.	Valor promedio del volumen de las semillas en Umbrisoles y Alisoles.	68
6.2.5.5.	Gráfica de regresión entre el volumen de las semillas y la altitud	69
6.2.6.1.	Valor promedio del peso de las semillas verdes en dos tipos de manejo.	70

6.2.6.2.	Valor promedio del peso de las semillas verdes en tres niveles de pedregosidad edáfica.	70
6.2.6.3.	Valor promedio del peso de las semillas verdes en <i>C. arabica</i> var. <i>typica</i> y <i>C. arabica</i> var. <i>mundo novo</i> .	70
6.2.6.4.	Valor promedio del peso de las semillas verdes en Umbrisoles y Alisoles.	70
6.2.6.5.	Gráfica de regresión entre el peso de las semillas verdes y el porcentaje de arena del horizonte A.	71
6.2.7.1.	Valor promedio del porcentaje de semillas caracolillo de café en dos tipos de manejo.	72
6.2.7.2.	Valor promedio del porcentaje de semillas caracolillo en tres niveles de pedregosidad edáfica.	72
6.2.7.3.	Valor promedio del porcentaje de semillas caracolillo en <i>C. arabica</i> var. <i>typica</i> y <i>C. arabica</i> var. <i>mundo novo</i> .	72
6.2.7.4.	Valor promedio del porcentaje de semillas caracolillo en Umbrisoles y Alisoles.	72
6.2.8.1.	Valor promedio de la uniformidad del tueste en dos tipos de manejo.	74
6.2.8.2.	Valor promedio de la uniformidad del tueste en tres niveles de pedregosidad edáfica.	74
6.2.8.3.	Valor promedio de la uniformidad del tueste en <i>C. arabica</i> var. <i>typica</i> y <i>C. arabica</i> var. <i>mundo novo</i> .	74
6.2.8.4.	Valor promedio de la uniformidad del tueste en Umbrisoles y Alisoles.	74
6.2.9.1.	Valor promedio del aroma del café en dos tipos de manejo.	76
6.2.9.2.	Valor promedio del aroma del café en tres niveles de pedregosidad edáfica.	76
6.2.9.3.	Valor promedio del aroma del café en <i>C. arabica</i> var. <i>typica</i> y <i>C. arabica</i> var. <i>mundo novo</i> .	76
6.2.9.4.	Valor promedio del aroma del café en Umbrisoles y Alisoles.	76
6.2.9.5.	Gráfica de regresión entre el aroma del café y el porcentaje de limo del horizonte A	76
6.2.9.6.	Gráfica de regresión entre el aroma del café y el porcentaje de arena del horizonte A	76
6.2.10.1.	Valor promedio del cuerpo de la bebida en dos tipos de manejo.	78

6.2.10.2.	Valor promedio del cuerpo de la bebida en tres niveles de pedregosidad edáfica.	78
6.2.10.3.	Valor del cuerpo de la bebida en <i>C. arabica</i> var. <i>typica</i> y <i>C. arabica</i> var. <i>mundo novo</i> .	78
6.2.10.4.	Valor promedio del cuerpo de la bebida en Umbrisoles y Alisoles.	78
6.2.10.5.	Gráfica de regresión entre el cuerpo de la bebida y el porcentaje de arena del horizonte A.	79
6.2.11.1.	Valor promedio de la acidez del café en dos tipos de manejo.	80
6.2.11.2.	Valor promedio de la acidez del café en tres niveles de pedregosidad edáfica.	80
6.2.11.3.	Valor promedio de la acidez del café en <i>C. arabica</i> var. <i>typica</i> y <i>C. arabica</i> var. <i>mundo novo</i> .	80
6.2.11.4.	Valor promedio de la acidez del café en Umbrisoles y Alisoles.	80
6.2.11.5.	Gráfica de regresión entre la acidez en taza y el pH.	81
6.2.12.1.	Valor promedio del sabor global del café en dos tipos de manejo.	82
6.2.12.2.	Valor promedio del sabor global del café en tres niveles de pedregosidad edáfica.	82
6.2.12.3.	Valor promedio del sabor global del café en <i>C. arabica</i> var. <i>typica</i> y <i>C. arabica</i> var. <i>mundo novo</i> .	82
6.2.12.4.	Valor promedio del sabor global del café en Umbrisoles y Alisoles.	82
6.2.12.5.	Gráfica de regresión entre el sabor global del café y el porcentaje de arena del horizonte A.	83
6.2.12.6.	Gráfica de regresión entre el sabor global del café y el pH del horizonte A.	83

RESUMEN

Por su sabor y sus propiedades estimulantes el café es sin duda una de las bebidas más apreciadas de nuestro tiempo. Las repercusiones de las diferentes técnicas de procesamiento y de preparación del café sobre su calidad ya son conocidas pero, todavía no se entiende bien los efectos del ambiente y en particular del suelo sobre los atributos organolépticos de este aromático. Por eso, recientemente nació el interés por desarrollar investigaciones científicas para evaluar los efectos edáficos sobre la calidad del café. México es el principal productor de café orgánico pero a causa que el país tiene una de las productividades más bajas del mundo, se multiplica cada año el abandono de las plantaciones. Una optimización del uso de suelo indudablemente podría ser una posible alternativa para incrementar los rendimientos sin menoscabar el medio ambiente y la calidad del café. El objetivo general de este trabajo fue conocer el efecto de las propiedades edáficas sobre la productividad y la calidad del café en la Sierra Madre del Sur. La investigación se desarrolló en la finca cafetalera El Sinaí en el municipio Santos Reyes Nopala (Oaxaca). Esta finca presenta un gradiente altitudinal entre 700 a 1350 msnm. El clima de la región se clasifica como cálido húmedo isotermal con precipitación anual de 1800 hasta 2000 mm y temperatura promedio anual de 21 hasta 21.9° C. La región tiene dos épocas marcadas, la seca de diciembre a mayo y la húmeda de junio a noviembre. En la zona de estudio se presenta rocas metamórficas del Cretácico, compuestas de gneiss y migmatita, además de intrusivas del Terciario. Los principales grupos de suelos que se desarrollan en el área son: Alisoles, Umbrisoles. Con base al reconocimiento de campo 15 sitios fueron escogidos con la intención de comparar las producciones de los cafetos y la calidad sensorial del café asociadas a las diferentes características edáficas. En base a nuestros resultados, para las condiciones ambientales del año 2005 las características edáficas idóneas para la productividad y la calidad de *Coffea arabica* en la Sierra Madre del Sur fueron; la presencia de un horizonte subsuperficial de iluviación de arcilla con un horizonte superficial arenoso (75% aproximadamente) de entre 35 y 45 cm, un pH rondando los 6.0, un porcentaje de nitrógeno entre 0.5 y 0.7, un porcentaje de materia orgánica superior a 3, un porcentaje de saturación de bases mayor a 50, una cantidad de calcio intercambiable entre 10 y 15 cmolc*kg⁻¹ y una densidad aparente entre 0.9 y 1.1 g/ml.

1. INTRODUCCIÓN

El café me enardece y alegra, fuego suave, sin flama y sin ardor, aviva y acelera toda la ágil sangre de mis venas.

-José Martí

Por su sabor y sus propiedades estimulantes el café es sin duda una de las bebidas más apreciadas de nuestro tiempo. Prueba de esto, la cafeína es la droga más consumida en el mundo, el café es el segundo producto más exportado después del petróleo, se cultiva en aproximadamente 60 países, genera decenas de millones de empleos y solamente en México unos 3 millones de trabajadores dependen de las actividades del café (OIC, 2006; Piñón y Hernández, 1998).

El café se caracteriza por ser un producto que necesita un cuidado particular y un complicado procesamiento para alcanzar la calidad requerida. El control de esta calidad comienza con la siembra de la semilla y acaba cuando la bebida llega a la taza del consumidor.

Las repercusiones de las diferentes técnicas de procesamiento y de preparación del café sobre su calidad ya son conocidas pero, todavía no se entiende bien los efectos del ambiente y en particular del suelo sobre los atributos organolépticos de este aromático. Por eso, recientemente nació el interés por desarrollar investigaciones científicas para evaluar los efectos edáficos sobre la calidad del café.

Estos permitirán obtener las bases para respaldar la calidad de origen, generar condiciones para mejorarla y en lo posible, plantear estrategias para obtener mejores precios y, de esa manera, coadyuvar el desarrollo de los habitantes de las regiones cafetaleras (Martínez *et al.* 2005).

Además de ser un producto que requiere ser de alta calidad, el café se caracteriza por su sobreproducción internacional, situación que provoca que la oferta llegue a rebasar la demanda en ciertos años, lo que genera graves crisis en las regiones productoras.

México es el principal productor de café orgánico pero a causa que el país tiene una de las productividades más bajas del mundo, se multiplica cada año el abandono de las plantaciones, el incremento de los problemas fitosanitarios y la emigración de la mano de obra (Martínez *et al.* 2005 a; Piñón y Hernández, 1998).

Hasta el momento la principal forma de incrementar la productividad de los cafetales ha sido introduciendo variedades de porte bajo, eliminando la sombra y haciendo alto uso de fertilizantes y agro-químicos. Prácticas que no son sustentables, que son altamente dañinas para la biodiversidad y que perjudican la calidad del café.

Una optimización del uso de suelo indudablemente podría ser una posible alternativa para incrementar los rendimientos sin menoscabar el medio ambiente y la calidad del café. Por lo tanto resulta imprescindible la intensificación de trabajos científicos para determinar la influencia edáfica sobre la productividad de *Coffea spp.*

2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

El fin de desarrollar estudios referentes a dilucidar los factores edáficos que afectan la productividad y la calidad del café es porque se requiere obtener las bases para mejorar la calidad e incrementar la productividad y de esa manera contribuir al desarrollo de los habitantes de las regiones cafetaleras. Debido a lo anterior este trabajo se planteó el siguiente objetivo general:

Conocer el efecto de las propiedades edáficas sobre la productividad y la calidad del café en la Sierra Madre del Sur.

Objetivos particulares:

1. Describir la variabilidad ambiental, agronómica, edáfica y, fenológica de los cafetales en la finca El Sinaí.
2. Caracterizar la producción y la calidad de café bajo diferentes condiciones edafo-ambientales.
3. Determinar las relaciones entre la productividad de *Coffea arabica* y las condiciones edafo-ambientales.
4. Determinar las relaciones entre la calidad del café y las condiciones edafo-ambientales.
5. Identificar las condiciones adecuadas para el buen cultivo del café.

De acuerdo con las variaciones edáficas y en los atributos ambientales, de manejo y genética en los cafetales de la Sierra Madre del Sur, se plantearon las siguientes hipótesis para determinar el efecto de la edafodiversidad sobre la calidad y productividad del café.

1. Existe una gran varianza de condiciones ambientales y edáficas.
2. La productividad de café tendrá una alta relación con las propiedades del suelo. En particular con la textura, el nitrógeno, el fósforo, el carbono y la capacidad de intercambio catiónico.
3. La calidad del café se relacionará con propiedades edáficas.

3. ANTECEDENTES

3.1 Factores que influyen la productividad y la fenología de *Coffea arabica*

3.1.1 Manejo

Cosechando solo frutos maduros se influye positivamente el rendimiento, ya que el menor peso de los frutos verdes genera una pérdida de peso por hectárea (Martínez *et al.*, 2003a). La baja productividad esta relacionada con la deficiente protección fitosanitaria y con el manejo inadecuado de la poda de los cafetos (Escamilla *et al.*, 2005).

-Edad de los cafetos

La baja productividad esta relacionada con la edad avanzada de las plantaciones (Escamilla *et al.*, 2005). Martínez *et al.*, (2003b) precisan que cafetos con menos de 8 años son más productivos, lo que se conserva hasta los 18 años, más de esa edad los rendimientos disminuyen drásticamente. Las edades 4 a 8 años son parecidas en cuanto a la producción, lo que demuestra que cafetales jóvenes tienen ventajas.

3.1.2 Ambiente

-Altitud

A mayor altitud los rendimientos se incrementan significativamente, El efecto positivo de la altitud en relación al rendimiento de cereza, es mejor en la faja de los 900 a 1100 msnm debido a que las condiciones de suelo, humedad y temperatura son más favorables para el cultivo del café (Martínez *et al.*, 2003a). El tamaño de las cerezas de café también se incrementa con la altitud (ASIC, 2006).

-Sombreado

Debido a su origen, las plantas de café son por naturaleza heliofóbicas, sin embargo, en condiciones de cultivo la floración se ve significativamente influida por la luz solar directa

y con una fertilización adecuada, en particular con aporte de nitrógeno, puede incrementar la productividad (Descroix y Snoeck, 2001).

También Escamilla *et al.*, (2005) reportan que la productividad esta relacionada con la regulación de la sombra. El cafeto presenta mayor productividad en condiciones de alta luminosidad (Batista, 2005).

En 2002 Romero *et al.*, encontraron que la producción de café aumenta en sitios con apertura arbórea aproximada de 15%. En 2003, Martínez *et al.*, publicaron que las plantaciones entre 65 y 80% de sombreado presentan rendimientos más altos que las plantaciones con más de 80% de sombreado.

3.1.3 Genética

Existen una gran cantidad de variedades de la especie *Coffea arabica*, las variedades originales y más antiguas (*typica*, *bourbon* y *mundo novo*) son reconocidas por ser significativamente menos productivas que las variedades modernas mejoradas (*catuai*, *caturra*, *oro azteca*, *garnica*, *huatusco*, etc).

3.1.4 Suelo

Hasta hace poco la mayoría de los textos sobre los suelos para el cafeto simplemente daban generalidades comunes a todas las plantas como lo hizo El Manual del Cafetero Colombiano (Alarcón, 1979) que menciona que los mejores suelos para *Coffea* son los francos de estructura granular con una buena aeración y permeabilidad moderada.

Recientemente, Descroix y Snoeck (2001) publicó un capítulo donde profundiza en el efecto del suelo sobre *Coffea*. En este escrito indica que las plantas, de café prosperan bien en suelos coluviales y aluviales con una textura favorable como es el caso en los suelos volcánicos y que, la profundidad del suelo sobre los obstáculos tales como, duripán, capa freática, roca madre es el factor más importante para el cafeto. El mismo autor afirma que los mejores tipos de suelos para el café son los que se originaron de lava, cenizas volcánicas, rocas básicas, depósitos aluviales, suelos que proveen una alta capacidad de

intercambio catiónico y con cantidades de materia orgánica favorables. En este capítulo se subraya que las propiedades físicas del suelo son las más importantes porque no pueden ser modificados como es el caso de las propiedades químicas (Descroix y Snoeck, 2001).

Las raíces de *Coffea* se asfixian fácilmente, por lo tanto los suelos con mal drenaje o con exceso de arcillas no son recomendables. En contra parte en regiones con una precipitación anual baja o una larga temporada de sequía los suelos con baja retención de agua tampoco son recomendables. Como regla general los suelos sostenibles para el cultivo de café no deben de contener más de 20-30% de materia más gruesa a arenas y más de 70% de arcillas en los horizontes superficiales y la porosidad debe de fluctuar entre los 50-60 % (Descroix y Snoeck, 2001).

La profundidad del suelo debe ser por lo menos de 2 metros para permitir el buen desarrollo de la raíz pivotante y proveer agua en cantidad suficiente durante la temporada seca del año. Sin embargo las raíces del cafeto son fuertes y son capaces de abrirse camino en las fisuras y grietas para prosperar. La parte principal del sistema radicular del cafeto se desarrolla dentro de los 30 primeros centímetros del suelo, por lo tanto las propiedades físicas del horizonte superficial son más importante que las de los horizontes subsuperficiales (Descroix y Snoeck, 2001).

Romero (2006) reporta que en el agroecosistema cafetalero de la comunidad de Pluma Hidalgo, Oaxaca los rendimientos en productividad en los Umbrisoles son mayores a los de Phaeozems y Luvisoles.

Es reconocido que el cafeto prospera bien en suelos con un pH entre 5.0 a 6.0. Específicamente la especie *Coffea arabica* prospera bien en suelos ligeramente ácidos con un pH (CaCl₂) de 4.5-5.5 y un pH (H₂O) de 5.5-6.5 (Snoeck y Vaast, 2001).

La materia orgánica juega un papel importante en la productividad del cafeto debido a que tiene una influencia sobre la fisiología, la química y la biología del suelo. También la materia orgánica favorece la aeración del suelo, la retención de agua, reduce la propensión

a la erosión y activa la vida animal del suelo, siendo un contenido en materia orgánica del 2 a 5 % apropiado para el café (Snoeck y Vaast, 2001).

El potasio tiene una importancia significativa sobre el desarrollo fisiológico de *Coffea*, particularmente para la maduración y el desarrollo de los frutos (ANACAFE, 2006). También el potasio es un elemento que acorta los nudos lo que aumenta la productividad (ASIC, 2006). En la etapa productiva del cafeto, los requerimientos de potasio son equivalentes a los de nitrógeno. Un inadecuado suministro de potasio disminuye la proporción de frutos sanos, ya que en la maduración se requieren grandes cantidades de éste. Hay una alta correlación entre el nivel de potasio en las hojas y el contenido de almidón; con la cosecha descende el nivel de éste nutriente y en condiciones de deficiencia, no se producen nuevos tejidos para la siguiente fructificación, lo que explica el carácter alternante de la producción de café (Snoeck y Vaast, 2001). El agotamiento del potasio en el suelo es más rápido que el agotamiento del nitrógeno, por lo tanto el potasio puede llegar a ser el principal elemento limitante para la producción (ANACAFE, 2006).

El nitrógeno es esencial para el crecimiento vegetativo del cafeto, ya que influencia el desarrollo de ramas y hojas. Así como en la producción por el incremento de flores y frutos por ramas y alargando la vida de las hojas. Las deficiencias en nitrógeno son más comunes en plantaciones a pleno sol (Descroix y Snoeck, 2001). Snoeck y Vaast (2001) complementan que si el cafeto se cultiva a pleno sol, se tiene una fuerte demanda de nitrógeno, nutriente importante en su crecimiento ya que participa en la formación de la madera, hojas y en la actividad fotosintética de la planta. En cafetales muy sombreados la demanda de nitrógeno se reduce sensiblemente. Cuando el nitrógeno es escaso también la producción es escasa. En contra parte, cuando hay demasiado nitrógeno en el suelo, las hojas del cafeto son muy abundantes y de color verde oscuro; eso puede perjudicar la floración y por lo tanto la producción (Alarcón-Correa, 1979).

El fósforo es necesario para el desarrollo de las raíces, de la madera y de las yemas. El agotamiento del fósforo edáfico después de las cosechas es bajo. Experimentos con fertilización de fosfatos en plantaciones de café no produjeron resultados significativos

(Descroix y Snoeck, 2001). Por lo tanto, la mayoría de los suelos tienen cantidades suficientes de fósforo para el café (Snoeck y Vaast, 2001).

El calcio en los cafetos tiene una alta influencia en el sistema de las raíces, sobre las yemas terminales y sobre el desarrollo de las flores (Descroix y Snoeck, 2001; Snoeck y Vaast, 2001), sin embargo su deficiencia provoca la muerte de la yema apical de las raíces, siendo la planta más sensible a la sequía.

El magnesio y el azufre son elementos que contribuyen a la síntesis de clorofila y proteínas; su demanda es moderada para el café. Entre los micronutrientes, son importantes el boro, el zinc, el cobre y el hierro (Snoeck y Vaast, 2001).

No solamente las concentraciones de los elementos afectan la productividad, también su proporción relativa tiene un efecto sobre el café. La relación entre el magnesio y el potasio necesita estar balanceado. Un exceso de potasio acorta la vida de las hojas y acelera su precipitación. Descroix y Snoeck (2001) recomiendan los siguientes límites:

Cuadro 3.1 Límites recomendados de cationes para el cultivo del café (Descroix y Snoeck 2001)

	Límite inferior	Límite superior
Mg:K	<2	>5
Ca:K	<3	>14
Mg:Ca	<0.2	>0.8

La relación óptima de K:Ca:Mg debe ser aproximadamente 6:76:18 de la suma de bases intercambiables.

El potasio es antagónico del magnesio y calcio, lo que quiere decir que altas cantidades de potasio frecuentemente generan deficiencias en magnesio y calcio y al revés, altas concentraciones de calcio y magnesio en el suelo pueden provocar deficiencia en potasio.

También el exceso de potasio inhibe los efectos positivos del nitrógeno. Los niveles de potasio en los suelos cafetaleros no deben de llegar por debajo de $0.2-0.4 \text{ cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$.

Exceso de aluminio o manganeso en la parte de bases intercambiables del suelo combinado con un pH bajo genera riesgos de toxicidad para los arbustos de café.

Resumiendo, el suelo ideal para el cultivo de café debe ser profundo, permeable, ligeramente ácido, poroso con buena estructura y textura favorable. También debe tener alta capacidad de retención de agua. Una consideración extra es que las raíces del cafeto requieren de gran cantidad de oxígeno (Descroix y Snoeck, 2001). De forma general se ha reportado que la baja productividad está relacionada con las deficiencias en potasio, nitrógeno y elementos secundarios (Escamilla *et al.*, 2005).

3.2 Factores que influyen la calidad del café

3.2.1 Generalidades

La calidad total del café se traduce por las características físicas de sus semillas, como el tamaño, el peso, la uniformidad así como por el sabor de su licor. La lista de los factores que influyen la calidad del café difiere en los factores y sus importancias respectivas de un especialista a otro. A continuación se presentan algunas de las referencias más relevantes en el tema:

- Los factores que determinan este aspecto son de índole botánica, ambiental y operativa (Wintgens, 2001).
- La calidad del café es un parámetro que está influenciado por múltiples factores, tanto del medio ambiente del sitio de producción, como de la variedad, sistema de cultivo, cosecha y tratamiento post-cosecha (Torres, 2003).
- La calidad del café consiste en: las variedades utilizadas, las condiciones ambientales en que se produce, las prácticas culturales y la forma en que se cosecha,

sin olvidar que existen algunas plagas y enfermedades que afectan severamente el rendimiento del grano (Santoyo 1996).

- La calidad del café está determinada por factores ambientales: altitud, latitud, temperatura y precipitación; así como factores genéticos: especies y variedades; factores agronómicos: labores de cultivo y cosecha; y factores agroindustriales: beneficiado y torrefacción. Cada uno de ellos puede disminuir, modificar o aportar cualidades distintas (Escamilla *et al.*, 2005).
- Entre los factores que afectan la calidad del café están: los factores biofísicos como la altura, la precipitación, la humedad relativa, la luz solar, el viento y el suelo; factores agronómicos como presencia de plagas, fertilización y manejo de la sombra; factores de cosecha como la madurez y la aplicación de los pesticidas; factores de poscosecha como la recepción de la cosecha, despulpe, clasificación, fermentación, lavado, secado y almacenaje (Méndez, 2005).
- Después de los cambios del sabor debido al procesamiento los siguientes factores influyentes en el sabor del café son: el microclimático, la variedad y el suelo. Los frutos de café que se desarrollan lentamente (por altitud y/o sombra u otro factor) generan una mayor percepción de la acidez, una dulzura más marcada, una taza más suave y un café más aromático (ASIC, 2006).

A nivel mundial la calidad del café se ha deteriorado gradualmente en los últimos 30 años, debido al incremento en los rendimientos de campo y reducción de los costos de producción, así como al sistema de cuotas de exportación que propició la baja calidad del café (Días, 2000).

3.2.2 El manejo del cultivo y beneficiados

El manejo y procesamiento del café tienen el efecto más importante sobre la productividad y calidad del café. La diferencia del sabor debido al procesamiento húmedo y seco del café es típicamente más drástica que las variaciones regionales. Si todas las etapas del procesamiento fueron hechas a la perfección, solo entonces las distinciones regionales llegan a ser predominantes (ASIC, 2006). Existe poca información sobre la relación entre el

manejo (deshierbe, cobertura, densidad de siembra, tipo de poda, etc.) y la calidad total del café producido. Sin embargo, se observó que el café producido con buenas condiciones de crecimiento, tiene un mejor tamaño y sabor (Wintgens, 2001).

Conjuntamente, la tecnología orgánica presenta factores asociados a la calidad del café y de la conservación de la biodiversidad y de los suelos (Escamilla *et al.*, 2005).

Durante la fase final de la maduración ocurren transformaciones en el interior de los granos, tales como:

- -Acumulación de sacarosa y una reducción de arabinosa (las cerezas verdes no contienen sacarosa) (ANACAFE 2006).
- -Disminución del contenido de ácido clorogénico en las cerezas verdes que sufren un descenso a medida que avanza la maduración (las cerezas verdes contienen más cafeína que las maduras) (ANACAFE 2006).
- -Degradación de la clorofila (Wintgens, 1992).
- -Síntesis de pigmentos: carotenoides y antocyoaninas (Wintgens, 1992).
- -Reducción de compuestos fenólicos y consecuente disminución de la astringencia (Wintgens, 1992).
- -Aumento de los compuestos volátiles tales como ésteres, aldehídos, cetonas, alcoholes, etc., responsables del aroma, característica de los frutos maduros (Wintgens, 1992).

Esto significa que sólo los frutos que alcanzan su plena madurez, llegan a su punto óptimo de calidad (Wintgens, 1992).

Por lo tanto, la cereza debe de cortarse en completo estado de madurez, es decir, cuando toma una coloración “rojo encendido”, evitando que se mezcle con granos verdes ya que estos últimos contienen un alto grado de taninos que perjudican posteriormente la bebida. El uso de granos verdes aporta un sabor astringente (agarroso) a la bebida en taza. Algo muy importante es que el mismo día que se corte la cereza madura debe despulsarse, evitando la mezcla con cerezas cortadas en días anteriores (Alarcón-Correa, 1979).

Retomando lo anterior, Wintgens (2001) agrega que la cereza cosechada debe ser procesada lo más rápido posible. Los cafés de cerezas maduras presentan una calidad de bebida superior (suave) a la de los frutos cosechados verdes. Las cerezas muy maduras, de color rojo producen una bebida afrutada e incluso con sabor a levadura (“yeasty”). Las cerezas negras secadas en el árbol producen una infusión con sabor a madera (“woody”).

La forma de cosechar influye bastante en la calidad del café, tanto en las características del fruto como del grano, afectando el peso, flotes, forma, tamaño y la cantidad de defectos en los granos (Martínez, 2003 b).

Por ejemplo, el fruto pizcado muy temprano o muy tarde durante la cosecha tiene típicamente una calidad más baja (ASIC, 2006). Algunos estudios apuntan a que las plantas injertadas, en el ambiente de Huatusco, presentan mejor calidad en taza (Avendaño, 2003). El pastoreo de ganado ovino no afecta negativamente los parámetros de calidad del café (Torres, 2003). Es importante destacar que algunos pesticidas, plagas y enfermedades también pueden alterar el sabor del café (ASIC, 2006).

A continuación se describen brevemente los diferentes pasos del procesamiento del café.

Influencia del tratamiento post-cosecha

-Beneficiado en húmedo

El beneficiado húmedo es una fase de la producción de suma importancia y consta de 6 etapas: recepción en el sifón, despulpado, fermentado, lavado, secado y almacenado (Ruiz, 1999).

-Recepción en el sifón

Es la primera clasificación, separando el grano maduro que va al fondo del sifón, dejando en la superficie del agua los granos verdes, vanos y secos, así como cualquier impureza de poco peso. El agua contenida en el sifón debe sustituirse por agua limpia cada tres días (Ruiz, 1999).

-El despulpado

El despulpado tiene que realizarse lo más rápido posible, máximo 8 horas después de la cosecha. Durante esta operación pueden originarse daños mecánicos por un uso inapropiado o un desajuste de la despulpadora, lo que produce granos mordidos y aplastados. Una deficiencia de la despulpadora puede provocar una remoción incompleta de la pulpa, dando origen al defecto conocido como grano media cara. Los granos dañados tienen reacciones químicas y enzimáticas que deterioran la calidad del café (Ruiz, 1999).

-Fermentado

La fermentación controlada es un proceso por medio del cual las mieles y el mucílago adheridos fuertemente al grano despulpado se desprenden y disuelven. Este procedimiento evita que se deteriore la calidad del café, obteniéndose como resultado un pergamino limpio. El exceso en el tiempo de fermentación provoca una sobrefermentación que se traduce en un grano de muy mal sabor. Por otro lado la falta de fermentación hace que el café oro presente mal aspecto, por contener la película plateada o perisperma fuertemente adherida (Ruiz, 1999).

La duración de esta operación depende mucho de las temperaturas ambientales y del proceso de fermentación (seca o húmeda). Cuando la fermentación es muy prolongada, la infección por los microorganismos de la masa se vuelve muy importante y la calidad empieza a deteriorarse debido a la formación de compuestos indeseables como ácidos propiónicos y butíricos (Wintgens, 1992). Si no se elimina el mucílago, la acidez y el sabor del café disminuyen, en tanto que el amargor de la bebida aumenta (Sedas *et al.*, 2003).

-El lavado

Tras una suficiente fermentación, es necesario lavar los granos con agua limpia con el fin de eliminar los productos que resultan de la degradación del mucílago. Si el lavado es incompleto, quedan restos de mucílago, sobretodo dentro de la hendidura del pergamino donde continúa la descomposición generando el defecto “fermentado”. Estos restos también sirven como sustrato para el desarrollo de microorganismos durante el almacenamiento, produciendo café con el pergamino manchado, con sabor y olor a moho denominado café sucio (Wintgens, 1992).

-El secado

El secado consiste en rebajar la humedad del café del 52% al 10-12%. Esto, con el fin de asegurar la conservación, impidiendo el desarrollo de hongos, mohos y bacterias durante el almacenamiento (Wintgens, 1992). El café pergamino se seca en el patio durante 4 a 5 días de buen sol o en máquinas secadoras de inyección de calor a temperaturas de 50 a 60° C. (Ruiz, 1999). La mayor calidad organoléptica de la bebida se obtiene mediante un secado al sol y la peor calidad mediante un secado a altas temperaturas (Sedas *et al.*, 2003). Generalmente, los daños generados en el secado se deben a temperaturas excesivas que inducen cambios en la composición química del grano. También pueden formarse granos descoloridos ó veteados debido a un rehumedecimiento durante o después del secado. Estos últimos se caracterizan por presentar vetas blancas en la superficie de la almendra. Otro tipo de grano descolorido es el grano quemado que tienen un color ligeramente amarillento debido a un tiempo excesivo de secado (Wintgens, 1992).

Beneficiado seco

-La trilla

La trilla consiste en eliminar la cáscara y a veces la película plateada, clasificar los granos por tamaño y densidad, separar los granos defectuosos, eliminando toda materia extraña y finalmente ensacar. La trilla también puede generar defectos, debidos principalmente a deficiencias de la maquinaria, tales como los granos partidos originados a partir de granos sobresecados y los granos aplastados resultando de la trilla de granos flojos (húmedos) (Ruiz, 1999). Los granos monstruos o elefantes generalmente se rompen durante la trilla dando lugar a granos partidos (Wintgens, 1992).

-El almacenamiento

Para asegurar un almacenamiento en buenas condiciones, hay que asegurar el mantenimiento de un equilibrio dinámico entre el agua del interior del grano y la humedad del aire del ambiente. A una temperatura de 20° C un café con un 12% de humedad se mantiene en equilibrio mientras la humedad relativa del aire sea inferior al 50% (Ruiz, 1999). Si la humedad relativa del aire es superior, el café absorberá agua del medio

ambiente y si es inferior se deshidratará. Una humedad del café superior al 12% expone los granos a la acción de los microorganismos que deterioran su calidad (Wintgens, 1992). El café puede permanecer por varias semanas o meses sin alterar notoriamente su calidad si se almacena de manera correcta en un lugar adecuado (Ruiz, 1999).

-Edad de los cafetos

Martínez *et al.*, (2003a) reportan que los cafetos más jóvenes (menos de 10 años) producen granos más grandes.

-Cantidad de ramas secundarias

Existe una tendencia a producir granos de menor tamaño cuando se aumenta el número de tallos productivos (Martínez *et al.*, 2003c).

3.2.3 Ambiente

-Humedad

Los climas mediadamente húmedos producen cafés de sabores más afrutados ya que se ha observado que en ambientes húmedos hay un incremento proporcional en el contenido de azúcares. El café proviene de un fruto y la semilla interactúa directamente con la dulce pulpa, la humedad sin duda juega un papel en la dulzura del café. Sin embargo, la alta humedad junto con el calor aceleran el proceso de maduración y por lo tanto disminuye la calidad (ASIC, 2006).

También la humedad relativa del ambiente y las lluvias influyen en el crecimiento y en el comportamiento de los insectos y microorganismos que atacan el café, afectando la calidad de los granos. En contra parte la deficiencia hídrica produce granos vanos y granos negros. En tanto que el granizo y las heladas pueden causar daños físicos a las plantas y a las cerezas y afectar así, la calidad final del café verde (Wintgens, 1992).

-La altitud

Es conocido el efecto positivo de la altitud sobre la calidad del café. Wilboux (1956) determinó que para el café arabica la calidad total y en especial la acidez, se obtienen en

función de la altitud. Los granos producidos en altura son más densos/duros y por consecuencia, más apreciados.

Una maduración acelerada en un ambiente cálido y húmedo tiene un efecto negativo sobre el sabor del café, como ocurre con otras muchas frutas. Por otro lado se comprobó que grandes altura tiende a producir granos con película verdosa plateada, produciendo un licor con poca acidez. Este fenómeno se acompaña de otro denominado "calor y frío" que distorsiona y decolora las puntas de los brotes (Wintgens, 2001).

Romero (2005), recalca que los atributos organolépticos cuerpo y amargor se reducen con el aumento de la altitud. También indica que el grado de influencia de la altitud varía según la zona, pero el efecto es siempre creciente y proporcional independientemente de la zona.

Estadísticamente se determinó que existe una relación directa entre la taza y la altura, lo cual permite definir que a mayor altura las características organolépticas se presentan con mayor intensidad (Méndez, 2005).

Está demostrado que la altitud influye significativamente sobre los contenidos de todos los componentes químicos del café. La concentración de cafeína, sacarosa y ácidos clorogénicos aumentan con el incremento de la altitud (10% cada 300 metros). En contraste, la trigonelina se reduce. El aumento del contenido de sacarosa y de los ácidos por efecto de la altitud, mejoran la calidad final del café, debido a que son los precursores del aroma (ASIC, 2006; Guyot *et al.*, 1996).

Por lo tanto, el café producido en altura es generalmente más ácido. El café de crecimiento rápido tiene una concentración de grasa menor que los cafés de lento crecimiento. La combinación de estos factores son responsables por la mayor percepción de la acidez en los cafés de altura (ASIC, 2006).

En contra parte, Pérez *et al.*, (2005) menciona que la altitud no es la variable que determina la calidad del café, ya que más bien, es la temperatura la que tiene mayor sentido explicativo en un contexto ecofisiológico. A mayor altitud las temperaturas son más bajas y

ahí, los frutos de café se desarrollan más despacio por lo tanto, podrían sintetizar más compuestos precursores de aromas.

-La sombra

De forma global Wintgens (1992) indica que el sombreado posiblemente provoca una tendencia favorable sobre la calidad física y organoléptica del café.

De forma puntual, en el proyecto sobre la calidad del café en Veracruz (Martínez *et al.*, 2003) se halló que a menor cobertura, se presentan mayor cantidad de frutos manchados, menos granos en forma de planchuela y mayor proporción de granos triángulos, lo que indica que plantaciones con más de 60% de cobertura arbórea ofrecen ventajas para obtener café de calidad.

Aunando, la ASIC (2006) señala que al reducirse la cantidad de luz disponible, por medio del dosel de los árboles, se produce el mismo efecto físico y organoléptico que al cultivar el café a grandes altitudes. Asimismo, el café de sombra presenta mayor concentración de azúcares y mayor acidez que el café cultivado bajo sol, siendo que la alta concentración de azúcares aumenta la producción de compuestos aromáticos.

En conclusión, la sombra juega un papel importante en la calidad de café en taza debido a que existe una relación estrecha entre el tipo de sombra y la calidad de la taza (Méndez, 2005).

3.2.4 Genética

La ASIC (2006) reporta que dentro de la especie *Coffea arabica* la variedad *typica* es la que tiene mejor cualidad organoléptica seguida de cerca, por la variedad *bourbon* y después la variedad *mundo novo*. Estas tres variedades reportan un sabor significativamente mejor que las variedades mejoradas de porte bajo (arbustos pequeños) y alta productividad (*catuai*, *caturra*, etc).

En sus trabajos, López encontró que las variedades *pluma hidalgo* (ó subvariedad *typica*) y *blue mountain* presentan una calidad superior en los estados de Veracruz y Oaxaca (López *et al.*, 2003).

En el proyecto sobre la calidad del café en Veracruz se halló que la variedad *typica* presenta un mayor porcentaje de granos normales (planchuela) y un menor porcentaje de granos anormales (triángulo y elefante) que las variedades *mundo novo*, *bourbon*, *garnica* y *caturra* (Martínez 2003a). Por su parte, Méndez (2005) afirma que no hay en el Salvador una relación directa entre la variedad y la calidad (taza).

3.2.5 El suelo

Son escasos los trabajos de investigación con un estudio minucioso del factor suelo sobre cuestiones de sabor en el café (Rosas, 2006). Por lo tanto, poco se sabe sobre la influencia del suelo en la calidad del café, pero siempre se ha observado que un cafetal en buenas condiciones de crecimiento produce granos más grandes y de buen sabor (Wintgens, 1996). En general el café producido en suelos fértiles favorece un mayor tamaño de los granos y por consiguiente un producto final más apreciado (ANACAFE, 2006).

A nivel internacional se sabe que los suelos volcánicos producen potentes ácidos y un buen cuerpo. Se piensa que estos suelos pueden proporcionar una taza más equilibrada. Debido a que los suelos volcánicos contienen elevados niveles de sulfuros y estos, a su vez, compuestos que son precursores de moléculas aromáticas, los cafés cultivados en estos suelos ofrecen un aroma potente (ASIC, 2006).

Recientes estudios del CENIDERCAFÉ demostraron que el nitrógeno en concentraciones mayores a 0.25% incrementan el peso del fruto (Martínez *et al.*, 2003 a) pero, tomando en cuenta el Manual del caficultor colombiano (Alarcón-Correa, 1979) reporta que el exceso de nitrógeno puede disminuir la densidad de las semillas. También en este manual, se menciona que este elemento aumenta el contenido en cafeína de los granos, resultando en un café más amargo. Además, el nitrógeno junto a la materia orgánica tienen una influencia

sobre el atributo nariz, siendo que niveles altos de estos nutrimentos están asociados con aromas especiados (Rosas, 2006).

En Veracruz diversas investigaciones encontraron que el fósforo a concentraciones mayores a 200 mg/kg de suelo resulta en una bebida más ácida y que este elemento también influye sobre el aroma (Rosas, 2006; Martínez *et al.*, 2003a), mientras que en Colombia se publicó que no hay correlación entre el contenido de fósforo en la semilla y la calidad física y organoléptica del grano (Alarcón, 1979).

Con cantidades rondando los 100 mg/kg de potasio en el suelo se presenta menor cantidad de frutos manchados (Martínez *et al.*, 2003 a). La ASIC (2006) asevera que el potasio es un elemento que incrementa el cuerpo del café, así como el peso de los frutos. Otros trabajos hallaron que altos niveles de calcio y potasio en la semilla resultan en un licor más amargo (Alarcón, 1979).

En la tesis profesional de Rosas (2006) se reporta que la forma planchuela del grano está influenciada por los nutrimentos zinc y manganeso. Los contenidos de calcio, magnesio y hierro tienen una influencia sobre la fragancia, en donde los aromas fenólicos están asociados con altos contenidos de calcio; los sabores frutales con contenidos altos de magnesio; mientras que altos contenidos de hierro se asocian con aromas pirolíticos.

Además, el tipo de manejo puede afectar la calidad del café. Por ejemplo, en Kenia, aplicaciones repetidas de pasto elefante o estiércol de ganado, favorecieron el incremento de granos de color pardo, indeseable en el café verde y dando lugar a características pobres a la torrefacción. Este efecto se asoció con la deficiencia de Mg, inducido por el alto contenido de K en el pasto elefante y los altos niveles de K y Ca en el estiércol (Wintgens, 2001). En contra parte, la fertilidad del suelo manejado bajo sistema orgánico tiene una influencia positiva en las características físicas del grano de café, especialmente sobre la forma planchuela del grano y sobre las cualidades sensoriales de la bebida (Rosas, 2006).

4. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

4.1 Localización

La investigación se desarrolló en la finca cafetalera El Sinaí en el municipio Santos Reyes Nopala, en la Sierra Madre del Sur del estado de Oaxaca. El área de estudio se ubica a 16°07'41.5" Norte y 97°06'12.9" Oeste.

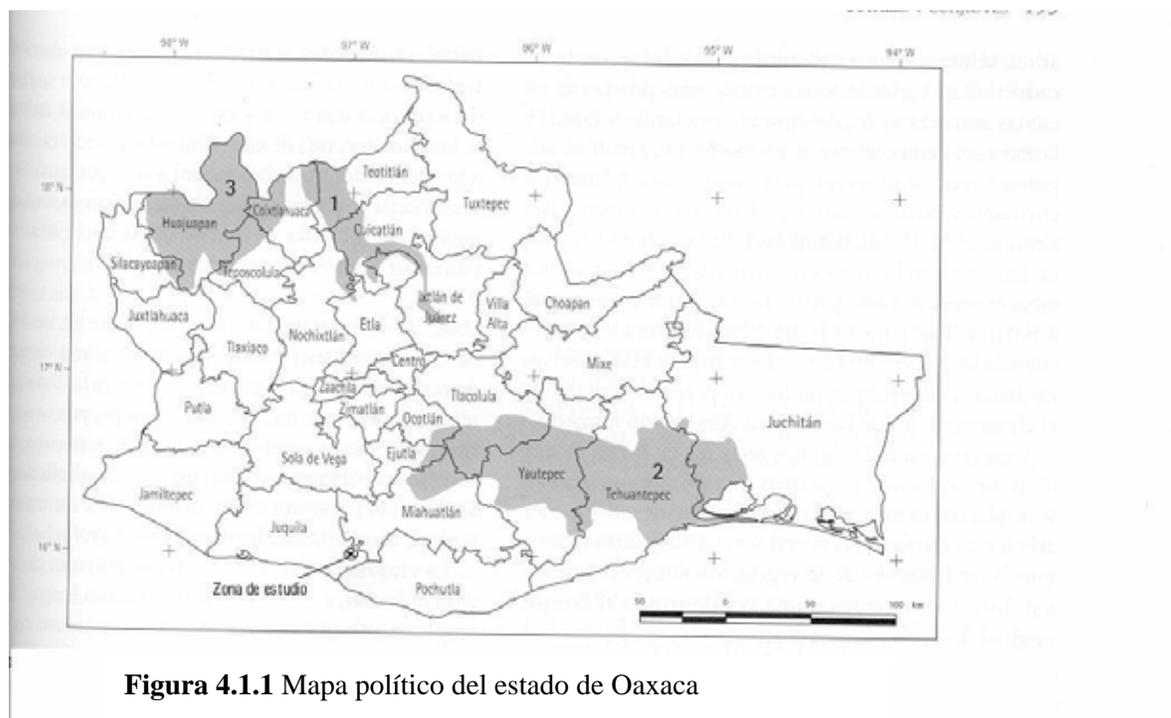


Figura 4.1.1 Mapa político del estado de Oaxaca

4.2 Fisiografía

El estado de Oaxaca está dividido en 12 provincias fisiográficas, encontrándose Santos Reyes Nopala en la parte central de la región fisiográfica de la Sierra Madre del Sur. Los límites de la Sierra Madre del Sur son: al norte con las Montañas y Valles del Occidente, mediante el contacto del río Verde, los Valles Centrales y las Montañas y Valles del centro de Oaxaca. Por todo el flanco sur limita con la Planicie Costera del Pacífico. La Sierra Madre del Sur posee una extensión de 12 350 km² (Ortiz 2004).

4.3 Topografía e hidrología

La Sierra Madre del Sur es una estructura que se extiende paralelamente a la planicie costera y a la línea de costa; por lo tanto, se proyecta igualmente en ese rumbo, formando un arqueamiento suave. La distribución topográfica del relieve es contrastante, pues en el sector occidental es esencialmente de montañas medias, ya que ninguna cúspide rebasa los 2000 m, mientras que en el sector central se concentran las montañas altas, mayores a esa altitud, para descender nuevamente en la porción oriental de la sierra. La mayoría de las pendientes son muy inclinadas (Figura 4.3.1). El único cauce que cruza la sierra es la corriente del río Verde, puesto que los demás escurrimientos son de carácter autóctono que nacen en la misma vertiente meridional de la sierra.

Cuadro 4.3.1 Cúspides principales de la Sierra Madre del Sur (Ortiz 2004).

Nombre	Altitud (m)
C. Quiexobra	3 750
C. La Sirena	3 150

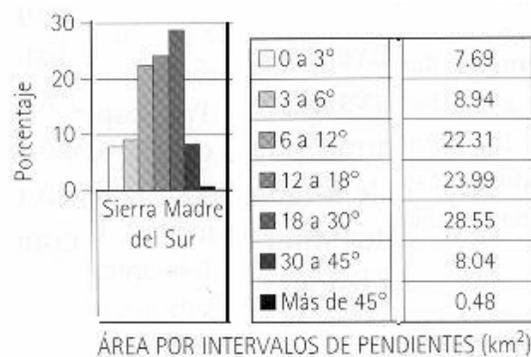


Figura 4.3.1 Áreas por intervalos de pendientes para la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur (Ortiz 2004).

El municipio de Santos Reyes Nopala es regado por los afluentes de los siguientes ríos: Río Maíz, que nace al norte, en las montañas que se localizan entre San Juan Lachao y Temascaltepec y que con sus aguas baña el oriente de la población; Río de la Neblina, nace al oeste del pueblo y une sus aguas con las del Río del Maíz en el Llano de San Miguel al sur de la comunidad, para depositarlas más adelante en el Océano Pacífico, pasando antes por Tiltepec, Cuixtla y Manialtepec.

La finca El Sinaí presenta un gradiente altitudinal entre 700 a 1350 msnm. Las laderas de las montañas son complejas, con una orientación de norte-este a sur-oeste, con pendientes

de hasta de 40°. La superficie de las laderas está disecada por los procesos de erosión. La mayoría de las cárcavas son estables y tienen vegetación (las Figuras 4.3.2 y 4.3.3).

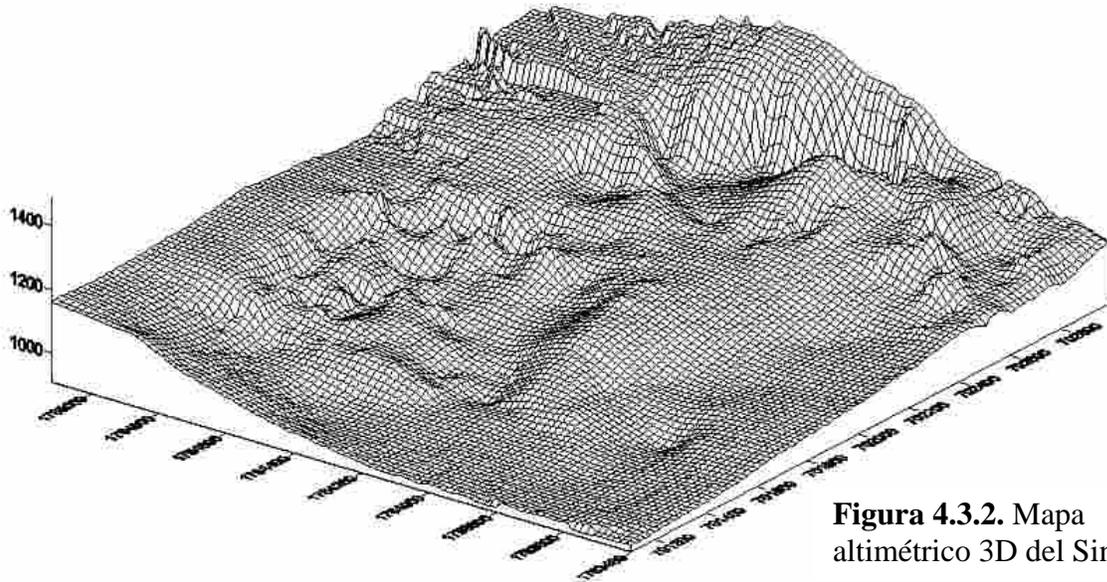


Figura 4.3.2. Mapa altimétrico 3D del Sinaí

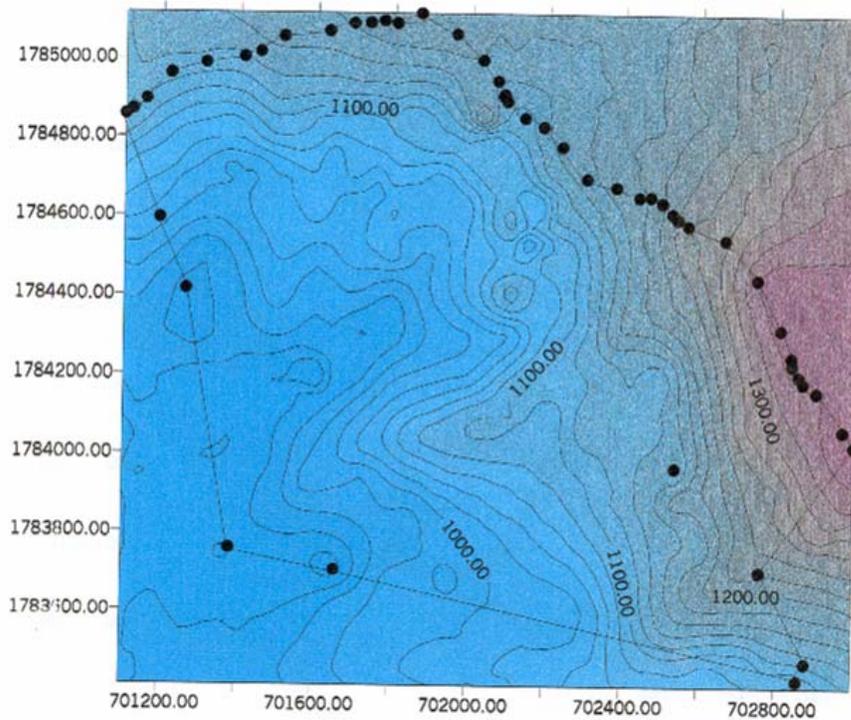


Figura 4.3.3. Mapa altimétrico 2D del Sinaí

4.4 Geología

El extremo occidental de la Sierra Madre del Sur se identifica por la presencia de las rocas metamórficas del complejo Acatlán del Paleozoico e ígneas intrusivas de granitos, mientras que en el área central estas rocas se reemplazan por el complejo metamórfico del Precámbrico y por intrusiones ígneas de rocas granitoides del Terciario. En el sector oriental afloran predominantemente las rocas volcánicas terciarias y los sedimentos piroclásticos de tobas del Mesozoico. Las rocas sedimentarias están representadas por calizas y dolomitas, siendo también muy extensas las rocas metamórficas del Cretácico, compuestas de gneiss y migmatita, además de intrusivas del Terciario. La costa del Pacífico de México es una zona de actividad sísmica (Rojas *et al.*, 1987). La zona de estudio se ubica dentro de la región sísmica D (Clasificación sísmica Mexicana 2000).

4.5 Clima

El clima de la región se clasifica como cálido húmedo isotermal con precipitación anual de 1800 hasta 2000 mm y temperatura promedio anual de 21 hasta 21.9° C. La región tiene dos épocas marcadas, la seca de diciembre a mayo y la húmeda de junio a noviembre. El tipo climático de la zona se clasifica como A(C)m(w'')ig (García, 1973).

En la Sierra Madre del Sur y la llanura costera, gran parte de la nubosidad en la época más húmeda proviene de la circulación monzónica y del paso de los ciclones, que se desarrollan en el Pacífico. Cabe destacar que es la parte oriental de la región, la que se ve más influenciada por el efecto monzónico que introduce humedad de los ciclones que se desplazan por el Pacífico y que, al ascender por las laderas de la sierra, la van depositando en el área. Para esta zona la influencia de los alisios es muy pequeña debido a las barreras orográficas que existen y aquí se destaca que conocer la fuente de lluvia es importante para relacionarla con la vegetación, ya que las lluvias originadas por los ciclones tropicales son más intensas y se concentran en lapsos cortos, que pueden ser de horas o días acompañadas además de fuertes vientos. En esta región, durante el invierno dominan los vientos del oeste, por tanto la humedad es muy baja y la probabilidad de lluvia es muy reducida.

A continuación se muestran los promedios elaborados a partir de los datos proporcionados por el Dr. Michel Rosengaus M., Jefe de la Unidad del Servicio Meteorológico Nacional.

También se muestran las isoclinas de temperatura de la estación de Juquila (Figuras 4.5.1 y 4.5.2) (Trejo, 2004).

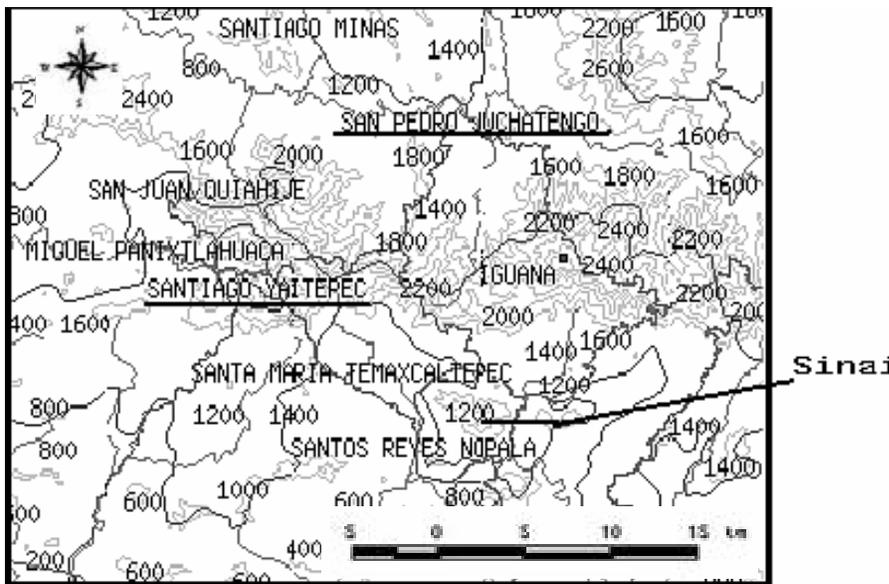


Figura 4.5.1. Mapa topográfico de la zona de estudio con ubicación de las casetas meteorológicas.

SAN PEDRO JUCHATENGO,
ELEVACIÓN 875 msnm

	promedios
Temperatura diaria promedio	19.4° C
Temperatura diaria máx	32.2° C
Temperatura diaria min	16.8° C
Precipitación diaria	2.54 mm
Precipitación anual	929 mm

YAITEPEC
ELEVACIÓN 1935 msnm

	Promedios
Temperatura diaria promedio	16.7° C
Temperatura diaria máx	23.7° C
Temperatura diaria min	13.3° C
Precipitación diaria	4.86 mm
Precipitación anual	1499 mm

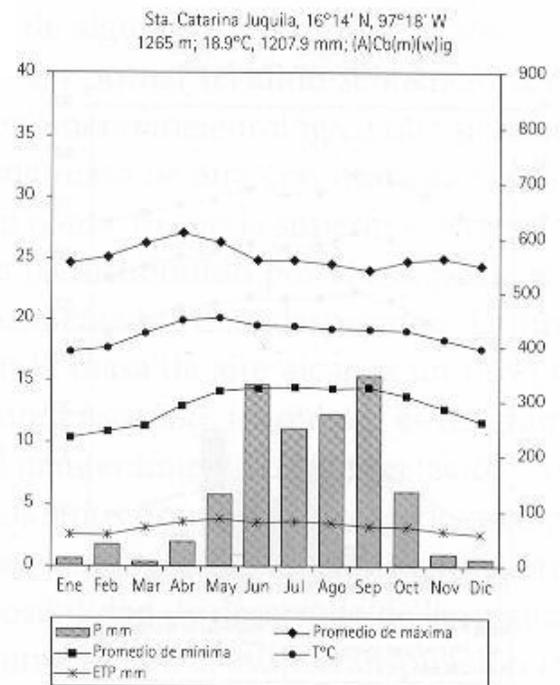


Figura 4.5.2. Relación entre precipitación, temperatura y evapotranspiración (Trejo 2004).

4.6 Vegetación

Según Torres (2004), la vegetación dominante en la zona de estudio es la Selva mediana caducifolia. Este tipo de vegetación ocupa elevaciones entre los 60 y 1000 m, en donde el clima predominante es cálido o semicálido subhúmedo; sin embargo también se desarrolla en intervalos altitudinales de 1 400 a 1 800 m, sobre lomeríos y pendientes pronunciadas. Generalmente los suelos donde se establecen son someros, pedregosos y pobres en materia orgánica, sobre un sustrato de rocas metamórficas.

Las especies arbóreas miden de 8 a 10 m y la composición dominante está dada por: *Bursera simaruba*, *B. fagaroides*, *Conzattia multiflora*, *Lonchocarpus emarginatus*, *Lysiloma acapulcense*, *L. divaricata*, *Harvardia campylacantha*, *Ceiba aesculifolia*, *C. Parvifolia*, *Pseudobombax ellipticum*, *Cordia elaeagnoides*, *Euphorbia schlechtendalii*, *Gyrocarpus mocinnoi*, *Amphipterygium adstringens*, *Jacaratia mexicana*, *Bucida macrostachya*, *Astronium graveolens*, *Guaiacum coulteri*, *Pseudosmodingium multifolium*, *Cochlospermum vitifolium*, *Plumeria rubra*, *Thevetia ahouai* y *Ficus spp.*

Además de los árboles, las formas básicas en estas selvas son arbustos, lianas, hierbas, formas arrosetadas, y cactáceas.

También se distribuyen en la área bosques de pinares, estos bosques se desarrollan en un gran número de ambientes en elevaciones entre los 300 y 3 000 m, en un clima templado subhúmedo, aunque algunas de estas comunidades pueden desarrollarse en climas semicálidos o cálido húmedos, en suelos limosos, sobre rocas metamórficas de tipo esquisto, en suelos arcillosos, someros y ricos en materia orgánica, sobre rocas de origen sedimentario como lutita-arenisca o sobre rocas ígneas. La composición de los pinares varía según la región, pudiendo estar compuestos exclusivamente por especies del género *Pinus* o compartir hábitat con especies de otros géneros como *Quercus*, *Liquidambar* y *Alnus* (Torres 2004).

En la finca El Sinaí las plantaciones de café (*Coffea arabica*.) son muy abundantes, éstas se encuentran abajo de la sombra de vegetación natural residual. Este manejo es una práctica agroforestal común en el área de estudio, la cuál se ha relacionado con una óptima calidad del café, mientras que el ecosistema natural es conservado por la vegetación arbolada relativamente densa.

4.7 Suelos

Estudios edáficos revelaron que el suelo de la Sierra Madre del Sur forma un mosaico de baja escala por la combinación de los movimientos en masas y pedogénesis (Krasilnikov *et al.*, 2005). Los principales grupos de suelos que se desarrollan en el área son: Acrisoles, Luvisoles, Cambisoles, Phaeozem, Umbrisoles, Regosoles y Leptosoles (FAO-ISRIC-ISSS, 1998) (Figura 4.7.1) (García-Calderón *et al.*, 2006 y 2000).

En la finca Sinaí las pendientes afectan los procesos de formación de los suelos. Algunos de ellos pueden ser destruidos completamente por deslizamientos, generando un nuevo ciclo de formación edáfica. Algunos pueden ser truncados parcialmente. Independientemente de la presencia de películas de arcilla, los suelos truncados sin diferenciación textural son clasificados como Cambisoles (FAO-ISRIC-ISSS 1998). En la mayoría de los casos, hay evidencias de acumulación de materia fresca sobre la superficie de estos suelos como por ejemplo un horizonte superficial de textura más gruesa y alguna capa superficial de horizontes ricos en humus, encontrándose también “líneas de piedras” en algunos perfiles. Los horizontes superficiales también contienen minerales 2:1 en la fracción arcillosa poco común a los horizontes Bt. Todo esto indica, que algunos perfiles edáficos complejos también ocurren en el área de estudio. Las superficies recientemente expuestas están ocupadas por vegetación y suelos incipientes en formación. Después con la percolación del agua y el establecimiento de los organismos vivos se genera un horizonte superficial de humus y una superficie de materiales alterados, que genera a los Cambisoles. La lixiviación de las bases intercambiables da como resultado la formación de Umbrisoles. El intemperismo de los minerales y la iluviación de las arcillas conducen a la formación de los suelos con horizonte árgico (Luvisoles y Alisoles) (García Calderón *et al.*, 2006).

La edafodiversidad en la Sierra Madre del Sur es positiva para la cafecultura de la zona, debido a que si los suelos fueran iguales habría mucha diferencia en la productividad en años con variaciones ambientales; en éstas condiciones, por lo tanto, la cafecultura difícilmente podría ser sostenible (Krasilnikov *et al.*, 2004).

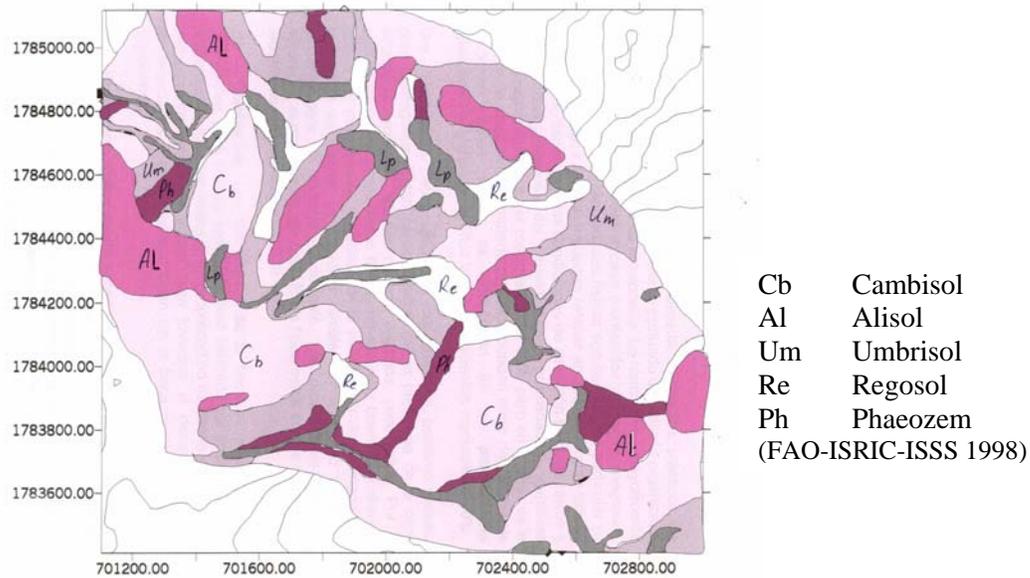


Figura 4.7.1. Mapa edáfico del Sinaí.

Álvarez diseñó una malla de muestreo con puntos equidistantes a 100 m y obtuvo los siguientes mapas de materia orgánica y pH. (El área total de estudio es de 200 ha). (Figuras 3.7.2 y 3.7.3).

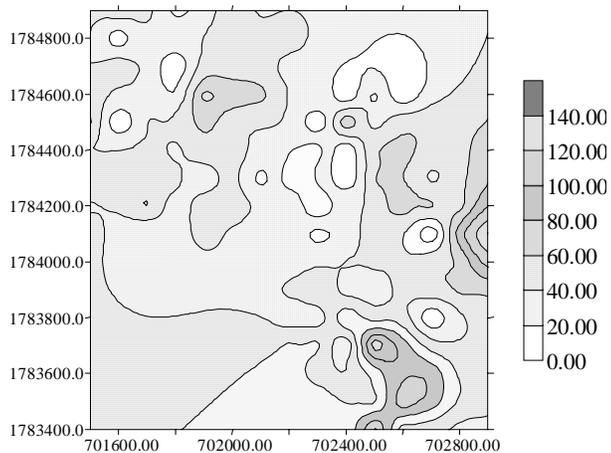


Figura 4.7.2. Mapa del carbono orgánico del suelo del Sinaí ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) (Álvarez 2004)

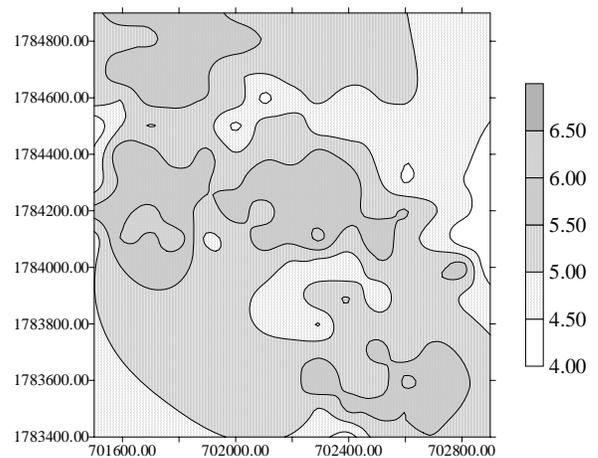


Figura 4.7.3. Mapa de pH (H_2O) del suelo del Sinaí (Álvarez 2004)

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Generalidades

El primer paso en el trabajo de campo fue la exploración del área de estudio con la intención de tener una idea general de las condiciones ambientales, de manejo del cafetal, así como de la distribución de los suelos.

Con base al reconocimiento de campo 15 sitios fueron escogidos con la intención de comparar posteriormente las producciones de los cafetos y la calidad sensorial del café asociadas a las diferentes características edáficas. En cada uno de los 15 sitios escogidos, previamente a este estudio el personal del laboratorio de edafología “Nicolás Aguilera” de la Facultad de Ciencias de la UNAM, realizó la descripción morfológica de un perfil edáfico y tomó muestras de suelo de cada horizonte.

5.2 Manejo de los sitios por parte de los trabajadores

En el manejo las podas, los deshierbes, las fertilizaciones, las fumigaciones, las rozas y la última apertura de claro fueron evaluadas con escalas ordinales con la ayuda de los profesionales de la finca.

El tiempo transcurrido desde la última apertura claro es un parámetro muy importante para la productividad de los cafeto debido a que existe una relación causa-efecto directa entre la radiación solar y la productividad de *Coffea* (Romero, 2006; OIC, 2006). Sin embargo, bajo condiciones sin sombra el cafeto agota en pocos años los elementos nutritivos del suelo y se convierte en un cafeto de muy baja productividad si no es fertilizado masivamente (Wintgens, 2001). Mediante una encuesta oral realizada en la finca se evaluó el tiempo transcurrido en meses desde la última apertura de claros. En el cafeto es fundamental renovar el tejido productivo mediante podas, ya que la floración se da principalmente en ramas nuevas. Esta variable se registró dicotómicamente (sitio podado anualmente y no podado anualmente) según la información proporcionada por los trabajadores de la finca. La roza consiste en la eliminación de la parte aérea de la vegetación, quedando la raíz de la

planta. Se trata de rozar la tierra, penetrando en ella unos pocos centímetros y dejando esa pequeña capa de tierra más suelta y aireada, pero sin levantarlo en exceso. Esto permite que el agua penetre mejor en el suelo. Esta variable también se registró dicotómicamente (sitio rozado anualmente y no rozado anualmente) según la información proporcionada por los trabajadores de la finca. Los padecimientos más comunes de *Coffea* son la roya y la broca que constituyen los problemas fitosanitarios más importantes de la cafecultura mundial, siendo la fumigación una práctica común en las fincas cafetaleras para combatirlos. La evaluación de la fumigación se realizó registrando los sitios son fumigados y los que no se fumigan. El café es un arbusto muy exigente en macro y micronutrientes por lo tanto, se encuestó a los trabajadores para saber que productos utilizan para la fertilización y en que sitios de la finca se aplican.

En base al registro de los diferentes manejos, se dividieron los sitios en tres grupos:

- Óptimo: sitios en donde por lo menos cada año se realizan podas, rozas y regulación de sombra si es necesario.
- Bajo: sitios en donde el sombrero ya no es regulado, siendo esporádicas las podas y rozas.
- Nulo: sitios en donde se dejó de realizar cualquier labor agrícola (acahual).

En la sección de resultados comparativos, los sitios de manejo nulo y bajo fueron agrupados dentro del mismo grupo para facilitar los análisis estadísticos.

5.3 Ambientales

En el ambiente microclimático la radiación fotosintéticamente activa fue evaluada por medio de un QUANTUM/RADIOMETER/PHOTOMETER de marca Li-cor modelo LI-1850 (Figura 5.3.1) en unidades de $M^{-2} \cdot Sec^{-1} \cdot 0.1 \text{ Watts M}^{-1} \cdot 10 \text{ Lux}$. Se midió en cada sitio la posición geográfica (UTM) con un GPS, la altitud con un altímetro y, la orientación de la pendiente con una brújula. Tres sensores de temperatura fueron colocados (950, 1100 y 1300 msnm) para calcular las diferencias de temperatura por pisos altitudinales.



Figura 5.3.1. Foto Quantómetro Li-1850

5.4 Genética

Existen muchas variedades de *C. arabica* y cada una tiene propiedades propias en lo que corresponde a la productividad, la resistencia a condiciones ambientales adversas, esperanza de vida productiva, cualidades organolépticas, morfología, etc.

Con la ayuda de los profesionales de la finca Sinaí se identificaron las siguientes variedades en los sitios estudiados.

typica Esta variedad es reconocida como una de las más antiguas y dio origen a muchas otras variedades. Tiene una forma cónica con un tronco principal vertical con ramas primarias y secundarias que crecen horizontalmente. *typica* alcanza los 3.5 a 4 metros de altura, las ramas primarias tienen un ángulo de 50-70° del tronco. Esta variedad se distingue por su baja productividad y alta calidad organoléptica (ASIC, 2006).

bourbon Tiene la reputación de producir 20-30% más que *typica* pero menos que *catuai* y *mundo novo*. Es menos cónico que *typica* pero tiene más ramas secundarias. El ángulo entre las ramas primarias y el tronco es bajo y los entrenudos de estas ramas son cortos. La periferia de las hojas es ampliamente ondulada, los frutos son relativamente pequeños y densos. Los frutos maduran rápidamente y se caen con el viento o la lluvia. La calidad del café es similar a *typica* (ASIC, 2006).

mundo novo Es un híbrido natural entre *typica* y *bourbon*, la planta es fuerte y resiste a las enfermedades. *mundo novo* es reconocido por tener una alta productividad pero una lenta maduración de los frutos. Esta variedad no crece más de dos metros y medio de altura y a diferencia de *typica*, las hojas jóvenes tienen el mismo color que las hojas maduras (ASIC, 2006).

catuai Es una planta de alto rendimiento resultante de la hibridación de *mundo novo* y *caturra*. El arbusto es relativamente pequeño (menos de dos metros) y las ramas secundarias forman un ángulo cerrado con las ramas primarias. Los frutos no se caen

fácilmente de las ramas. *catuai* tiene la reputación de tener requerimientos nutricionales muy altos (necesidad de fertilización) (ASIC, 2006).

5.5 Análisis de Suelo

Debido a que previamente estudios de suelos habían sido hechos en cada sitio, no se realizaron perfiles edáficos nuevos para este trabajo, tampoco se realizó levantamiento de suelos.

En el laboratorio Nicolás Aguilera, se realizaron también previamente, los siguientes análisis de laboratorio:

- Color en seco y húmedo
Con tabla Munsell (Munsell Soil color charts, 2000)
- Textura
Método del hidrómetro (Bouyoucos, 1951)
- Carbono orgánico
Método combustión húmeda (Nelson y Sommers, 1982)
- Densidad aparente
Método del cilindro (peso entre volumen)

- Fósforo disponible
Método Bray 1 (van Reeuwijk, 2002)

Posteriormente, para éste estudio y en el mismo laboratorio, se realizaron los siguientes análisis:

- Contenido de humedad

Las muestras de suelo de los 120 horizontes almacenados a temperatura ambiente fueron secadas a 105° C hasta alcanzar un peso constante. La diferencia del peso del suelo antes y

después de la desecación fue medida para la cantidad de humedad mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{de humedad} = ((A - B) / B) * 100$$

A: peso del suelo húmedo

B: peso del suelo seco a 105° C

$$\text{Factor de corrección de humedad} = (100 + \% \text{ humedad})/100$$

- pH

El pH del suelo se midió con un potenciómetro en la suspensión del sobrenadante de una muestra suelo:líquido 1:2.5 en agua (pH H₂O) y en KCl 1M (pH KCl).

De acuerdo a van Reeuwijk (2002) 20g de suelo fino fue colocado en un vaso de precipitado y 50 ml de líquido (H₂O ó KCl 1M en solución) fue agregado. Después de agitar 2 horas usando un agitador mecánico, un electrodo fue inmerso en la parte superior de la suspensión. El pH fue leído en un pH metro Corning Model 7 y los datos se registraron con 2 decimales después de que la estabilidad fue alcanzada.

- Nitrógeno total

La cantidad total de nitrógeno orgánico fue determinada aplicando el método de Kjeldahl (van Reeuwijk 2002). 2.5g de suelo fino fueron colocados en un tubo Kjeldahl, 20 ml de ácido sulfúrico concentrado, un poco de peróxido de hidrógeno y 10g de catalizador Kjeldahl en polvo fueron agregados al tubo. El catalizador Kjeldahl consiste de sulfato de potasio más un bajo porcentaje de sulfato de aluminio y selenio. Un condensador de reflujo fue colocado sobre el tubo y la mezcla hirvió durante varias horas en una unidad Buchi-Digestión B-426 hasta alcanzar una solución clara. En ese momento todo el nitrógeno de la muestra se encontró presente como sulfato de amonio. Con la adición de una cantidad suficiente de hidróxido de sodio, el amonio se libera de la solución y es destilado en un matraz que contenía una solución de ácido bórico. La cantidad de amonio se determinó directamente por titulación con una solución volumétrica de ácido clorhídrico.

- Bases intercambiables

El Mg^{++} , Ca^{++} , K^+ y el Na^+ fueron extraídos del suelo con el método del acetato de amonio. Este método usa una solución salina neutral para reemplazar los cationes presentes en el complejo de cambio del suelo. Por lo tanto la concentración de cationes determinada por este método hace referencia a los cationes intercambiables.

De acuerdo a Van Reenwijk (2002) 5g de suelo fueron pesados en un tubo de centrifuga y 25 ml de acetato de amonio 1N a pH 7 fueron incorporados. Después de agitar durante 2 horas, la solución fue centrifugada y el sobrenadante se decantó. Se incorporó otra vez 25 ml de acetato de amonio a los frascos y se agitó nuevamente 2 horas. Después de esta segunda agitación se centrifugó y el segundo sobrenadante se adicionó al primero. El líquido decantado se aforó a 50 ml con acetato de amonio y fue filtrado.

El Mg^{++} y Ca^{++} intercambiables fueron medidos con un espectrofotómetro de absorción atómica (Perkin Elmer 2380) y el K^+ y Na^+ con un espectrofotómetro de emisión de flama (Corning 400). Una solución supresora de óxido de lantano fue introducida a la solución para la lectura de Mg^{++} , Ca^{++} para prevenir la formación de compuestos de reacción.

5.6 Fenología

La fenología es un concepto cualitativo que denota la apariencia, el aspecto de la comunidad y se considera una expresión de la respuesta que tienen las plantas ante algunas características del ambiente como la precipitación y la temperatura o el tipo de suelo donde se desarrollan (Instituto Nacional de Ecología 2006)

5.6.1 Elección de los cafetos incluidos en el estudio

Para evaluar la fenología de los cafetos se escogieron 15 individuos de *Coffea arabica* en cada uno de los 15 sitios (225 individuos en total). En cada sitio se trató de elegir los 15 arbustos más cercanos al perfil edáfico previamente hecho. *Coffea arabica* es una planta que tarda 3 años para alcanzar la madurez sexual y en los primeros años de floración la producción de frutos es muy baja (Wintgens, 2001). Por lo tanto, solamente se incluyeron

en el estudio arbustos de café que tenían más de cinco años de edad en apariencia. Un listón de tela sintética color anaranjado y una placa metálica con la abreviatura del sitio y número del individuo (Figura 5.6.1.1) fueron colocados a cada uno de los 225 arbustos escogidos.



Figura 5.6.1.1. Foto que muestra la identificación de un cafeto

5.6.2 Medición de la altura y de la circunferencia de los cafetos estudiados

La altura de los cafetos se midió desde el suelo hasta el meristemo apical del tronco.

La circunferencia del tronco se midió a dos centímetros del suelo debido a que *Coffea arabica* es un arbusto que se ramifica desde la base del tronco. La altura y la circunferencia de la base del tronco se midieron con una cinta métrica (Figura 5.6.1.1).

5.6.3 Evaluación del área foliar dañada

La evaluación del área foliar dañada se realizó estimando para cada uno de los 225 cafetos el porcentaje de hojas que presentaban algún rasgo no convencional de las hojas de café. En segundo lugar se determinó si estas hojas estaban muy dañadas, moderadamente dañadas o poco dañadas. Una muestra del daño más común a las hojas fue llevada al laboratorio de Micro micología de la Facultad de Ciencias UNAM para su determinación taxonómica (Figura 5.6.3.1).



Figura 5.6.3.1. Ilustración de la medición del daño foliar.

5.6.4 Medición de la cantidad de ramas productivas y no productivas

Las ramas primarias son las que emergen del tronco, comúnmente están compuestas de varias ramas secundarias (Figura 5.6.4.1). Para cada individuo estudiado se contó la cantidad de ramas secundarias con frutos y la cantidad de ramas primarias que no contenían ramas secundarias con frutos.

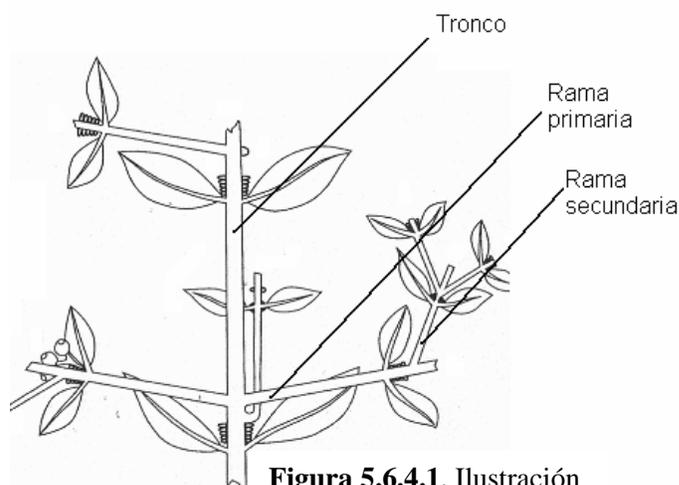


Figura 5.6.4.1. Ilustración morfológica de un café

5.6.5 Producción total en frutos

En la Sierra Madre del Sur el café produce una sola cosecha al año. *Coffea arabica* florece en el mes de abril después de las primeras lluvias anuales. En el quinto mes posterior a la polinización, el fruto crece significativamente en peso y volumen. El endospermo reemplaza despacio el integumento que retrocede hacia la periferia del óvulo. En el octavo mes después de la fertilización el fruto alcanza la madurez. El integumento es en este momento solamente una capa delgada alrededor de la semilla (pergamino); durante este último mes de gestación el fruto completa su maduración y alcanza un color rojo. En las zonas más cálidas de la finca (<1000 msnm) los frutos de café alcanzan su madurez óptima alrededor del 15 de diciembre, en las altitudes más frías (>1200 msnm) la madurez óptima de los frutos ocurre después del 15 de enero por lo general.

Por lo tanto la producción de frutos de café se determinó cosechando los arbustos de café de diciembre a enero (2004-2005 y 2005-2006).

En la cosecha 2004-2005 se recolectaron los frutos maduros de 15 cafetos desconocidos alrededor del perfil edáfico de 12 sitios (Profeta, Chorro y Zanjones no estaban incluidos en el estudio en ese momento). En cada sitio se mezcló la producción de los sitios antes de pesarla. En la recolección 2005-2006 se cosecharon los frutos maduros de los 225 *Coffea arabica* previamente descritos fenológicamente. La producción de cada cafeto se guardó en bolsas individuales, adecuadamente rotuladas que fueron pesadas individualmente en una báscula electrónica de marca OHAUS 1500D.

5.6.6 Cantidad de frutos verdes no cosechados

En la cosecha 2004-2005 no se tomaron en cuenta los frutos verdes no cosechados. En la producción 2005-2006 en cada uno de los 225 *Coffea arabica* cosechados se contó la cantidad de frutos verdes no recolectados.

5.6.7 Peso de los frutos

En cada una de las 225 bolsas de producción 2005-2006 se pesaron 10 frutos escogidos aleatoriamente con báscula electrónica de marca OHAUS 1500D.

5.6.8 Dimensión de los frutos

En cada una de las 225 bolsas de producción 2005-2006 se midió el ancho, el grosor y, la altura de 5 frutos de café escogidos al azar entre los 10 previamente pesados. Las mediciones se realizaron con la ayuda de un vernier convencional.

5.6.9 Cantidad de frutos rechazados

Después de haberse pesado y medido los frutos de cada *Coffea arabica* estos se colocaron en una cubeta ancha llena de agua, los frutos flotantes se contaron y fueron considerados como defectuosos (y vanos) (Figura 5.6.9.1), se eliminaron.

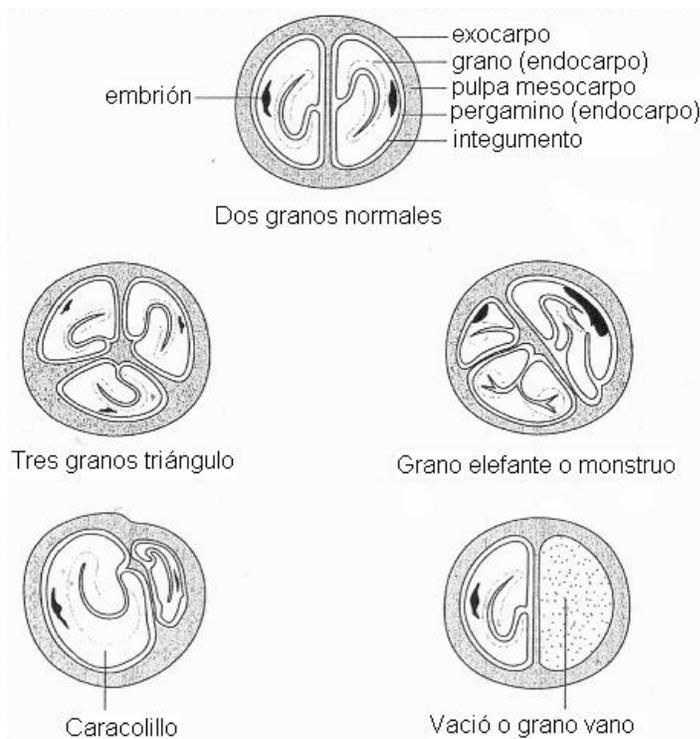


Figura 5.6.9.1. Tipos de semillas de *Coffea*

5.6.10 Peso de las semillas de café (granos)

Después de haber retirado el pericarpo (pulpa y pergamino, exocarpo-mesocarpo-endocarpo) de los frutos y de haber secados las semillas hasta 12% de humedad, se pesaron los granos limpios (café oro). Para cada una de las 15 muestras se pesaron 10 paquetes de 10 semillas escogidas aleatoriamente.

5.6.11 Dimensión de las semillas de café (granos)

Para cada uno de los 10 paquetes de 10 semillas se escogieron al azar 3 semillas y se les midió el ancho, el alto y el largo, dando como resultado 30 dimensiones de granos por sitio.

5.6.12 Determinación de la proporción de semilla caracolillo y defectuosos

Para cada uno de los paquetes de 10 semillas se contaron la cantidad de semillas caracolillo y de semillas defectuosas (rotas, picadas o manchadas).

5.6.13 Cálculo de la producción evaluada en grano por ramas

En la industria cafetalera las estadísticas se realizan con semillas limpias (café oro) por lo tanto los resultados de producción en frutos no son compatibles con estos estándares. La producción en grano es más apropiada para la investigación cafetalera, sin embargo nuestros resultados de producción en grano tienen un sesgo debido a que en el procesamiento tradicional del café se recupera alrededor de la mitad de los frutos eliminados por ser vanos y en las fincas cafetaleras de la Sierra Madre del Sur se realiza una segunda cosecha, (pepenación) para recuperar los frutos que aún se encontraban verdes en el momento de la cosecha principal. No obstante, tal sesgo puede ser corregido mediante algún procesamiento de datos de corrección que calcula el equivalente de unidades de frutos verdes a peso de café en grano y de unidades de frutos vanos a peso de café en grano. Debido a que entre los diferentes sitios estudiados existe una gran heterogeneidad de la cantidad de ramas secundarias productivas por cafeto es conveniente dividir la producción evaluada en grano por el promedio de ramas productivas de cada sitio.

$$PER = (P+I+V)/R$$

PER: Producción evaluada por ramas

P : Producción de granos del sitio

I : Producción no cosechada en granos (por estar inmaduro)

V : Proporción de granos eliminados y normalmente recuperados posteriormente

R : Promedio de ramas secundarias productivas del sitio

$$I = (U * M) * E$$

U: Cantidad de frutos verdes del cafeto x

M: Peso de los frutos maduros del cafeto x

E: Equivalente de frutos maduros a granos

$$V = F * E * 1/2$$

F: Cantidad de frutos vanos que fueron eliminados

$$E = 0.1716X + 2.614$$

Equivalencia de la producción de cerezas de café a granos.

5.7 Procesamiento de los frutos cosechados

Los frutos de cada cafeto estudiado que no flotaron en la cubeta, fueron reunidos en 15 paquetes (uno por sitio) y se despulparon con la ayuda de una despulpadora manual.

Una vez despulpados las 15 muestras de granos de café, se dejaron fermentar durante 24h. Después de haber fermentado el café pergamino se secó al sol durante 100 horas aproximadamente.

El paso siguiente a la desecación fue el trillado, procedimiento que consiste en quitar el pergamino (endocarpo) a los granos de café. Esto se realizó con una trilladora de muestra proporcionada por la cooperativa Kyat Núu.

Los granos de café caracolillo, triángulo, elefante (Figura 5.1.9.1), los granos rotos, manchados y picados no fueron eliminados de nuestras muestras por la falta de equipo necesario.

5.8 Organoléptica (catación)

Las cualidades organolépticas del café fueron evaluadas por Ramón Aguilar, catador oficial de la confederación Mexicana de Productores de Café, con las 15 muestras de café verde cosechadas en cada uno de los sitios. Para realizar la evaluación sensorial se utilizaron métodos descriptivos cuantitativos. En los descriptivos se obtiene la taza; en la NOM-149-SCFI-2001¹ (Diario Oficial de la Federación, 2002) se definen algunos conceptos importantes como:

Aroma. Es el olor de la infusión del café provocado por los vapores que se desprenden de una bebida recién preparada.

Acidez. Es una sensación gustativa primaria que es resultado de la dilución de ácidos orgánicos y percibidos con mayor intensidad en las regiones laterales de la lengua.

Cuerpo. Es una sensación táctil percibida en la boca como respuesta a las sustancias insolubles, tanto líquidas como sólidas, suspendidas en la bebida.

Tostado. Es nivel de uniformidad o homogeneidad de la torrefacción del café.

Taza. Es el balance de la cualidades organolépticas del café, literalmente es la sensación de sabor percibida después de la gustativa.

La evaluación se realizó con base a los anteriores criterios con una escala de ordinal 0 a 5.

Para la terminología de catación aplicable en esta NOM, se deben consultar las normas mexicanas NMX-F-551-SCFI y NMX-F-013-SCFI.

5.9 Análisis estadísticos

Las variables consideradas como parámetros de interés (respuestas) fueron las siguientes:

Productividad	Número de ramas con frutos	Porcentaje de daño foliar	Porcentaje de frutos vanos	Productividad evaluada en granos por ramas			
Calidad	Peso de los granos	Porcentaje de granos caracoles	Uniformidad del tueste	Aroma de la bebida	Acidez del café preparado	Cuerpo del café	Taza (sabor global)

Las variables consideradas como parámetros independientes (causas) fueron las siguientes:

- Manejo: nivel de manejo.
- Genético: variedad de *Coffea arabica* cultivada.
- Ambiental: cantidad de luz, última apertura de dosel, edad de los cafetos y altitud.
- Edáfico: tipo de suelo, pedregosidad, profundidad del horizonte A, pH, porcentaje de nitrógeno, porcentaje de carbono, fósforo asimilable, calcio, sodio, potasio, magnesio intercambiable, capacidad de intercambio catiónico, porcentaje de saturación de bases, acidez extractable, densidad aparente, porcentaje de arcilla, arena y limo.

En primera instancia una tabla de correlación entre la totalidad de las variables analizadas se realizó con el programa Statistica 5.5. Pruebas estadísticas para la diferencia significativa entre las medias (ANOVA) de las variables categóricas se realizaron con Statistica 5.5. En los casos en que el resultado de la prueba para la diferencia entre medias arrojó que por lo menos una de las medias era desigual, se realizó una prueba *post hoc* LSD para determinar las diferencias entre cada media.

Las variables que presentaron un alto valor de correlación entre si fueron analizadas con una prueba de regresión múltiple no lineal.

Un bajo valor de (P) para las pruebas estadísticas indica que hay diferencias significativas entre las variables. Una $P < 0.05$ se consideró como diferencia significativa y una $P < 0.01$, como diferencia altamente significativa.

6. RESULTADOS

6.1 Descripción de los sitios de estudio

La descripción de los 15 sitios se basa en la ubicación geográfica, la altitud, la orientación, la iluminación, el nivel de manejo, la determinación de la variedad de *Coffea arabica*, la caracterización de la vegetación, la descripción de las variables edáficas del horizonte A (profundidad, pH, pedregosidad, textura, calcio-magnesio-potasio-sodio intercambiables, acidez extraíble, capacidad de intercambio catiónico, saturación de bases, nitrógeno total, carbono orgánico, fósforo asimilable, y densidad aparente) y el tipo de suelo, la descripción de las características fenológicas de los cafetos estudiados (producción evaluada en grano, peso de los frutos, peso de las semillas, dimensión de los frutos, dimensión de las semillas, número de frutos rechazados por cafeto, altura promedio de los cafetos, circunferencia promedio de la base del tronco de los cafetos, porcentaje del área foliar dañada, cantidad de ramas con y sin frutos por cafeto) y la caracterización de las propiedades organolépticas (tueste, cuerpo, acidez, aroma, taza).

A pesar de que la casi totalidad de los perfiles analizados tienen altas proporciones de arcillas solamente Cumbre, Profeta, Ranchito A, Presa, Mirador, Soledad y Tierra Blanca cumplieron con los requisitos para clasificarse suelos con horizonte Argícos. Estos siete sitios obtuvieron en su horizonte Argíco una capacidad de intercambio catiónico superior a $24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ y una saturación de base menor a 50 por ciento clasificándose así como Alisoles (IUSS Working Group WRB 2006).

La totalidad de los perfiles estudiados tuvieron altas cantidades (mayor a 1.5 por ciento) de carbono orgánico acumulado en el horizonte superficial. A excepción de los sitios Arena y Portillo todos los suelos estudiados tienen el horizonte Umbrico. Por su parte Arena y Portillo por ser sitios en acahual desde más de 20 años la saturación de base del horizonte superficial fue superior al 50 por ciento correspondiendo a un horizonte Mólico. Los Umbrisoles se presentaron en los sitios Zanjones, Panteón, Chorro, Zapotal, Espinazo, y Triunfo y los Umbrisoles Mólico en Arena y Portillo. (IUSS Working Group WRB 2006).

Caracterización de los Alisoles

La profundidad máxima del horizonte A fue de 54 cm y la mínima de 26 cm. El pH del horizonte A oscilo entre 4.7 y 6.0. La capacidad de intercambio catiónico fluctuó entre 17.48 y 39.24 $\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ y el porcentaje de saturación de bases entre 8.22 y 46.37. El porcentaje de nitrógeno del horizonte A fue de 0.20 a 0.64 y el porcentaje de carbono del mismo horizonte de 1.47 a 5.55. Por su parte el fósforo asimilable tuvo un rango de 265-757 g/kg suelo.

Caracterización de los Umbrisoles

La profundidad máxima del horizonte A fue de 51 cm y la mínima de 27 cm. El pH del horizonte A oscilo entre 4.5 y 6.5. La capacidad de intercambio catiónico fluctuó entre 13.43 y 57.88 $\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$ y el porcentaje de saturación de bases entre 18.67y 64.65. El porcentaje de nitrógeno del horizonte A fue de 0.14 a 0.91 y el porcentaje de carbono del mismo horizonte de 1.52 a 12.66. Por su parte el fósforo asimilable tuvo un rango de 204-498 g/kg suelo. Los resultados completos de los análisis fisicoquímico de los perfiles del suelo se presentan en el apéndice A, en el apéndice B se exhiben las caracterizaciones fenológicas de los 225 cafetos estudiados y en el apéndice C se presenta una tabla comparativa de los promedios de los 15 sitios analizados. A continuación se presenta las fichas descriptivas de cada uno de los sitios estudiados.

Sitio: **Arena**

Manejo: Nulo

Ambientales

Coordenadas: X: 701870 Y: 1784570

Altitud: 1050 msnm

Orientación: 240° Sur Oeste Oeste

Iluminación: 127.81 M² * S⁻¹

701100

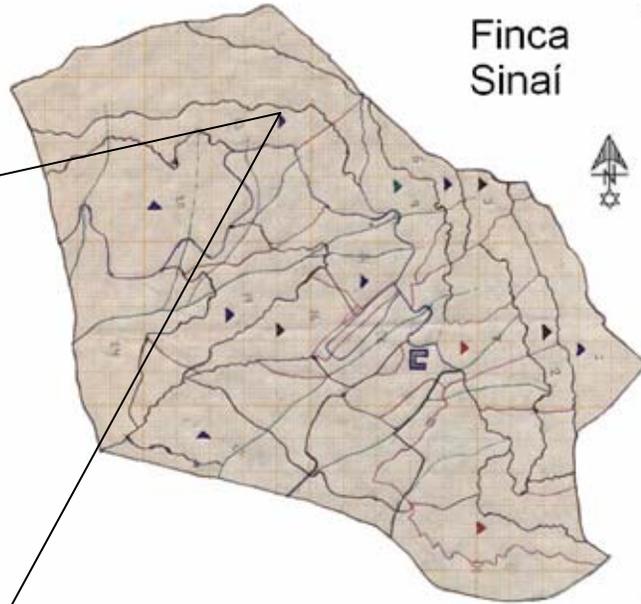
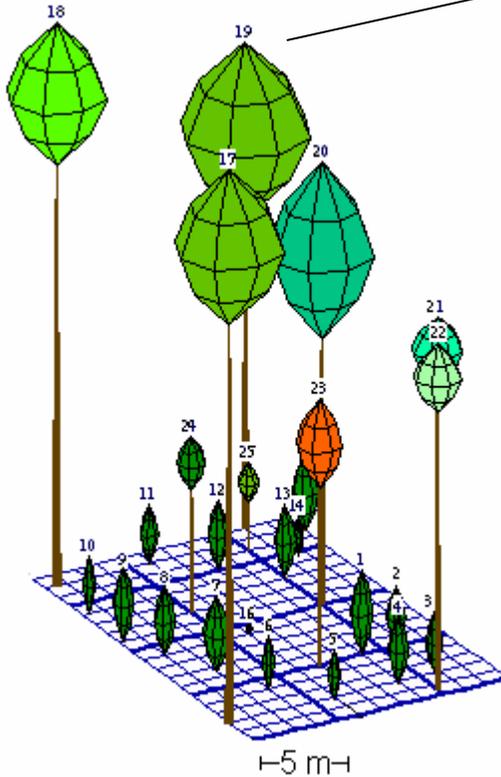
703000

1785100

Finca
Sinaí



1783300



Edáficos

Tipo de suelo **Umbrisol Mólico Cámbico (Húmico Arénico)**

Profundidad	26.5	cm
pH (H ₂ O) (1:2.5)	6.4	
Pedregosidad	Alta	
Textura	Migajón arenoso	
Calcio	33	cmol_c·kg⁻¹
Magnesio	2.8	cmol_c·kg⁻¹
Potasio	1.4	cmol_c·kg⁻¹
Sodio	0.2	cmol_c·kg⁻¹
Acidez Extraíble	20	cmol_c·kg⁻¹
CIC*	58	cmol_c·kg⁻¹
Saturación de Bases	65	%
Nitrógeno	0.91	%
Carbono orgánico	12.66	%
Fósforo	309.77	mg/kg
Densidad Aparente	0.72	g/ml

Resultados del horizonte A

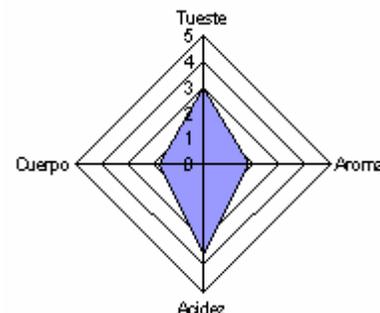
*CIC: Capacidad intercambio catiónico

# árbol	Nombre común	Nombre científico
1 a 15	Cafetos estudiados	<i>Coffea arabica var. typica</i>
16	Perfil edáfico	
17	Aguacatillo	<i>Persea sp.</i>
18	Cauda	?
19	Aguacate de piedra	<i>Persea sp.</i>
20	Huanchal	<i>Sauravia sp.</i>
21	Cuil de piedra	<i>Inga sp.</i>
22	Cuil de perico	<i>Inga sp.</i>
23	Mameyito	<i>Clethra sp.</i>
24	Cobre	?
25	Quina	?

Fenológicos

Producción evaluada en granos	0.62 g/ramas
Peso frutos:	1.14 g
Peso granos:	0.17 g
Dimensión de los frutos:	1.10*1.38*1.29 cm
Dimensión de los granos:	0.42*0.94*0.68 cm
Frutos rechazados (vanos)	2.47/cafeto
Altura de los cafetos	295.8 cm
Circunferencia de la base del tronco	20 cm
Área foliar dañada	66.47%/cafeto
Ramas secundarias con frutos	21.07/cafeto
Ramas primarias sin frutos	2.87/cafeto

Organolépticos



Taza (sabor global)



Sitio: Chorro

Manejo: Bajo

Ambientales

Coordenadas: X: 701710 Y: 1783960

Altitud: 1015 msnm

Orientación: 30° Norte Noreste

Iluminación: 296.75 M² * S⁻¹

701100

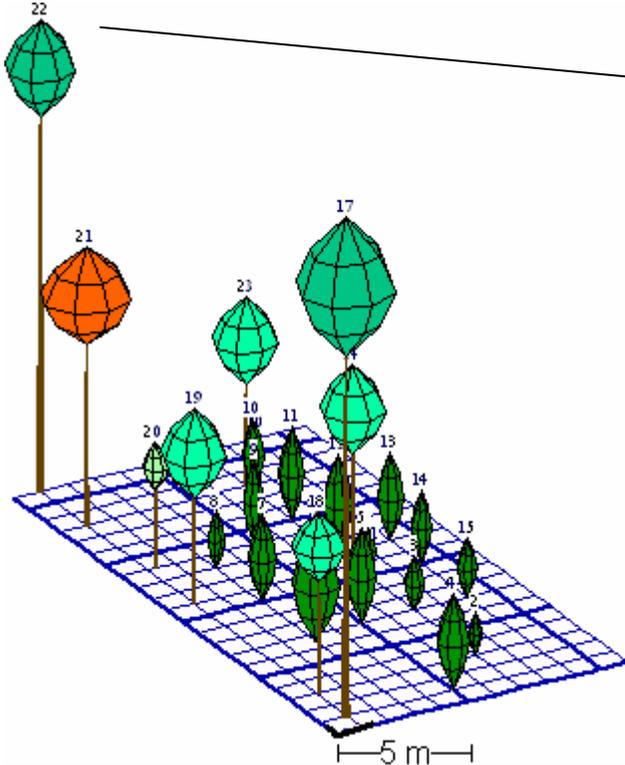
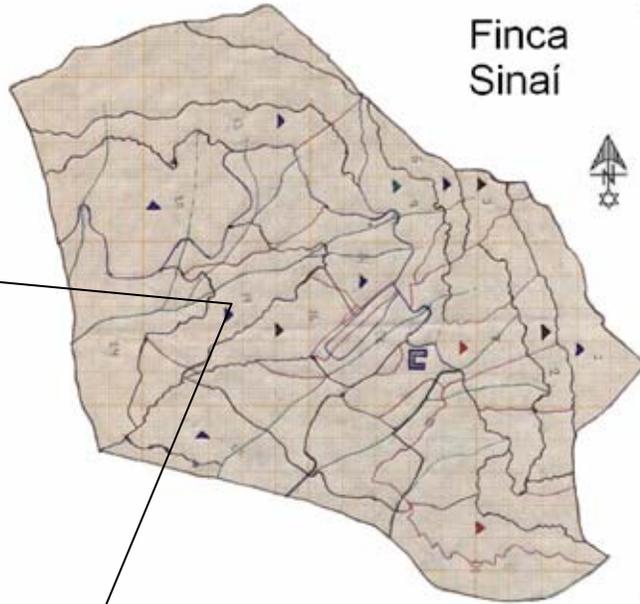
703000

1785100

Finca
Sinaí



1783300



Edáficos

Tipo de suelo **Umbrisol Cámbico (Clayíco Hiperdístico)**

Profundidad **32 cm**

pH (H₂O) (1:2.5) **5.7**

Pedregosidad **Baja**

Textura **Arcilloso**

Calcio **12 cmol_c·kg⁻¹**

Magnesio **1.4 cmol_c·kg⁻¹**

Potasio **0.3 cmol_c·kg⁻¹**

Sodio **0.2 cmol_c·kg⁻¹**

Acidez Extraíble **16 cmol_c·kg⁻¹**

CIC* **30 cmol_c·kg⁻¹**

Saturación de Bases **45 %**

Nitrógeno **0.32 %**

Carbono orgánico **4.05 %**

Fósforo **301.57 mg/kg**

Densidad Aparente **1.06 g/ml**

Resultados del horizonte A

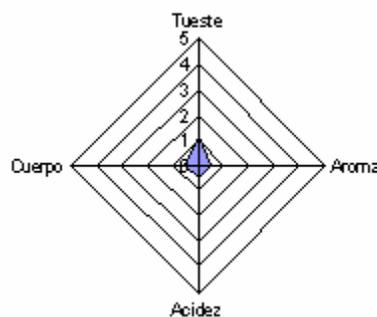
*CIC: Capacidad intercambio catiónico

# árbol	Nombre común	Nombre científico
1 a 15	Cafetos estudiados	<i>Coffea arabica var. mundo novo</i>
16	Perfil edáfico	
17	Cuil	<i>Inga sp.</i>
18, 19	Naranja	<i>Citrus sp.</i>
20	Quina	?
21	Leguminosa	Leguminoseae sp.
22	Cuil	<i>Inga sp.</i>
23, 24	Naranja	<i>Citrus sp.</i>
25	Cauda	?

Fenológicos

Producción evaluada en granos	1.82 g/ramas
Peso frutos:	1.35 g
Peso granos:	0.16 g
Dimensión de los frutos:	1.14*1.41*1.31 cm
Dimensión de los granos:	0.40*0.92*0.67 cm
Frutos rechazados (vanos)	5 /cafeto
Altura de los cafetos	280.13 cm
Circunferencia de la base del tronco	25.23 cm
Área foliar dañada	33%
Ramas secundarias con frutos	47.53/cafeto
Ramas primarias sin frutos	1.13/cafeto

Organolépticos



Taza (sabor global)



Sitio: Cumbre

Manejo: Optimo

Ambientales

Coordenadas: X: 702920 Y: 1784030

Altitud: 1350 msnm

Orientación: 100° Este

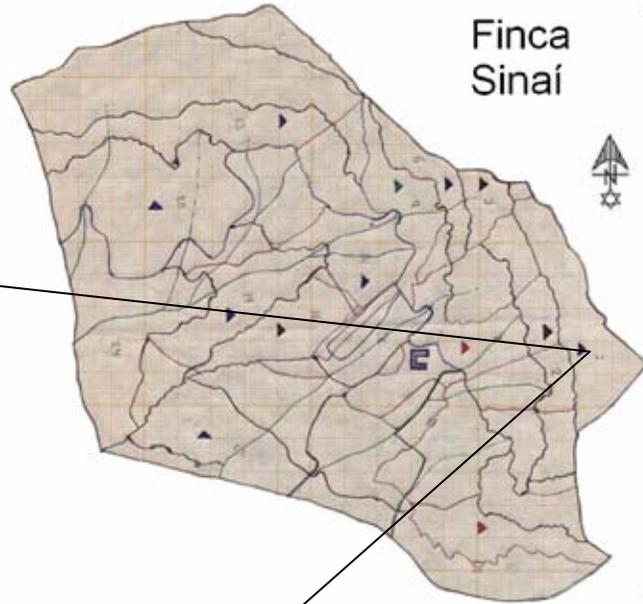
Iluminación: 254.27 M² * S⁻¹

701100

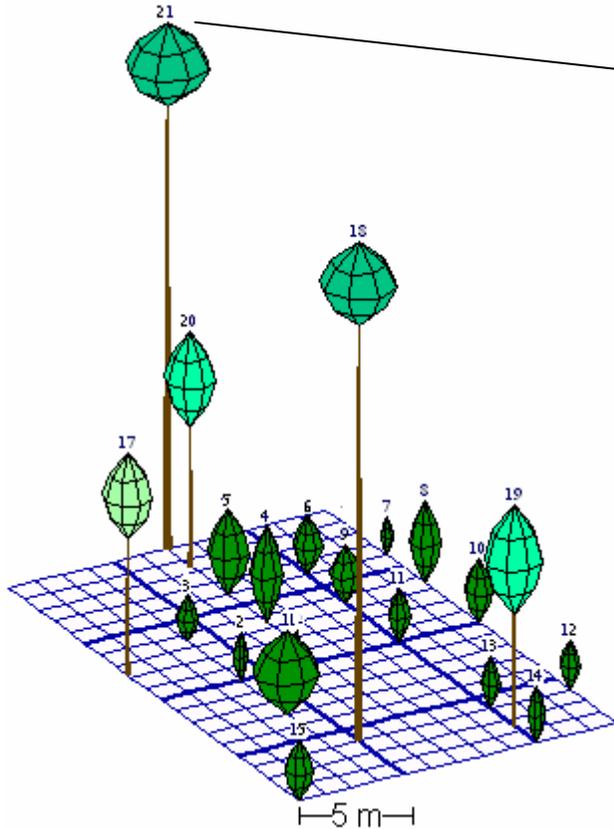
703000

1785100

Finca
Sinaí



1783300



# árbol	Nombre común	Nombre científico
1,2,12,14	Cafetos estudiados	<i>Coffea arabica var. mundo novo</i>
3-11,13,15	Cafetos estudiados	<i>Coffea arabica var. typica</i>
16	Perfil edáfico	
17	Cobre	?
18	Cuil	<i>Inga sp.</i>
19, 20	Naranja	<i>Citrus sp.</i>
21	Cuil	<i>Inga sp.</i>

Edáficos

Tipo de suelo **Alisol Úmbrico (Húmico Arénico)**

Profundidad **41 cm**

pH (H₂O) (1:2.5) **5.0**

Pedregosidad **Baja**

Textura **Migajón arenoso**

Calcio **14 cmol_c·kg⁻¹**

Magnesio **0.4 cmol_c·kg⁻¹**

Potasio **0.5 cmol_c·kg⁻¹**

Sodio **0.1 cmol_c·kg⁻¹**

Acidez Extraíble **19 cmol_c·kg⁻¹**

CIC* **35 cmol_c·kg⁻¹**

Saturación de Bases **44 %**

Nitrógeno **0.37 %**

Carbono orgánico **4.66 %**

Fósforo **393.42 mg/kg**

Densidad Aparente **1.06 g/ml**

Resultados del horizonte A

*CIC: Capacidad intercambio catiónico

Fenológicos

Producción evaluada en granos **3.84 g/ramas**

Peso frutos: **1.88 g**

Peso granos: **0.19 g**

Dimensión de los frutos: **1.26*1.51*1.46 cm**

Dimensión de los granos: **0.37*0.96*0.70 cm**

Frutos rechazados (vanos) **20.13 /cafeto**

Altura de los cafetos **224.73 cm**

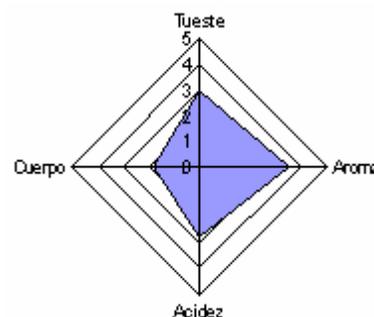
Circunferencia de la base del tronco **39.4 cm**

Área foliar dañada **59.67%**

Ramas secundarias con frutos **36.93/cafeto**

Ramas primarias sin frutos **1.67/cafeto**

Organolépticos



Taza (sabor global)



Sitio: **Espinazo**

Manejo: Bajo

Ambientales

Coordenadas: X: 702100 Y: 1784090

Altitud: 1150 msnm

Orientación: 30° Noreste

Iluminación: 24.64 M² * S⁻¹

701100

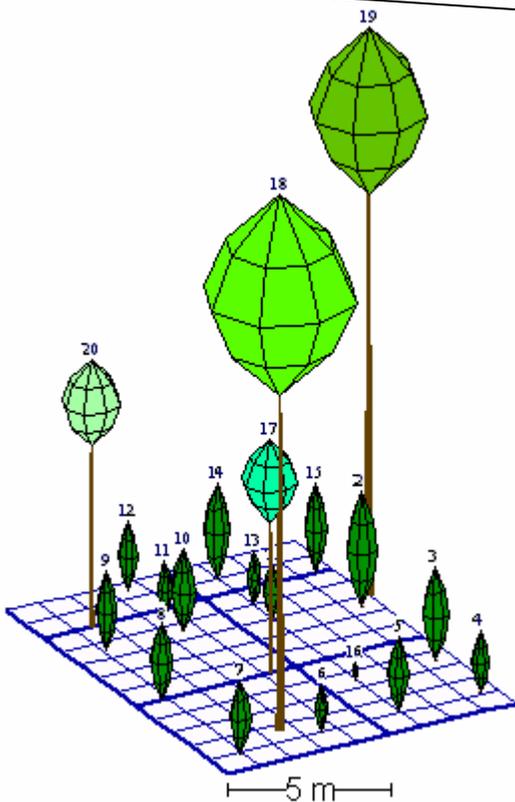
703000

1785100

Finca
Sinaí



1783300



# árbol	Nombre común	Nombre científico
1 a 15	Cafetos estudiados	<i>Coffea arabica var. catuai</i>
16	Perfil edáfico	
17	Cobre	?
18	Cauda	?
19	Aguacate	<i>Persea sp.</i>
20	Macahuite	?

Edáficos

Tipo de suelo **Umbrisol Háptico (Arénico)**

Profundidad **36 cm**

pH (H₂O) (1:2.5) **6.5**

Pedregosidad **Muy alta**

Textura **Migajón arenoso**

Calcio **6 cmol_c·kg⁻¹**

Magnesio **1.2 cmol_c·kg⁻¹**

Potasio **0.3 cmol_c·kg⁻¹**

Sodio **0.2 cmol_c·kg⁻¹**

Acidez Extraíble **10 cmol_c·kg⁻¹**

CIC* **18 cmol_c·kg⁻¹**

Saturación de Bases **42 %**

Nitrógeno **0.14 %**

Carbono orgánico **1.52 %**

Fósforo **204.37 mg/kg**

Densidad Aparente **1.2 g/ml**

Resultados del horizonte A

*CIC: Capacidad intercambio catiónico

Fenológicos

Producción evaluada en granos **1.79 g/ramas**

Peso frutos: **1.5 g**

Peso granos: **0.18 g**

Dimensión de los frutos: **1.15*1.45*1.32 cm**

Dimensión de los granos: **0.42*0.91*0.72 cm**

Frutos rechazados (vanos) **6.67 /cafeto**

Altura de los cafetos **223.47 cm**

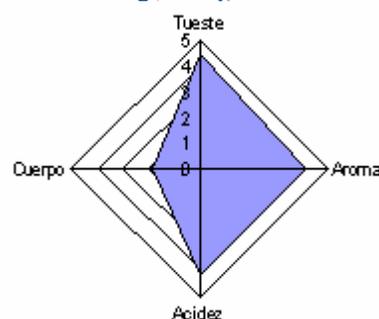
Circunferencia de la base del tronco **19.07 cm**

Área foliar dañada **6.67%**

Ramas secundarias con frutos **30/cafeto**

Ramas primarias sin frutos **1.33/cafeto**

Organolépticos



Taza (sabor global)



Sitio: **Mirador**

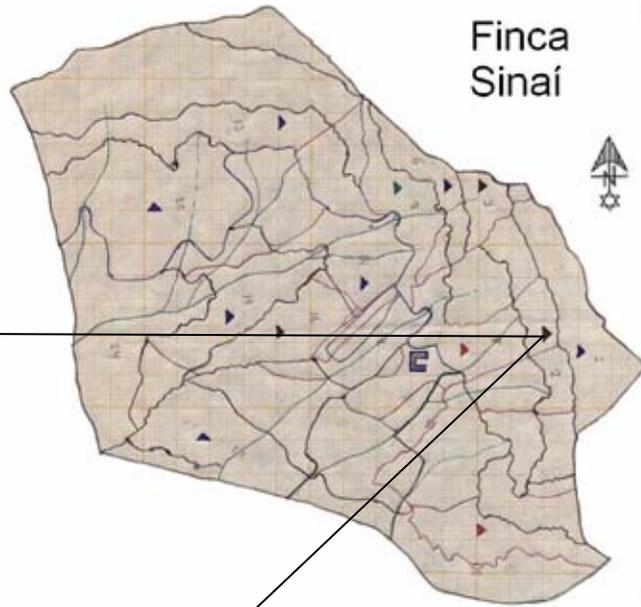
Manejo: Optimo

701100

703000

1785100

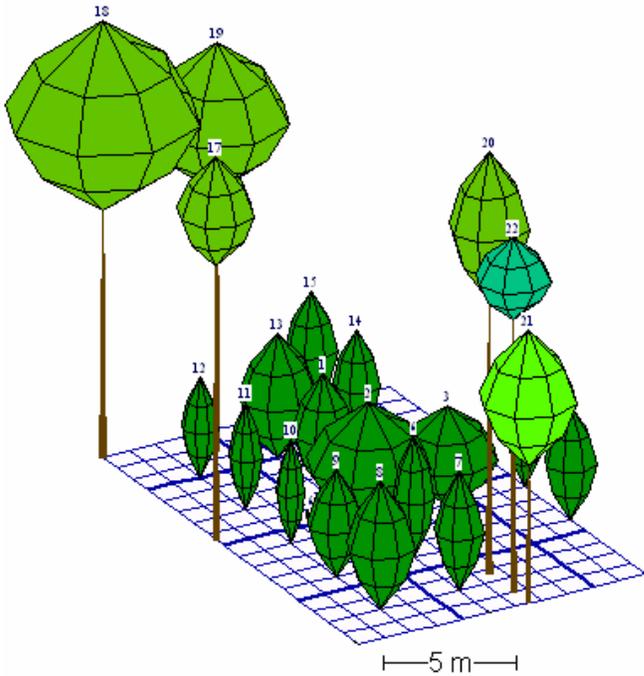
Finca
Sinaí



1783300

Ambientales

Coordenadas: X: 702710 Y: 1784070
 Altitud: 1350 msnm
 Orientación: 150° Sur Este
 Iluminación: 315.25 M² * S⁻¹



# árbol	Nombre común	Nombre científico
1 a 15	Cafetos estudiados	<i>Coffea arabica var. typica</i>
16	Perfil edáfico	
17 a 20	Cuil	Inga sp.
21	Cauda	?
22	cobre	?

Edáficos

Tipo de suelo **Alisol Cútanico Úmbrico (Húmico Hiperdístico Arénico)**

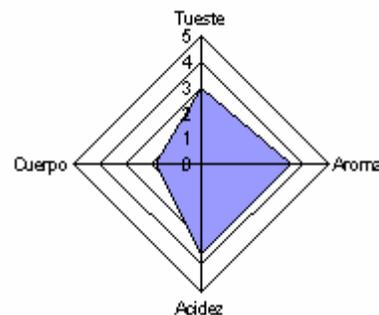
Profundidad **54 cm**
 pH (H₂O) (1:2.5) **5.5**
 Pedregosidad **Alta**
 Textura **Migajón arenoso**
 Calcio **2.6 cmol_c·kg⁻¹**
 Magnesio **0.3 cmol_c·kg⁻¹**
 Potasio **0.3 cmol_c·kg⁻¹**
 Sodio **0.1 cmol_c·kg⁻¹**
 Acidez extraíble **36 cmol_c·kg⁻¹**
 CIC* **39 cmol_c·kg⁻¹**
 Saturación Bases **8.5 %**
 Nitrógeno **0.77 %**
 Carbono orgánico **2.85 %**
 Fósforo **316 mg/kg**
 Densidad Aparente **0.87 g/ml**

Resultados del horizonte A
 *CIC: Capacidad intercambio catiónico

Fenológicos

Producción evaluada en granos **2.3g/ramas**
 Peso frutos: **1.87g**
 Peso granos: **0.17g**
 Dimensión de los frutos: **1.24*1.49*1.43 cm**
 Dimensión de los granos: **0.36*0.93*0.66 cm**
 Frutos rechazados (vanos) **50.2/cafeto**
 Altura de los cafetos **414 cm**
 Circunferencia de la base del tronco **42.53 cm**
 Área foliar dañada **90.6%**
 Ramas secundarias con frutos **115/cafeto**
 Ramas primarias sin frutos **1.13/cafeto**

Organolépticos



Taza (sabor global)



Sitio: Panteón

Manejo: Optimo

Ambientales

Coordenadas: W: 701730 N: 1784260

Altitud: 1025 msnm

Orientación: 150° Sureste

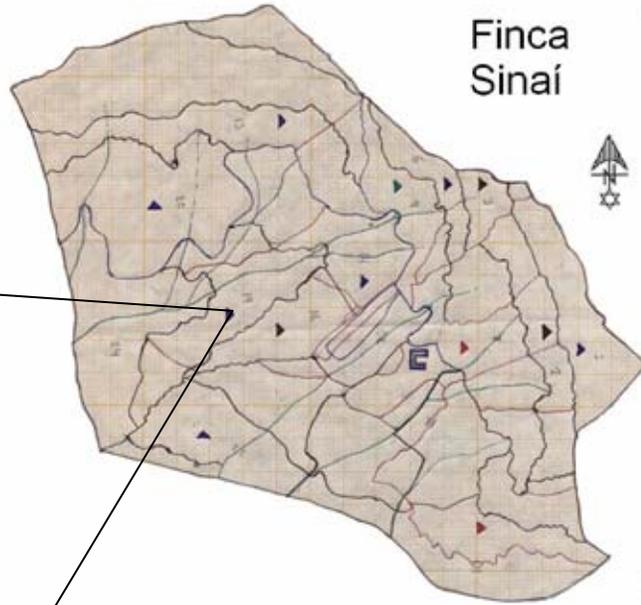
Iluminación: 112.63 M² * S⁻¹

701100

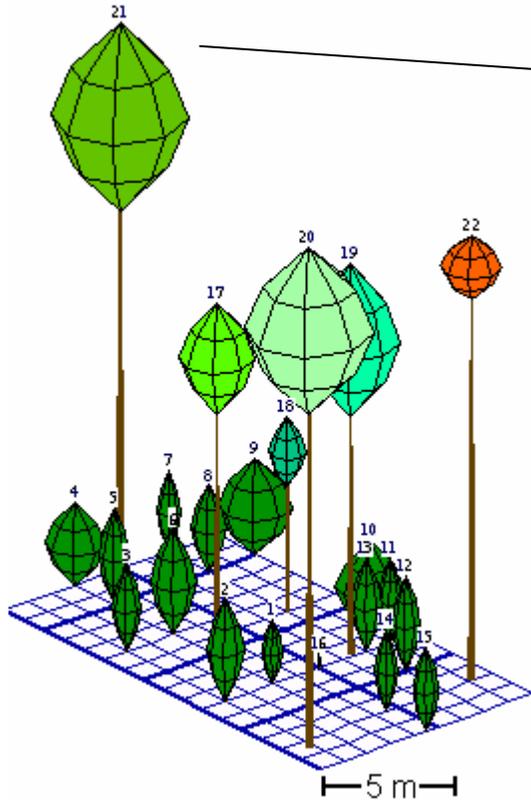
703000

1785100

Finca
Sinaí



1783300



# árbol	Nombre común	Nombre científico
1 a 15	Cafetos estudiados	<i>Coffea arabica var. mundo novo</i>
16	Perfil edáfico	
17	Cauda	?
18	Cuahilote	?
19	Palo blanco	?
20	Cuil	<i>Inga sp.</i>
21	Aguacatillo	<i>Persea sp.</i>
22	Guarumbo	<i>Cecropia sp.</i>

Edáficos

Tipo de suelo	Umbrisol Cámbico
Profundidad	40 cm
pH (H ₂ O) (1:2.5)	5.9
Pedregosidad	Alta
Textura	Migajón arenoso
Calcio	11 cmol_c·kg⁻¹
Magnesio	1.4 cmol_c·kg⁻¹
Potasio	0.1 cmol_c·kg⁻¹
Sodio	0.2 cmol_c·kg⁻¹
Acidez Extraíble	17 cmol_c·kg⁻¹
CIC*	30 cmol_c·kg⁻¹
Saturación de Bases	43 %
Nitrógeno	0.31 %
Carbono orgánico	2.8 %
Fósforo	339.27 mg/kg
Densidad Aparente	0.98 g/ml

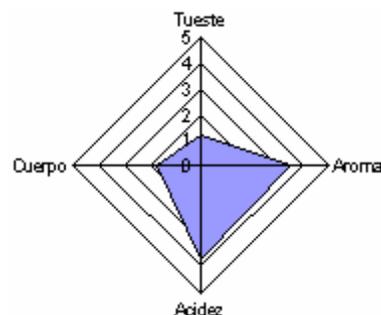
Resultados del horizonte A

*CIC: Capacidad intercambio catiónico

Fenológicos

Producción evaluada en granos	2.57g/ramas
Peso frutos:	1.82g
Peso granos:	0.18g
Dimensión de los frutos:	1.19*1.51*1.44 cm
Dimensión de los granos:	0.39*0.96*0.69 cm
Frutos rechazados (vanos)	25.2/cafeto
Altura de los cafetos	320.33 cm
Circunferencia de la base del tronco	33.17 cm
Área foliar dañada	6.4%
Ramas secundarias con frutos	80/cafeto
Ramas primarias sin frutos	1.93/cafeto

Organolépticos



Taza (sabor global)



Sitio: Portillo

Manejo: Nulo

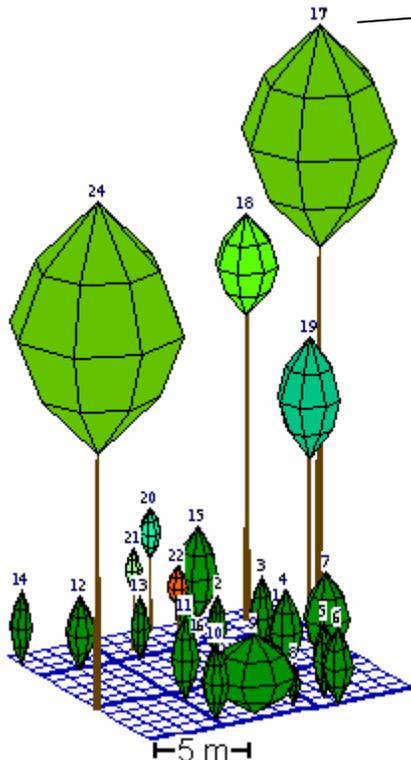
Ambientales

Coordenadas: X: 702270 Y: 1784520

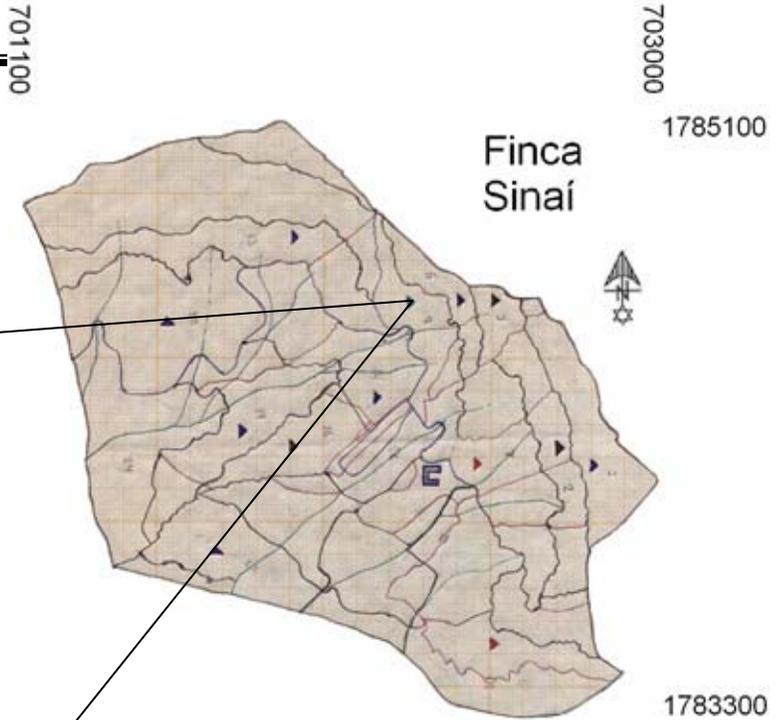
Altitud: 1225 msnm

Orientación: 140° Sureste

Iluminación: 163.07 M² * S⁻¹



# árbol	Nombre común	Nombre científico
1 a 15	Cafetos estudiados	<i>Coffea arabica var. typica</i>
16	Perfil edáfico	
17	Aguacate	<i>Persea sp.</i>
18	Capulin	?
19	Palo blanco	?
20	Cuahilote	?
21	Potonchiguite	?
22	Chuparrosal	<i>Hemelia sp.</i>
23	Cauda	?
24	Aguacate de cotorá	<i>Persea sp.</i>



Edáficos

Tipo de suelo **Umbrisol Mólico (Arénico)**

Profundidad **28 cm**

pH (H₂O) (1:2.5) **5.7**

Pedregosidad **Mediana**

Textura **Arena Migajón**

Calcio **6 cmol_c·kg⁻¹**

Magnesio **0.4 cmol_c·kg⁻¹**

Potasio **0.5 cmol_c·kg⁻¹**

Sodio **0.1 cmol_c·kg⁻¹**

Acidez Extraíble **6.5 cmol_c·kg⁻¹**

CIC* **13 cmol_c·kg⁻¹**

Saturación de Bases **52 %**

Nitrógeno **0.26 %**

Carbono orgánico **2.41 %**

Fósforo **392.62 mg/kg**

Densidad Aparente **1.1 g/ml**

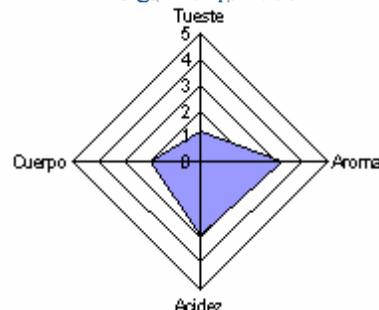
Resultados del horizonte A

*CIC: Capacidad intercambio catiónico

Fenológicos

Producción evaluada en granos	0.83 g/ramas
Peso frutos:	1.38g
Peso granos:	0.18g
Dimensión de los frutos:	1.16*1.46*1.36 cm
Dimensión granas:	0.42*0.94*0.68 cm
Frutos rechazados (vanos)	7.69/cafeto
Altura de los cafetos	366.47 cm
Circunferencia de la base del tronco	32.77 cm
Área foliar dañada	87.67%
Ramas secundarias con frutos	40.2/cafeto
Ramas primarias sin frutos	3.4/cafeto

Organolépticos



Taza (sabor global)



Sitio: **Presa**

Manejo: Optimo

Ambientales

Coordenadas: X: 702480 Y: 1784200

Altitud: 1275 msnm

Orientación: 160° Sureste

Iluminación: 97.13 M² * S⁻¹

701100

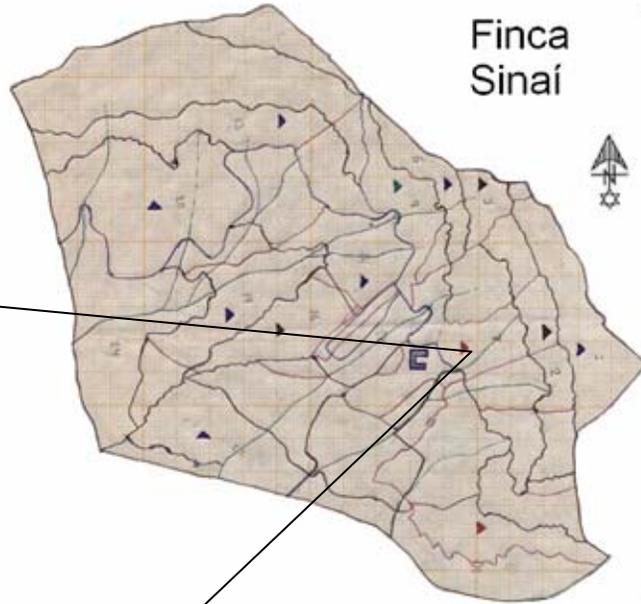
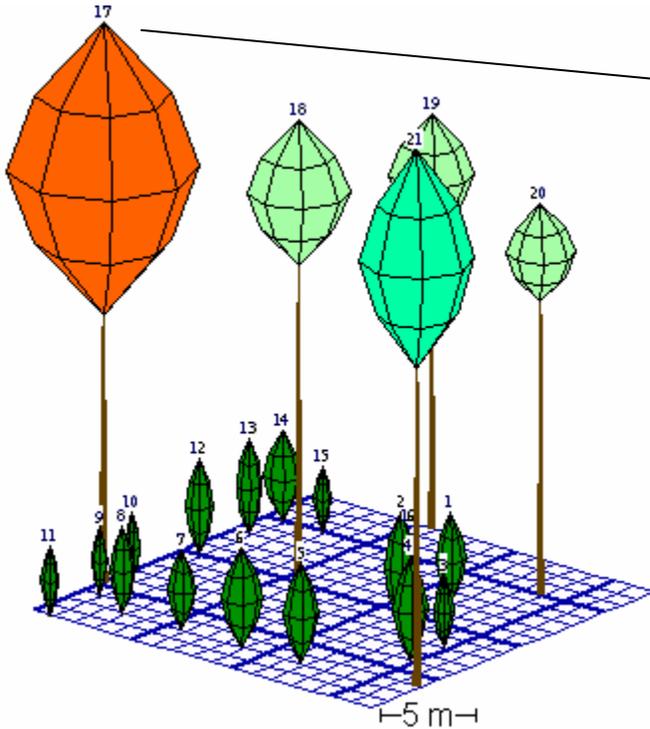
703000

1785100

Finca
Sinaí



1783300



Edáficos

Tipo de suelo **Alisol Cútanico Úmbrico (Húmico Hiperdístico)**

Profundidad **26 cm**

pH (H₂O) (1:2.5) **5.2**

Pedregosidad **Mediana**

Textura **Migajón arenoso**

Calcio **2.4 cmol_c·kg⁻¹**

Magnesio **0.3 cmol_c·kg⁻¹**

Potasio **0.4 cmol_c·kg⁻¹**

Sodio **0.1 cmol_c·kg⁻¹**

Acidez Extraíble **36 cmol_c·kg⁻¹**

CIC* **39.2 cmol_c·kg⁻¹**

Saturación de Bases **8.2 %**

Nitrógeno **0.62 %**

Carbono orgánico **5.55 %**

Fósforo **363.89 mg/kg**

Densidad Aparente **0.98 g/ml**

Resultados del horizonte A

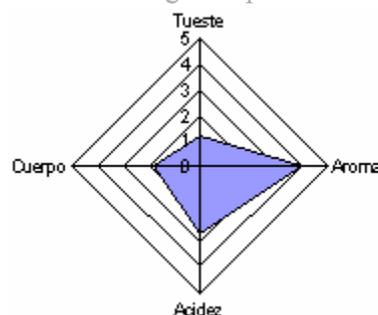
*CIC: Capacidad intercambio catiónico

# árbol	Nombre común	Nombre científico
1 a 15	Cafetos estudiados	<i>Coffea arabica var. typica</i>
16	Perfil edáfico	
17	Matapalo	<i>Ficus sp</i>
18 a 20	Cuil	<i>Inga sp.</i>
21	aguacate	<i>Persea sp.</i>

Fenológicos

Producción evaluada en granos	2.52g/ramas
Peso frutos:	1.99g
Peso granos:	1.8g
Dimensión de los frutos:	1.26*1.57*1.50 cm
Dimensión de los granos:	0.39*0.98*0.69 cm
Frutos rechazados (vanos)	65.73/cafeto
Altura de los cafetos	355.87 cm
Circunferencia de la base del tronco	23.77 cm
Área foliar dañada	71.33%
Ramas secundarias con frutos	91.73/cafeto
Ramas primarias sin frutos	0.87/cafeto

Organolépticos



Taza (sabor global)



Sitio: Profeta

Manejo: Optimo

Ambientales

Coordenadas: X: 701580 Y: 1783800

Altitud: 990 msnm

Orientación: 30° Noreste

Iluminación: 30.25 M² * S⁻¹

701100

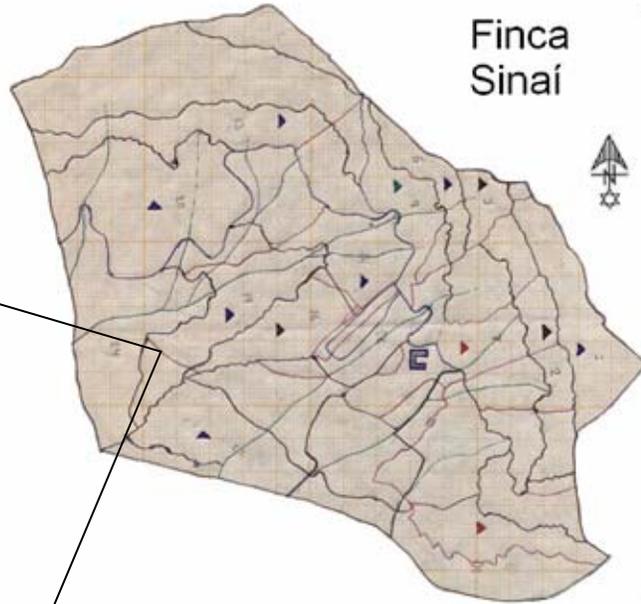
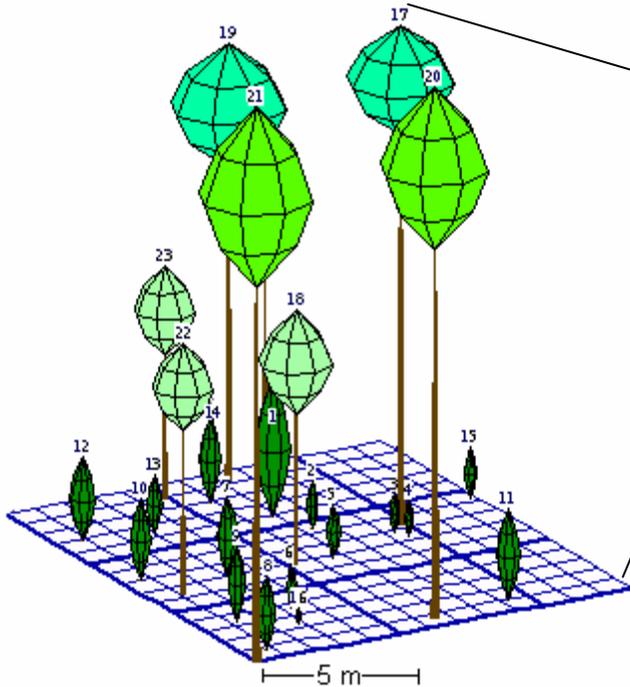
703000

1785100

Finca
Sinaí



1783300



Edáficos

Tipo de suelo **Alisol Cútanico Úmbrico (Húmico Profundo)**

Profundidad	29	cm
pH (H ₂ O) (1:2.5)	6.0	
Pedregosidad	Muy baja	
Textura	Migajón arcillo arenoso	
Calcio	9.8	cmol _c ·kg ⁻¹
Magnesio	1.6	cmol _c ·kg ⁻¹
Potasio	0.6	cmol _c ·kg ⁻¹
Sodio	0.2	cmol _c ·kg ⁻¹
Acidez Extraíble	18	cmol _c ·kg ⁻¹
CIC*	30.3	cmol _c ·kg ⁻¹
Saturación de Bases	40	%
Nitrógeno	0.20	%
Carbono orgánico	3.11	%
Fósforo	267.16	mg/kg
Densidad Aparente	1.08	g/ml

Resultados del horizonte A

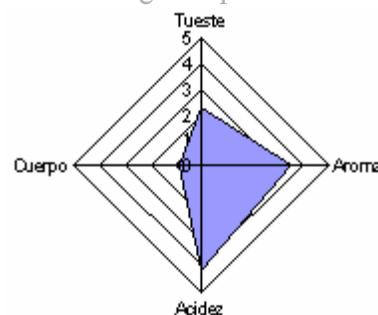
*CIC: Capacidad intercambio catiónico

# árbol	Nombre común	Nombre científico
1 a 15	Cafetos estudiados	<i>Coffea arabica var. mundo novo</i>
16	Perfil edáfico	
17	Guarumbo	<i>Cecropia sp.</i>
18	Naranja	<i>Citrus sp.</i>
19	Guarumbo	<i>Cecropia sp.</i>
20	Cuil	<i>Inga sp.</i>
21	Aguacate cotora	<i>Persea sp.</i>
22	Cobre	?
23	Palo blanco	?
24	Guanacastle	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>

Fenológicos

Producción evaluada en granos	3.16 g/ramas
Peso frutos:	1.39g
Peso granos:	0.17g
Dimensión de los frutos:	1.12*1.45*1.32 cm
Dimensión de los granos:	0.37*0.90*0.68 cm
Frutos rechazados (vanos)	10.67/cafeto
Altura de los cafetos	222.87 cm
Circunferencia de la base del tronco	14.93 cm
Área foliar dañada	7.33%
Ramas secundarias con frutos	37.8/cafeto
Ramas primarias sin frutos	0.8/cafeto

Organolépticos



Taza (sabor global)



Sitio: **Ranchito A**

Manejo: Nulo

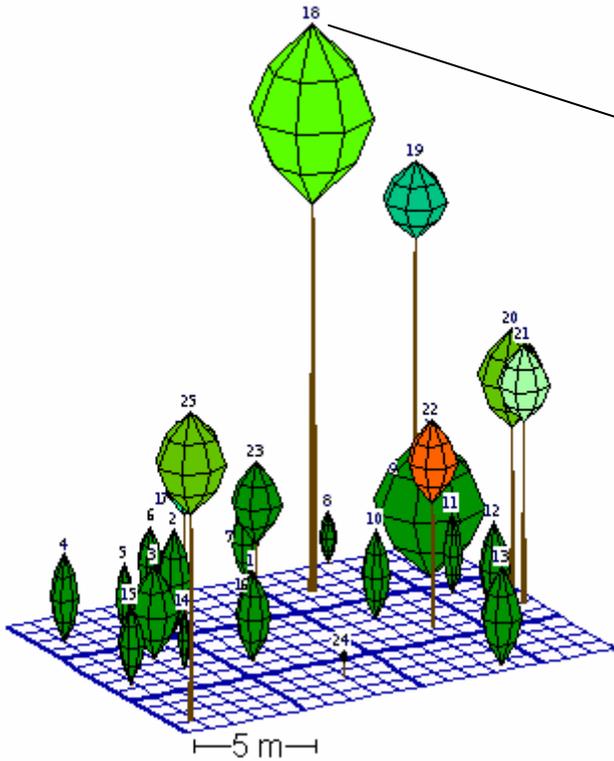
Ambientales

Coordenadas: X: 701800 Y: 1783670

Altitud: 950 msnm

Orientación: 210° Suroeste

Iluminación: 44.31 M² * S⁻¹



# árbol	Nombre común	Nombre científico
1 a 15	Cafetos estudiados	<i>Coffea arabica var. typica</i>
16	Perfil edáfico	
17	Palo de leche	?
18	Zapotillo	<i>Diospyros sp.</i>
19	Guarumbo	<i>Cecropia sp.</i>
20	Aguacate de cotorra	<i>Persea sp.</i>
21	Palo blanco	?
22	cuahilote	?
23	cobre	?
24	llegalan	<i>Eugenia sp.</i>
25	Aguacate de cotorra	<i>Persea sp.</i>

Fenológicos

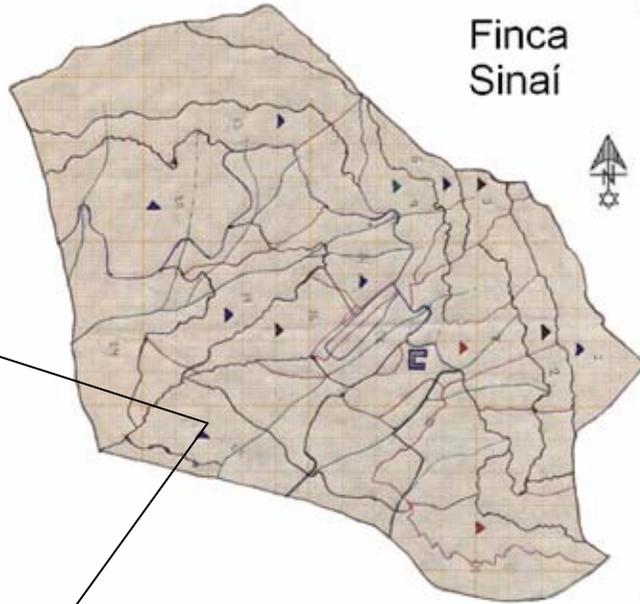
Producción evaluada en granos	0.88 g/ramas
Peso frutos:	1.56g
Peso granos:	0.16g
Dimensión de los frutos:	1.15*1.44*1.34 cm
Dimensión de los granos:	0.41*0.90*0.63 cm
Frutos rechazados (vanos)	10.67/cafeto
Altura de los cafetos	332.53 cm
Circunferencia de la base del tronco	31.13 cm
Área foliar dañada	7.33%
Ramas secundarias con frutos	40/cafeto
Ramas primarias sin frutos	2.93/cafeto

701100

703000

1785100

Finca
Sinaí



1783300

Edáficos

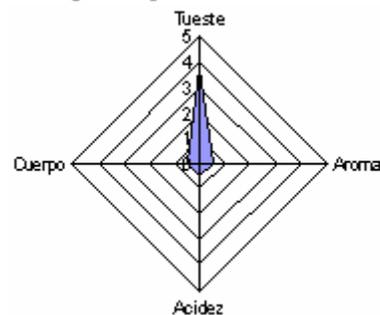
Tipo de suelo **Alisol Cútanico Úmbrico (Húmico Arénico)**

Profundidad	42.5 cm
pH (H ₂ O) (1:2.5)	4.7
Pedregosidad	Muy baja
Textura	Migajón arenoso
Calcio	14 cmol_c·kg⁻¹
Magnesio	1.8 cmol_c·kg⁻¹
Potasio	0.8 cmol_c·kg⁻¹
Sodio	0.2 cmol_c·kg⁻¹
Acidez Extraíble	19 cmol_c·kg⁻¹
CIC*	35.7 cmol_c·kg⁻¹
Saturación de Bases	46 %
Nitrógeno	0.39 %
Carbono orgánico	4.17 %
Fósforo	757.78 mg/kg
Densidad Aparente	0.99 g/ml

Resultados del horizonte A

*CIC: Capacidad intercambio catiónico

Organolépticos



Taza (sabor global)



Sitio: Soledad

Manejo: Optimo

Ambientales

Coordenadas: X: 702470 Y: 1784480

Altitud: 1300 msnm

Orientación: 80° Este

Iluminación: 121.13 M² * S⁻¹

701100

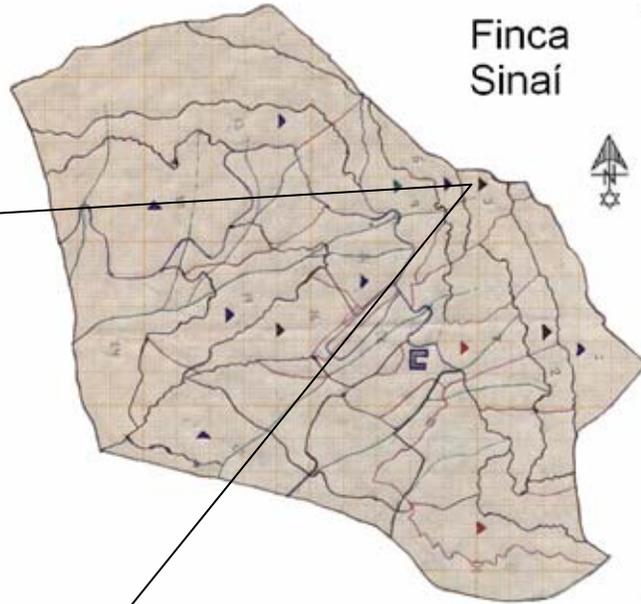
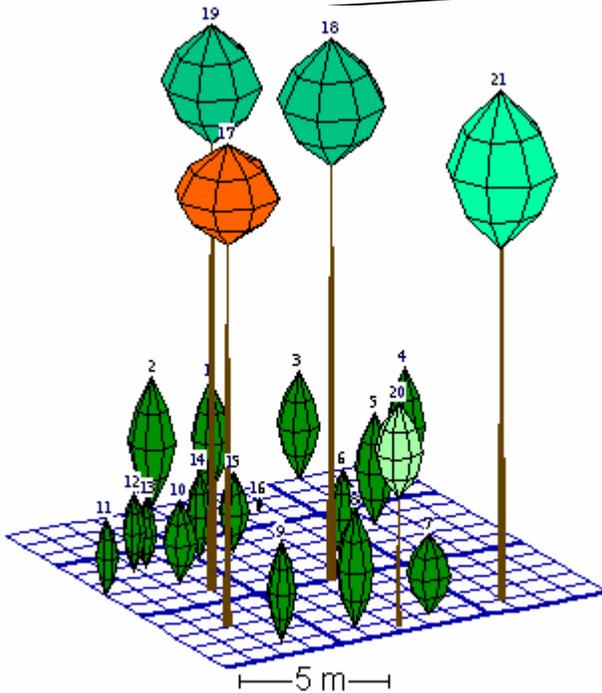
703000

1785100

Finca
Sinaí



1783300



Edáficos

Tipo de suelo **Alisol Cútanico Úmbrico (Hiperdístico Arénico)**

Profundidad	28	cm
pH (H ₂ O) (1:2.5)	5.3	
Pedregosidad	Mediana	
Textura	Migajón arenoso	
Calcio	5.5	cmol_c·kg⁻¹
Magnesio	0.46	cmol_c·kg⁻¹
Potasio	0.5	cmol_c·kg⁻¹
Sodio	0.01	cmol_c·kg⁻¹
Acidez Extraíble	27	cmol_c·kg⁻¹
CIC*	33.5	cmol_c·kg⁻¹
Saturación de Bases	19	%
Nitrógeno	0.38	%
Carbono orgánico	3.04	%
Fósforo	320.8	mg/kg
Densidad Aparente	1.1	g/ml

Resultados del horizonte A

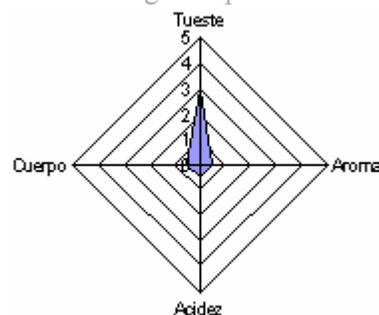
*CIC: Capacidad intercambio catiónico

# árbol	Nombre común	Nombre científico
1 a 15	Cafetos estudiados	<i>Coffea arabica var. Bourbon</i>
16	Perfil edáfico	
17	Guarumbo	<i>Cecropia sp.</i>
18, 19	Cuil	<i>Inga sp.</i>
20	Palo de leche	?
21	Capulin	?

Fenológicos

Producción evaluada en granos	1.93 g/ramas
Peso frutos:	1.80g
Peso granos:	0.18g
Dimensión de los frutos:	1.22*1.54*1.42 cm
Dimensión de los granos:	0.37*0.96*0.68 cm
Frutos rechazados (vanos)	21.27 /cafeto
Altura de los cafetos	305.6 cm
Circunferencia de la base del tronco	31.23 cm
Área foliar dañada	3.13%
Ramas secundarias con frutos	77.57/cafeto
Ramas primarias sin frutos	1.4/cafeto

Organolépticos



Taza (sabor global)



Sitio: **Tierra blanca**

Manejo: Optimo

Ambientales

Coordenadas: X: 702370 Y: 1784530

Altitud: 1250 msnm

Orientación: 150° Sureste

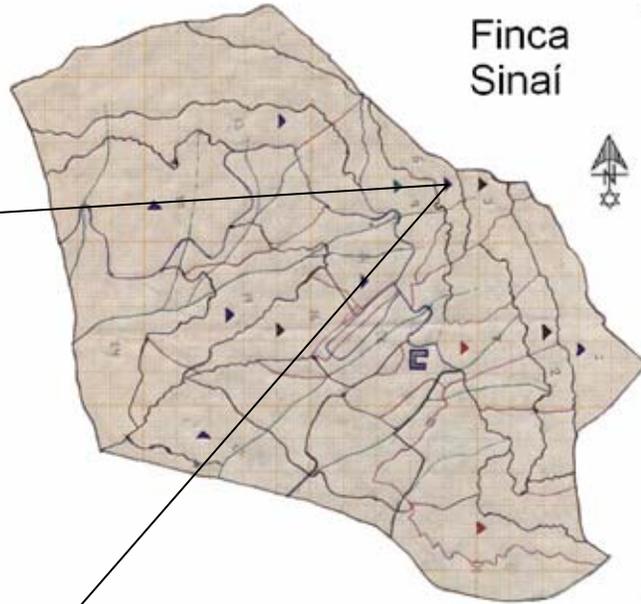
Iluminación: 172.75 M² * S⁻¹

701100

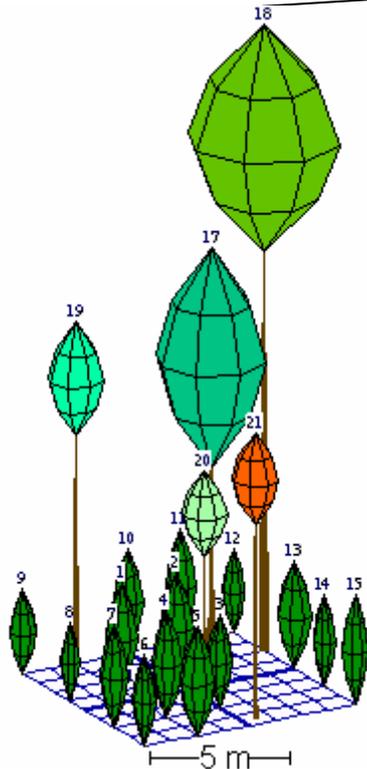
703000

1785100

Finca
Sinaí



1783300



# árbol	Nombre común	Nombre científico
1 a 15	Cafetos estudiados	<i>Coffea arabica var. mundo novo</i>
16	Perfil edáfico	
17	Palo blanco	?
18	Aguacate cotora	<i>Persea sp.</i>
19	Palo de gusano	?
20	Cobre	?
21	Palo macho	?

Edáficos

Tipo de suelo **Alisol Cútanico Úmbrico (Hiperdístico Arénico)**

Profundidad **27 cm**

pH (H₂O) (1:2.5) **5.5**

Pedregosidad **Mediana**

Textura **Arena migajón**

Calcio **5 cmol_c·kg⁻¹**

Magnesio **0.39 cmol_c·kg⁻¹**

Potasio **0.5 cmol_c·kg⁻¹**

Sodio **0.04 cmol_c·kg⁻¹**

Acidez Extraíble **11.6 cmol_c·kg⁻¹**

CIC* **17.5 cmol_c·kg⁻¹**

Saturación de Bases **34 %**

Nitrógeno **0.29 %**

Carbono orgánico **1.47 %**

Fósforo **265.73 mg/kg**

Densidad Aparente **1.04 g/ml**

Resultados del horizonte A

*CIC: Capacidad intercambio catiónico

Fenológicos

Producción evaluada en granos **2.62 g/ramas**

Peso frutos: **1.74g**

Peso granos: **0.17g**

Dimensión de los frutos: **1.24*1.49*1.41 cm**

Dimensión de los granos: **0.37*0.90*0.68 cm**

Frutos rechazados (vanos) **24.13 /cafeto**

Altura de los cafetos **350.67 cm**

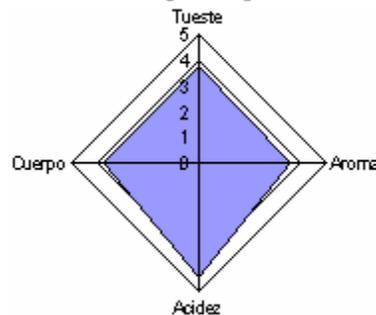
Circunferencia de la base del tronco **21.7 cm**

Área foliar dañada **2.8%**

Ramas secundarias con frutos **90.47/cafeto**

Ramas primarias sin frutos **0.73/cafeto**

Organolépticos



Taza (sabor global)



Sitio: **Triunfo**

Manejo: Bajo

Ambientales

Coordenadas: X: 702590 Y: 1783490

Altitud: 1175 msnm

Orientación: 225° Suroeste

Iluminación: 133 M² * S⁻¹

701100

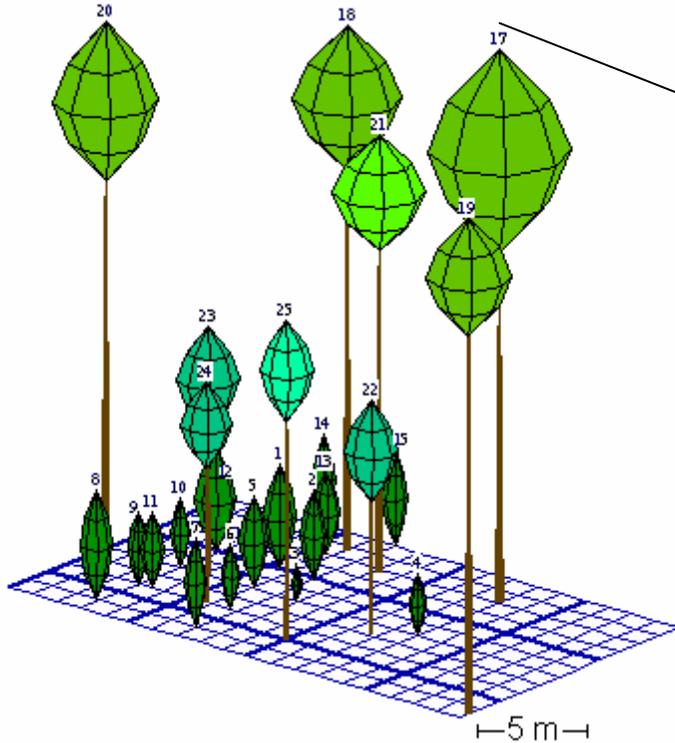
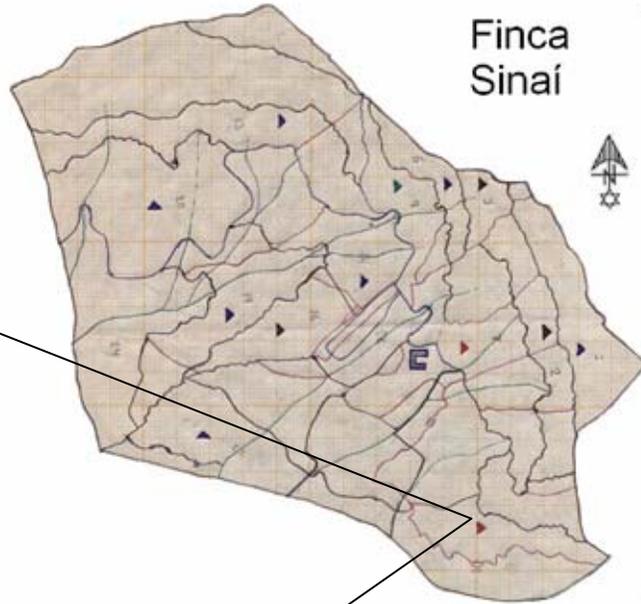
703000

1785100

Finca
Sinaí



1783300



Edáficos

Tipo de suelo **Umbrisol Cámbico (Húmico Hiperdístico)**

Profundidad	50.5	cm
pH (H ₂ O) (1:2.5)	5.5	
Pedregosidad	Muy baja	
Textura	Arena migajón	
Calcio	13.4	cmol_c·kg⁻¹
Magnesio	0.54	cmol_c·kg⁻¹
Potasio	0.7	cmol_c·kg⁻¹
Sodio	0.1	cmol_c·kg⁻¹
Acidez Extraíble	16.7	cmol_c·kg⁻¹
CIC*	31.4	cmol_c·kg⁻¹
Saturación de Bases	47	%
Nitrógeno	0.43	%
Carbono orgánico	3.96	%
Fósforo	498.63	mg/kg
Densidad Aparente	1.0	g/ml

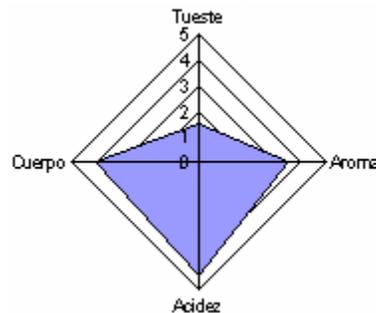
Resultados del horizonte A
*CIC: Capacidad intercambio catiónico

# árbol	Nombre común	Nombre científico
1 a 15	Cafetos estudiados	<i>Coffea arabica var. mundo novo</i>
16	Perfil edáfico	
17 a 20	Aguacate de cotorá	<i>Persea sp.</i>
21	Guarumbo	<i>Cecropia sp.</i>
22 a 24	Cobre	?
25	Palo masa	<i>Sapotaceae sp.</i>

Fenológicos

Producción evaluada en granos	0.58g/ramas
Peso frutos:	1.39g
Peso granos:	0.18g
Dimensión de los frutos:	1.21*1.49*1.37 cm
Dimensión granas:	0.41*0.97*0.68 cm
Frutos rechazados (vanos)	1.2/cafeto
Promedio altura	284.8 cm
Circunferencia de la base del tronco	21.77 cm
Área foliar dañada	3.47%
Ramas secundarias con frutos	37.64/cafeto
Ramas primarias sin frutos	6/cafeto

Organolépticos



Taza (sabor global)



Sitio: Zanjones

Manejo: Optimo

Ambientales

Coordenadas: X: 702050 Y: 1784020

Altitud: 1125 msnm

Orientación: 45° Noreste

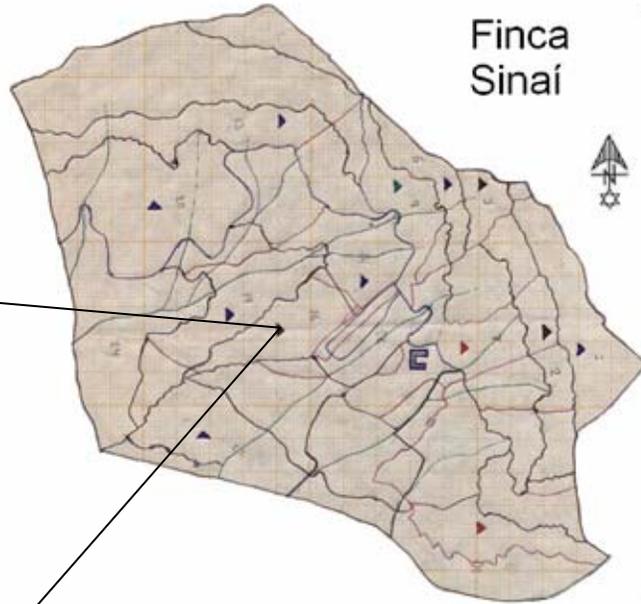
Iluminación: 133 M² * S⁻¹

701100

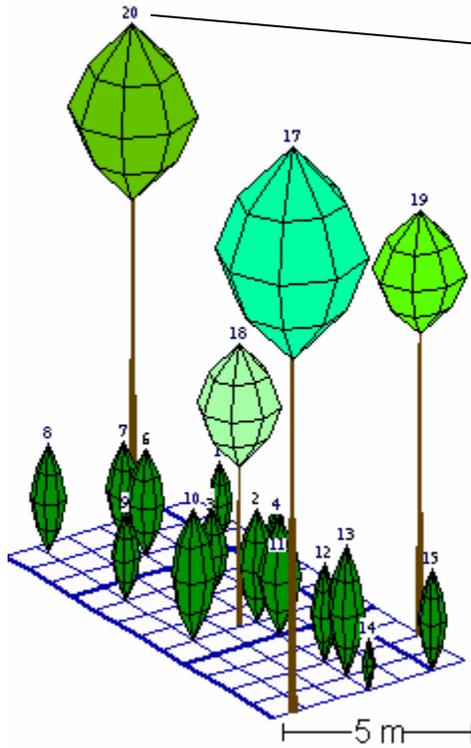
703000

1785100

Finca
Sinaí



1783300



# árbol	Nombre común	Nombre científico
1 a 15	Cafetos estudiados	<i>Coffea arabica var. mundo novo</i>
16	Perfil edáfico	
17	Cuil	<i>Inga sp.</i>
18	Cobre	?
19	Cauda	?
20	Aguacate	<i>Persea sp.</i>

Edáficos

Tipo de suelo **Umbrisol Cábico (Hiperdítrico)**

Profundidad	27	cm
pH (H ₂ O) (1:2.5)	4.5	
Pedregosidad	Baja	
Textura	Migajón	arcillo arenoso
Calcio	2.45	cmol_c·kg⁻¹
Magnesio	1.33	cmol_c·kg⁻¹
Potasio	0.9	cmol_c·kg⁻¹
Sodio	0.16	cmol_c·kg⁻¹
Acidez Extraíble	20.9	cmol_c·kg⁻¹
CIC*	25.7	cmol_c·kg⁻¹
Saturación de Bases	19	%
Nitrógeno	0.24	%
Carbono orgánico	3.6	%
Fósforo	313.37	mg/kg
Densidad Aparente	1.03	g/ml

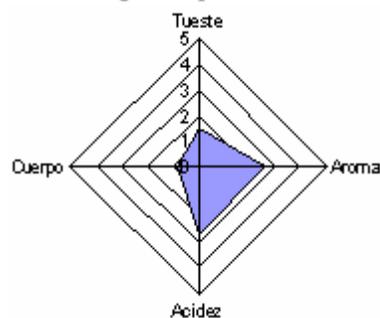
Resultados del horizonte A

*CIC: Capacidad intercambio catiónico

Fenológicos

Producción evaluada en granos	2.37g/ramas
Peso frutos:	1.46g
Peso granos:	0.16g
Dimensión de los frutos:	1.13*1.40*1.30 cm
Dimensión de los granos:	0.38*0.90*0.68 cm
Frutos rechazados (vanos)	42.21/cafeto
Altura de los cafetos	278.13 cm
Circunferencia de la base del tronco	24.27 cm
Área foliar dañada	4.8%
Ramas secundarias con frutos	69.4/cafeto
Ramas primarias sin frutos	0.53/cafeto

Organolépticos



Taza (sabor global)



Sitio: Zapotal

Manejo: Bajo

Ambientales

Coordenadas: X: 702460 Y: 1783700

Altitud: 1200 msnm

Orientación: 140° Sureste

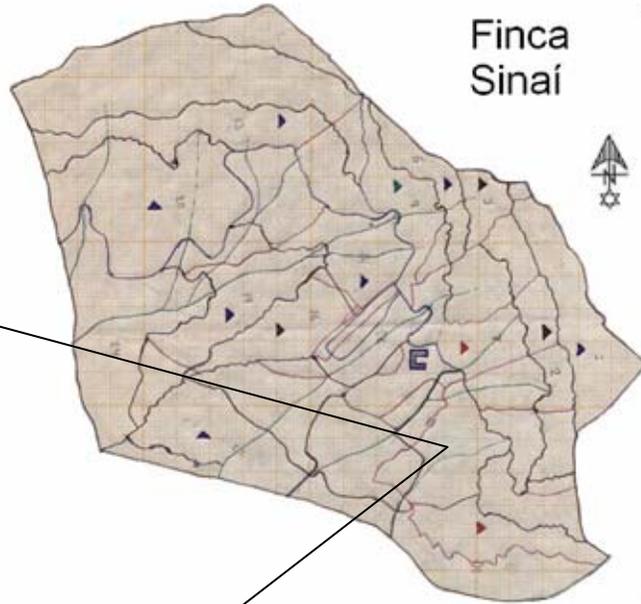
Iluminación: 82.38 M² * S⁻¹

701100

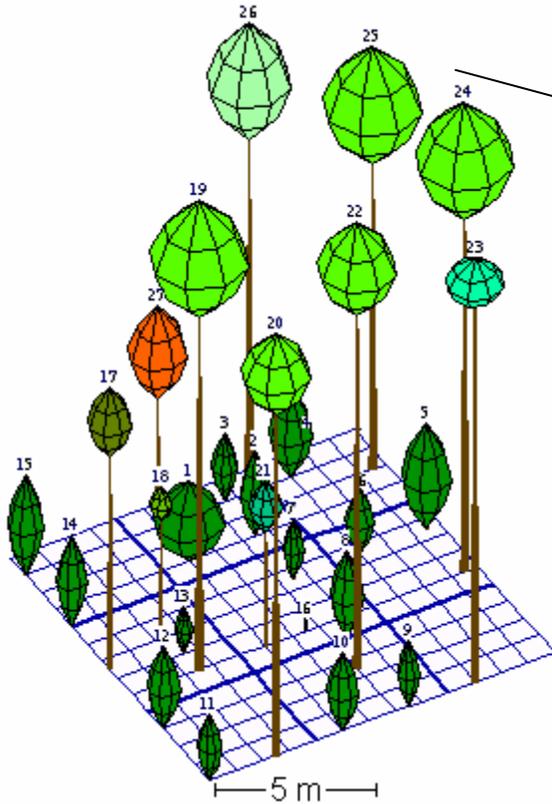
703000

1785100

Finca
Sinaí



1783300



# árbol	Nombre común	Nombre científico
1 a 15	Cafetos estudiados	<i>Coffea arabica var. typica</i>
16	Perfil edáfico	
17	Mameyito colorado	<i>Dopholis sp.</i>
18	Naranja	<i>Citrus sp.</i>
19, 20	Aguacate de piedra	<i>Persea sp.</i>
21	Cobre	?
22	Aguacate liso	<i>Persea sp.</i>
23	Cuil	<i>Inga sp.</i>
24	Aguacate liso	<i>Persea sp.</i>
25	Aguacate de piedra	<i>Persea sp.</i>
26	Cauda	?
27	Palo verde	?

Edáficos

Tipo de suelo **Umbrisol Cámbico (Hiperdístico)**

Profundidad **35 cm**

pH (H₂O) (1:2.5) **5.1**

Pedregosidad **Alta**

Textura **Migajón arenoso**

Calcio **6.43 cmol_c·kg⁻¹**

Magnesio **1.15 cmol_c·kg⁻¹**

Potasio **0.4 cmol_c·kg⁻¹**

Sodio **0.14 cmol_c·kg⁻¹**

Acidez Extraíble **17.3 cmol_c·kg⁻¹**

CIC* **25.4 cmol_c·kg⁻¹**

Saturación de Bases **32 %**

Nitrógeno **0.37 %**

Carbono orgánico **3.95 %**

Fósforo **249.13 mg/kg**

Densidad Aparente **0.94 g/ml**

Resultados del horizonte A

*CIC: Capacidad intercambio catiónico

Fenológicos

Producción evaluada en granos **1.29g/ramas**

Peso frutos: **1.76g**

Peso granos: **0.17g**

Dimensión de los frutos: **1.22*1.48*1.44 cm**

Dimensión de los granos: **0.40*0.94*0.69 cm**

Frutos rechazados (vanos) **10.53/cafeto**

Altura de los cafetos **331.07 cm**

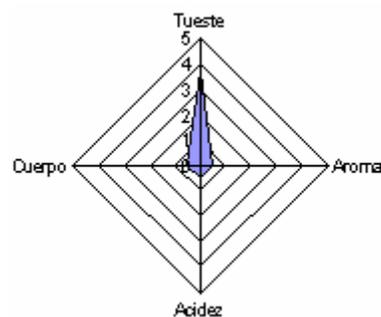
Circunferencia de la base del tronco **31.13 cm**

Área foliar dañada **31.33%**

Ramas secundarias con frutos **52.07/cafeto**

Ramas primarias sin frutos **1.73/cafeto**

Organolépticos



Taza (sabor global)



6.2 Resultados comparativos

Los resultados comparativos se dividen en dos grupos de productividad y de calidad.

Las variables consideradas como parámetros de la productividad fueron: el número de ramas con frutos (6.2.1), el porcentaje del área foliar dañada (6.2.2), el porcentaje de frutos rechazados (6.2.3) y la productividad evaluada en grano (6.2.4). Las relaciones entre esas variables y las edafo-ambientales se determinaron mediante coeficientes de correlación de Pearson, pruebas de T y análisis de varianza ANOVA (Zar 1999).

Las variables de calidad fueron; el volumen promedio de los granos (6.2.5), el peso promedio de los granos (6.2.6), el porcentaje de granos caracol (6.2.7), la uniformidad del tueste (6.2.8), el aroma de la bebida (6.2.9), la acidez del café preparado (6.2.10), el cuerpo del café (6.2.11) y la taza (sabor global) (6.2.12). Las relaciones entre estas variables y las edafo-ambientales se determinaron mediante coeficientes de correlación de Pearson, pruebas de T y análisis de varianza ANOVA (Zar 1999).

6.2.1 Relación entre el número de ramas con frutos y las variables edafo-ambientales.

Los sitios en manejo alto tuvieron una cantidad de ramas con frutos significativamente mayor a los sitios en manejo bajo (Figura 6.2.1.1). La pedregosidad, la variedad y el tipo de suelo no tuvieron efecto en el número de ramas con frutos (Figuras 6.2.1.2, 6.2.1.3, 6.2.1.4).

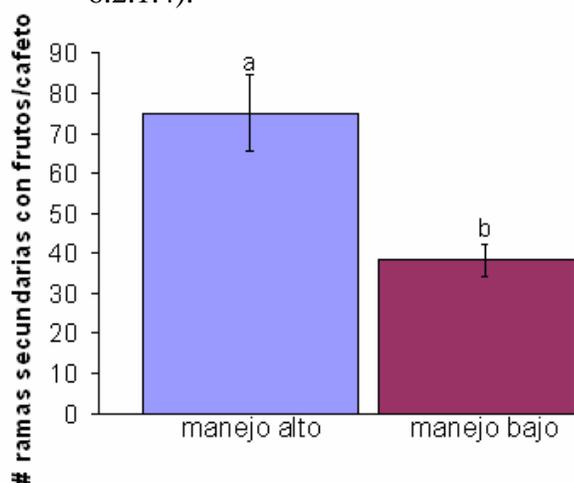


Figura 6.2.1.1. Valor promedio de la cantidad de ramas con frutos en dos tipos de manejo.

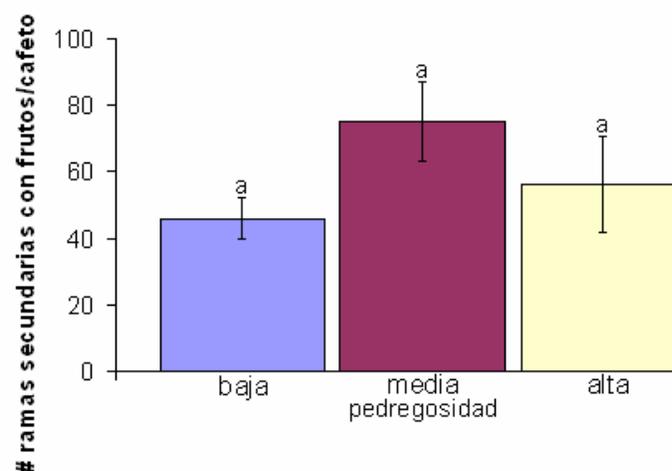


Figura 6.2.1.2. Valor promedio de la cantidad de ramas con frutos en tres niveles de pedregosidad.

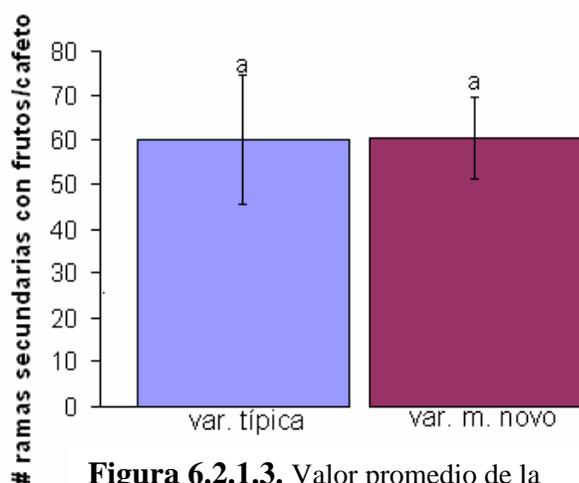


Figura 6.2.1.3. Valor promedio de la cantidad de ramas con frutos en *C. arabica* var. *típica* y *C. arabica* var. *mundo novo*.

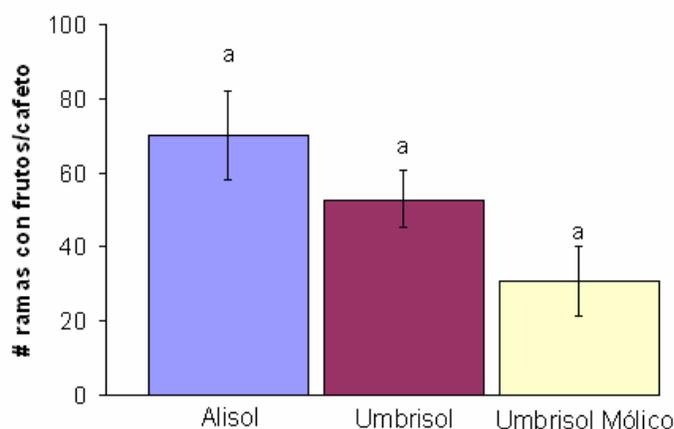


Figura 6.2.1.4. Valor promedio de la cantidad de ramas con frutos en Umbrisoles y Alisoles.

En los sitios con manejo alto el calcio y la densidad aparente se correlacionaron de forma significativa con la cantidad de ramas con frutos. Ninguna correlación fue significativa para los sitios en manejo bajo sin embargo, el pH y el potasio intercambiable tuvieron coeficientes de correlación de Pearson altos (Cuadro 6.2.1.1).

Cuadro 6.2.1.1. Resultados del análisis de correlación lineal entre la cantidad de ramas con frutos y las variables edafo-ambientales.

Variable	manejo alto		manejo bajo	
	R ²	P	R ²	P
Cantidad de luz	0.14	0.36	0.09	0.51
Última apertura de dosel	0.02	0.76	0.02	0.76
Edad de los cafetos	0.07	0.53	0.02	0.77
Altitud	0.11	0.43	0.02	0.75
Profundidad del horizonte A	0.08	0.50	0.04	0.68
pH	<0.01	0.95	0.50	0.08
% de Nitrógeno	0.45	0.07	0.29	0.22
% de Carbono	0.06	0.55	0.33	0.17
Fósforo asimilable	0.01	0.78	<0.01	0.90
Calcio	0.54	0.04	0.46	0.09
Sodio	0.17	0.31	0.30	0.20
Potasio	0.21	0.26	0.50	0.08
Magnesio	0.23	0.23	0.28	0.22
Capacidad de intercambio catiónico	0.02	0.77	0.27	0.23
% de saturación de bases	0.50	0.05	0.61	0.04
Acidez extractable	0.27	0.19	0.01	0.87
Densidad aparente	0.55	0.04	0.11	0.47
% de arcilla	0.20	0.26	0.49	0.08
% de arena	0.12	0.40	0.33	0.18
% de limo	0.08	0.49	0.03	0.70

Resultados edáficos del horizonte A. Los números en negritas representan correlaciones significativas.

Al efectuar una gráfica de regresión entre la cantidad de ramas con frutos y el porcentaje de nitrógeno se observa un rápido aumento en la cantidad de ramas con frutos a medida que se incrementa el porcentaje de nitrógeno en los sitios con manejo alto, en cambio, en los sitios con manejo bajo el incremento es poco pronunciado y disminuye después de un cierto límite (Figura 6.2.1.5).

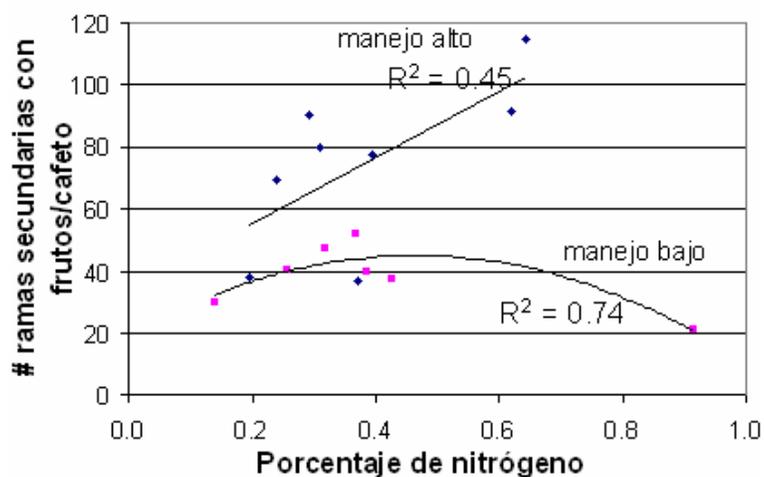


Figura 6.2.1.5. Gráfica de regresión entre la cantidad de ramas con frutos y el porcentaje de nitrógeno.

6.2.2 Relación entre el porcentaje de área foliar dañada y las variables edafo-ambientales.

El tipo de manejo no influyó en el porcentaje de área foliar dañada (Figura 6.2.2.1). Tampoco se encontró ningún efecto por la pedregosidad y el tipo de suelo (Figura 6.2.2.2, 6.2.2.4). En contraparte, la variedad *typica* tuvo un porcentaje de área foliar dañada significativamente mayor a la variedad *mundo novo* (Figura 6.2.2.3).

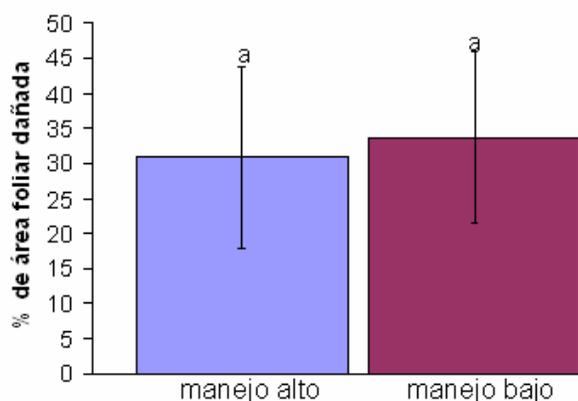


Figura 6.2.2.1. Valor promedio del % de daño foliar en dos tipos de manejo.

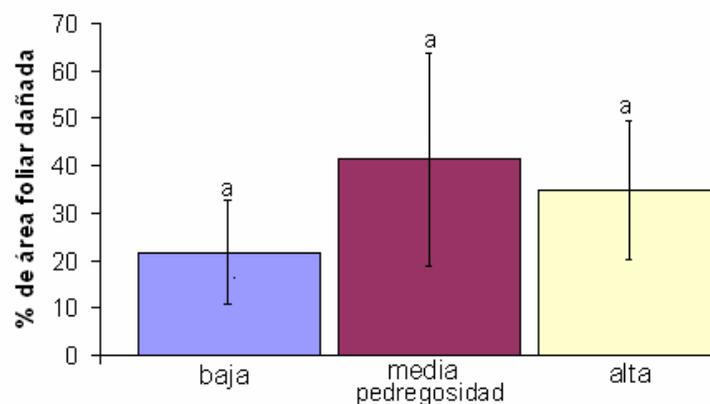


Figura 6.2.2.2. Valor promedio del % de daño foliar en tres niveles de pedregosidad edáfica.

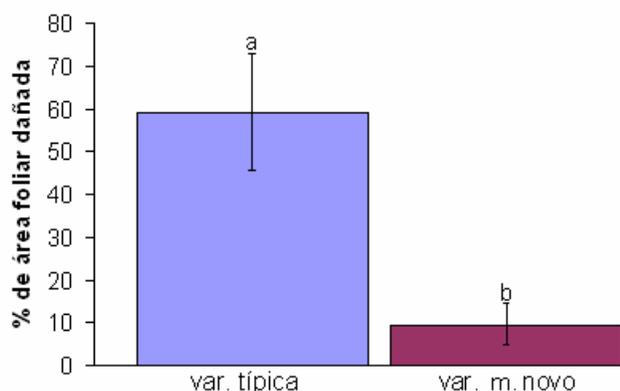


Figura 6.2.2.3. Valor promedio del % de daño foliar en *C. arabica* var. *typica* y *C. arabica* var. *mundo novo*.

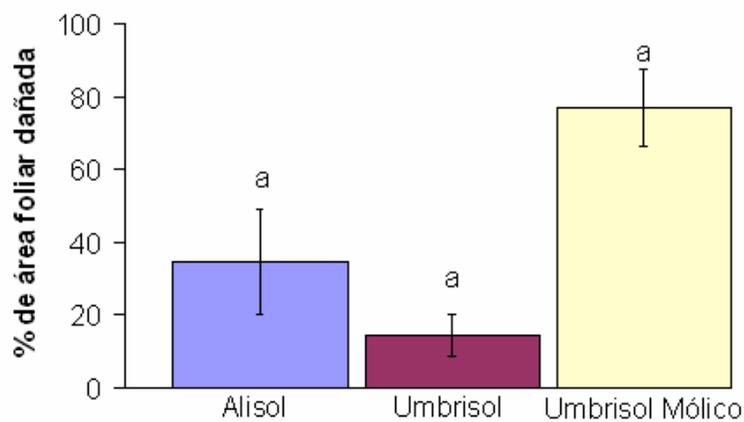


Figura 6.2.2.4. Valor promedio del % de daño foliar en Umbrisoles y Alisoles

El análisis de correlación lineal de Pearson no encontró ninguna correlación significativa para ambas variedades (Cuadro 6.2.2.1). Sin embargo, la cantidad de luz tuvo bajos valores de *P* y una tendencia (similar en ambas variedades) a incrementar el porcentaje de daño foliar a medida que aumenta la cantidad de luz (Figura 6.2.2.5).

Cuadro 6.2.2.1. Resultados del análisis de correlación lineal entre el porcentaje de área foliar dañada y las variables edafo-ambientales.

Variable	R²	P	R²	P
Cantidad de luz	0.59	0.07	0.60	0.07
Última apertura de dosel	<0.01	0.98	0.01	0.89
Edad de los cafetos	0.02	0.81	0.03	0.75
Altitud	0.54	0.10	0.27	0.29
Profundidad del horizonte A	0.01	0.87	0.02	0.79
pH	0.40	0.18	0.05	0.67
% de Nitrógeno	0.09	0.57	<0.01	0.91
% de Carbono	<0.01	0.98	0.23	0.34
Fósforo asimilable	0.37	0.20	0.05	0.69
Calcio	0.04	0.72	0.11	0.52
Sodio	0.10	0.55	0.14	0.47
Potasio	0.03	0.73	0.21	0.37
Magnesio	0.24	0.33	0.18	0.40
Capacidad de intercambio catiónico	<0.01	0.97	0.09	0.57
% de saturación de bases	0.06	0.63	0.12	0.50
Acidez extractable	0.05	0.67	<0.01	0.99
Densidad aparente	<0.01	0.90	0.16	0.43
% de arcilla	0.17	0.42	0.11	0.52
% de arena	0.36	0.21	0.12	0.50
% de limo	0.42	0.16	0.10	0.53

Resultados edáficos del horizonte A. Los números en negritas representan correlaciones significativas.

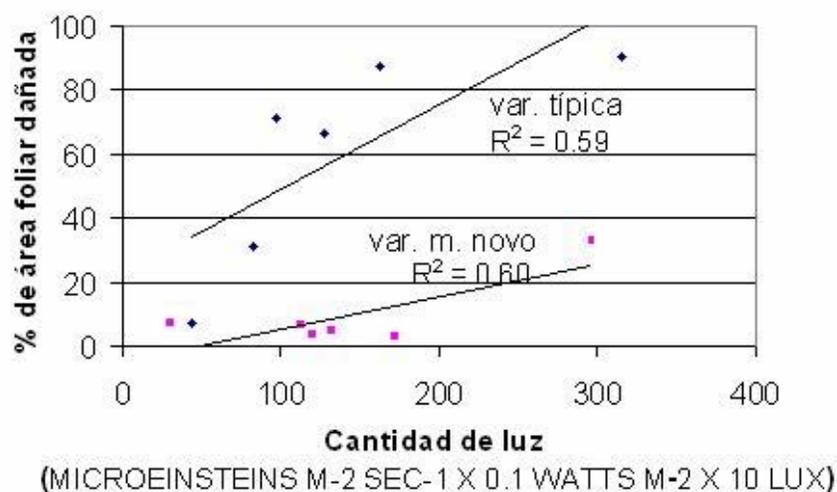


Figura 6.2.2.5. Gráfica de correlación entre el porcentaje de área foliar dañada y la profundidad del horizonte A

6.2.3 Relación entre el porcentaje de frutos rechazados (vanos) y las variables edafo-ambientales.

El porcentaje de frutos rechazados de los sitios con manejo bajo fue estadísticamente igual a los de los sitios con manejo alto (Figura 6.2.3.1). Éste porcentaje tendió a aumentar en los sitios más pedregosos, pero la prueba ANOVA no detectó diferencias significativas entre las medias (Figura 6.2.3.2). La variedad *typica* tuvo un porcentaje de frutos rechazados significativamente mayor que la variedad *mundo novo* (Figura 6.2.3.3). No se registró efecto significativo del tipo de suelo sobre el porcentaje de frutos vanos (Figura 6.2.3.4).

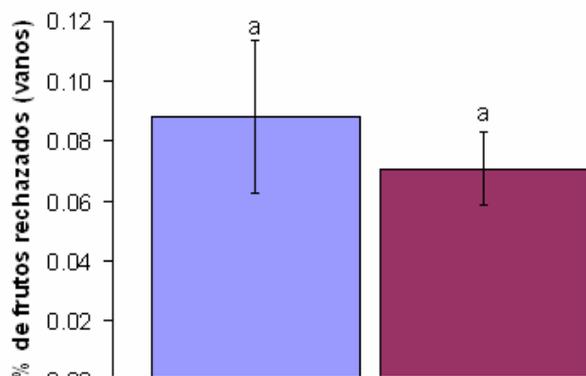


Figura 6.2.3.1. Valor promedio del % de frutos rechazados en dos tipos de manejo.

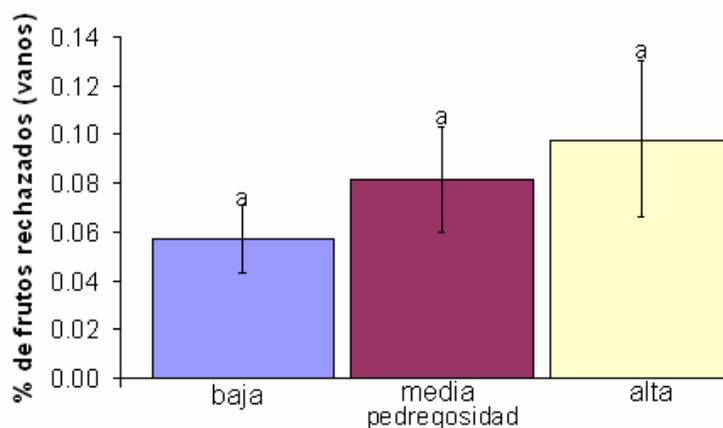


Figura 6.2.3.2. Valor promedio del % de frutos rechazados en tres niveles de pedregosidad edáfica.

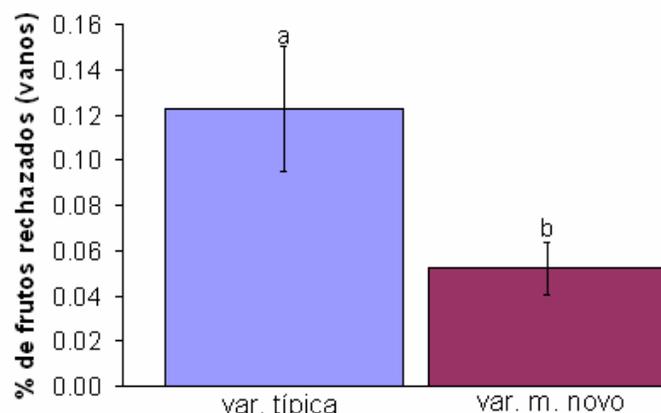


Figura 6.2.3.3. Valor promedio del % de frutos rechazados en *C. arabica* var. *typica* y *C. arabica* var. *mundo novo*.

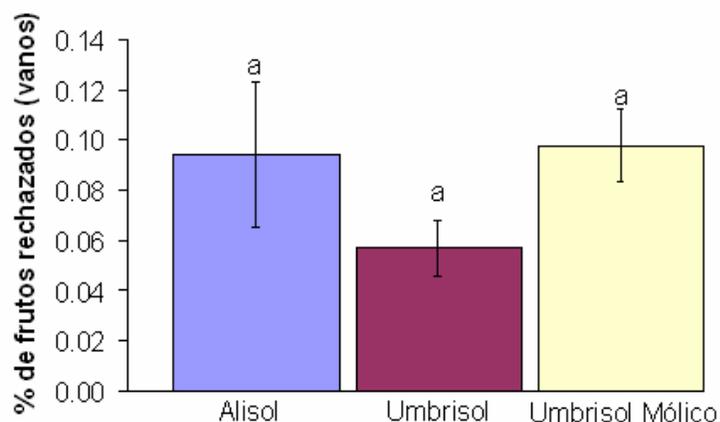


Figura 6.2.3.4. Valor promedio del % de frutos rechazados en Umbrisoles y Alisoles

Solamente la cantidad de luz en la variedad *typica* se correlacionó con el porcentaje de frutos rechazados (Cuadro 6.2.3.1).

Cuadro 6.2.3.1. Resultados del análisis de correlación lineal entre el % de frutos rechazados y las variables edafo-ambientales. Los números en negritas representan correlaciones significativas.

Variable	típica		mundo novo	
	R ²	P	R ²	P
Cantidad de luz	0.78	0.02	0.16	0.43
Última apertura de dosel	0.42	0.16	0.01	0.84
Edad de los cafetos	0.60	0.07	<0.01	0.99
Altitud	0.30	0.27	0.06	0.65
Profundidad del horizonte A	0.51	0.11	0.34	0.23
pH	<0.01	0.97	0.41	0.17
% de Nitrógeno	0.04	0.72	0.19	0.38
% de Carbono	0.13	0.48	0.08	0.60
Fósforo asimilable	0.01	0.86	0.19	0.39
Calcio	0.18	0.40	0.34	0.22
Sodio	0.18	0.40	0.22	0.34
Potasio	0.16	0.43	0.02	0.77
Magnesio	0.29	0.27	0.28	0.28
Capacidad de intercambio catiónico	0.01	0.87	0.01	0.85
% de saturación de bases	0.38	0.19	0.45	0.15
Acidez extractable	0.38	0.20	0.28	0.28
Densidad aparente	0.01	0.89	0.04	0.71
% de arcilla	0.05	0.67	0.43	0.16
% de arena	0.06	0.64	0.47	0.13
% de limo	0.04	0.72	0.33	0.23

El porcentaje de bases en ambas variedades de café cultivado tuvo la misma pendiente en el análisis de regresión con una tendencia a disminuir la cantidad de frutos vanos al incrementar el porcentaje de saturación de bases (Figura 6.2.3.5).

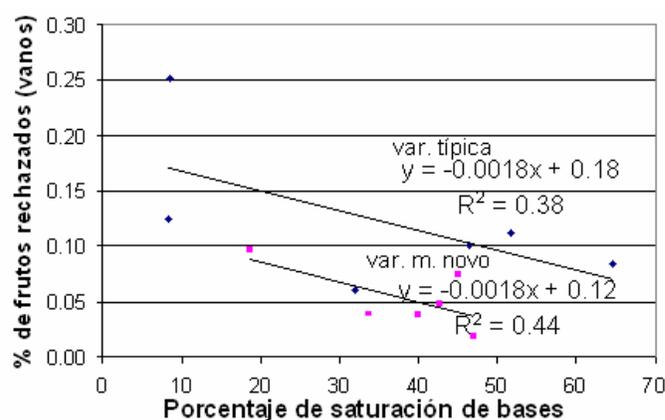


Figura 6.2.3.5. Gráfica de regresión entre el porcentaje de frutos rechazados y el porcentaje de saturación de bases del horizonte A.

6.2.4 Relación entre la productividad de semillas y las variables edafo-ambientales.

Los sitios caracterizados con manejo alto presentaron una productividad significativamente más alta que los sitios con manejo bajo (Figura 6.2.4.1). La productividad tuvo una tendencia a disminuir al incrementarse la pedregosidad aunque la prueba estadística ANOVA no detectó diferencias significativas entre las medias (Figura 6.2.4.2). La variedad *mundo novo* tuvo una productividad 55% mayor a la variedad *typica*, pero no se encontraron diferencias significativas con la prueba de T (Figura 6.2.4.3). Los suelos caracterizados como Alisoles fueron significativamente más productivos que los suelos caracterizados como Umbrisoles (Figura 6.2.4.4).

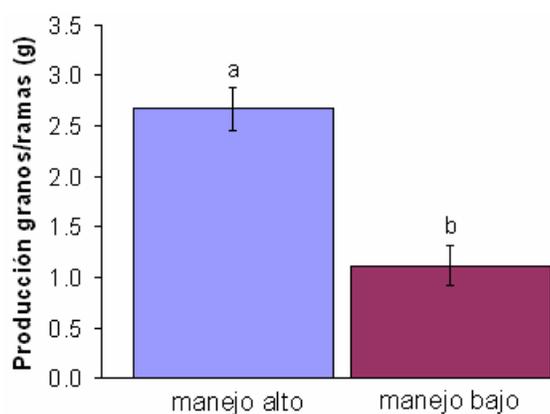


Figura 6.2.4.1. Valor promedio de la productividad de café en dos tipos de manejo.

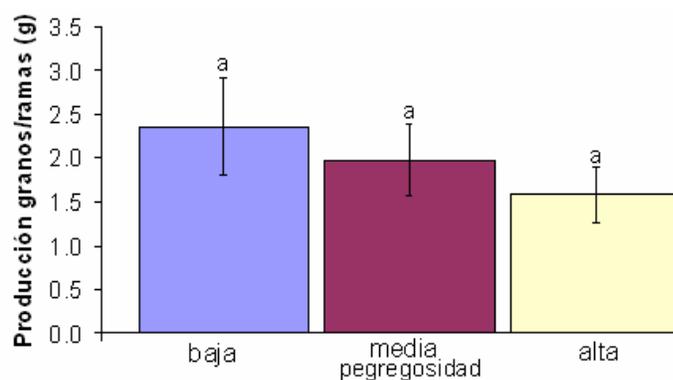


Figura 6.2.4.2. Valor promedio de la productividad de café en tres niveles de pedregosidad edáfica.

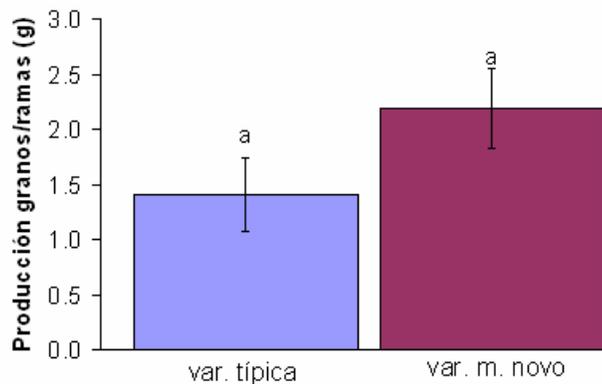


Figura 6.2.4.3. Valor promedio de la productividad de café en *C. arabica* var. *typica* y *C. arabica* var. *mundo novo*.

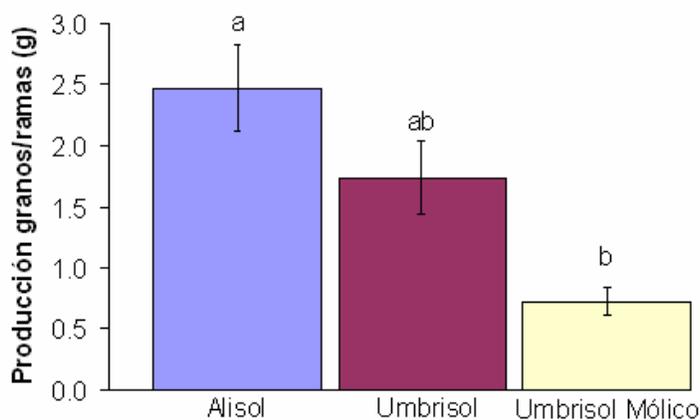


Figura 6.2.4.4. Valor promedio de la productividad de café en Umbrisoles y Alisoles.

En el caso de las variables continuas el análisis de correlación lineal de Pearson encontró que en los sitios con manejo alto solamente el calcio se correlacionó de forma significativa con la productividad. Ninguna correlación fue significativa en los sitios con manejo bajo, la correlación más fuerte fue con el porcentaje de arcilla (Cuadro 6.2.4.1).

Cuadro 6.2.4.1. Resultados del análisis de correlación lineal entre la productividad y las variables edafo-ambientales.

Variable	manejo alto		manejo bajo	
	R ²	P	R ²	P
Cantidad de luz	0.01	0.80	0.04	0.68
Última apertura de dosel	0.16	0.32	0.20	0.31
Edad de los cafetos	0.01	0.78	0.23	0.28
Altitud	<0.01	0.95	0.01	0.87
Profundidad del horizonte A	0.02	0.73	0.04	0.66
pH	<0.01	0.90	0.04	0.65
% de Nitrógeno	0.08	0.51	0.36	0.16
% de Carbono	0.10	0.46	0.23	0.28
Fósforo asimilable	0.10	0.44	0.28	0.22
Calcio	0.59	0.03	0.26	0.24
Sodio	0.07	0.51	0.01	0.87
Potasio	0.02	0.74	0.53	0.06
Magnesio	0.01	0.82	0.01	0.86
Capacidad de intercambio catiónico	<0.01	0.98	0.20	0.31
% de saturación de bases	0.47	0.06	0.30	0.20
Acidez extractable	0.15	0.34	0.06	0.59
Densidad aparente	0.06	0.55	0.35	0.16
% de arcilla	<0.01	0.98	0.49	0.08
% de arena	<0.01	0.97	0.04	0.66
% de limo	<0.01	0.93	0.19	0.33

Resultados edáficos del horizonte A. Los números en negritas representan correlaciones significativas.

La profundidad del horizonte A se correlacionó de forma no lineal (rango 2) con la productividad. En ambos tipos de manejo la productividad máxima fue alrededor de 40 cm.

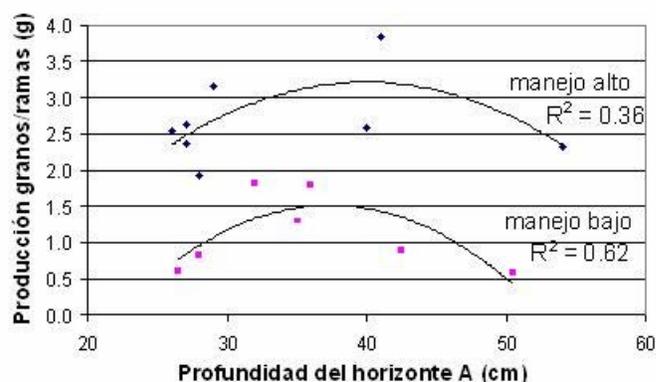


Figura 6.2.4.5. Gráfica de regresión entre la productividad y la profundidad del horizonte A 67

6.2.5 Relación entre el volumen de las semillas y las variables edafo-ambientales.

En cuanto al volumen de las semillas no hubo diferencias significativas entre los dos niveles de manejo (Figura 6.2.5.1). Tampoco se encontró alguna tendencia entre el grado de pedregosidad y el volumen de los granos (Figura 6.2.5.2). La variedad *typica* y la variedad *mundo novo* registraron volumen medio de grano iguales (Figura 6.2.5.3). Las semillas cosechadas sobre Umbrisoles tuvieron una varianza de volumen menor a las cosechadas sobre Alisoles. Sin embargo, las medias fueron estadísticamente iguales (Figura 6.2.5.4).

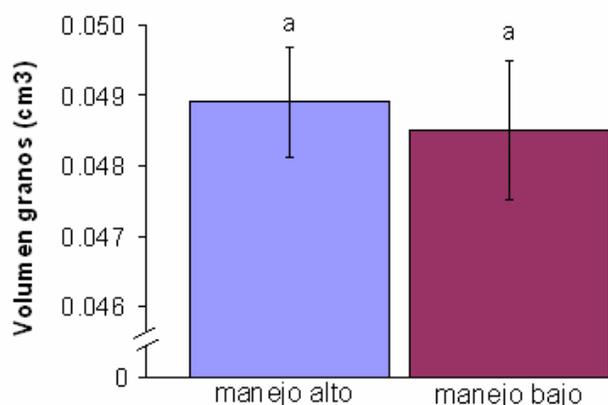


Figura 6.2.5.1. Valor promedio del volumen de las semillas en dos tipos de manejo.

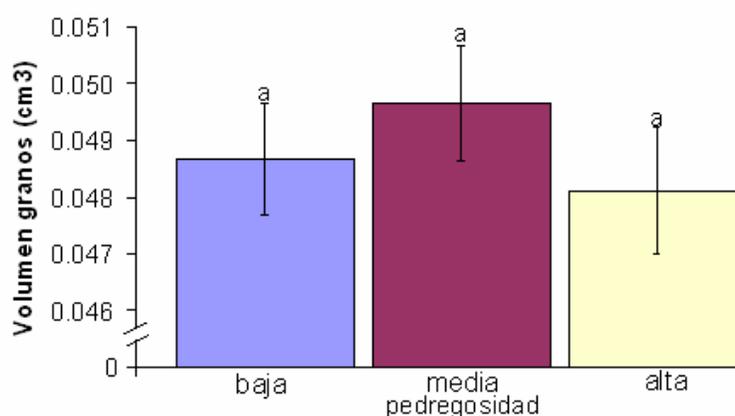


Figura 6.2.5.2. Valor promedio del volumen de las semillas en tres niveles de pedregosidad edáfica.

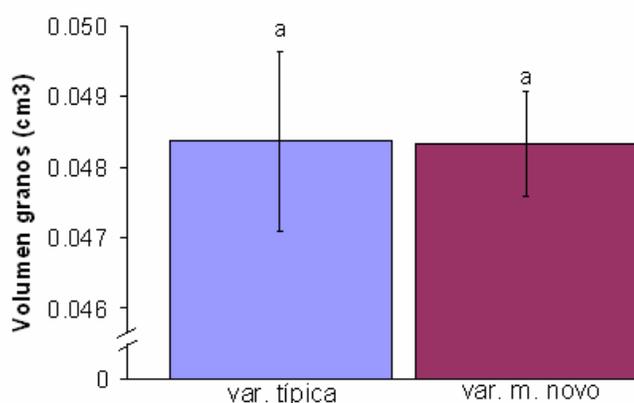


Figura 6.2.5.3. Valor promedio del volumen de las semillas en *C. arabica* var. *typica* y *C. arabica* var. *mundo novo*.

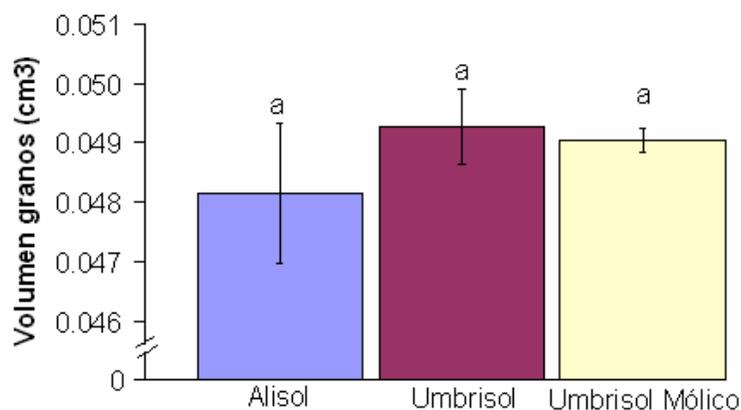


Figura 6.2.5.4. Valor promedio del volumen de las semillas en Umbrisoles y Alisoles.

La única variable edafo-ambiental continua que se correlacionó de forma significativa con el volumen de las semillas fue la altitud (Cuadro 6.2.5.1).

Cuadro 6.2.5.1. Resultados del análisis de correlación lineal entre el volumen de las semillas y las variables edafo-ambientales.

Variable	R ²	P
Cantidad de luz	<0.01	0.95
Última apertura de dosel	0.03	0.57
Edad de los cafetos	0.07	0.35
Altitud	0.28	0.04
Profundidad del horizonte A	0.01	0.77
pH	0.05	0.44
% de Nitrógeno	0.02	0.64
% de Carbono	0.01	0.71
Fósforo asimilable	0.14	0.16
Calcio	<0.01	0.91
Sodio	<0.01	0.81
Potasio	0.06	0.37
Magnesio	0.16	0.15
Capacidad de intercambio catiónico	<0.01	0.99
% de saturación de bases	<0.01	0.81
Acidez extractable	0.01	0.78
Densidad aparente	0.01	0.79
% de arcilla	0.04	0.48
% de arena	0.08	0.31
% de limo	0.06	0.36

Resultados edáficos del horizonte A. Los números en negritas representan correlaciones significativas.

En la Figura 6.2.5.5 se observa un ligero incremento del volumen de las semillas al incrementar la altitud.

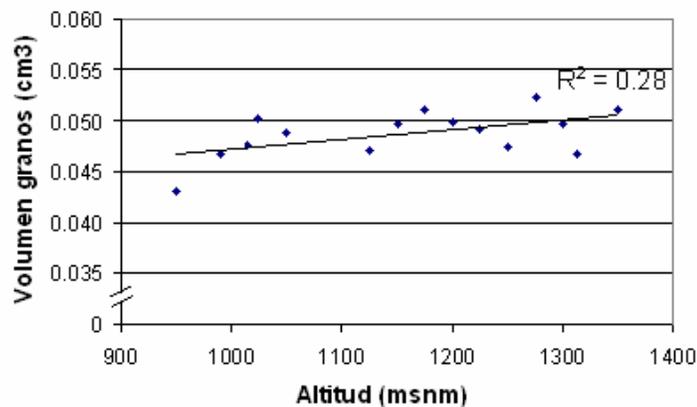


Figura 6.2.5.5. Gráfica de regresión entre el volumen de las semillas y la altitud

6.2.6 Relación entre el peso de las semillas verdes y las variables edafo-ambientales.

En nuestros resultados el peso de las semillas no fue afectado ni por el tipo de suelo, ni por el nivel de pedregosidad, ni por la variedad cultivada. Tampoco se detectó algún efecto del tipo de suelo sobre el peso de los granos (Figura 6.2.6.1, 6.2.6.2, 6.2.6.3, 6.2.6.4).

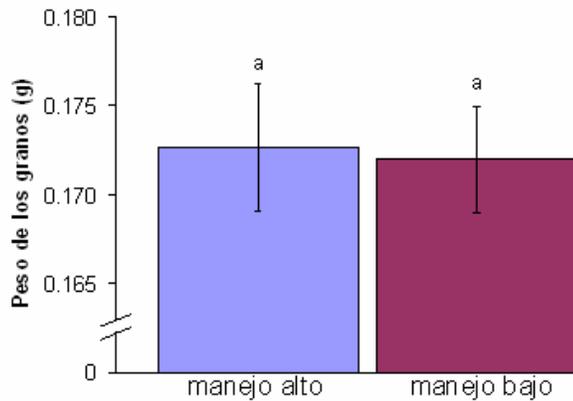


Figura 6.2.6.1. Valor promedio del peso de las semillas verdes en dos tipos de manejo.

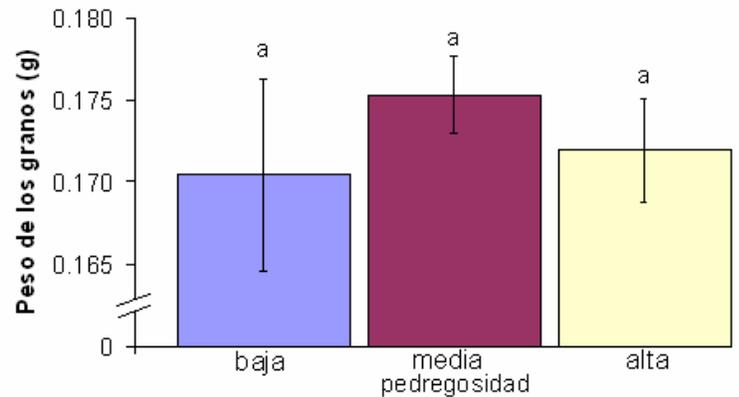


Figura 6.2.6.2. Valor promedio del peso de las semillas verdes en tres niveles de pedregosidad edáfica.

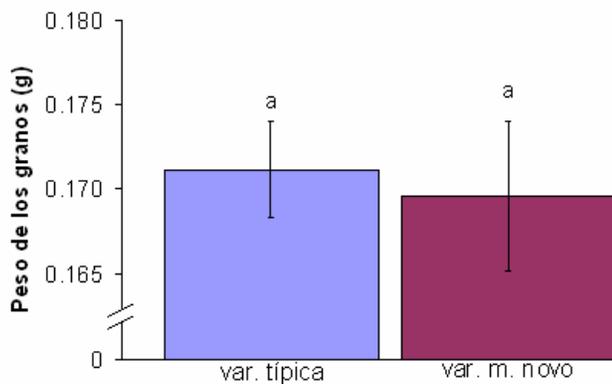


Figura 6.2.6.3. Valor promedio del peso de las semillas verdes en *C. arabica* var. *typica* y *C. arabica* var. *mundo novo*.

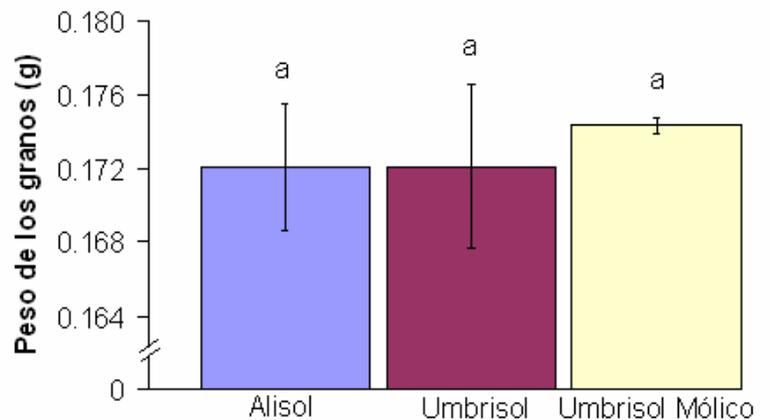


Figura 6.2.6.4. Valor promedio del peso de las semillas verdes en Umbrisoles y Alisoles.

Ninguna variable edafo-ambiental continua se correlacionó de forma significativa con el peso de las semillas verdes y la correlación más fuerte fue con el porcentaje de arena del horizonte A (Cuadro 6.2.6.1).

Cuadro 6.2.6.1. Resultados del análisis de correlación lineal entre el peso de las semillas verdes y las variables edafo-ambientales.

Variable	R ²	P
Cantidad de luz	0.01	0.79
Última apertura de dosel	<0.01	0.89
Edad de los cafetos	0.09	0.26
Altitud	0.20	0.09
Profundidad del horizonte A	0.02	0.60
pH	0.09	0.27
% de Nitrógeno	0.02	0.62
% de Carbono	0.01	0.77
Fósforo asimilable	0.01	0.76
Calcio	0.03	0.55
Sodio	<0.01	0.81
Potasio	0.04	0.45
Magnesio	0.12	0.21
Capacidad de intercambio catiónico	<0.01	0.81
% de saturación de bases	0.03	0.54
Acidez extractable	<0.01	0.92
Densidad aparente	0.01	0.79
% de arcilla	0.21	0.08
% de arena	0.23	0.07
% de limo	0.05	0.41

Resultados edáficos del horizonte A. Los números en negritas representan correlaciones significativas.

En la Figura 6.2.6.5 se aprecia un ligero aumento del peso de los granos al incrementar el porcentaje de arena del horizonte A.

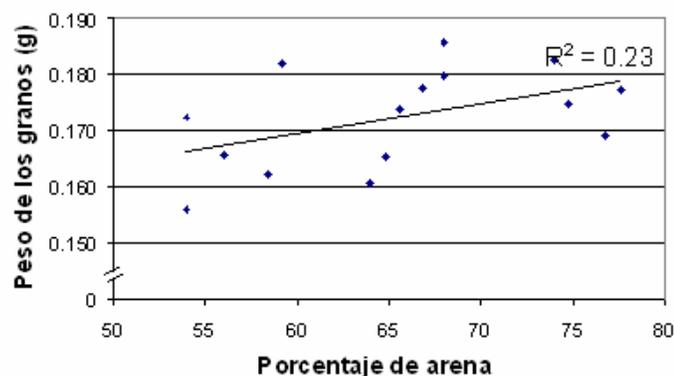


Figura 6.2.6.5. Gráfica de regresión entre el peso de las semillas verdes y el porcentaje de arena del horizonte A

6.2.7 Relación entre el porcentaje de semillas caracolillos y las variables edaf-ambientales.

El nivel de manejo, el grado de pedregosidad, la variedad cultivada y el tipo de suelo no mostraron efecto significativo sobre el porcentaje de semillas caracolillo (Figuras 6.2.7.1, 6.2.7.2, 6.2.7.3 y 6.2.7.4)

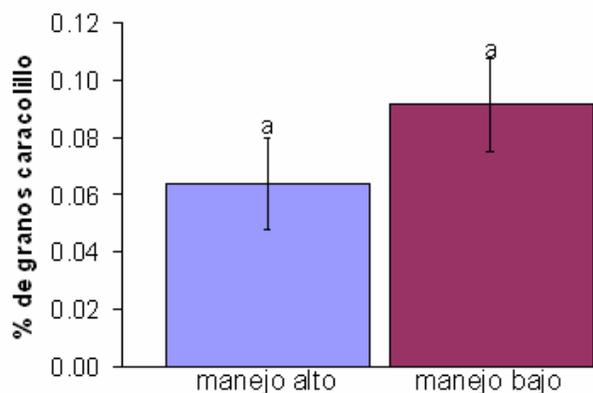


Figura 6.2.7.1. Valor promedio del % de semillas caracolillo de café en dos tipos de manejo.

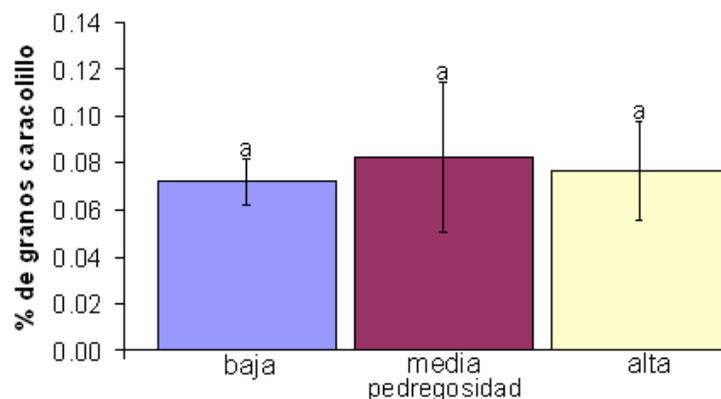


Figura 6.2.7.2. Valor promedio del % de semillas caracolillo en tres niveles de pedregosidad edáfica.

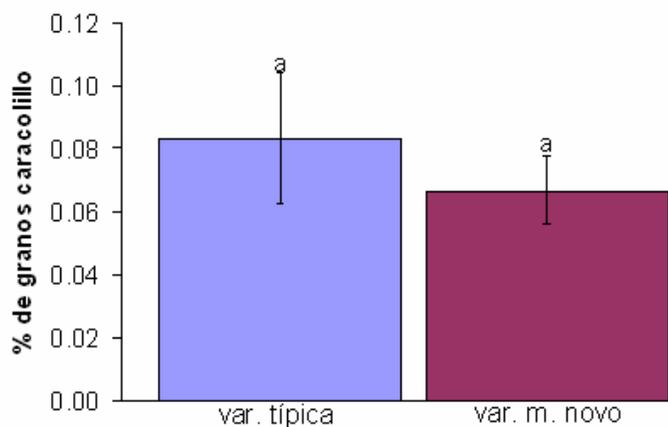


Figura 6.2.7.3. Valor promedio del % de semillas caracolillo en *C. arabica* var. *typica* y *C. arabica* var. *mundo novo*.

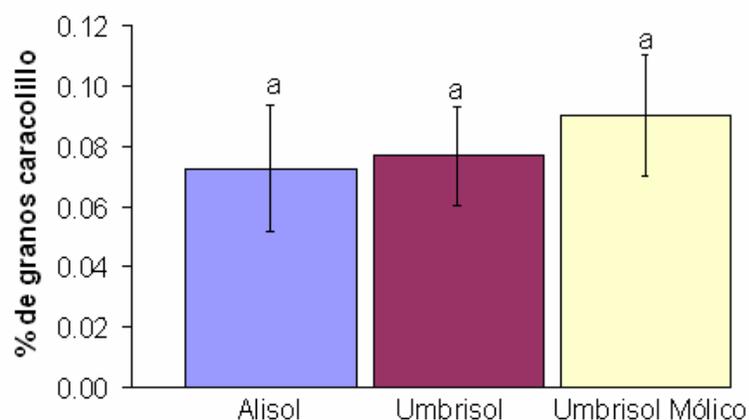


Figura 6.2.7.4. Valor promedio del % de semillas caracolillo en Umbrisoles y Alisoles.

La totalidad de las variables continuas tuvieron un coeficiente de correlación de Pearson muy bajo con el porcentaje de semillas caracolillo (Cuadro 6.2.7.1).

Cuadro 6.2.7.1. Resultados del análisis de correlación lineal entre el porcentaje de semillas caracolillo y las variables edafo-ambientales.

Variable	R²	P
Cantidad de luz	0.01	0.69
Última apertura de dosel	0.07	0.36
Edad de los cafetos	0.09	0.29
Altitud	0.05	0.43
Profundidad del horizonte A	0.02	0.63
pH	0.10	0.25
% de Nitrógeno	0.01	0.72
% de Carbono	<0.01	0.86
Fósforo asimilable	0.14	0.17
Calcio	0.02	0.59
Sodio	0.01	0.76
Potasio	<0.01	0.86
Magnesio	0.04	0.50
Capacidad de intercambio catiónico	<0.01	0.99
% de saturación de bases	0.05	0.41
Acidez extractable	0.03	0.56
Densidad aparente	<0.01	0.82
% de arcilla	0.04	0.49
% de arena	0.11	0.23
% de limo	0.14	0.18

Resultados edáficos del horizonte A. Los números en negritas representan correlaciones significativas.

6.2.8 Relación entre la uniformidad del tueste y las variables edafo-ambientales.

En el tipo de manejo la prueba estadística T mostró que los valores medios de la uniformidad del tueste en los sitios con manejo alto y con manejo bajo son estadísticamente iguales (Figura 6.2.8.1). La prueba de ANOVA realizada para los tres niveles de pedregosidad concluyó que los datos de las muestras apoyan la aseveración de que no existe tendencia alguna (Figura 6.2.8.2). En tanto a la variedad cultivada, las muestras no proporcionaron indicios suficientes para determinar que la uniformidad del tueste de la variedad *typica* sea estadísticamente mayor a la de la variedad *mundo novo* (Figura 6.2.8.3). También, la uniformidad de la torrefacción fue estadísticamente igual en Umbrisoles y Alisoles (Figura 6.2.8.4).

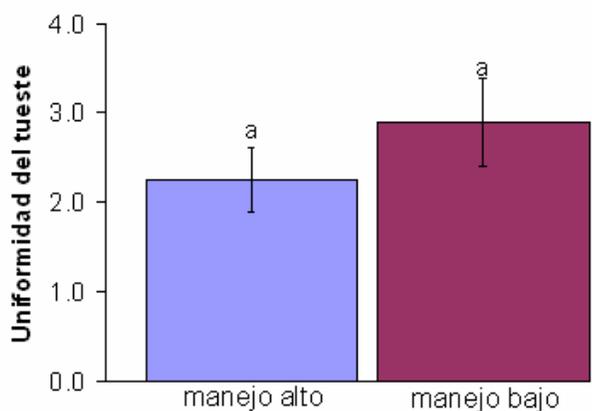


Figura 6.2.8.1. Valor promedio de la uniformidad del tueste en dos tipos de manejo.

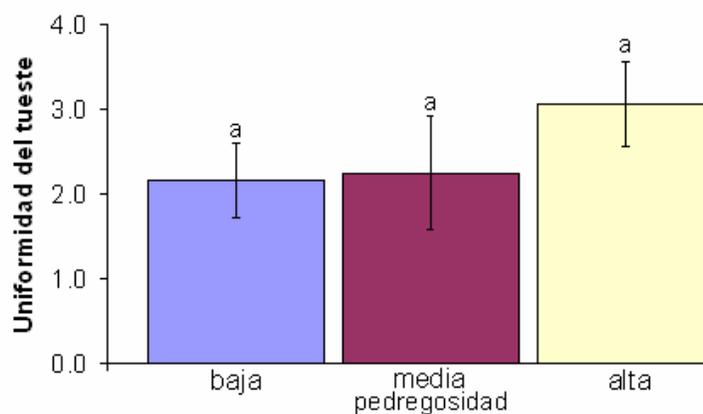


Figura 6.2.8.2. Valor promedio de la uniformidad del tueste en tres niveles de pedregosidad edáfica.

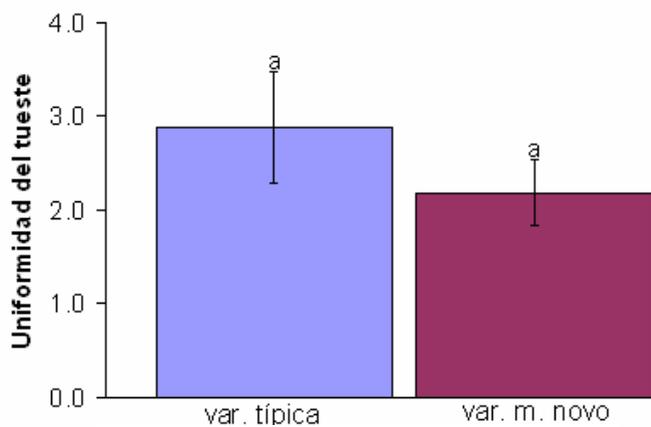


Figura 6.2.8.3. Valor promedio de la uniformidad del tueste en *C. arabica* var. *typica* y *C. arabica* var. *mundo novo*.

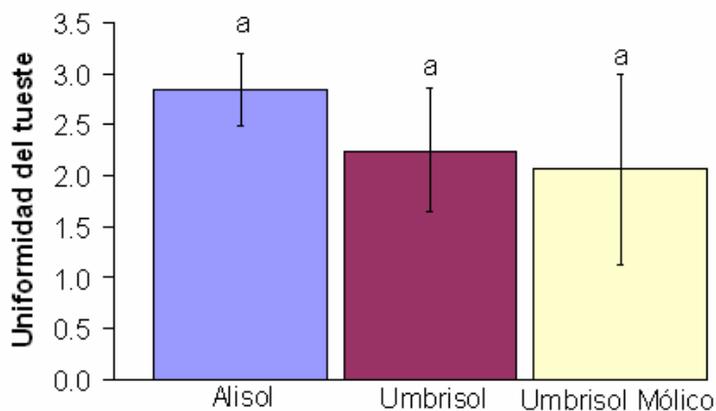


Figura 6.2.8.4. Valor promedio de la uniformidad del tueste en Umbrisoles y Alisoles.

El estadístico de prueba para correlación de Pearson demostró que ningún valor de P se acercó a la zona de rechazo por lo que se puede concluir que en nuestro estudio la uniformidad del tueste no se relacionó de forma significativa con ninguna de las variables edafo-ambientales (Cuadro 6.2.8.1).

Cuadro 6.2.8.1. Resultados del análisis de correlación lineal entre la uniformidad del tueste y las variables edafo-ambientales.

Variable	R²	P
Cantidad de luz	0.06	0.39
Última apertura de dosel	<0.01	0.99
Edad de los cafetos	<0.01	0.94
Altitud	0.02	0.65
Profundidad del horizonte A	0.02	0.64
pH	0.01	0.76
% de Nitrógeno	<0.01	0.96
% de Carbono	<0.01	0.87
Fósforo asimilable	<0.01	0.83
Calcio	0.01	0.77
Sodio	<0.01	0.83
Potasio	0.02	0.63
Magnesio	0.02	0.63
Capacidad de intercambio catiónico	<0.01	0.97
% de saturación de bases	<0.01	0.85
Acidez extractable	0.01	0.71
Densidad aparente	<0.01	0.97
% de arcilla	0.06	0.37
% de arena	0.06	0.39
% de limo	0.01	0.79

Resultados edáficos del horizonte A. Los números en negritas representan correlaciones significativas.

6.2.9 Relación entre el aroma de la bebida y las variables edafo-ambientales.

Los sitios en manejo alto obtuvieron un valor medio de aroma 33% mayor a los sitios en manejo bajo sin embargo, debido a las altas varianzas no se encontró diferencia significativa (Figura 6.2.9.1). No hubo efecto del nivel de pedregosidad sobre el aroma (Figura 6.2.9.2). La variedad cultivada y el tipo de suelo tampoco produjeron diferencias significativas (Figura 6.2.9.3, 6.2.9.4).

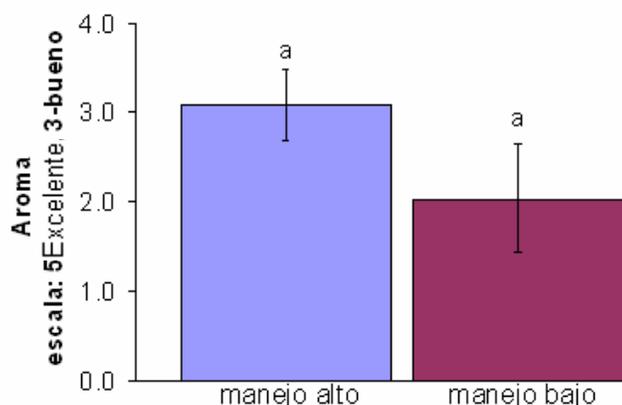


Figura 6.2.9.1. Valor promedio del aroma del café en dos tipos de manejo.

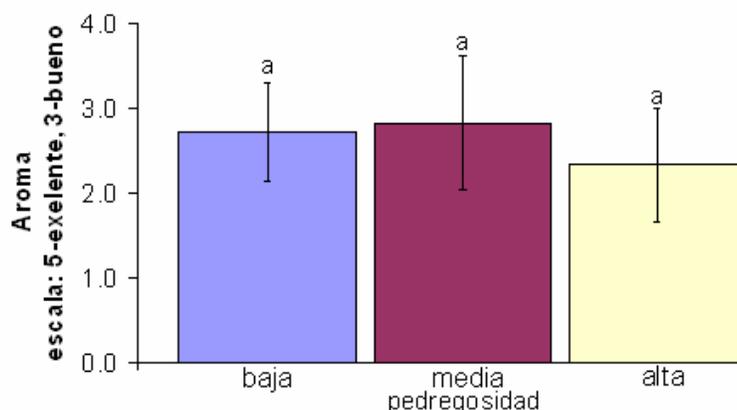


Figura 6.2.9.2. Valor promedio del aroma del café en tres niveles de pedregosidad edáfica.

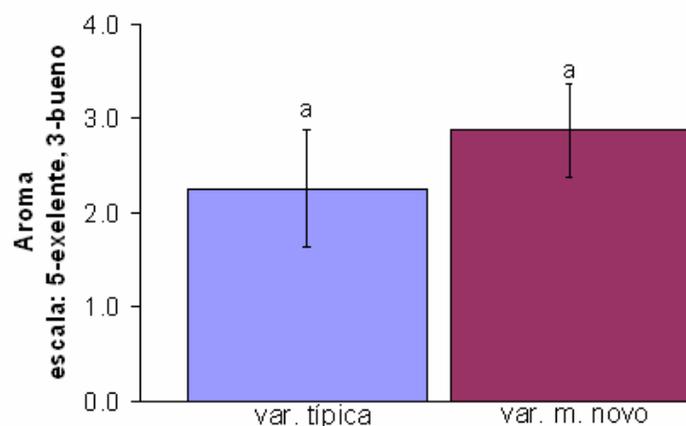


Figura 6.2.9.3. Valor promedio del aroma del café en *C. arábica* var. *typica* y *C. arábica* var. *mundo novo*.

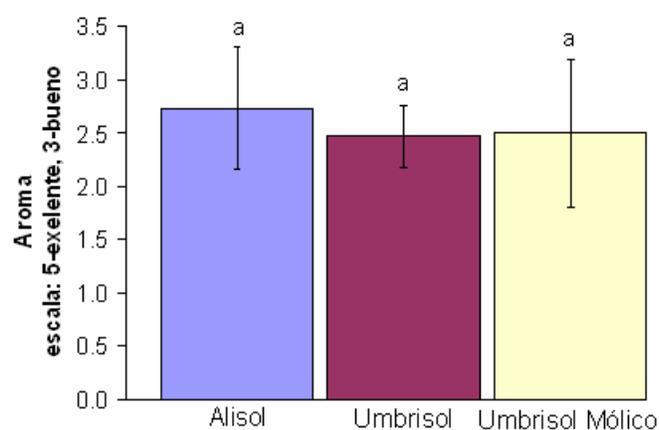


Figura 6.2.9.4. Valor promedio del aroma del café en Umbrisoles y Alisoles.

El porcentaje de arena y de limo del horizonte A obtuvieron coeficientes de correlación de Pearson relativamente altos pero, solamente el porcentaje de limo fue estadísticamente significativo (Cuadro 6.2.9.1).

Cuadro 6.2.9.1. Resultados del análisis de correlación lineal entre el aroma del café y las variables edafo-ambientales. Los números en negritas representan correlaciones significativas.

Variable	R ²	P
Cantidad de luz	<0.01	0.94
Última apertura de dosel	0.07	0.36
Edad de los cafetos	0.04	0.46
Altitud	0.09	0.27
Profundidad del horizonte A	0.02	0.63
pH	0.09	0.26
% de Nitrógeno	0.02	0.66
% de Carbono	0.06	0.38
Fósforo asimilable	0.06	0.36
Calcio	0.06	0.40
Sodio	0.04	0.46
Potasio	0.04	0.46
Magnesio	0.15	0.15
Capacidad de intercambio catiónico	0.05	0.44
% de saturación de bases	0.02	0.66
Acidez extractable	<0.01	0.94
Densidad aparente	0.04	0.50
% de arcilla	0.07	0.34
% de arena	0.22	0.08
% de limo	0.28	0.04

Las gráficas de regresión entre el porcentaje de limo contra el aroma y el porcentaje de arena contra el aroma (Figura 6.2.9.5, 6.2.9.6) muestran que niveles altos de limo perjudican el aroma y en su contraparte, niveles altos de arena favorecen ligeramente el aroma del café.

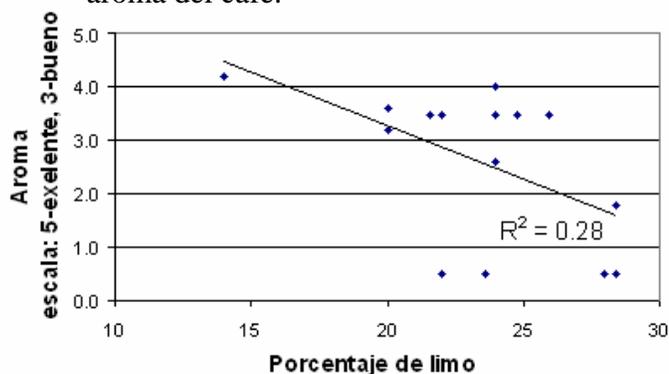


Figura 6.2.9.5. Gráfica de regresión entre el aroma del café y el porcentaje de limo del horizonte A

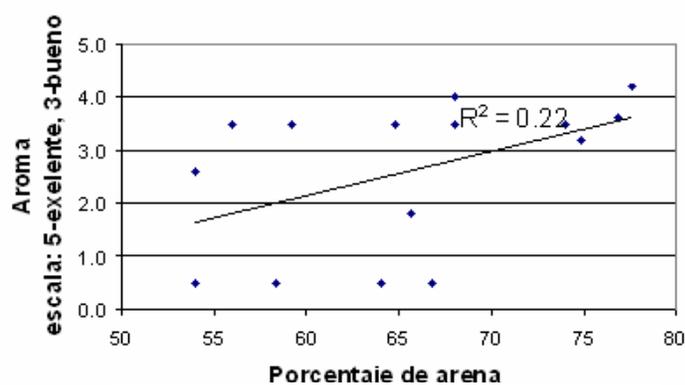


Figura 6.2.9.6. Gráfica de regresión entre el aroma del café y el porcentaje de arena del horizonte A

6.2.10 Relación entre el cuerpo de la bebida y las variables edafo-ambientales.

Los sitios caracterizados como manejo alto obtuvieron el mismo valor promedio del cuerpo de la bebida que los sitios en manejo bajo (Figura 6.2.10.1). No se encontró tendencia entre el cuerpo del café preparado y el nivel de pedregosidad (Figura 6.2.10.2). Los cafetos de la variedad Mundo novo obtuvieron un valor medio de cuerpo ligeramente mayor a los cafetos variedad *typica* pero, esta diferencia no fue estadísticamente significativa (Figura 6.2.10.3). No se encontró efecto del tipo de suelo sobre el cuerpo del café en taza (Figura 6.2.10.4).

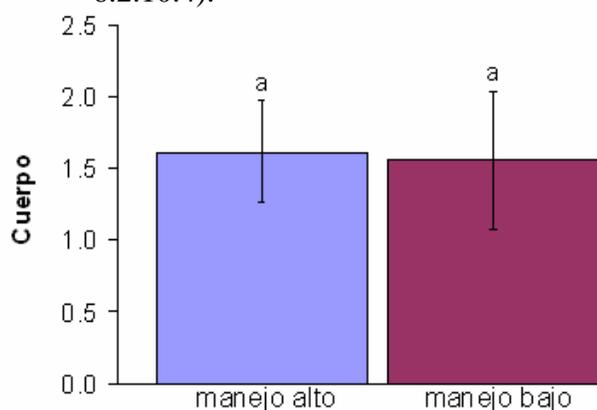


Figura 6.2.10.1. Valor promedio del cuerpo de la bebida en dos tipos de manejo.

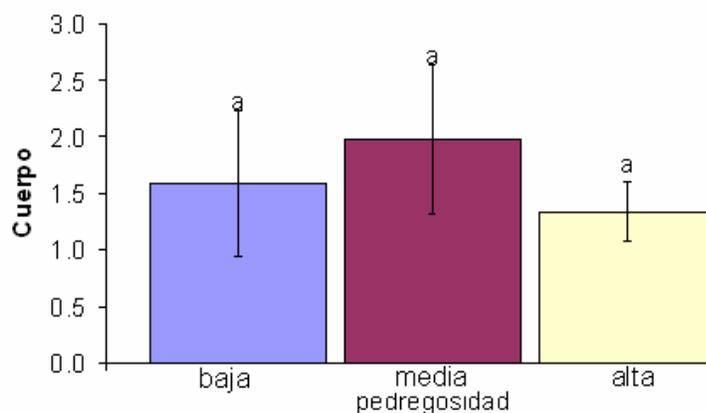


Figura 6.2.10.2. Valor promedio del cuerpo de la bebida en tres niveles de pedregosidad edáfica.

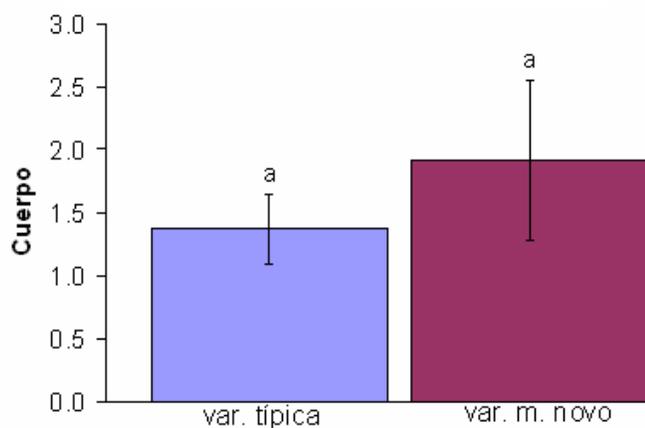


Figura 6.2.10.3. Valor del cuerpo de la bebida en *C. arábica* var. *typica* y *C. arábica* var. *mundo novo*.

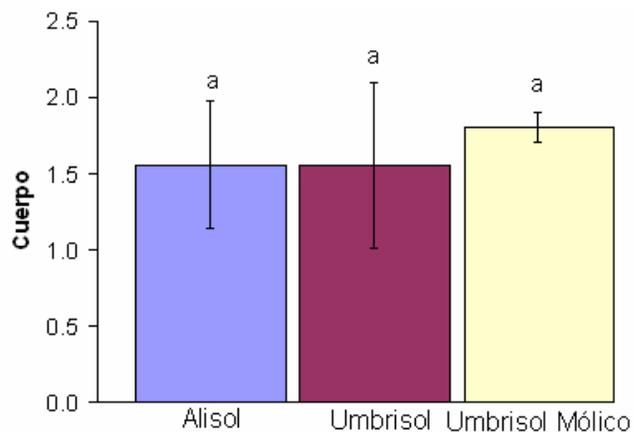


Figura 6.2.10.4. Valor promedio del cuerpo de la bebida en Umbrisoles y Alisoles.

En el Cuadro 6.2.10.1 se aprecian los resultados del análisis de relación entre el cuerpo de la bebida y las variables edafo-ambientales. Ahí se observa que solamente el porcentaje de arena y de arcilla se correlacionaron de forma significativa con el cuerpo.

Cuadro 6.2.10.1. Resultados del análisis de correlación lineal entre el cuerpo de la bebida y las variables edafo-ambientales.

Variable	R ²	P
Cantidad de luz	0.01	0.67
Última apertura de dosel	0.02	0.64
Edad de los cafetos	0.02	0.63
Altitud	0.12	0.22
Profundidad del horizonte A	0.07	0.36
pH	0.05	0.42
% de Nitrógeno	0.01	0.72
% de Carbono	0.01	0.76
Fósforo asimilable	<0.01	0.99
Calcio	<0.01	0.88
Sodio	0.22	0.08
Potasio	<0.01	0.97
Magnesio	0.16	0.14
Capacidad de intercambio catiónico	0.02	0.60
% de saturación de bases	0.02	0.63
Acidez extractable	0.04	0.48
Densidad aparente	<0.01	0.87
% de arcilla	0.46	0.01
% de arena	0.51	<0.01
% de limo	0.12	0.20

Resultados edáficos del horizonte A. Los números en negritas representan correlaciones significativas.

La Figura 6.2.10.5 muestra un incremento del cuerpo de la bebida a medida que se incrementa el porcentaje de arena del horizonte A.

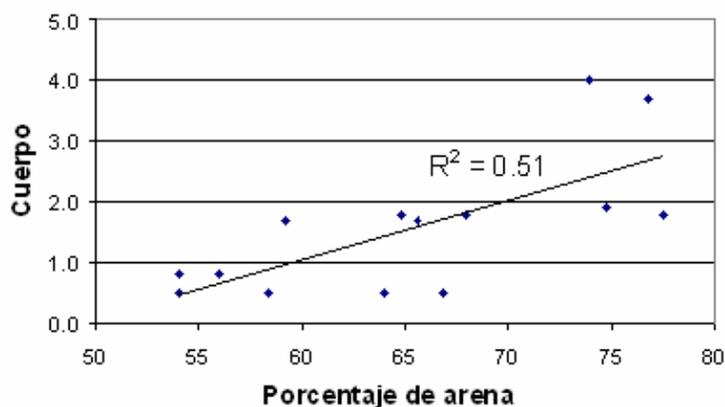


Figura 6.2.10.5. Gráfica de regresión entre el cuerpo de la bebida y el porcentaje de arena del horizonte A.

6.2.11 Relación entre la acidez de la bebida y las variables edafo-ambientales.

Las variables manejo, pedregosidad, variedad y tipo de suelo no afectaron de forma significativa el parámetro organoléptico acidez en taza (Figura 6.2.11.1, 6.2.11.2, 6.2.11.3, 6.2.11.4)

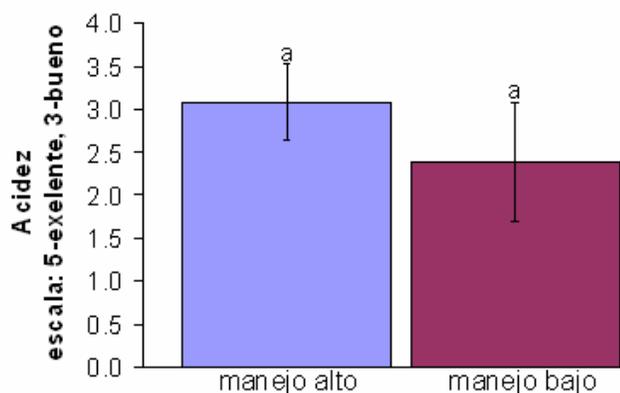


Figura 6.2.11.1. Valor promedio de la acidez del café en dos tipos de manejo.

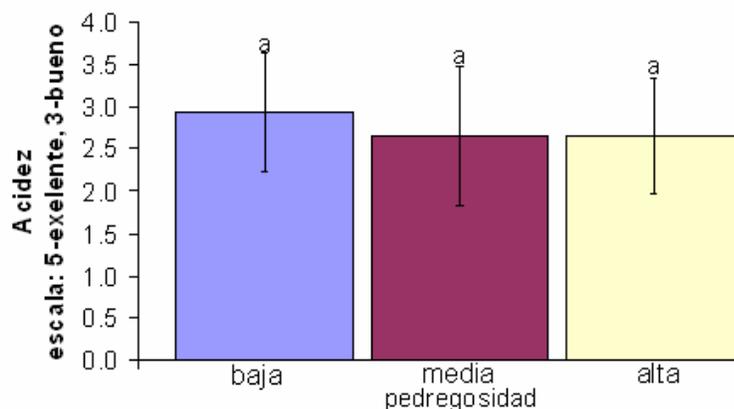


Figura 6.2.11.2. Valor promedio de la acidez del café en tres niveles de pedregosidad edáfica.

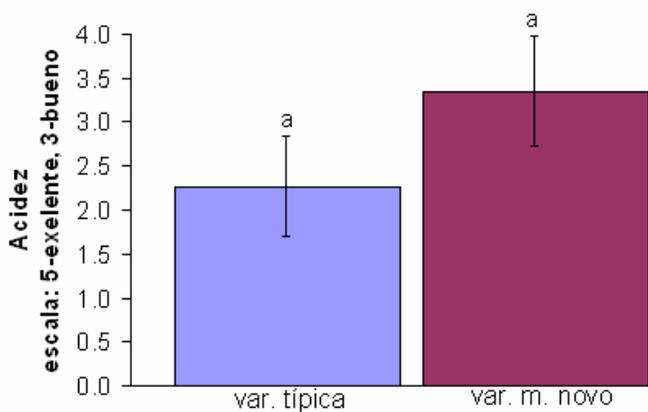


Figura 6.2.11.3. Valor promedio de la acidez del café en *C. arabica* var. *typica* y *C. arabica* var. *mundo novo*.

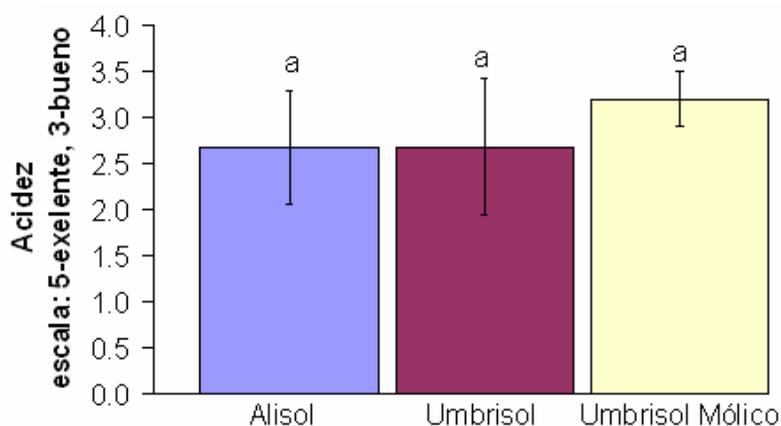


Figura 6.2.11.4. Valor promedio de la acidez del café en Umbrisoles y Alisoles.

De las variables continuas, el porcentaje de limo y el pH tuvieron los valores de coeficiente de correlación de Pearson más altos pero no resultaron significantes al aplicar prueba estadística (Cuadro 6.2.11.1).

Cuadro 6.2.11.1. Resultados del análisis de correlación lineal entre la acidez en taza y las variables edafo-ambientales.

Variable	R ²	P
Cantidad de luz	0.01	0.77
Última apertura de dosel	<0.01	0.94
Edad de los cafetos	0.14	0.16
Altitud	0.01	0.76
Profundidad del horizonte A	0.02	0.66
pH	0.25	0.06
% de Nitrógeno	<0.01	0.96
% de Carbono	<0.01	0.83
Fósforo asimilable	0.08	0.31
Calcio	<0.01	0.83
Sodio	0.01	0.72
Potasio	0.01	0.78
Magnesio	0.01	0.72
Capacidad de intercambio catiónico	0.01	0.74
% de saturación de bases	0.02	0.65
Acidez extractable	0.03	0.54
Densidad aparente	<0.01	0.96
% de arcilla	0.08	0.30
% de arena	0.20	0.10
% de limo	0.21	0.09

Resultados edáficos del horizonte A. Los números en negritas representan correlaciones significativas.

En la Figura 6.2.11.5 se observa una correlación positiva entre la acidez en taza y el pH.

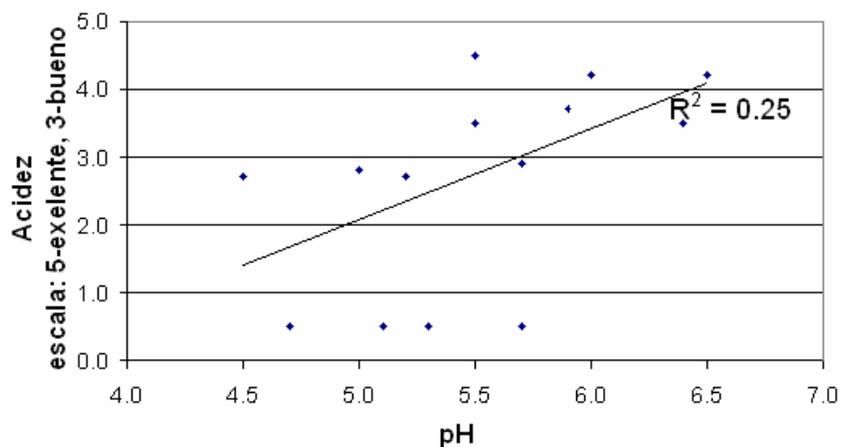


Figura 6.2.11.5. Gráfica de regresión entre la acidez en taza y el pH

6.2.12 Relación entre la taza (sabor global) y las variables edafo-ambientales.

Los resultados de las pruebas estadísticas de T y ANOVA indicaron que tanto en el caso del manejo como en el de la pedregosidad, la variedad cultivada y el tipo de suelo, los datos de las muestras no proporcionaron indicios suficientes para determinar diferencias significativas entre las medias de cada variable (Figura 6.2.12.1 a 6.2.12.4).

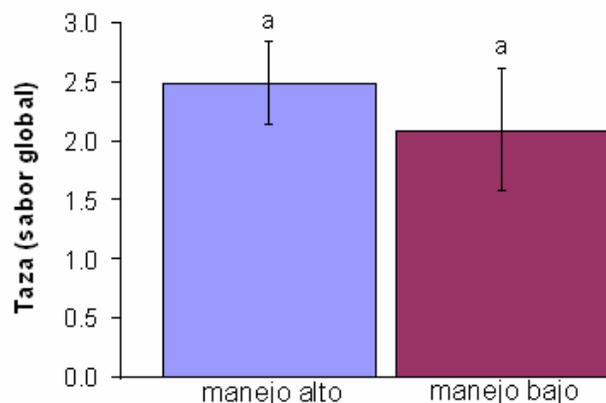


Figura 6.2.12.1. Valor promedio del sabor global del café en dos tipos de manejo.

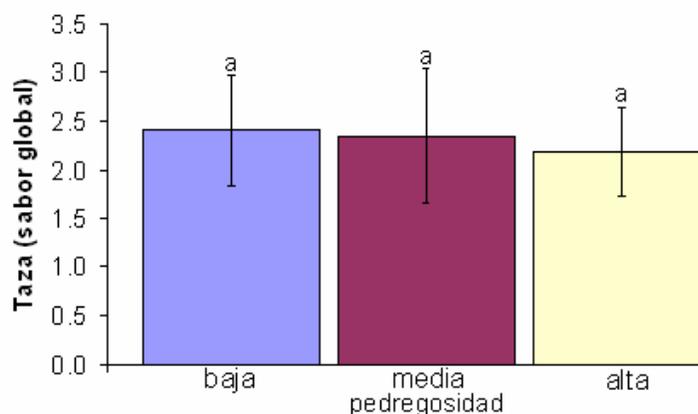


Figura 6.2.12.2. Valor promedio del sabor global del café en tres niveles de pedregosidad edáfica.

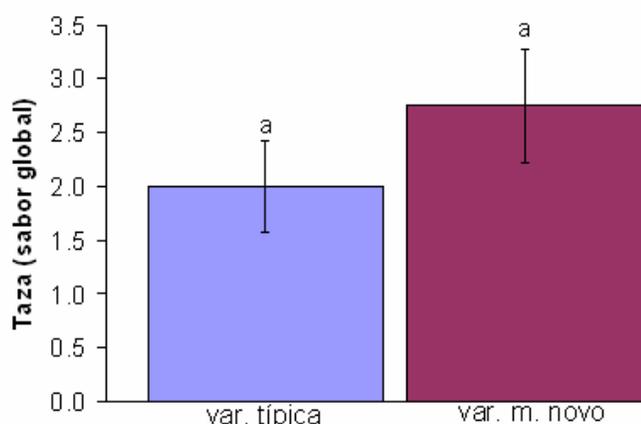


Figura 6.2.12.3. Valor promedio del sabor global del café en *C. arabica* var. *typica* y *C. arabica* var. *mundo novo*.

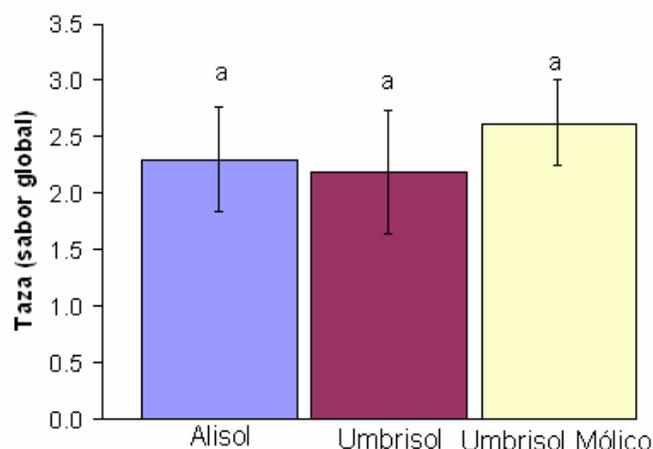


Figura 6.2.12.4. Valor promedio del sabor global del café en Umbrisoles y Alisoles.

La estadística de prueba realizada para cada análisis de correlación de Pearson entre las variables edafo-ambientales y el sabor global indicó que solamente el porcentaje de arena del horizonte A fue significativa. Sin embargo, también el pH se correlacionó fuertemente con el sabor global (Cuadro 6.2.12.1).

Cuadro 6.2.12.1. Resultados del análisis de correlación lineal entre el sabor global del café y las variables edafo-ambientales.

Variable	R ²	P
Cantidad de luz	<0.01	0.99
Última apertura de dosel	<0.01	0.91
Edad de los cafetos	0.12	0.21
Altitud	0.02	0.58
Profundidad del horizonte A	0.03	0.51
pH	0.21	0.09
% de Nitrógeno	0.01	0.74
% de Carbono	<0.01	0.95
Fósforo asimilable	0.04	0.46
Calcio	0.01	0.71
Sodio	0.05	0.41
Potasio	0.01	0.68
Magnesio	0.03	0.56
Capacidad de intercambio catiónico	<0.01	0.88
% de saturación de bases	0.02	0.63
Acidez extractable	0.02	0.61
Densidad aparente	0.01	0.72
% de arcilla	0.19	0.11
% de arena	0.29	0.04
% de limo	0.16	0.15

Resultados edáficos del horizonte A. Los números en negritas representan correlaciones significativas.

El análisis de regresión muestra correlaciones positivas entre el sabor global y el porcentaje de arena, así como entre el sabor global y el pH (Figura 6.2.12.5 y 6.2.12.6).

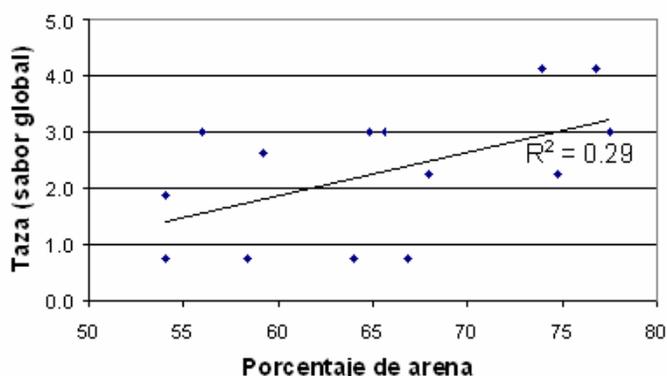


Figura 6.2.12.5. Gráfica de regresión entre el sabor global del café y el porcentaje de arena del horizonte A.

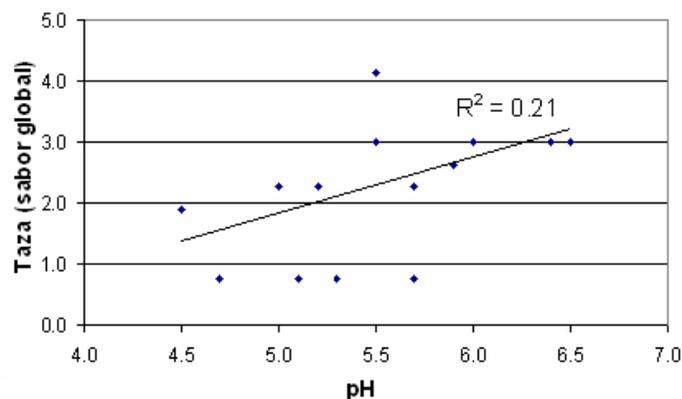


Figura 6.2.12.6. Gráfica de regresión entre el sabor global del café y el pH del horizonte A.

7. DISCUSIÓN

Número de ramas con frutos

En *Coffea arabica* las inflorescencias se producen casi exclusivamente sobre las ramas plagiotrópicas (ramas secundarias). En los cafetos en mal estado de salud estas ramas no emergen ó se secan y se caen. Por lo contrario, las ramas plagiotrópicas de los cafetos en buenas condiciones persisten durante muchos años y dan una apariencia frondosa al arbusto. La importancia de este parámetro se debe a que gracias al conteo de estas ramas se puede estimar la productividad a largo plazo.

La baja cantidad de ramas secundarias con frutos puede ser el resultado de dos causas: en primer lugar, que no se desarrollaran los meristemos de los botones axiales de las ramas (o se murieron) y en segundo lugar, que no se activaran los primordios florales latentes. Ambos casos se deben principalmente a un bloqueo de la fase S de la mitosis por la falta de un compuesto regulador de crecimiento o elemento esencial.

En el Cuadro 6.2.1.1 se observa que el calcio se correlacionó fuertemente con la cantidad de ramas con frutos. Este elemento juega un papel importante en las paredes y membranas celulares además, activa enzimas y regula varios estímulos (Campbell 1995). También, en la Figura 6.2.1.5 se aprecia que el nitrógeno se relaciona con la cantidad de ramas con frutos, el nitrógeno es un constituyente de los aminoácidos, ácidos nucleicos y algunas hormonas y coenzimas (Campbell 1995). En esta misma gráfica aparece que excesos de este elemento también pueden ser perjudiciales.

Desde la caída del precio del café a principio de la década de los noventas, gran parte de los pequeños productores del sur de México dejaron de invertir tiempo y dinero para el mantenimiento de sus cafetales. Sin embargo, la mayoría de ellos siguen cosechando cuando llaga la temporada. La Figura 6.2.1.1 muestra que los cafetos en estas condiciones (manejo bajo) tienen una cantidad media de ramas con frutos significativamente menor a los cafetos en condiciones de manejo alto.

Porcentaje de área foliar dañada

Entre todos los padecimientos que puede sufrir *Coffea arabica* el daño foliar causado por *Hemileia vastatrix* (roya del café) es uno de los más virulentos debido a que este hongo provoca una considerable reducción del poder fotosintético del arbusto, lo que repercute en todos los procesos fisiológicos de la planta.

Los miembros del reino Myceteae se desarrollan mejor en ambientes húmedos y ligeramente ácidos por lo que se esperaba encontrar algún efecto de pH y de la textura del suelo sobre el porcentaje de área foliar dañada. Sin embargo, estas variables no se correlacionaron con la abundancia de *H. vastatrix* sobre las hojas (Cuadro 6.2.2.1).

La forma tradicional de lucha en contra de este parásito consiste en abrir claros. No obstante, nuestros resultados muestran una fuerte correlación positiva entre el área foliar dañada y la cantidad de luz que reciben los cafetos (Figura 6.2.2.5).

H. vastatrix es un hongo poco estudiado por los micólogos debido a que aún no se ha logrado cultivarlo en laboratorio. Pero hasta el momento, se sabe que los miembros del orden Uredinales son muy cosmopolitas y que pueden incrementar su producción de esporas en ambientes cálidos (Herrera y Ulloa 1998).

Otra forma común de disminuir las infecciones causadas por las royas consiste en erradicar el agracejo con el objeto de interrumpir su ciclo biológico que tiene malezas como hospedero intermedio. Sin embargo, los sitios en manejo alto donde se realizan frecuentes chapeos tuvieron el mismo porcentaje de área foliar dañada que los sitios en manejo bajo donde no se hacen chapeos (Figura 6.2.2.1).

Coffea arabica var. *Mundo novo* fue la única variable que disminuyó la intensidad de las infecciones. Lo anterior se debe a que *Mundo novo* es un híbrido seleccionado entre la variedad *typica* y *bourbon* (Figura 6.2.2.3).

Porcentaje de frutos vanos

Los frutos vanos representan pérdidas importantes para los productores de café. Las causas del desarrollo de un carpelo vacío han sido poco estudiadas en *Coffea spp.*, pero es posible que se deba a una mala polinización o fecundación o también a algún proceso embriológico degenerativo.

En nuestro estudio, la variedad *Coffea arabica* var. *typica* tuvo un porcentaje de frutos vanos significativamente mayor a la variedad *Coffea arabica* var. *mundo novo* (Figura 6.2.3.3). A nivel edáfico, la pedregosidad afectó este parámetro, de tal manera que a mayor pedregosidad mayor fue también la cantidad de frutos rechazados. Aparentemente, el estrés provocado por la pedregosidad afecta de algún modo desconocido la fisiología embriológica de *Coffea arabica* (Figura 6.2.3.2).

En la Figura 6.2.3.5 se observa que el porcentaje de saturación de bases tiene exactamente el mismo comportamiento (misma pendiente) en la variedad *typica* y en la variedad *mundo novo*, a mayor saturación de bases menor fue la cantidad de frutos vanos. Donde, altas saturaciones de bases además de proveer cationes esenciales, reduce proporcionalmente la cantidad de protones libres y de aluminio. Se ha demostrado, que este último elemento es muy tóxico para los cultivos de café (Ortiz Escobar *et al.* 2006).

Productividad

Debido a la alta competencia del mercado, la productividad de café es un aspecto de primera importancia. Muchas variables afectan la productividad, la de mayor importancia fue el nivel de manejo. Los cafetos tratados inadecuadamente (manejo bajo) producen significativamente menos café que los tratados con manejo alto (Figura 6.2.4.1).

En cuestión de suelo, los Alisoles tuvieron una productividad significativamente mayor a los Umbrisoles (Figura 6.2.4.4). Los Alisoles son suelos con un horizonte subsuperficial arcilloso (horizonte árgico) en cambio los Umbrisoles carecen de este horizonte diagnóstico. Las arcillas son de tamaño muy pequeño y tienen una superficie específica

alta, por lo tanto, se compactan cuando se acumulan, impidiendo así la penetración de las raíces y la permeabilidad del suelo. Descroix (2001) reporta que las raíces del cafeto se asfixian fácilmente y que los suelos muy arcillosos no son recomendables para el cultivo del café. Sin embargo, *C. arabica* tiene también altos requerimientos en agua y no soporta la sequía. La Sierra Madre del Sur tiene una temporada seca de seis meses y por lo tanto, en esta zona los suelos arcillosos resultan más favorables debido a que pueden retener más agua.

La pedregosidad es un factor limitante para el cultivo del café ya que ejerce una acción marcada en el impedimento mecánico del desarrollo de las raíces (Hernández *et al.* 1999). Teniendo menos volumen de raíces, alcanzan a asimilar menos nutrimentos y de esta forma no pueden alimentar una producción alta de café. Por lo tanto, a mayor pedregosidad menor es la productividad de granos por ramas (Figura 6.2.4.2).

La raíz pivotante de *Coffea spp* alcanza normalmente profundidades entre 0.45 a 2 metros pero, 90% del volumen de las raíces se ubica dentro de los primeros 30 cm (Wintgens 2001). En nuestro estudio encontramos que la profundidad óptima del horizonte A para la zona se ubica entre 35 y 45 cm (Figura 6.2.4.5). Por debajo de este rango el desarrollo de las raíces sería deficiente y por encima posiblemente las raíces se desecan durante la temporada seca debido a que están relativamente alejadas del horizonte árgico (Bt) que retiene más humedad.

Volumen de las semillas

El volumen de las semillas es un parámetro importante debido a que los granos grandes tienen una mayor aceptación en los diferentes mercados. En nuestro estudio se esperaba que algún elemento edáfico afectaría el volumen de las semillas de café de la misma forma que una cría que tiene carencias alimenticias no alcanza su estatura máxima posible. Sin embargo, ninguna variable edáfica fue significativa sobre este parámetro (Figura 6.2.5.1 a 6.2.5.4 y Cuadro 6.2.5.1). El volumen de los granos de café se correlacionó solamente con la altitud. En la Figura 6.2.5.5 se nota un ligero aumento del volumen de las semillas a

mayor altitud. Por las condiciones ambientales los frutos maduran más lentamente a mayor altitud (ASIC 2007) así, posiblemente las semillas pueden alcanzar un volumen levemente superior.

Peso de las semillas

El peso de las semillas es considerado como el parámetro más objetivo de la evaluación de la calidad del café. Muchos estudios y profesionales avalan el hecho que un grano más denso contiene una mayor cantidad de compuestos aromáticos (Ruiz, 1999). De las 24 variables edafo-ambientales analizadas en este trabajo ninguna se relacionó significativamente con el peso de las semillas (Figura 6.2.6.1 a 6.2.6.4 Cuadro 6.2.6.1). La variable que se correlacionó más fuertemente con este parámetro fue el porcentaje de arena del horizonte A (Figura 6.2.6.5). A mayor porcentaje de arena mayor fue el peso de las semillas. Debido a que la mayoría de los suelos de cafetos estudiados presentan un horizonte subsuperficial compacto con muchas arcillas es importante que el horizonte A sea ligero, friable y con alta porosidad, para permitir un desarrollo horizontal de las raíces. En estas condiciones los arbustos de café pueden absorber suficientes elementos esenciales para el desarrollo óptimo de las semillas.

Cantidad de semillas caracolillo

Según los catadores, los granos caracolillo no tienen atributos organolépticos balanceados, por lo que se les considera como semillas de baja calidad. Sin embargo, tienen una alta demanda por parte de los consumidores y se cotizan con altos precios. Los granos caracolillos aparecen cuando una de las dos semillas no se desarrolla normalmente y la otra se hincha para ocupar el espacio de los dos carpelos. Este fenómeno ocurre si un óvulo aborta por mala polinización, pero también puede ser causado por un desarrollo incompleto del endospermo (Wintgens 2001). La falta de algún elemento esencial podría causar el bloqueo del metabolismo del endospermo pero en esta tesis no se encontró ninguna variable que afecte el porcentaje de semillas caracolillo (Figura 6.2.7.1 a 6.2.7.4 y Cuadro 6.2.7.1)

Uniformidad del tueste

La uniformidad del tueste es reconocida como sinónimo de calidad del café verde. Los frutos cosechados cuando están inmaduros o demasiado maduros provocan una torrefacción desigual (Ruiz, 1999), lo que también es causado por semillas provenientes de un inadecuado procesamiento, así como de plantas enfermas. Es posible que algún factor edafo-ambiental también pudiera inducir un tueste desigual, sin embargo, ninguna de las variables analizadas afectó este parámetro (Figura 6.2.8.1 a 6.2.8.4 y Cuadro 6.2.8.1)

Aroma

La calificación del aroma se define en función de la intensidad de la fragancia, bouquet y resabio, indicando por una mezcla de gases y vapores (Serrano, 2005). Una taza de café de alta calidad se caracteriza por tener un buen aroma. Alrededor de mil sustancias químicas son responsables del aroma del café preparado. Estas sustancias se originan en la semilla del café y se preparan para su apreciación sensorial en el proceso de tostado (Porta, 1999). Wintgens (2001) reporta que se sabe poco de la influencia del suelo sobre el aroma del café pero, las observaciones han demostrado que un cafeto en buenas condiciones de crecimiento produce granos más grandes y con un mejor aroma. La variación del aroma en función de cada variable se muestra en las Figuras 6.2.9.1 a 6.2.9.4 y en el Cuadro 6.2.9.1. El análisis estadístico mostró que solamente la textura del horizonte A afectó significativamente el aroma. En las Figuras 6.2.9.5 se observa una correlación negativa entre el porcentaje de limo y el aroma y en la Figura 6.2.9.6 una correlación positiva entre el porcentaje de arena y el aroma.

Cuerpo

El cuerpo es una evaluación de la densidad de la bebida, que consiste en la cantidad de solutos disueltos en la taza (Endurezca *et al.* 2003). Canet *et al.* (2002) indican que las

condiciones nutricionales del café pueden afectar el cuerpo del café preparado. Al igual que con el aroma, solamente la textura del horizonte A fue significativa para esta variable (Figuras 6.2.10.1-6.2.10.4, Cuadro 6.2.10.1), con una correlación positiva entre el porcentaje de arena y el cuerpo (Figura 6.2.10.5).

Acidez

La sensación de acidez de la taza que perciben los catadores es considerada como positiva e incrementa el valor comercial del café. Los principales compuestos ácidos del café preparado son el ácido clorogénico y el ácido quínico (ICO 2007). El pH del suelo puede afectar la biosíntesis de los precursores de estos ácidos pero no afecta directamente la acidez de la bebida. La sensación de acidez de la bebida que aprecian los catadores no es una medición del pH del café preparado, sino que es más bien una evaluación de los compuestos aromáticos disueltos en la taza. Pues, muchas de estas moléculas tales como la 2-etil-3,5-dimetilpirazina y metanotiol no son ácidas. La variable que se relacionó más fuertemente con la acidez fue el pH del horizonte A (Cuadro 6.2.11.1). En la Figura 6.2.11.5 se aprecia que los pH cerca de la neutralidad resultan más favorables para la biosíntesis de precursores de compuestos aromáticos soluble que los pH ácidos.

Taza (sabor global)

La producción de los compuestos aromáticos del café se debe a la reacción de los carbohidratos con los aminoácidos que producen glucosilaminas y melanoidinas durante el tostado (reacción de Maillard Machiels, 2002). La naturaleza exacta de los productos de esta reacción depende de los carbohidratos iniciales. Por lo tanto, para poder explicar porque algún elemento edáfico afecta las cualidades organolépticas del café tostado será necesario en el futuro dilucidar las rutas metabólicas de la totalidad de los carbohidratos del café verde. Así, se podrá determinar el efecto metabólico de la falta o del excedente de los elementos sobre cada ruta metabólica.

El sabor global es la prueba sensorial que mejor detecta las variaciones por efectos agroambientales (Serrano, 2005). También se ha señalado que las propiedades del suelo

pueden considerarse como una característica importante en la determinación de los diferentes perfiles de sabor (Pérez Portillo, 2005).

En el presente estudio, las características edafo-ambientales que más afectaron el sabor global fueron el porcentaje de arena del horizonte A y el pH. Se registró un incremento del sabor global con un incremento del porcentaje de arena del horizonte A (hasta 75% de arena aproximadamente) (Figura 6.2.12.5).

Los horizontes arenosos tienen una macroporosidad alta y una compactación baja lo que favorece un buen intercambio gaseoso y buena expansión de las raíces. No obstante, las arenas tienen una capacidad de almacenar cationes nutritivos prácticamente nulos (Porta *et al.*, 2003). Por lo tanto, frecuentemente las plantas cultivadas en suelos arenosos presentan carencias alimenticias que perjudican la calidad de los frutos. Sin embargo, en la casi totalidad de los sitios estudiados se encontraron altos valores de materia orgánica (debido a que los cafetos son cultivados bajo la sombra natural del bosque tropical con alta proporción de leguminosas) y por lo tanto, las necesidades nutricionales de los cafetos pueden ser satisfechas por las cantidades de materia orgánica encontradas, mientras que los requerimientos de agua pueden provenir de horizontes subsuperficiales más arcillosos.

El análisis de regresión realizado entre el sabor global y el pH del horizonte A (Figura 6.2.12.6) muestra que un pH entre 5.5 y 6.5 es favorable para el parámetro taza, lo que concuerda con el rango comúnmente recomendado (4.5-6.5 CIRAD 1984; 4.5-6.0 Alarcón 1979; 5.0-6.0 Hernández 1999). En este rango de potenciales de hidrogeno, las raíces de *Coffea spp* no gastan mucha energía al realizar la quimiósmosis (Campbell, 1995).

Discusión de hipótesis

Los resultados obtenidos muestran una alta heterogeneidad de las condiciones ambientales y edáficas de los sitios. En ningún sitio se repitió la diversidad de árboles y la iluminación; el pH del suelo varió de 4.5 a 6.5, el porcentaje de saturación de bases de 8.5 a 64.6, el porcentaje de carbono de 1.47 a 12.66. Por lo tanto, queda así aceptada la primera hipótesis.

La productividad de café se relacionó con la textura y el nitrógeno del horizonte superficial, pero, no se relacionó directamente con la capacidad de intercambio catiónico, aunque sí lo hizo con la saturación de bases y algunos cationes intercambiables. Tampoco se correlacionaron el fósforo y el carbono con la productividad apuntando a que los valores mínimos encontrados son suficientes para la productividad. Por lo tanto, se acepta parcialmente la segunda hipótesis.

La textura y el pH del horizonte A se correlacionaron fuertemente con la calidad del café. Consecuentemente se comprueba la tercera hipótesis.

8. CONCLUSIONES

1-A nivel general, se encontraron menos efectos producidos por las variables independientes (manejo, variedad, ambiente y suelo) sobre la calidad organoléptica, que sobre la productividad. De lo anterior se induce que variaciones muy pequeñas en el procesamiento postcosecha pueden provocar cambios muy trascendentales en las cualidades organolépticas de la taza de café, eclipsando así las variaciones debidas a las condiciones edafo-ambientales.

2-Este estudio observacional se reveló efectivo para identificar la importancia de las variables independientes sobre las de interés en condiciones naturales. Con base a nuestros resultados, para las condiciones ambientales del año 2005 las características edáficas idóneas para la productividad y la calidad de *Coffea arabica* en la Sierra Madre del Sur fueron; la presencia de un horizonte subsuperficial de iluviación de arcilla con un horizonte superficial arenoso (75% aproximadamente) de entre 35 y 45 cm, un pH rondando los 6.0, un porcentaje de nitrógeno entre 0.5 y 0.7, un porcentaje de materia orgánica superior a 3, un porcentaje de saturación de bases mayor a 50, una cantidad de calcio intercambiable entre 10 y 15 $\text{cmolc}\cdot\text{kg}^{-1}$ y una densidad aparente entre 0.9 y 1.1 g/ml.

3-No obstante, una amplia edafodiversidad es de primera importancia para el buen cultivo del café debido a que las condiciones ambientales son fluctuantes y a cada clima particular le corresponden propiedades edáficas idóneas particulares. Por lo que se deja abierta la posibilidad de realizar investigaciones extensivas al respecto.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón Correa H., 1979. Manual del cafetero Colombiano. Cuarta edición. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, CENICAFE.
- Alfaro Sánchez, G. 2004. Suelo, páginas 55-66 en A. J. García-Mendoza, M. de Jesús Ordóñez, y M. Briones-Salas editores, Biodiversidad de Oaxaca, Instituto de Biología UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-Wold Wildlife Fund, México, DF.
- Álvarez A. G., 2004. Evaluación de la estabilidad del carbono en suelos de un sistema agroforestal de la Sierra Sur de Oaxaca, municipio Santos Reyes Nopala. Tesis de maestría. UNAM México 81pp.
- Álvarez, A. G., García, C. N., Krasilnikov, P., Hernández, J. A., 2002. Evaluación de la Estabilidad del carbono en suelos de cafetales en la Sierra Sur de Oaxaca, Mexico. *Café Cacao* vol. 3, No.2, pp.67-70.
- ANACAFE, 2006. Asociación Nacional del café de Guatemala. www.anacafe.org.
- Anduela, S., 2003. Chemical and sensorial characteristics of coffee as affected by grinding and torrefacto roast. *J. Sci. Food Agric.*, 57: 7034-7039.
- ASIC, 2006. Association For Science And Information on Coffee. <http://www.asic-cafe.org/index.php>.
- Avendaño, J. A., 2003. Producción en variedades de café injertadas y propagadas por semilla en suelos con nematodos. Memoria de investigación en agricultura de regiones cafetaleras. CRUO CENIDERCAFE UACH, Veracruz, México.
- Batista. A. S., 2005. Efecto de diferentes niveles de exposición solar sobre la productividad agrícola del cafeto (*Coffea arabica*), Resúmenes del III simposio Internacional de Café y Cacao Santiago Cuba. Página 84.
- Campbell N. A. 1995. *Biologie*. Página 701. Editorial ERPI, Canadá.
- Canet, R. 2000. Los índices de actividades biológica como herramienta de diagnóstico de la fertilidad del suelo en la agricultura ecológica. En: investigación y perspectivas de la enzimología de suelo en España. Garcia, C., y Hernández, M. T., (eds), CEBAS-CSIC, Murcia, páginas. 11-23.
- CIRAD. 1984. Memento de l agronome. Páginas 975-993. Cuarta edición, editorial Ministère de la Cooperation et du Develeppement, France.

- Clasificación sísmica mexicana. 2000. Sistema Sismológico Nacional. Universidad Nacional Autónoma de México. www.ssn.unam.gob.mx
- Confederación Mexicana de Productores de Café. 1999. El café en México una producción de altura. Consejo Mexicano del Café.
http://www.gob.mx/wb2/egobierno/egob_consejo_cafe>
- Descroix, F. y Snoeck, J. 2001. Environmental Factors suitable for Coffee Cultivation. Páginas 164-177. En Wintgens, J. N. eds. Coffee growing, processing, sustainable production. editorial Wiley-uch.
- Diario Oficial de la Federación, 7 de enero del 2002, Café Veracruz, Especificaciones y métodos de prueba, Secretaria de Economía, Mexico D.F. 20p.
- Días, 2000. Estudio integral sobre la calidad del café en México. Resúmenes del I simposio Internacional de Café y Cacao Santiago Cuba. Página 85.
- Escamilla, E. P., Ruiz-Rosado, O. y Días-Padilla G. 2005. Producción de café orgánico en México. III simposio Internacional de Café y Cacao Santiago Cuba. Página 109.
- FAO-ISRIC-ISSS, 2006. World Reference Base for Soil Resources, Soil Resources Report No 103, Rome.
- García, E 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climático de Köppen. UNAM, México.
- García, N. E., Ibáñez A. H., Fuente R. E., Platero P. B., Galicia, S. M., Ramos, B. R., Mercado, S. I., Reyes, O. L., Hernández, J. A., y Trémols, G. J. 2000. Características de los suelos de un sector de Pluma Hidalgo, Sierra Sur de Oaxaca (México). La Edafología y sus perspectivas al Siglo XXI, Tomo 1: 61-67.
- García, N. E., Urióstegui, D. Y., Álvarez, A. G., Ibaéz, H. A., Krasilnikov P. 2004. Distribución Espacial de Las Propiedades de los Suelos en la Zona Cafetalera de la Sierra Sur de Oaxaca. Memoria del Seminario Latinoamericano de Geografía Física., Puerto Vallarta, Jalisco México.
- García, N. E., Ibáñez H. A., Álvarez, A. G., Krasilnikov, P., Hernández J. A. 2006. Soil diversity and properties in mountainous subtropical areas, in Sierra Sur de Oaxaca, México. Canadian Journal of Soil Science. Páginas 61-76.
- Guyot. 1996. Influencia de la altitud y la sombra sobre la calidad de los cafetos. La Nota Técnica.8:1-5.
- Herrera, T., Ulloa, M. 1998. El reino de los hongos. Segunda edición. Editorial Fondo de Cultura Económica, México. Páginas 290-295.
- Hernández J. A. 1999. Suelos dedicados al cafeto en Cuba, editorial INCA, Cuba.

- Instituto Nacional de Ecología. 2006.
<http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/443/cap4.html>
- IUSS Working Group WRB. 2006. World Reference Base for soil resources. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome.
- Krasilnikov, P., García, C. N., Torres, G. C. 2004. Procesos Edáficos y Geomorfológicos en la Formación del Mosaico de Suelos en las Laderas de la Sierra Madre del Sur de Oaxaca. Memoria del Seminario Latinoamericano de Geografía Física., Puerto Vallarta, Jalisco México.
- Krasilnikov, P., García, C. N., Sedov, N. S., Vallejo G. E., Ramos, B. R. 2005 The relationship between pedogenic and geomorphic processes in mountainous tropical forested area in Sierra Madre del Sur, México. CATENA. Páginas 14-44.
- López, G. F. J., Escamilla, P. E., Zamarrita, C. A., Figueroa, J. O., Carrión R. M. 2003. Comportamiento agronómico y calidad en variedades de café en regiones cafetaleras de Veracruz y Oaxaca. Memoria de investigación en agricultura de regiones cafetaleras CRUO CENIDERCAFE UACH. Veracruz México. Páginas 28-31.
- Machiels, D., Istasse, L. 2002. La réaction de Maillard. Ann. Méd. Vet. Vol.146, 347-352.
- Martínez. P. D. Pérez P. E., Gervasio, P. J., López, G. F., Escamilla P. E. 2003 a. Algunos resultados del proyecto sobre la calidad del café en Veracruz, México. Memoria de investigación en agricultura de regiones cafetaleras. CRUO CENIDERCAFE UACH. Veracruz México. Páginas 143-148.
- Martínez P.D. 2003 b. La calidad integral en café: estrategia para su comercialización. Foro Nacional de Vinculación de la investigación, Chapingo, Méx.
- Martínez P.D., Pérez, P. E., Sedas, P. J., Joaquín, M. M., Ramírez, G. M., Uscanga, A. J., Hernández G. C. 2003 c. Los sistemas de producción cafetalera predominantes en la región de Veracruz. Memoria de investigación en agricultura de regiones cafetaleras CRUO CENIDERCAFE UACH. Veracruz México. Páginas 62-68.
- Martínez P. D., Pérez, P. E., Sedas P. J. 2005. Estudio integral sobre la calidad del café en México. Resúmenes del III simposio Internacional de Café y Cacao Santiago Cuba. Páginas 41-47.
- Méndez E. 2005. Identificación de Territorios de Café (*Coffea arabica*) de Calidad en El Salvador. Resúmenes del XXI Simposio Latinoamericano de Caficultora). CD-ROM.
- Munsell. 2000. Soil color charts. Revised washable edition. Munsell color. NY.
- Nelson, D. W., Sommers L. E. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. Páginas 539-579 en Pages A. L., Millar R. H., y Keeney D.R. editores. Methods of soil

análisis. Part 2. Chemical and microbiological properties. Agronomy 9, segunda edición, ASA SSSA, Madison WI.

- OIC. 2006. Organización Internacional del café. www.ICO.org.
- Ortiz E. M., Zapata, H, R., Sadeghian, S. 2006. Soil aluminum toxicity in the Colombian growing region: Sources of acidity and methods of determination, 18th World Congress of Soil Science IUSS, Philadelphia, USA.
- Ortiz P. M. A., 2004. Reconocimiento fisiográfico y geomorfológico, páginas 43-54 en A. J. García-Mendoza, M. de Jesús Ordóñez, y M. Briones-Salas editores, Biodiversidad de Oaxaca, Instituto de Biología UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México, DF.
- Pérez P. E., Partida, S. J., Martínez, P. D. 2005. Determinación de las subdenominaciones de origen del Café Veracruz (estudio preliminar), Revista de Geografía Agrícola 35. 23-56.
- Piñón, J. G. Hernández, J. 1998. El Café: Crisis y Organización. Instituto de Investigaciones Sociológicas Universidad Autónoma “Benito Juárez” de Oaxaca.
- Porta, C. J. 2003. Edafología Para la agricultura y el medio ambiente, tercera edición, editorial Mundi Prensa, España.
- Puerta, Q. 1999. Influencia del proceso del beneficio en la calidad del café. CENICAFE, 50: 78-88.
- Rojas, T.R., Pérez J.M. y Acosta G. 1987. Y volvió a temblar. Cronología de los sismos en México Cuadernos de la Casachata 13J. Centro de Investigación y Estudios Superiores de Antropología Social. México, D. F.
- Romero. E., F. 2006. Estudio de los nutrimentos y características edáficas en cafetales con diferentes grados de apertura del dosel en Pluma Hidalgo, Oaxaca. Tesis de maestría en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias UNAM.
- Romero, E. F., García, N. E., y Krasilnikov, P. 2002. Estudio de los nutrientes y características edáficas en cafetales con diferentes grados de apertura del dosel en Pluma Hidalgo, Oaxaca, Café Cacao. 3: 61-63.
- Romero. J. M., 2005. Determinación de atributos de calidad del café en zonas productoras de la República Dominicana. Resúmenes del XXI simposium de latinoamericano de caficultora. CD-ROM.
- Rosas A. J. 2006. Diagnóstico de la fertilidad de los suelos con manejo orgánico y su efecto sobre la calidad física y sensorial del café (*Coffea arabica L.*) en cinco regiones de México, Tesis profesional, UACH. Chapingo México.

- Ruiz, A., R. 1999. Tomando café. Manual del catador. Litografía Dorantes. Veracruz México.
- Santoyo, C. H. 1996. Factores agronómicos y calidad del café. Segunda edición. editorial UACH. Consejo Mexicano del café.
- Sedas. P. J., Pérez, P. E., Martínez, P. D. 2003. El beneficiado húmedo y la calidad del café en taza. Memoria de investigación en agricultura de regiones cafetaleras. CRUO CENIDERCAFE UACH. Páginas 138-142.
- Serrano C. J. 2005. El complejo Órganomineral del suelo y su relación con la calidad del café. Tesis de doctorado. Colegio de Posgraduado. México.
- Snoeck, J, y Vaast, P. 2001. Importance of organic matter and biological fertility in coffee soils. Páginas 371-381. En Wintgens, J. N. eds. Coffee growing, processing, sustainable production. editorial Wiley-uch.
- Toledo V. M. y Moguel P. 1996. En busca de un café sostenible en México: la importancia de la diversidad biológica y cultural, Centro de Ecología, UNAM Morelia Michoacán, México, Ponencia presentada al Primer Congreso del Café Sostenible, Smithsonian Migratory Bird Center Washington, D.C., septiembre 16-18, 1996.
- Torres R. 2003. Efecto del pastoreo de Ovinos en la calidad del café. Memoria de investigación en agricultura de regiones cafetaleras CRUO CENIDERCAFE UACH. Páginas 87-92.
- Torres Colin R. 2004. Tipos de vegetación. páginas 105-120 en A. J. García-Mendoza, M. de Jesús Ordóñez, y M. Briones-Salas editores, Biodiversidad de Oaxaca, Instituto de Biología UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-Wold Wildlife Fund, México, DF.
- Trejo I. 2004. Clima. Páginas 67-85 en A. J. García-Mendoza, Maria de Jesús Ordóñez y Miguel Briones-Salas editores, Biodiversidad de Oaxaca, Instituto de Biología UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-Wold Wildlife Fund, México, DF.
- Van Reenwijk, 2002. ISRIC. Procedures for soil analysis, tercera edición, Internacional Soil Refence and Information Center.
- WILBAUX R. 1956. Technologie du café.
- Wintgens J.N. 1992. Factores que influncian la calidad del café Fenotipo, Medio Ambiente, Proceso y Almacenamiento. Memoria del XV Simposio Latinoamericano de Cafeticultura. Xalapa, Veracruz, México. 21-24 de Julio de 1992.
- Wintgens J.N. 2001. The Coffee Plant. Páginas 3-24. En Wintgens, J. N. eds. Coffee growing, processing, sustainable production. editorial Wiley-uch.

- Zar, H.J., 1999, Biostatistical Analysis, Prentice Hall, USA.

Apéndice A. Resultados de los 15 perfiles edáficos

Horizonte profundidad	Color (seco)	Color (humedo)	TEXTURA	pH _{H₂O}	pH _{KCl}	Arcilla %	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	AE	CIC	CIC	BS	C %	N %	C:N	DA g/ml	P mg/kg	
				1:2.5	1:2.5		cmol _c · kg ⁻¹						por Kg	%						
Arena																				
Umbrisol Mólico Cámbico (Húmico)																				
Ap	0-15	10YR3/2	10YR2/1	Migajón arenoso	6.4	5.2	28.4	32.99	2.79	1.40	0.24	20.46	57.88	203.8	64.65	12.66	0.91	13.9	0.72	310
AB	15-38	10YR3/3	10YR2/2	Migajón arenoso	6.4	5.5	30.4	17.94	2.10	1.04	0.23	13.75	35.06	115.3	60.78	4.05	0.43	9.4		
B1	38-65	10YR4/3	10YR3/3	Migajón arenoso	6.4	5.5	34.4	8.39	1.47	1.02	0.09	13.20	24.18	70.3	45.41	1.70				
B2	65-93	10YR5/6	10YR3/4	Migajón arenoso	6.5	5.5	25.6	3.69	0.86	1.32	0.18	11.07	17.12	66.9	35.34	0.40				
BC	93-108	10YR5/6	10YR4/6	Migajón arenoso	6.5	4.9	27.6	3.72	0.86	0.94	0.16	8.29	13.98	50.6	40.70	0.30				
C1	108-130	10YR5/6	10YR4/6	Migajón arenoso	6.5	4.9	23.6	3.48	0.74	0.83	0.18	11.00	16.23	68.8	32.21	0.25				
C2	130-143	10YR5/6	10YR4/6	Migajón arenoso	6.5	4.6	27.6	4.00	0.69	0.80	0.19	8.84	14.52	52.6	39.10	0.10				
Chorro																				
Umbrisol Cámbico (Clayíco Hiperdístico)																				
	0-15	10YR4/2	10YR2/1	Migajón arenoso	5.7	4.9	58.4	11.51	1.40	0.26	0.16	16.33	29.66	50.8	44.95	4.05	0.32	12.6	1.06	302
	14-26/48	10YR5/3	10YR3/2	Migajón arenoso	6	4.9	66	0.71	0.32	0.01	0.01	8.92	9.97	15.1	10.57	0.78	0.08	9.7		
	26/47-93	10YR5/4	10YR4/4	Migajón arenoso	6.3	4.8	68	4.31	0.63	0.11	0.18	6.05	11.28	16.6	46.37	0.50				
	> 93	10YR5/6	7.5YR4/6	Migajón arenoso	6.4	5.2	66	3.62	0.57	0.25	0.09	8.01	12.55	19.0	36.16	0.50				
Cumbre																				
Alisol Cútánico Úmbico (Húmico Arénico)																				
Ap11	0-16	10YR3/4	7.5YR3/2	Migajón arenoso	5	4.7	8	14.29	0.39	0.54	0.15	19.22	34.59	432.3	44.42	4.66	0.37	12.6	1.06	393
Ap12	16-41	10YR3/6	7.5YR3/3	Migajón arenoso	5	4.7	8	6.14	0.36	0.29	0.14	25.41	32.34	404.3	21.43	3.26	0.18	18.4		
A-B	41-72	10YR4/6	7.5YR4/4	Mig. arcillo arenoso	4.7	3.9	22	0.04	0.01	0.12	0.12	17.90	18.19	82.7	1.60	1.05				
B	72-90	10YR4/6	7.5YR4/4	Franco	4.6	3.9	22	0.03	0.01	0.18	0.12	18.56	18.89	85.9	1.76	1.32				
BC	90-122	10YR5/6	7.5YR4/6	Migajón arenoso	4.6	4	18	0.03	0.01	0.30	0.12	11.60	12.06	67.0	3.82	0.64				
C	122-150	10YR5/8	7.5YR4/6		4.8	3.8			0.47	0.07		10.40	10.94		4.89	0.34				
Espinazo																				
Umbrisol Háptico (Arénico)																				
Ap11	0-16	2.5Y5/3	10YR3/2	Mig. Arenoso	6.5	5.3	8.4	5.96	1.23	0.32	0.16	10.45	18.12	215.7	42.31	1.52	0.14	10.9	1.20	204
Ap12	15-37	2.5Y5/3	10YR3/3	Mig. arenoso	6.5	5.3	6.4	4.48	1.02	0.19	0.14	7.15	12.98	202.8	44.91	1.00	0.07	14.9		
A2	36-73	2.5Y7/4	10YR5/4	Mig. arenoso	6.3	5.5	6.4	2.79	0.53	0.11	0.16	5.50	9.09	142.0	39.47	0.14				
A-C	72-109	2.5Y7/4	10YR5/4	Mig. arenoso	6.2	5.3	4.4	0.97	0.09	0.00	0.14	3.85	5.06	114.9	23.86	0.11				

Apéndice A. Resultados de los 15 perfiles edáficos

C 108-173 2.5Y7/4 10YR5/4 Arena migajosa 6.3 5.8 4.4 0.32 0.01 0.03 0.12 2.75 3.24 73.6 15.05 0.03

Mirador

Alisol Cútanico Úmbrico (Húmico Hiperdístico Arénico)

Ap11 0-39 10YR3/3 10YR2/1 Migajón arenoso 5.5 4 9.2 2.59 0.28 0.34 0.11 35.64 38.96 423.4 8.51 2.85 0.64 4.4 0.87 316
 Ap12 39-54 10YR4/3 10YR2/2 Migajón arenoso 5.3 4.1 9.2 0.42 0.06 0.24 0.14 22.68 23.53 255.7 3.60 2.85 0.10 28.5
 Bw 54-76 10YR5/4 10YR3/4 Migajón arenoso 5.2 4 15.2 0.80 0.11 0.04 0.09 13.50 14.54 95.7 7.15 1.08
 BC 76-125 10YR5/4 10YR4/4 Migajón arenoso 5.5 4 11.2 0.58 0.08 0.04 0.09 11.34 12.14 108.4 6.57 0.30

Perfil	Horizonte	Color (seco)	Color (humedo)	TEXTURA	pH _{H₂O}	pH _{KCl}	Arcilla %	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	AE	CIC	CIC	BS	C	N	C:N	DA	P
	profundidad	(seco)	(humedo)		1:2.5	1:2.5	%	cmol _c · kg ⁻¹					por Kg		%	%	%	g/ml	mg/kg	
								Arcilla												

Panteón

Umbrisol Cámbico

Ap11 0-18 10YR4/2 10YR2/1 Migajón arenoso 5.9 4.9 24.8 11.01 1.35 0.13 0.20 17.03 29.72 119.8 42.70 2.80 0.31 9.0 0.98 339
 Ap12 18-36/44 10YR4/2 10YR2/1 Migajón arenoso 6 4.7 27.6 9.35 1.03 0.02 0.19 19.05 29.64 107.4 35.72 1.80 0.14 12.8
 B 36/44-90 10YR5/6 10YR3/4 Migajón arenoso 5.7 4.7 29.6 3.59 0.70 0.08 0.24 8.73 13.34 45.1 34.54 0.40
 C1 90-118 10YR5/6 10YR4/4 Migajón arenoso 6.2 4.6 23.6 3.29 0.58 0.04 0.24 13.87 18.00 76.3 22.99 0.20
 10YR5/6 10YR4/4 Migajón arenoso 6.2 4.6 21.6 3.50 0.68 0.05 0.28 8.16 12.66 58.6 35.60 0.15

Portillo

Umbrisol Mólico (Arénico)

Ap 0-28 10YR5/3 10YR3/3 Arena migajón 5.7 4.7 5.2 5.99 0.41 0.46 0.09 6.48 13.43 258.2 51.74 2.41 0.26 9.4 1.10 393
 25-58/68 10YR5/3 10YR4/4 Arena migajón 5.5 4.6 5.2 5.28 0.37 0.04 0.09 5.94 11.72 225.4 49.33 0.74 0.10 7.5
 58/68-103 10YR6/4 10YR4/6 Arena migajón 5.7 4.3 5.2 3.88 0.38 0.18 0.07 7.56 12.06 231.9 37.31 0.20
 103-147 10YR6/4 10YR4/4 Arena migajón 4.2 3.2 3.99 0.41 0.25 0.09 4.32 9.06 283.2 52.33 0.20

Presa

Alisol Cútanico Úmbrico (Húmico Hiperdístico)

Ap 0-12 10YR4/3 10YR2/2 Migajón arenoso 5.2 3.8 24 2.44 0.30 0.36 0.12 36.01 39.24 163.5 8.22 5.55 0.62 8.9 0.98 364
 12-40 10YR4/3 10YR2/2 Migajón arenoso 5.2 3.8 26 1.54 0.14 0.28 0.13 30.67 32.75 126.0 6.36 5.16 0.44 11.7
 40-75/90 10YR5/6 2.5YR4/6 Mig. arcillo arenoso 5.3 3.9 20.4 0.24 0.06 0.04 0.07 7.88 8.28 40.6 4.92 1.73
 75/90-135 10YR5/8 2.5YR4/6 Mig. arcillo arenoso 5.4 3.9 26 0.24 0.10 0.04 0.07 11.55 12.00 46.1 3.72 0.50

Profeta

Apéndice A. Resultados de los 15 perfiles edáficos

Alisol Cútanico Úmbrico (Húmico Profundico)

Ap1	0-13	10YR4/3	10YR2/2	Mig. arcillo arenoso	6	5.2	21.6	9.79	1.57	0.58	0.15	18.17	30.26	140.1	39.94	3.11	0.20	15.8	1.08	267
AB	13-27/37	10YR5/4	10YR3/4	Mig. arcillo arenoso	6	4.7	23.6	4.67	0.94	0.20	0.12	11.66	17.59	74.5	33.74	1.46	0.09	16.9		
B	27/37-73	10YR6/6	7.5YR5/6	Migajón arenoso	6.2	4.9	29.6	3.34	0.55	0.59	0.07	11.10	15.65	52.9	29.08	1.36				
C1	73-127	7.5YR6/8	5YR5/8	Migajón arcilloso	5.7	4.5	37.6	3.17	0.62	0.25	0.07	11.29	15.39	40.9	26.68	0.59				
C2	127-132	7.5YR5/8	5YR5/8	Franco	5.5	4	43.6	2.21	0.49	0.01	0.09	11.55	14.36	32.9	19.55	0.50				

Ranch A

Alisol Cútanico Úmbrico (Húmico Arénico)

Ah11	0-10	10YR3/3	10YR2/1	Migajón arenoso	4.7	4.3	7.6	13.82	1.83	0.76	0.16	19.16	35.73	470.1	46.37	4.17	0.38	10.8	0.99	758
Ah12	10-30	10YR3/3	10YR2/1	Mig. arcillo arenoso	5.2	4.5	7.6	13.67	1.58	0.34	0.13	17.74	33.46	440.3	47.00	3.40	0.27	12.5		
AB	30-55	10YR3/3	10YR2/1	Migajón arenoso	5.5	4.5	9.6	11.93	1.53	0.29	0.12	16.50	30.37	316.3	45.67	2.23				
Bw	55-75	10YR4/3	10YR2/2	Migajón arenoso	5.6	4.5	7.6	8.45	1.06	0.26	0.14	16.74	26.65	350.7	37.19	1.65				
C1	75-85	10YR4/4	10YR3/2	Migajón arenoso	5.4	4.4	11.6	8.08	1.11	0.22	0.13	16.50	26.03	224.4	36.62	1.74				
C2	80-116	10YR5/4	7.5YR3/4	Migajón arenoso	5.4	4.3	11.6	5.57	1.14	0.13	0.06	15.59	22.48	193.8	30.66	1.16				
C3	116-135		10YR5/6	Migajón arenoso	5.5	4.2	5.6	4.32	0.89	0.17	0.16	11.66	17.20	307.1	32.21	0.97				

Perfil	Horizonte	Color	Color	TEXTURA	pH _{H2O}	pH _{KCl}	Arcilla	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	AE	CIC	CIC	BS	C	N	C:N	DA	P
	profundidad	(seco)	(humedo)		1:2.5	1:2.5	%	cmol _c · kg ⁻¹					por Kg	%	%	%		g/ml	mg/kg	
								Arcilla												

Soledad

Alisol Cútanico Úmbrico (Hiperdístico Arénico)

Ap	0-28	10YR4/3	10YR2/1	Migajón arenoso	5.3	4.4	11.2	5.50	0.46	0.46	0.09	27.00	33.51	299.2	19.43	3.04	0.39	7.7	1.10	321
	25-66	10YR6/4	10YR4/4	Migajón arenoso	5.3	3.9	9.2	1.18	0.19	0.01	0.09	8.64	10.12	110.0	14.60	0.89	0.05	18.0		
	66-94	10YR5/4	10YR4/4	Migajón arenoso	5	3.9	9.2	1.23	0.19	0.01	0.09	7.02	8.55	93.0	17.92	0.69				
	94-112	10YR5/6	7.5YR4/6	Migajón arenoso	5.5	3.8	13.2	0.85	0.19	0.01	0.04	7.02	8.11	61.5	13.47	0.49				

T. Blanca

Alisol Cútanico Úmbrico (Hiperdístico Arénico)

	0-16/27	10YR5/3	10YR3/3	Arena migajón	5.5	4.7	3.2	4.99	0.39	0.46	0.04	11.61	17.48	546.3	33.59	1.47	0.29	5.0	1.04	266
	16/27-58/95	10YR5/4	10YR4/4	Arena migajón	5.8	4.5	14	0.03	0.22	0.01	0.01	8.10	8.37	59.8	3.23	0.59	0.06	9.2		
	58/95-146	10YR5/4	10YR4/3	Arena migajón	5.8	4.2	10	0.03	0.21	0.01	0.01	6.21	6.47	64.7	4.02	0.10				

Triunfo

Apéndice A. Resultados de los 15 perfiles edáficos

Umbrisol Cámbico (Húmico Hiperdístico)

Aph1 0-20	10YR4/2	10YR2/2	Arena migajón	5.5	4.5	22	13.43	0.54	0.67	0.10	16.67	31.42	142.8	46.93	3.96	0.43	9.3	1.00	499
Aph2 20-40	10YR4/3	10YR3/2	Migajón arenoso	5.8	4.7	22	6.43	0.44	0.11	0.09	11.14	18.22	82.8	38.87	1.65	0.17	10.0		
AB 40-61	10YR5/3	10YR3/2	Arena migajón	5.7	4.9	20	2.46	0.25	0.01	0.09	11.66	14.48	72.4	19.46	1.07				
61-89	10YR5/3	10YR3/3	Arena migajón	5.8	4.7	20	0.13	0.20	0.01	0.01	11.61	11.96	59.8	2.97	0.88				
89-146	10YR5/4	10YR4/4	Arena migajón	5.7	4.7	22	1.06	0.17	0.01	0.09	8.03	9.36	42.5	14.24	0.80				

Zanjones

Umbrisol Cámbico (Hiperdístico)

Ap11 0-12	10YR5/3	7.5YR3/2	Mig. Arcillo Arenoso	4.5	4	22	2.45	1.33	0.86	0.16	20.90	25.70	116.8	18.67	3.60	0.24	15.0	1.03	313
Ap12 12-27	10YR5/4	7.5YR3/3	Franco	4.4	3.8	24	0.43	0.52	0.77	0.10	18.45	20.26	84.4	8.96	2.10	0.13	15.9		
B1 27-41/57	10YR5/6	7.5YR4/6	Franco	4.3	3.7	24	0.02	0.19	0.46	0.15	16.17	16.99	70.8	4.83	0.68				
C1 41/57-92	7.5YR6/8	5YR4/6	Franco	4.3	3.7	26	0.01	0.13	0.23	0.14	13.68	14.19	54.6	3.58	0.40				
	7.5YR8/4	7.5YR6/6	Arena Migajón	5.1	3.9	3.6	0.01	0.01	0.44	0.17	6.00	6.63	184.1	9.45	0.08				

Zapotal

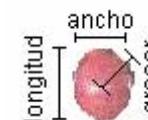
Umbrisol Cámbico (Hiperdístico)

A11h 0-23	10YR5/3	10YR3/2	Migajón arenoso	5.1	4.3	28	6.43	1.15	0.41	0.14	17.28	25.42	90.8	32.01	3.95	0.37	10.7	0.94	249
A12 23-35	10YR5/3	10YR3/3	Migajón arenoso	5.2	3.8	26	1.46	0.38	0.12	0.12	15.24	17.31	66.6	11.97	1.46	0.11	13.7		
Bw 35-68	10YR6/6	7.5YR5/6	Migajón arenoso	5.3	3.8	26	0.43	0.17	0.11	0.09	9.44	10.24	39.4	7.83					
BC 68-127	10YR6/8	2.5YR5/8	Mig. arcillo arenoso	5.5	3.8	28	0.27	0.20	0.25	0.07	12.25	13.03	46.5	6.03	0.21				

Sitio Arena

Cafeto	Cantidad de luz M-2*sec-1	Daño foliar %	Daño foliar muy bajo0, muy alto4	Peso cerezas (10) g	Frutos rechazados	# frutos verdes	Producción en frutos (g)
1	850	90	4	15.46	6	72	37.20
2	11	5	1	14.74	2	80	32.60
3	50	5	0	11.11	1	40	12.67
4	65	2	0	17.32	0	40	144.70
5	10	5	2	18.55	1	11	61.50
6	15	90	4	6.90	0	3	6.90
7	900	95	3	14.93	6	25	32.33
8	9	90	4	2.69	2	1	2.69
9	15	70	3	12.49	2	7	12.49
10	10	90	4	6.18	0	1	6.18
11	60	95	4	5.42	0	5	5.42
12	11	95	4	13.71	11	92	49.50
13	7	95	4	2.67	1	0	2.67
14	12	80	4	15.26	1	6	23.16
15	11	90	4	13.18	4	100	74.60
Promedio	135.73	66.47	3.00	11.37	2.47	32.20	33.64
Desviación estándar	300.92	39.38	1.51	5.25	3.09	36.41	38.02

Cafeto	Ramas sin frutos	Edad cafeto	Altura (cm.)	Circunferencia de la base del tronco (cm.)	Número de ramas con frutos	Ancho frutos (cm)	Longitud frutos (cm)	Grosor frutos (cm)
1	3	60	380	18	56	1.18	1.42	1.36
2	3	60	283	24	53	1.10	1.50	1.36
3	2	60	270	18	29	1.02	1.28	1.22
4	2	60	310	21	32	1.20	1.48	1.44
5	2	60	230	12	23	1.24	1.52	1.44
6	3	60	238	12	5	1.15	1.48	1.40
7	5	60	347	33	8	1.18	1.36	1.38
8	5	60	310	27	1	0.93	1.30	1.07
9	3	60	340	20	8	1.08	1.34	1.22
10	0	6	264	9	5	1.06	1.28	1.22



Apéndice B. Caracterización de los 225 cafetos estudiados

	11	4	60	268	23	7	0.98	1.30	1.18
	12	2	60	320	22	20	1.18	1.42	1.32
	13	7	60	335	22	1	1.10	1.35	1.30
	14	0	5	186	9	8	1.08	1.36	1.32
	15	2	60	356	31	60	1.08	1.34	1.18
Promedio		2.87	52.73	295.80	20.00	21.07	1.10	1.38	1.29
Desviación estándar		1.85	19.18	53.56	7.35	20.66	0.09	0.08	0.11

B-1

Sitio Chorro

Cafeto	Cantidad de luz M-2*sec-1	Daño foliar %	Daño foliar muy bajo0, muy alto4	Peso cerezas (10) g	Frutos rechazados	# frutos verdes	Producción en frutos (g)
1	950	5	0	4.49	0	19	4.49
2	54	5	0	15.56	0	169	51.10
3	57	10	0	6.84	0	79	6.84
4	51	50	2	13.18	6	803	126.70
5	850	25	1	10.91	0	195	17.08
6	39	75	2	12.30	28	451	85.10
7	21	50	2	19.39	8	101	66.90
8	19	75	3	16.16	0	16	17.39
9	12	15	1	13.27	2	140	24.68
10	60	20	1	15.46	3	470	150.30
11	18	75	3	16.24	10	304	367.40
12	360	20	1	14.05	4	784	89.90
13	200	30	1	17.30	5	382	185.10
14	1170	30	1	12.82	6	478	140.60
15	870	10	0	14.25	3	102	24.50
Promedio	315.40	33.00	1.20	13.48	5.00	299.53	90.54
Desviación estándar	417.77	25.69	1.01	3.84	7.11	256.13	95.98

Cafeto	Ramas sin frutos	Edad cafeto	Altura (cm.)	Circunferencia de la base del tronco (cm.)	Número de ramas con frutos	Ancho frutos (cm)	Longitud frutos (cm)	Grosor frutos (cm)
1	1	25	173	24	2	1.10	1.43	1.30
2	1	25	158	26	15	1.22	1.48	1.36
3	1	25	192	36	17	0.96	1.18	1.14

Apéndice B. Caracterización de los 225 cafetos estudiados

4	1	25	350	30	69	1.10	1.36	1.26
5	0	25	339	25	28	1.04	1.34	1.18
6	0	25	405	40	170	1.08	1.42	1.24
7	1	25	317	25	30	1.30	1.46	1.52
8	2	25	207	23	13	1.28	1.38	1.44
9	1	25	304	12	17	1.12	1.38	1.28
10	3	25	268	23	75	1.20	1.48	1.42
11	3	25	334	20	44	1.18	1.48	1.38
12	2	25	358	21	77	1.12	1.40	1.28
13	0	25	320	25	65	1.20	1.50	1.32
14	0	25	264	19	64	1.10	1.40	1.26
15	1	25	213	30	27	1.10	1.48	1.28
Promedio	1.13	25.00	280.13	25.23	47.53	1.14	1.41	1.31
Desviación estándar	0.99	0.00	75.99	6.85	42.23	0.09	0.08	0.10

B-2

Sitio Cumbre

Cafeto	Cantidad de luz M-2*sec-1	Daño foliar %	Daño foliar muy bajo0, muy alto4	Peso cerezas (10) g	Frutos rechazados	# frutos verdes	Producción en frutos (g)
1	222	50	2	16.53	48	143	1,205.30
2	450	60	2	18.57	8	56	379.10
3	75	90	4	20.72	4	33	197.80
4	450	75	3	21.59	57	94	1,486.20
5	190	90	4	22.58	21	39	702.50
6	850	75	3	21.26	39	62	1,034.40
7	850	75	3	14.64	1	3	19.84
8	35	50	2	16.09	28	56	1,118.60
9	60	75	3	17.51	25	48	929.50
10	34	50	2	18.75	23	22	322.50
11	240	30	2	18.13	14	35	358.50
12	33	70	3	17.65	2	27	88.20
13	15	50	2	20.82	7	45	505.10
14	10	30	2	17.00	18	187	1,194.40
15	300	25	2	19.81	7	8	336.50
Promedio	254.27	59.67	2.60	18.78	20.13	57.20	658.56
Desviación estándar	283.63	21.08	0.74	2.29	17.06	49.82	467.00

Apéndice B. Caracterización de los 225 cafetos estudiados

Cafeto	Ramas sin frutos	Edad cafeto	Altura (cm.)	Circunferencia de la base del tronco (cm.)	Número de ramas con frutos	Ancho frutos (cm)	Longitud frutos (cm)	Grosor frutos (cm)
1	0		300	59	71	1.22	1.44	1.40
2	1		172	23	18	1.28	1.52	1.46
3	3		166	46	11	1.24	1.62	1.50
4	0		350	30	84	1.34	1.56	1.54
5	8		307	46	60	1.32	1.62	1.54
6	4		214	46	46	1.36	1.58	1.52
7	7		140	34	4	1.20	1.46	1.34
8	0		300	36	61	1.26	1.48	1.42
9	0		208	49	38	1.22	1.46	1.44
10	0		230	42	24	1.24	1.44	1.46
11	0		190	40	20	1.18	1.44	1.38
12	0		180	38	16	1.24	1.46	1.46
13	1		189	34	29	1.28	1.64	1.54
14	1		205	26	51	1.16	1.48	1.40
15	0		220	44	21	1.30	1.46	1.44
Promedio	1.67		224.73	39.40	36.93	1.26	1.51	1.46
Desviación estándar	2.66		61.25	9.42	24.04	0.06	0.07	0.06

B-3

Sitio Espinazo

Cafeto	Cantidad de luz M-2*sec-1	Daño foliar %	Daño foliar muy bajo0, muy alto4	Peso cerezas (10) g	Frutos rechazados	# frutos verdes	Producción en frutos (g)
1	16	5	0	12.70	2	30	110.50
2	15	5	0	16.95	24	64	1,010.70
3	31	10	0	19.41	6	20	270.00
4	9	5	0	11.37	10	39	114.80
5	9	5	0	15.63	2	22	81.90
6	10	5	1	17.46	0	6	28.20
7	4	10	3	16.70	7	74	210.10
8	12	10	1	13.07	0	29	45.50
9	18	10	1	15.46	8	30	317.30
10	17	10	1	13.25	1	7	62.90
11	19	5	0	11.49	4	5	47.40

Apéndice B. Caracterización de los 225 cafetos estudiados

	12	18	5	0	14.77	5	24	291.00
	13	16	5	0	14.92	0	1	25.20
	14	20	5	0	16.78	5	42	216.60
	15	170	5	0	15.08	26	133	632.30
Promedio		25.61	6.67	0.47	15.00	6.67	35.07	230.96
Desviación estándar		40.43	2.44	0.83	2.29	8.06	34.14	268.90

Cafeto	Ramas sin frutos	Edad cafeto	Altura (cm.)	Circunferencia de la base del tronco (cm.)	Número de ramas con frutos	Ancho frutos (cm)	Longitud frutos (cm)	Grosor frutos (cm)
1	2	12	162	31	26	1.08	1.36	1.24
2	0	20	340	17	63	1.24	1.54	1.40
3	0	20	278	21	19	1.26	1.60	1.44
4	1	20	183	20	22	1.06	1.28	1.14
5	0	20	218	22	12	1.18	1.54	1.40
6	1	20	144	15	13	1.18	1.52	1.34
7	1	20	223	22	33	1.16	1.48	1.28
8	0	20	233	22	33	1.12	1.46	1.26
9	0	20	238	15	23	1.24	1.48	1.36
10	0	20	244	23	18	1.08	1.40	1.28
11	3	20	170	16	10	1.06	1.38	1.26
12	1	20	210	17	36	1.10	1.40	1.28
13	6	20	160	12	30	1.14	1.40	1.34
14	5	20	285	20	65	1.18	1.44	1.36
15	0	20	264	13	47	1.18	1.42	1.42
Promedio	1.33	19.47	223.47	19.07	30.00	1.15	1.45	1.32
Desviación estándar	1.91	2.07	54.47	4.83	17.04	0.07	0.08	0.08

B-4

Sitio Mirador

Cafeto	Cantidad de luz M-2*sec-1	Daño foliar %	Daño foliar muy bajo0, muy alto4	Peso cerezas (10) g	Frutos rechazados	# frutos verdes	Producción en frutos (g)
1	138	90	3	19.29	18	196	1,739.70
2	700	95	3	18.14	32	99	763.00
3	500	95	3	19.92	15	35	329.30
4	60	90	2	18.09	104	235	1,736.80

Apéndice B. Caracterización de los 225 cafetos estudiados

5	36	95	3	18.06	48	139	818.30
6	160	85	4	16.41	36	109	752.50
7	50	90	4	15.99	63	237	1,900.80
8	550	90	4	18.10	123	518	4,289.70
9	900	80	3	18.00	98	362	1,992.00
10	450	75	3	18.40	85	269	1,685.50
11	510	90	2	21.73	5	16	211.40
12	66	95	2	19.94	20	50	313.70
13	75	100	3	19.78	7	24	173.00
14	72	90	3	19.05	24	56	882.10
15	27	100	3	19.84	75	272	1,906.20
Promedio	286.27	90.67	3.00	18.72	50.20	174.47	1299.60
Desviación estándar	287.08	6.78	0.65	1.46	38.54	143.34	1070.49

Cafeto	Ramas sin frutos	Edad cafeto	Altura (cm.)	Circunferencia de la base del tronco (cm.)	Número de ramas con frutos	Ancho frutos (cm)	Longitud frutos (cm)	Grosor frutos (cm)
1	0		430	48	165	1.30	1.52	1.16
2	0		450	63	61	1.22	1.50	1.48
3	3		367	64	94	1.26	1.50	1.44
4	0		388	34	81	1.20	1.46	1.42
5	1		418	43	93	1.26	1.50	1.48
6	1		445	31	106	1.18	1.44	1.36
7	4		435	40	157	1.20	1.48	1.38
8	1		470	49	252	1.26	1.44	1.44
9	4		390	49	141	1.22	1.44	1.40
10	0		380	21	91	1.22	1.52	1.42
11	1		396	26	49	1.20	1.48	1.44
12	2		370	33	81	1.28	1.56	1.52
13	0		455	54	136	1.28	1.50	1.48
14	0		400	40	96	1.28	1.54	1.48
15	0		420	43	123	1.26	1.54	1.48
Promedio	1.13		414.27	42.53	115.07	1.24	1.49	1.43
Desviación estándar	1.46		32.62	12.45	50.53	0.04	0.04	0.09

B-5

Sitio Panteón

Apéndice B. Caracterización de los 225 cafetos estudiados

Cafeto	Cantidad de luz M-2*sec-1	Daño foliar %	Daño foliar muy bajo0, muy alto4	Peso cerezas (10) g	Frutos rechazados	# frutos verdes	Producción en frutos (g)
1	6	30	2	20.00	1	1	72.00
2	15	2	1	17.70	52	629	2,946.70
3	15	2	1	20.42	26	38	630.00
4	150	5	1	15.76	60	362	3,041.50
5	9	10	0	16.38	10	236	286.60
6	300	5	0	18.44	23	115	1,073.50
7	25	2	0	16.00	17	86	1,215.90
8	30	2	0	18.00	3	32	385.50
9	300	10	0	18.96	12	94	499.80
10	60	10	0	17.62	6	17	130.30
11	30	10	0	18.83	74	44	815.50
12	200	2	0	17.86	41	217	1,306.68
13	610	2	0	18.51	19	58	565.52
14	30	2	0	20.10	11	18	442.60
15	15	2	0	18.56	8	52	333.50
Promedio	119.67	6.40	0.33	18.21	24.20	133.27	916.37
Desviación estándar	170.61	7.40	0.62	1.41	22.37	169.79	920.69

Cafeto	Ramas sin frutos	Edad cafeto	Altura (cm.)	Circunferencia de la base del tronco (cm.)	Número de ramas con frutos	Ancho frutos (cm)	Longitud frutos (cm)	Grosor frutos (cm)
1	2	35	232	27	13	1.24	1.58	1.46
2	1	35	370	33	155	1.24	1.44	1.44
3	2	35	315	29	77	1.28	1.58	1.50
4	1	35	297	56	118	1.10	1.48	1.36
5	0	35	350	25	55	1.20	1.50	1.44
6	1	35	380	40	115	1.18	1.52	1.40
7	0	35	290	23	59	1.14	1.42	1.42
8	0	35	316	36	47	1.20	1.54	1.46
9	5	35	350	57	75	1.18	1.54	1.48
10	5	35	330	57	48	1.18	1.48	1.42
11	1	35	305	19	48	1.20	1.50	1.44
12	0	35	341	21	206	1.19	1.51	1.44

Apéndice B. Caracterización de los 225 cafetos estudiados

	13	0	35	335	29	66	1.19	1.51	1.44
	14	4	35	292	22	55	1.22	1.58	1.46
	15	7	35	302	24	63	1.16	1.50	1.40
Promedio		1.93	35.00	320.33	33.17	80.00	1.19	1.51	1.44
Desviación estándar		2.25	0.00	37.04	13.42	49.28	0.04	0.05	0.03

B-6

Sitio Portillo

Cafeto	Cantidad de luz M-2*sec-1	Daño foliar %	Daño foliar muy bajo, muy alto4	Peso cerezas (10) g	Frutos rechazados	# frutos verdes	Producción en frutos (g)
1	350	90	2	16.62	7	117	70.10
2	15	90	2	6.50	0	9	6.50
3	25	95	2	14.68	2	159	288.10
4	35	90	2	14.88	27	152	150.10
5	9	90	2	1.33	0	8	1.33
6	11	90	3	13.07	10	8	15.20
7	21	100	4	16.02	4	24	50.00
8	24	50	2			0	-
9	36	95	3			22	-
10	150	100	4	16.74	29	120	341.10
11	700	90	4	23.10	9	66	192.10
12	60	100	4	13.97	4	48	52.60
13	50	90	4	17.55	0	22	22.23
14	900	95	4	15.85	4	38	37.30
15	60	50	1	16.65	4	200	188.30
Promedio	163.07	87.67	2.87	14.38	7.69	66.20	94.33
Desviación estándar	275.22	15.80	1.06	5.33	9.57	65.79	111.20

Cafeto	Ramas sin frutos	Edad cafeto	Altura (cm.)	Circunferencia de la base del tronco (cm.)	Número de ramas con frutos	Ancho frutos (cm)	Longitud frutos (cm)	Grosor frutos (cm)
1	2		293	14	47	1.22	1.46	1.44
2	3		317	21	1	1.23	1.48	1.38
3	1		392	28	69	1.22	1.46	1.34
4	2		400	41	64	1.18	1.48	1.36
5	1		367	25	6	1.00	1.40	1.30

Apéndice B. Caracterización de los 225 cafetos estudiados

6	3	367	42	2	1.10	1.44	1.24
7	3	450	48	18	1.20	1.48	1.36
8	4	208	19	0			
9	3	400	64	11			
10	6	372	33	96	1.16	1.46	1.36
11	8	420	30	22	1.14	1.44	1.34
12	3	363	39	54	1.14	1.44	1.26
13	9	320	21	28	1.18	1.48	1.46
14	3	370	23	47	1.16	1.42	1.36
15	0	458	45	138	1.20	1.52	1.42
Promedio	3.40	366.47	32.77	40.20	1.16	1.46	1.36
Desviación estándar	2.50	63.41	13.55	39.61	0.06	0.03	0.06

B-7

Sitio Presa

Cafeto	Cantidad de luz M-2*sec-1	Daño foliar %	Daño foliar muy bajo0, muy alto4	Peso cerezas (10) g	Frutos rechazados	# frutos verdes	Producción en frutos (g)
1	35	90	2	17.61	47	35	776.10
2	27	30	1	18.80	49	48	2,453.80
3	17	30	1	22.00	40	120	939.90
4	27	25	1	19.72	538	850	4,109.00
5	350	90	4	22.67	79	110	2,088.10
6	65	90	4	20.22	78	45	1,339.00
7	21	90	3	20.17	33	20	696.30
8	19	90	3	18.49	23	35	629.30
9	35	50	3	21.22	4	33	245.30
10	410	75	2	20.96	10	28	290.50
11	35	40	3	21.08	13	34	692.50
12	28	90	2	18.99	20	145	771.40
13	21	90	3	16.67	8	56	270.60
14	24	90	3	20.10	22	70	512.90
15	210	100	3	19.85	22	116	341.60
Promedio	88.27	71.33	2.53	19.90	65.73	116.33	1077.09
Desviación estándar	128.20	27.55	0.99	1.61	132.69	206.80	1058.81

Apéndice B. Caracterización de los 225 cafetos estudiados

Cafeto	Ramas sin frutos	Edad cafeto	Altura (cm.)	Circunferencia de la base del tronco (cm.)	Número de ramas con frutos	Ancho frutos (cm)	Longitud frutos (cm)	Grosor frutos (cm)
1	0		370	31	152	1.24	1.58	1.48
2	3		460	25	184	1.24	1.58	1.48
3	0		300	16	105	1.34	1.62	1.54
4	0		430	31	217	1.28	1.56	1.46
5	2		420	31	181	1.28	1.68	1.54
6	2		404	41	63	1.24	1.60	1.54
7	2		330	33	89	1.28	1.58	1.50
8	0		356	21	48	1.22	1.58	1.50
9	0		280	9	27	1.30	1.58	1.52
10	0		280	10	27	1.24	1.46	1.56
11	1		285	11	22	1.28	1.60	1.50
12	2		395	21	91	1.24	1.48	1.48
13	0		390	19	42	1.18	1.50	1.42
14	1		368	40	61	1.26	1.60	1.54
15	0		270	18	67	1.34	1.54	1.50
Promedio	0.87		355.87	23.77	91.73	1.26	1.57	1.50
Desviación estándar	1.06		61.82	10.35	63.25	0.04	0.06	0.04

B-8

Sitio Profeta

Cafeto	Cantidad de luz M-2*sec-1	Daño foliar %	Daño foliar muy bajo0, muy alto4	Peso cerezas (10) g	Frutos rechazados	# frutos verdes	Producción en frutos (g)
1	18	5	1	15.38	8	35	108.80
2	18	10	1	16.57	2	20	57.60
3	13	5	0	13.83	0	16	5.53
4	21	5	0	10.18	0	5	31.00
5	24	5	0	12.33	2	220	22.80
6	25	25	2	12.80	9	191	119.60
7	32	10	1	14.22	15	280	915.00
8	32	5	0	12.46	22	142	738.00
9	35	10	1	15.62	18	119	737.70
10	15	5	0	17.10	6	122	277.50
11	13	5	0	13.68	15	237	872.70

Apéndice B. Caracterización de los 225 cafetos estudiados

12	15	5	0	12.31	6	171	22.40
13	135	5	0	12.59	16	160	546.40
14	29	5	0	14.09	36	693	1,318.90
15	45	5	0	14.92	6	22	94.80
Promedio	31.33	7.33	0.40	13.87	10.67	162.20	391.25
Desviación estándar	30.14	5.30	0.63	1.84	9.75	171.44	426.54

Cafeto	Ramas sin frutos	Edad cafeto	Altura (cm.)	Circunferencia de la base del tronco (cm.)	Número de ramas con frutos	Ancho frutos (cm)	Longitud frutos (cm)	Grosor frutos (cm)
1	0	6	450	17	32	1.12	1.46	1.36
2	3	6	152	13	17	1.24	1.52	1.48
3	1	5	129	12	6	1.08	1.43	1.30
4	2	5	113	14	7	1.04	1.32	1.22
5	0	8	168	15	31	1.16	1.40	1.28
6	0	8	138	11	31	1.08	1.44	1.26
7	0	8	260	16	62	1.12	1.40	1.30
8	0	8	235	19	55	1.10	1.48	1.34
9	1	8	242	6	43	1.16	1.54	1.38
10	0	8	260	15	50	1.16	1.50	1.42
11	0	8	290	17	58	1.10	1.46	1.30
12	3	8	270	26	41	1.08	1.44	1.24
13	0	8	192	18	42	1.04	1.38	1.24
14	0	8	284	13	75	1.18	1.50	1.40
15	2	6	160	13	17	1.14	1.46	1.30
Promedio	0.80	7.20	222.87	14.93	37.80	1.12	1.45	1.32
Desviación estándar	1.15	1.21	87.16	4.39	20.40	0.05	0.06	0.07

B-9

Sitio Ranchito A

Cafeto	Cantidad de luz M-2*sec-1	Daño foliar %	Daño foliar muy bajo0, muy alto4	Peso cerezas (10) g	Frutos rechazados	# frutos verdes	Producción en frutos (g)
1	7	5	0	15.74	6	28	84.50
2	8	10	0	15.35	4	35	90.30
3	7	10	0	16.53	41	66	311.60
4	260	5	0	14.45	5	40	140.80

Apéndice B. Caracterización de los 225 cafetos estudiados

5	310	5	0	17.15	0	6	69.60
6	6	10	0	15.27	0	2	17.03
7	13	10	0	13.80	9	12	131.80
8	25	10	0	12.61	0	11	40.20
9	16	5	0	14.89	23	40	303.90
10	6	10	0	17.42	3	13	37.40
11	9	5	0	18.15	3	3	66.02
12	7	5	0	15.18	8	67	317.10
13	6	5	0	14.52	22	129	268.60
14	11	5	0	15.55	11	25	92.80
15	10	10	0	16.74	5	56	184.00
Promedio	46.73	7.33	0.00	15.56	9.33	35.53	143.71
Desviación estándar	97.33	2.58	0.00	1.46	11.25	33.81	106.85

Cafeto	Ramas sin frutos	Edad cafeto	Altura (cm.)	Circunferencia de la base del tronco (cm.)	Número de ramas con frutos	Ancho frutos (cm)	Longitud frutos (cm)	Grosor frutos (cm)
1	2	50	345	38	33	1.14	1.46	1.32
2	2	50	400	31	44	1.10	1.42	1.30
3	1	50	357	48	69	1.22	1.46	1.42
4	3	50	350	28	37	1.14	1.46	1.34
5	3	50	260	20	26	1.20	1.46	1.46
6	4	50	280	32	10	1.14	1.42	1.34
7	3	50	309	33	45	1.12	1.36	1.18
8	4	50	205	28	21	1.06	1.28	1.20
9	9	50	556	59	21	1.10	1.42	1.30
10	1	50	348	28	21	1.22	1.54	1.44
11	1	50	308	13	14	1.22	1.56	1.46
12	3	50	364	30	74	1.14	1.44	1.32
13	1	50	377	40	93	1.08	1.34	1.26
14	4	50	222	11	16	1.20	1.48	1.40
15	3	50	307	28	76	1.14	1.46	1.34
Promedio	2.93	50.00	332.53	31.13	40.00	1.15	1.44	1.34
Desviación estándar	2.02	0.00	83.27	12.22	26.23	0.05	0.07	0.09

B-10

Sitio Soledad

Apéndice B. Caracterización de los 225 cafetos estudiados

Cafeto	Cantidad de luz M-2*sec-1	Daño foliar %	Daño foliar muy bajo0, muy alto4	Peso cerezas (10) g	Frutos rechazados	# frutos verdes	Producción en frutos (g)
1	18	2	1	19.68	29	128	1,684.90
2	16	5	1	22.44	31	90	864.50
3	50	5	1	16.72	29	203	1,475.00
4	11	5	1	21.64	82	97	2,384.30
5	13	2	1	21.21	25	42	455.00
6	17	2	0	20.22	17	24	458.50
7	40	2	0	15.02	7	21	97.40
8	13	2	0	20.01	25	66	1,210.10
9	12	2	0	17.04	44	41	860.00
10	21	2	0	15.24	6	40	495.90
11	750	2	0	15.20	6	39	284.00
12	19	2	0	16.47	1	12	232.40
13	19	2	0	16.19	5	13	155.50
14	130	10	1	19.35	10	24	809.60
15	800	2	0	13.47	2	15	107.80
Promedio	128.60	3.13	0.40	17.99	21.27	57.00	771.66
Desviación estándar	264.31	2.26	0.51	2.80	21.23	53.06	666.41

Cafeto	Ramas sin frutos	Edad cafeto	Altura (cm.)	Circunferencia de la base del tronco (cm.)	Número de ramas con frutos	Ancho frutos (cm)	Longitud frutos (cm)	Grosor frutos (cm)
1	0		363	33	108	1.24	1.60	1.44
2	0		410	35	137	1.30	1.66	1.50
3	1		340	37	142	1.22	1.52	1.42
4	0		372	30	124	1.30	1.74	1.52
5	1		352	36	67	1.30	1.66	1.54
6	3		300	27	64	1.28	1.64	1.48
7	2		250	51	42	1.12	1.40	1.32
8	10		374	29	93	1.30	1.62	1.44
9	0		320	23	112	1.26	1.54	1.42
10	0		255	42	41	1.16	1.46	1.40
11	0		250	23	33	1.12	1.46	1.32
12	1		250	22	77	1.22	1.48	1.42

Apéndice B. Caracterización de los 225 cafetos estudiados

	13	1	220	26	12	1.20	1.38	1.42
	14	0	278	19	72	1.26	1.60	1.44
	15	2	250	37	39	1.08	1.28	1.28
Promedio		1.40	305.60	31.23	77.53	1.22	1.54	1.42
Desviación estándar		2.56	59.68	8.62	40.44	0.07	0.13	0.07

B-11

Sitio Tierra Blanca

Cafeto	Cantidad de luz M-2*sec- 1	Daño foliar %	Daño foliar muy bajo0, muy alto4	Peso cerezas (10) g	Frutos rechazados	# frutos verdes	Producción en frutos (g)
1		63	5	0	16.86	27	1766.9
2		200	2	0	16.66	40	2026.1
3		40	2	0	16.1	34	745.9
4		750	5	1	17.05	26	1488.6
5		30	2	1	14.98	28	1005.1
6		30	2	0	17.55	6	314.2
7		550	2	0	18	12	1002.6
8		700	5	0	19.61	11	292.1
9		50	5	1	18.04	25	1796.14
10		50	2	0	18.82	47	1710.2
11		20	2	0	19.63	14	723.6
12		30	2	0	17.09	42	1661.6
13		200	2	0	17.07	25	1256.6
14		20	2	0	19.06	4	87.2
15		16	2	0	14.98	21	470.1
Promedio	183.27	2.80	0.20	17.43	24.13	127.27	1089.80
Desviación estándar	259.88	1.37	0.41	1.46	13.05	59.12	633.98

Cafeto	Ramas sin frutos	Edad cafeto	Altura (cm.)	Circunferencia de la base del tronco (cm.)	Número de ramas con frutos	Ancho frutos (cm)	Longitud frutos (cm)	Grosor frutos (cm)	
	1	0	15	380	26	104	1.2	1.5	1.4
	2	0	15	383	28	143	1.28	1.52	1.46
	3	1	15	323	24	102	1.16	1.44	1.34
	4	0	15	377	22	110	1.22	1.46	1.3

Apéndice B. Caracterización de los 225 cafetos estudiados

5	1	15	380	30	102	1.14	1.44	1.32
6	1	15	320	18	57	1.26	1.46	1.44
7	0	15	364	19	132	1.28	1.5	1.46
8	0	15	280	12	30	1.26	1.54	1.5
9	1	15	297	29.5	171	1.24	1.52	1.46
10	1	15	370	23	86	1.3	1.56	1.42
11	2	15	400	17	51	1.28	1.6	1.48
12	1	15	296	20	77	1.28	1.5	1.46
13	1	15	380	29	49	1.2	1.44	1.36
14	1	15	322	13	37	1.28	1.5	1.44
15	1	15	388	15	106	1.18	1.44	1.36
Promedio	0.73	15.00	350.67	21.70	90.47	1.24	1.49	1.41
Desviación estándar	0.59	0.00	39.72	6.03	40.67	0.05	0.05	0.06

B-12

Sitio Triunfo

Cafeto	Cantidad de luz M-2*sec-1	Daño foliar %	Daño foliar muy bajo0, muy alto4	Peso cerezas (10) g	Frutos rechazados	# frutos verdes	Producción en frutos (g)
1	22	5	0	18.5	8	22	356.1
2	250	2	0	18.08	3	22	232.8
3	18	2	1	6.5	0	7	6.5
4	17	5	1	11.54	0	10	11.54
5	15	5	0	17.39	2	32	280.7
6	11	2	0	8.7	1	2	8.7
7	8	5	0	15.44	0	8	24.8
8	25	5	2	20.04	1	17	232.6
9	13	2	0	16.55	0	33	16.55
10	13	2	0	16.33	0	22	33.4
11	11	2	0	14.82	1	16	19.41
12	27	5	0	4.94	0	4	4.94
13	30	2	0	14.28	0	27	14.28
14	1260	2	0	8.48	0	8	8.48
15	200	6	0	16.97	2	29	96.2
Promedio	128.00	3.47	0.27	13.90	1.20	17.27	89.80
Desviación estándar	321.67	1.64	0.59	4.72	2.11	10.37	121.04

Apéndice B. Caracterización de los 225 cafetos estudiados

Cafeto	Ramas sin frutos	Edad cafeto	Altura (cm.)	Circunferencia de la base del tronco (cm.)	Número de ramas con frutos	Ancho frutos (cm)	Longitud frutos (cm)	Grosor frutos (cm)
1	3		356	28	92	1.34	1.58	1.44
2	7		309	22	37	1.24	1.5	1.44
3	3		130	8	57	1.225	1.5	1.35
4	11		214	19.5	18	1.18	1.46	1.36
5	3		317	27	17	1.2	1.52	1.42
6	4		230	18	98	1.22	1.46	1.38
7	4		311	11	17	1.18	1.44	1.3
8	7		378	24.5	21	1.24	1.6	1.42
9	11		250	21.5	42	1.22	1.56	1.44
10	7		239	20	34	1.28	1.38	1.24
11	7		260	25	19	1.2	1.44	1.34
12	14		350	41	13	1.13	1.53	1.43
13	5		284	30	23	1.14	1.5	1.3
14	2		313	14	33	1.1	1.44	1.3
15	2		331	17	43	1.24	1.5	1.42
Promedio	6.00		284.80	21.77	37.60	1.21	1.49	1.37
Desviación estándar	3.64		65.00	8.16	26.38	0.06	0.06	0.07

B-13

Sitio Zanjones

Cafeto	Cantidad de luz M-2*sec-1	Daño foliar %	Daño foliar muy bajo, muy alto4	Peso cerezas (10) g	Frutos rechazados	# frutos verdes	Producción en frutos (g)
1	90	5	0	14.32	14	31	368.6
2	21	5	0	13.95	54	304	1041.5
3	285	5	0	13.28	36	200	425
4	650	5	0	12.55	20	43	624.7
5	500	5	0	14.82	100	118	456.7
6	20	5	0	14.56	44	403	613.3
7	14	5	0	19.35	13	70	1067.3
8	12	5	0	14.97	25	82	500.3
9	105	5	0	15.05	19	254	252.4
10	225	5	0	15.65	97	571	2217.9

Apéndice B. Caracterización de los 225 cafetos estudiados

11	16	5	0	12.52	52	224	379.9
12	117	5	0	12.54	63	273	824.3
13	18	2	0	12.09	31	123	413.1
14	16	5	0	18.35-		4	65.8
15	24	5	0	14.4	23	83	282.7
Promedio	140.87	4.80	0.00	14.56	42.21	185.53	635.57
Desviación estándar	196.78	0.77	0.00	2.06	28.45	156.78	518.78

Cafeto	Ramas sin frutos	Edad cafeto	Altura (cm.)	Circunferencia de la base del tronco (cm.)	Número de ramas con frutos	Ancho frutos (cm)	Longitud frutos (cm)	Grosor frutos (cm)
1	1	10	230	22	22	1.2	1.42	1.32
2	0	22	320	30	55	1.16	1.36	1.32
3	0	22	244	31	65	1.1	1.38	1.28
4	1	10	210	18	37	1.04	1.34	1.16
5	0	12	232	16	65	1.16	1.38	1.38
6	0	22	300	33	94	1.08	1.42	1.28
7	1	22	283	30	103	1.26	1.56	1.44
8	2	22	312	27	76	1.12	1.36	1.28
9	0	22	248	28	54	1.16	1.38	1.36
10	0	22	373	30	144	1.16	1.4	1.36
11	3	22	340	32	68	1.06	1.38	1.18
12	0	22	280	18	149	1.1	1.42	1.18
13	0	22	370	18	49	1.1	1.32	1.26
14	0	7	142	11.5	25	1.18	1.48	1.36
15	0	12	288	19.5	35	1.14	1.42	1.32
Promedio	0.53	18.07	278.13	24.27	69.40	1.13	1.40	1.30
Desviación estándar	0.92	5.86	62.37	6.96	38.76	0.06	0.06	0.08

B-14

Sitio Zapotal

Cafeto	Cantidad de luz M-2*sec-1	Daño foliar %	Daño foliar muy bajo0, muy alto4	Peso cerezas (10) g	Frutos rechazados	# frutos verdes	Producción en frutos (g)
1	19	50	3	17.47	31	33	732.2
2	60	50	2	16.22	3	18	111

Apéndice B. Caracterización de los 225 cafetos estudiados

3	25	25	2	16.45	12	21	491.3
4	22	50	1	16.32	5	15	176.3
5	50	70	3	17.23	12	80	528.5
6	150	15	1	18.71	11	42	278.8
7	150	15	1	16.37	14	21	180
8	550	25	1	17.08	18	162	574
9	15	5	0	19.33	8	37	316.8
10	15	5	0	18.36	14	128	456.9
11	15	5	0	20.04	11	35	237.6
12	11	10	0	19.46	1	12	150.5
13	13	50	2	18.39	9	23	233
14	200	90	4	15.57	0	10	56
15	9	5	0	17.02	9	25	77.7
Promedio	86.93	31.33	1.33	17.60	10.53	44.13	306.71
Desviación estándar	142.12	26.96	1.29	1.37	7.58	44.79	203.62

Cafeto	Ramas sin frutos	Edad cafeto	Altura (cm.)	Circunferencia de la base del tronco (cm.)	Número de ramas con frutos	Ancho frutos (cm)	Longitud frutos (cm)	Grosor frutos (cm)
1	1		337	58	118	1.26	1.52	1.44
2	1		360	25	45	1.22	1.48	1.42
3	1		286	29	74	1.18	1.42	1.34
4	4		370	41	43	1.18	1.46	1.42
5	1		450	38	67	1.24	1.48	1.42
6	2		278	36	42	1.22	1.52	1.44
7	0		250	27	37	1.22	1.46	1.42
8	0		368	30	91	1.3	1.46	1.48
9	6		277	23	38	1.24	1.48	1.52
10	0		338	31	71	1.18	1.52	1.42
11	2		283	26	39	1.24	1.52	1.44
12	3		355	31	26	1.22	1.48	1.48
13	1		199	25	32	1.22	1.54	1.48
14	2		390	21	27	1.14	1.42	1.4
15	2		425	26	31	1.24	1.48	1.42
Promedio	1.73		331.07	31.13	52.07	1.22	1.48	1.44
Desviación estándar	1.62		68.09	9.30	26.60	0.04	0.04	0.04

Apéndice B. Caracterización de los 225 cafetos estudiados

Sitio	Profundidad horizonte A	pH (H2O) horizonte A	Pedregosidad	Ca	Mg	K	Na	AE	CIC	CIC Por kg	% SB
				cmol _c •kg ⁻¹							
		1:2.5		horizonte 1	horizonte 1						
		cm									
Arena	27	6.40	Alta	32.99	2.79	1.40	0.24	20.46	57.88	203.80	64.6
Chorro	32	5.70	Bajo	11.51	1.40	0.26	0.16	16.33	29.66	50.79	44.9
Cumbre	41	5.00	Bajo	14.29	0.39	0.54	0.15	19.22	34.59	432.33	44.4
Espinazo	36	6.50	Muy alto	5.96	1.23	0.32	0.16	10.45	18.12	215.66	42.3
Mirador	54	5.50	Alta	2.59	0.28	0.34	0.11	35.64	38.96	423.44	8.5
Panteón	40	5.90	Alta	11.01	1.35	0.13	0.20	17.03	29.72	119.83	42.7
Portillo	28	5.70	Mediano	5.99	0.41	0.46	0.09	6.48	13.43	258.21	51.7
Presa	26	5.20	Mediano	2.44	0.30	0.36	0.12	36.01	39.24	163.49	8.2
Profeta	29	6.00	Muy bajo	9.79	1.57	0.58	0.15	18.17	30.26	140.07	39.9
Ranch A	43	4.70	Muy bajo	13.82	1.83	0.76	0.16	19.16	35.73	470.15	46.3
Soledad	28	5.30	Mediano	5.50	0.46	0.46	0.09	27.00	33.51	299.22	19.4
T Blanca	27	5.50	Mediano	4.99	0.39	0.46	0.04	11.61	17.48	546.32	33.5
Triunfo	51	5.50	Muy bajo	13.43	0.54	0.67	0.10	16.67	31.42	142.81	46.9
Zanjones	27	4.50	Bajo	2.45	1.33	0.86	0.16	20.90	25.70	116.80	18.6
Zapotal	35	5.10	Alta	6.43	1.15	0.41	0.14	17.28	25.42	90.77	32.0

Apéndice B. Caracterización de los 225 cafetos estudiados

Sitio	Ca cmol _c •kg ⁻¹	Mg cmol _c •kg ⁻¹	K cmol _c •kg ⁻¹	Na cmol _c •kg ⁻¹	AE cmol _c •kg ⁻¹	CIC cmol _c •kg ⁻¹	CIC Por kg arcilla cmol _c •kg ⁻¹	% SB
	horizonte 2	horizonte 2	horizonte 2	horizonte 2	horizonte 2	horizonte 2	horizonte 2	horizonte 2
Arena	17.94	2.10	1.04	0.23	13.75	35.06	115.34	60.78
Chorro	0.71	0.32	0.01	0.01	8.92	9.97	15.11	10.57
Cumbre	6.14	0.36	0.29	0.14	25.41	32.34	404.27	21.43
Espinazo	4.48	1.02	0.19	0.14	7.15	12.98	202.79	44.91
Mirador	0.42	0.06	0.24	0.14	22.68	23.53	255.74	3.60
Panteón	9.35	1.03	0.02	0.19	19.05	29.64	107.40	35.72
Portillo	5.28	0.37	0.04	0.09	5.94	11.72	225.45	49.33
Presa	1.54	0.14	0.28	0.13	30.67	32.75	125.96	6.36
Profeta	4.67	0.94	0.20	0.12	11.66	17.59	74.53	33.74
Ranch A	13.67	1.58	0.34	0.13	17.74	33.46	440.33	47.00
Soledad	1.18	0.19	0.01	0.09	8.64	10.12	109.97	14.60
T Blanca	0.03	0.22	0.01	0.01	8.10	8.37	59.79	3.23
Triunfo	6.43	0.44	0.11	0.09	11.14	18.22	82.82	38.87
Zanjones	0.43	0.52	0.77	0.10	18.45	20.26	84.42	8.96
Zapotál	1.46	0.38	0.12	0.12	15.24	17.31	66.59	11.97

Apéndice B. Caracterización de los 225 cafetos estudiados

Sitio	Ca $\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$	Mg $\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$	K $\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$	Na $\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$	AE $\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$	CIC $\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$	CIC Por kg arcilla $\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$	% SB
	horizonte 3	horizonte 3	horizonte 3	horizonte 3	horizonte 3	horizonte 3	horizonte 3	horizonte 3
Arena	8.39	1.47	1.02	0.09	13.20	24.18	70.29	45.41
Chorro	4.31	0.63	0.11	0.18	6.05	11.28	16.59	46.37
Cumbre	0.04	0.01	0.12	0.12	17.90	18.19	82.70	1.60
Espinazo	2.79	0.53	0.11	0.16	5.50	9.09	141.99	39.47
Mirador	0.80	0.11	0.04	0.09	13.50	14.54	95.65	7.15
Panteón	3.59	0.70	0.08	0.24	8.73	13.34	45.05	34.54
Portillo	3.88	0.38	0.18	0.07	7.56	12.06	231.92	37.31
Presa	0.24	0.06	0.04	0.07	7.88	8.28	40.60	4.92
Profeta	3.34	0.55	0.59	0.07	11.10	15.65	52.88	29.08
Ranch A	11.93	1.53	0.29	0.12	16.50	30.37	316.34	45.67
Soledad	1.23	0.19	0.01	0.09	7.02	8.55	92.96	17.92
T Blanca	0.03	0.21	0.01	0.01	6.21	6.47	64.70	4.02
Triunfo	2.46	0.25	0.01	0.09	11.66	14.48	72.39	19.46
Zanjones	0.02	0.19	0.46	0.15	16.17	16.99	70.79	4.83
Zapotal	0.43	0.17	0.11	0.09	9.44	10.24	39.38	7.83

Apéndice B. Caracterización de los 225 cafetos estudiados

Sitio	%N	%N	P mg/kg	DA	%C	Textura (A)	Textura (A)	Textura (A)
	horizonte A	horizonte B	horizonte A	horizonte A	horizonte A	%arcilla	% arena	% limo
Arena	0.91	0.43	309.77	0.72	12.66	6.00	65.60	28.40
Chorro	0.32	0.08	301.57	1.06	4.05	18.00	58.40	23.60
Cumbre	0.37	0.18	393.42	1.06	4.66	8.00	68.00	24.00
Espinazo	0.14	0.07	204.37	1.20	1.52	8.40	77.60	14.00
Mirador	0.64	0.10	316.01	0.87	2.85	9.20	64.80	26.00
Panteón	0.31	0.14	339.27	0.98	2.80	16.00	59.20	24.80
Portillo	0.26	0.10	392.62	1.10	2.41	5.20	74.80	20.00
Presa	0.62	0.44	363.89	0.98	5.55	8.00	68.00	24.00
Profeta	0.20	0.09	267.16	1.08	3.11	22.40	56.00	21.60
Ranch A	0.38	0.27	757.78	0.99	4.17	7.60	64.00	28.40
Soledad	0.39	0.05	320.80	1.10	3.04	11.20	66.80	22.00
T Blanca	0.29	0.06	265.73	1.04	1.47	3.20	76.80	20.00
Triunfo	0.43	0.17	498.63	1.00	3.96	4.00	74.00	22.00
Zanjones	0.24	0.13	313.37	1.03	3.60	22.00	54.00	24.00
Zapotal	0.37	0.11	249.13	0.94	3.95	18.00	54.00	28.00

Apéndice B. Caracterización de los 225 cafetos estudiados

Sitio	Producción frutos enero 2005	Producción frutos 2006	Producción semillas 2006	# frutos verdes/cafeto	producción evaluada semilla (g)/ramas	promedio volumen cerezas	Peso 10 cerezas	Peso 10 semillas	Frutos rechazos (vanos)	semillas defectuosas	Semilla caracol
	g	g	g			cm3	g	g	%	%	%
Arena	4	33.64	6.47	32.20	0.62	0.78	11.37	1.74	0.08	0.02	0
Chorro		90.54	16.51	299.53	1.82	0.84	13.48	1.62	0.07	0.09	0
Cumbre	606	658.56	120.09	57.20	3.84	1.09	18.78	1.86	0.06	0.02	0
Espinazo	244	230.96	43.67	35.07	1.79	0.87	15.00	1.77	0.04	0.05	0
Mirador	613	1299.60	222.17	50.20	2.32	1.05	18.72	1.66	0.25	0.01	0
Panteón	246	913.34	160.15	133.27	2.57	1.02	18.21	1.82	0.05	0.03	0
Portillo	143	94.33	16.91	66.20	0.83	0.91	13.76	1.75	0.11	0.05	0
Presa	393	1055.09	180.55	116.33	2.52	1.17	19.90	1.80	0.12	0.03	0
Profeta		391.25	79.61	162.20	3.16	0.85	13.88	1.66	0.04	0.01	0
Ranch A	57	143.71	24.63	35.53	0.88	0.94	15.56	1.61	0.10	0.01	0
Soledad	538	771.66	128.52	57.00	1.93	1.06	17.99	1.78	0.05	0.07	0
T Blanca	763	1089.80	195.05	127.27	2.62	1.03	17.43	1.69	0.04	0.02	0
Triunfo	16	89.80	17.38	17.27	0.58	0.98	13.90	1.83	0.02	0.02	0
Zanjones		635.57	112.96	185.53	2.37	0.82	14.56	1.56	0.10	0.02	0
Zapotal	73	306.71	52.10	44.13	1.29	1.02	17.60	1.72	0.06	0.03	0

Apéndice B. Caracterización de los 225 cafetos estudiados

Sitio	Altura de los cafetos	Circunferencia tronco cafetos	Daño foliar											
				cm	cm	%	Ramas con frutos/cafeto	Ramas sin frutos/cafeto	Ancho frutos	Alto frutos	Largo frutos	Ancho semilla	Alto semilla	Largo semilla
Arena	295.80	20.00	66.47				21.07	2.87	1.10	1.38	1.29	0.42	0.94	0.68
Chorro	280.13	25.23	33.00				47.53	1.13	1.14	1.41	1.31	0.40	0.92	0.67
Cumbre	224.73	39.40	59.67				36.93	1.67	1.26	1.51	1.46	0.37	0.96	0.70
Espinazo	223.47	19.07	6.67				30.00	1.33	1.15	1.45	1.32	0.40	0.91	0.72
Mirador	414.27	42.53	90.67				115.07	1.13	1.24	1.49	1.43	0.36	0.93	0.66
Panteón	320.33	33.17	6.40				80.00	1.93	1.19	1.51	1.44	0.39	0.96	0.69
Portillo	366.47	32.77	87.67				40.20	3.40	1.16	1.46	1.36	0.42	0.94	0.68
Presa	355.87	23.77	71.33				91.73	0.87	1.26	1.57	1.50	0.39	1.29	0.69
Profeta	222.87	14.93	7.33				37.80	0.80	1.12	1.45	1.32	0.37	0.90	0.68
Ranch A	332.53	31.13	7.33				40.00	2.93	1.15	1.44	1.34	0.41	0.90	0.63
Soledad	305.60	31.23	3.13				77.57	1.40	1.22	1.54	1.42	0.37	0.96	0.68
T Blanca	350.67	21.70	2.80				90.47	0.73	1.24	1.49	1.41	0.37	0.90	0.68
Triunfo	284.80	21.77	3.47				37.64	6.00	1.21	1.49	1.37	0.41	0.97	0.68
Zanjones	278.13	24.27	4.80				69.40	0.53	1.13	1.40	1.30	0.38	0.90	0.68
Zapotal	331.07	31.13	31.33				52.07	1.73	1.22	1.48	1.44	0.40	0.94	0.69

Sitio	Aroma	Taza	Tueste	Verde
Arena	Suave flojo	Extraprima lavado	Bueno	Bueno a regular
Chorro	Fermentado	Dañado fermentado deja cierto resabio	Bueno a regular lig disparejo	Bueno a regular
Cumbre	Bueno	Prima lavado	Bueno	Bueno
Espinazo	Bueno agradable	Altura suave, poco cuerpo	Bueno, uniforme grano con carácter	Bueno a regular
Mirador	Bueno	Extraprima lavado	Bueno	bueno
Panteón	Bueno	Extraprima lavado leve cuerpo	Bueno a regular lig disparejo	Bueno
Portillo	Bueno ligeramente suave	prima lavado	Bueno a regular lig disparejo	Bueno a regular
Presa	Bueno agradable	Prima lavado	Bueno a regular lig disparejo	Bueno
Profeta	Bueno	Altura suave, poco cuerpo	Bueno ligeramente disparejo	Bueno
Ranch A	Ligeramente fermentado	Acentuado fermentado deja cierto resabio	Bueno grano con carácter	Bueno a regular
Soledad	Fermentado	Dañada fermentada deja cierto resabio	Bueno grano con carácter	Bueno a regular
T Blanca	Bueno	Altura, mucho cuerpo deja cierto regusto	bueno grano con carácter	Bueno ligeramente palido
Triunfo	Bueno	Altura buen cuerpo deja cierto regusto	bueno a regular	Bueno
Zanjones	Bueno lig sueve	Prima lavado poco cuerpo	Bueno a regular lig disparejo	Bueno a regular
Zapotal	Ligeramente fermentado	Dañada deja cierto resabio	Bueno grano con carácter	Bueno a regular