

00369
5



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

INVESTIGACIONES EDAFOLOGICAS SOBRE EL ESTADO DE
DEGRADACION DE AGROSISTEMAS CAFETALEROS Y
OTROS AGROSISTEMAS EN LA SIERRA NORTE DE PUEBLA

00369

TESIS
QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO
EN CIENCIAS
(EDAFOLOGIA)

PRESENTA

Q. F. B. JOSE ANTONIO TICANTE ROLDAN

MEXICO D.F.

2000



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

INVESTIGACIONES EDAFOLOGICAS SOBRE EL ESTADO DE
DEGRADACION DE AGROSISTEMAS CAFETALEROS Y
OTROS AGROSISTEMAS EN LA SIERRA NORTE DE PUEBLA

TESIS
QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO
EN CIENCIAS
(EDAFOLOGIA)

PRESENTA

Q. F. B. JOSE ANTONIO TICANTE ROLDAN

DIRECTOR DE TESIS: DRA. NORMA EUGENIA GARCIA CALDERON

MEXICO D.F.

2000

AGRADECIMIENTOS

A LA DRA. NORMA EUGENIA GARCIA CALDERON. CON MI RECONOCIMIENTO Y GRATITUD POR EL APOYO OTORGADO EN TODAS LAS ACTIVIDADES REALIZADAS PARA FINALIZAR EL PRESENTE TRABAJO.

A LOS INTEGRANTES DEL JURADO DE EXAMEN DE GRADO POR SUS VALIOSAS APORTACIONES PARA MEJORAR LA PRESENTACION DE ESTE TRABAJO:

DR. DAVID FLORES ROMAN
DRA. NORMA EUGENIA GARCIA CALDERON
M. en C. NELLY DIEGO PEREZ
DRA. TERESA REYNA TRUJILLO
DRA. AMADA LAURA REYES ORTIGOZA
M. en C. ERNESTINA VALLEJO GÓMEZ
M. en C. MIGUEL ANGEL VALERA PEREZ

MI AGRADECIMIENTO POR SU COLABORACION Y ASESORIA A LOS SIGUIENTES PROFESORES E INVESTIGADORES.

Q.F.B. REYNA DEL CONSUELO ALMIRAY PINZON DE DIOS
M. en C. MIGUEL ANGEL VALERA PEREZ
M. en C. ABEL CRUZ MONTALVO
M. en C. DAVID LARA GONZALEZ
M. en C. EDGARDO TORRES TREJO
ING. AMADO RIVERA SIERRA

A LAS INSTITUCIONES Y DEPENDENCIAS QUE APOYARON LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO, MI AGRADECIMIENTO.

LABORATORIO DE INVESTIGACION EN EDAFOLOGIA, FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

DIRECCION GENERAL DE INTERCAMBIO ACADEMICO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRICOLAS DEL INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA.

A LOS PROFESORES QUE HAN INFLUIDO EN MI FORMACION ACADEMICA.

M. en C. EDUARDO CALDERON FABIAN

M. en C. JESUS CABALLERO MELLADO

DR. HONORIS CAUSA NICOLAS AGUILERA HERRERA (†)

A MI ESPOSA REYNA DEL CONSUELO, POR SU APOYO EN TODAS MIS ACCIONES DURANTE TODOS ESTOS AÑOS, GRACIAS POR TU AMOR Y PACIENCIA.

A IVAN ANTONIO POR TODO LO QUE SIGNIFICA EN MI VIDA.

A MIS PADRES POR EL ESFUERZO REALIZADO, QUE ME HA PERMITIDO LLEGAR HASTA ESTE MOMENTO.

CON CARIÑO A MIS HERMANOS POR TODO LO QUE SIGNIFAN PARA MI, ESPECIALMENTE A TI FEDERICO (†), DONDE ESTES, SEGURO TE DARAS CUENTA QUE EL ESFUERZO NO HA SIDO EN VANO.

A TODOS MIS SOBRINOS, CON LA RECOMENDACION DE SIEMPRE SUPERARSE.

A LOS COMPAÑEROS Y AMIGOS DEL DICA-ICUAP, ESPECIALMENTE A:

MIGUEL ANGEL VALERA PEREZ
EDUARDO CALDERON FABIAN
CESAR CALDERON FABIAN
ABEL CRUZ MONTALVO
JOSE VICTOR TAMARIZ FLORES

AL PERSONAL DEL LABORATORIO DE INVESTIGACION EN EDAFOLOGIA DE
LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE
MEXICO, GRACIAS POR SU AMISTAD.

INDICE GENERAL

Indice de Tablas.	viii
Indice de Figuras.	ix
Indice de Mapas.	ix
Indice de Gráficas.	x
Indice de Fotos.	x

CONTENIDO

	Pag.
Resumen.	--
I. Introducción.	1
I.1. Extensión global de la degradación de los suelos.	2
II. Justificación.	7
III. Objetivos e Hipótesis.	8
III.1 Objetivo General.	8
III.2 Objetivos particulares.	8
III.3 Hipótesis	8
IV. Antecedentes.	8
IV.1. Características de las zonas cafetaleras del estado de Puebla, producción y exportación.	8
IV.2. Características de los agrosistemas cafetaleros.	9
IV.3. Importancia de la materia orgánica del suelo.	10
IV.4. Reacciones de la materia orgánica en el suelo.	11
IV.5. El humus y la investigación sobre la fertilización organomineral.	11
IV.6. Dinámica de la materia orgánica.	13
IV.6.1. Humificación.	13
IV.6.2. Mineralización.	14
IV.7. Origen de los precursores húmicos.	15
IV.8. Formación y evolución de los complejos organominerales en los suelos y su papel en la pedogénesis.	15
IV.9. Acción de los factores del medio sobre la formación y la evolución de los complejos organominerales.	16

IV.10. Papel de las arcillas y de los cationes.	16
IV.11. Composición y solubilidad de la materia orgánica.	17
IV.12. Métodos de estudio de las sustancias húmicas: el problema de su fraccionamiento.	18
V. Sierra Norte del Estado de Puebla.	19
V.1. Extensión territorial y uso del suelo.	19
V.2. Aspectos demográficos y económicos.	20
V.3. Desarrollo económico.	21
V.3.1. Agricultura.	21
V.3.2. Fruticultura.	22
V.3.3. Cafeticultura.	22
V.3.4. Ganadería.	22
V.3.5. Recursos forestales.	22
V.3.6. Pesca.	23
V.3.7. Desarrollo social.	23
V.3.8. Ecología.	23
V.3.9. Vegetación.	23
V.4. Generalidades de los sitios de estudio Sierra Norte de Puebla.	24
VI. Descripción de la zona de estudio.	25
VI.1. Clima.	25
VI.1.2. Vegetación encontrada en los sitios de estudio.	26
VI.3. Suelos.	26
VI.3.1. Andisoles.	26
VI.3.2. Alfisoles.	30
VI.3.3. Inceptisoles.	30
VI.3.4. Molisoles.	30
VI.3.5. Ultisoles.	30
VII. Municipios.	30
VII.1. Municipio de Cuetzalan del Progreso.	30
VII.1.1. Medio físico y geográfico.	30
VII.1.2. Clima.	31
VII.1.3. Suelos.	31
VII.1.4. Flora.	31
VII.1.5. Agricultura.	31
VII.2. Municipio de Hueytamalco.	31
VII.2.1. Medio físico y geográfico.	31
VII.2.2. Clima.	31
VII.2.3. Suelos.	32
VII.2.4. Flora.	32

VII.2.5. Agricultura.	32
VII.3. Municipio de Tlatlauquitepec.	32
VII.3.1. Medio físico y geográfico.	32
VII.3.2. Clima.	33
VII.3.3. Suelos.	33
VII.3.4. Flora.	33
VII.3.5. Agricultura.	33
VII.4. Municipio de Xicotepec de Juárez.	34
VII.4.1. Medio físico y geográfico.	34
VII.4.2. Clima.	34
VII.4.3. Suelos.	34
VII.4.4. Flora.	34
VII.4.5. Agricultura.	35
VII.5. Municipio de Zihuateutla.	35
VII.5.1. Medio físico y geográfico.	35
VII.5.2. Clima.	35
VII.5.3. Suelos.	35
VII.5.4. Flora.	35
VII.5.5. Agricultura.	36
VII.6. Municipio de Tlaola.	36
VII.6.1. Medio físico y geográfico.	36
VII.6.2. Clima.	36
VII.6.3. Suelos.	36
VII.6.4. Flora.	36
VII.6.5. Agricultura.	36
VII.7. Municipio de Teteles de Avila Castillo.	37
VII.7.1. Medio físico y geográfico.	37
VII.7.2. Clima.	37
VII.7.3. Suelos.	37
VII.7.4. Flora.	37
VII.7.5. Agricultura.	37
VII.8. Municipio de Xiutetelco.	37
VII.8.1. Medio físico y geográfico.	37
VII.8.2. Clima.	38
VII.8.3. Suelos.	38
VII.8.4. Flora.	38
VII.8.5. Agricultura.	38
VIII. Materiales y métodos.	38

VIII.1. Propiedades físicas.	40
VIII.2. Propiedades químicas.	40
VIII.3. Caracterización del humus de las muestras estudiadas.	40
VIII.4. Determinación del grado de humificación por los métodos de Kononova y Be'lichikova.	43
VIII.5. Umbral de coagulación.	43
VIII.6. Determinación de las propiedades ópticas.	43
VIII.7. Fraccionamiento de la materia orgánica.	44
IX- Resultados y discusión.	45
IX.1 Municipio de Zihuateutla.	45
IX.2 Municipio de Cuetzalan.	51
IX.3 Municipio de Xicotepec de Juárez.	55
IX.4 Municipio de Tlaola.	61
IX.5 Municipio de Hueytamalco.	63
IX.6 Municipio de Tlatlauquitepec.	64
IX.7 Municipios de Xiutetelco y Teteles.	66
IX.8 Humificación de la materia orgánica en los sitios de estudio.	66
IX.8.1. Humificación de la materia orgánica en el Municipio de Zihuateutla.	70
IX.8.2. Humificación de la materia orgánica en el Municipio de Cuetzalan.	70
IX.8.3. Humificación de la materia orgánica en el Municipio de Hueytamalco.	71
IX.8.4. Humificación de la materia orgánica en e Municipio de Xicotepec de Juárez.	71
IX.8.5. Humificación de la materia orgánica en el Municipio de Tlaola.	72
IX.8.6. Humificación de la materia orgánica en el Municipio de Tlatlauquitepec.	72
IX.8.7. Humificación de la materia orgánica en los Municipios de Xiutetelco y Teteles.	73
IX.9. Reserva de carbono de las fracciones del humus en los sitios de estudio.	74
X. Conclusiones y recomendaciones.	90
XI. Bibliografía.	92
XII. Anexos.	98
Anexo 1	99
TABLA 11. Perfil 89060301, Finca La Puebla, Municipio de Zihuateutla, Edo. de Puebla.	99
TABLA 12 Morfología del perfil 89060301, Finca La Puebla, Municipio de Zihuateutla.	100
TABLA 13 Caracterización física y química del perfil 89060301, finca	

La Puebla, Municipio de Zihuateutla.	102
TABLA 14. Perfil 89060302, Finca La Puebla, cerca de la Finca Ures; Municipio de Zihuateutla, Edo. de Puebla.	104
TABLA 15 Morfología del perfil 89060302, Finca La Puebla, Municipio de Zihuateutla.	105
TABLA 16 Caracterización física y química del perfil 89060302, Finca La Puebla, Municipio de Zihuateutla.	106
TABLA 17. Perfil 89060304, Finca La Chiquita, Municipio de Zihuateutla, Edo. de Puebla	107
TABLA 18 Morfología del perfil 89060304, Finca La Chiquita, Municipio de Zihuateutla.	108
TABLA 19 Caracterización física y química del perfil 89060304, Finca La Chiquita, Municipio de Zihuateutla.	109
TABLA 20. Perfil 89060305, Finca La Chiquita, Municipio de Zihuateutla, Edo. de Puebla.	110
TABLA 21 Morfología del perfil 89060305, Finca La Chiquita, Municipio de Zihuateutla.	111
TABLA 22 Caracterización física y química del perfil 89060305, Finca La Chiquita, Municipio de Zihuateutla.	113
TABLA 23. Perfil 89060502, Finca del señor Flores Huidobro, a 1 Km de Acaxoloco, Municipio de Cuetzalan, Edo. de Puebla.	115
TABLA 24 Morfología del perfil 89060502, Acaxoloco, Municipio de Cuetzalan.	116
TABLA 25 Caracterización física y química del perfil 89060502, Acaxoloco, Municipio de Cuetzalan.	118
TABLA 26. Perfil 89060601, Finca Calatepec; Municipio de Cuetzalan, Edo. de Puebla	120
TABLA 27 Morfología del perfil 89060601, Finca Calatepec, Municipio de Cuetzalan.	121
TABLA 28 Caracterización física y química del perfil 89060601, Finca Calatepec, Municipio de Cuetzalan.	123
TABLA 29. Perfil 89060603, Finca La Loma, Acaxoloco, Municipio de Cuetzalan, Edo. de Puebla.	125
TABLA 30 Morfología del perfil 89060603, Finca La Loma, Acaxoloco, Municipio de Cuetzalan.	126
TABLA 31 Caracterización física y química del perfil 89060603, Finca La Loma, Acaxoloco, Municipio de Cuetzalan.	128
TABLA 32. Perfil 91052101, Finca Los Idolos, Municipio de Xicotepec de	

Juárez, Edo. de Puebla.	130
TABLA 33 Morfología del perfil 91052101, Finca Los Idolos, Municipio de Xicotepec de Juárez.	131
TABLA 34 Caracterización física y química del perfil 91052101, Finca Los Idolos, Municipio de Xicotepec de Juárez.	133
TABLA 35. Perfil 91052102, Finca Los Idolos, Municipio de Xicotepec de Juárez, Edo. de Puebla.	135
TABLA 36 Morfología del perfil 91052102, Finca Los Idolos, Municipio de Xicotepec de Juárez.	136
TABLA 37 Caracterización física y química del perfil 91052102, Finca Los Idolos, Municipio de Xicotepec de Juárez.	138
TABLA 38. Perfil 91052103, Santa Rita, frente a la Finca Los Idolos, Municipio de Xicotepec de Juárez, Edo. de Puebla.	140
TABLA 39 Morfología del perfil 91052103, Santa Rita, frente a la Finca Los Idolos, Municipio de Xicotepec de Juárez.	141
TABLA 40 Caracterización física y química del perfil 91052103, Santa Rita, frente a la Finca Los Idolos, Municipio de Xicotepec de Juárez.	143
TABLA 41. Perfil 91052301, Finca Loma Larga, Municipio de Xicotepec de Juárez, Edo. de Puebla.	145
TABLA 42 Morfología del perfil 91052301, Finca Loma Larga, Municipio de Xicotepec de Juárez.	146
TABLA 43 Caracterización física y química del perfil. 91052301, Finca Loma Larga, Municipio de Xicotepec de Juárez.	147
TABLA 44. Perfil 91052302, Las Pilas, Municipio de Xicotepec de Juárez, Edo. de Puebla.	148
TABLA 45 Morfológica del perfil 91052302, Las Pilas , Municipio de Xicotepec de Juárez.	149
TABLA 46 Caracterización física y química del perfil 91052302, Las Pilas, Municipio de Xicotepec de Juárez.	150
TABLA 47. Perfil 91052201, en el camino Tlatlanalapa-Xochinanacatlán, Municipio de Tlaola, Edo. de Puebla.	151
TABLA 48 Morfología del perfil 91052201, en el camino Tlatlanalapa-Xochinanacatlán, Municipio de Tlaola.	152
TABLA 49 Caracterización física y química del perfil 91052201, en el camino Tlatlanalapa-Xochinanacatlán, Municipio de Tlaola.	154
TABLA 50. Perfil 91052202, Camino Tlatlanalapa-Xochinanacatlán, Municipio de Tlaola, Edo. de Puebla.	156
TABLA 51 Morfología del perfil 91052202, camino Tlatlanalapa-Xochinanacatlán, Municipio de Tlaola.	157

TABLA 52 Caracterización física y química del perfil 91052202, camino Tlatlanalapa-Xochinanacatlán, Municipio de Tlaola.	158
TABLA 53. Perfil 91052203, A 500 metros de Tlatlanalapa en el camino a Xochinanacatlán, Municipio de Tlaola.	159
TABLA 54 Morfología del perfil 91052203, camino a Xochinanacatlán, Municipio de Tlaola.	160
TABLA 55 Caracterización física y química del perfil 91052203, camino a Xochinanacatlán, Municipio de Tlaola.	161
TABLA 56. Perfil 90042801, Las Margaritas, Municipio de Hueytamalco, Edo. de Puebla.	162
TABLA 57 Morfología del perfil 90042801, Las Margaritas, Municipio de Hueytamalco.	163
TABLA 58 Caracterización física y química del perfil 90042801, Las Margaritas, Municipio de Hueytamalco.	165
TABLA 59. Perfil 90071301, Ahuatamimilotl, Municipio de Tlatlauquitepec, Edo. de Puebla.	167
TABLA 60 Morfológica del perfil 90071301, Ahuatamimilotl, Municipio de Tlatlauquitepec.	168
TABLA 61 Caracterización física y química del perfil 90071301, Ahuatamimilotl, Municipio de Tlatlauquitepec.	170
TABLA 62. Perfil P-110, La Unión, Municipio de Tlatlauquitepec, Edo. de Puebla.	172
TABLA 63 Morfología del perfil P-110, La Unión, Municipio de Tlatlauquitepec.	173
TABLA 64 Caracterización física y química del perfil P-110, La Unión, Municipio de Tlatlauquitepec.	175
TABLA 65. Perfil P-30, Atecox, Municipio de Xiutetelco, Edo. de Puebla.	177
TABLA 66 Morfología del perfil P-30, Atecox, Municipio de Xiutetelco.	178
TABLA 67 Caracterización física y química del perfil P-30, Atecox, Municipio de Xiutetelco.	179
TABLA 68 Perfil P-111, Coacalco, Municipio de Teteles, Edo. de Puebla.	180
TABLA 69 Morfología del perfil P-111, Coacalco, Municipio de Teteles.	181
TABLA 70 Caracterización física y química del perfil P-111, Coacalco, Municipio de Teteles.	182
Anexo 2	184
Gráfica 13.- Climograma correspondiente al municipio de Zihuateutla.	184
Gráfica 14.- Climograma correspondiente al municipio de Cuetzalan	

del progreso.	184
Gráfica 15.- Climograma correspondiente al municipio de Xicotepec de Juárez (Los Idolos y Santa Rita).	185
Gráfica 16.- Climograma correspondiente al municipio de Xicotepec de Juárez (Loma Larga y Las Pilas).	185
Gráfica 17.- Climograma correspondiente al municipio de Tlaola.	186
Gráfica 18.- Climograma correspondiente al municipio de Hueytamalco.	186
Gráfica 19.- Climograma correspondiente al municipio de Tlatlauquitepec.	187
Gráfica 20.- Climograma correspondiente al municipio de Xiutetelco.	187
Gráfica 21.- Climograma correspondiente al municipio de Teteles.	188
Anexo 3	189
TABLA 71. Temperatura media mensual, precipitación media mensual y anual y evapotranspiración.	189
Indice de Tablas.	
TABLA 1. Comparación de cosechas obtenidas.	5
TABLA 2. Cosecha obtenida 1996-97	6
TABLA 3. Capacidad de Intercambio Catiónico, iones intercambiables y % de saturación de bases.	67
TABLA 4. Determinación del porcentaje de nitrógeno total en muestras de suelo por el método microkjeldahl.	69
TABLA 5. Reserva de carbono Ton Ha ⁻¹ de los horizontes superficiales.	69
TABLA 6. Determinación de la densidad óptica de las muestras estudiadas.	75
TABLA 7. Determinación del Umbral de Coagulación de Acidos Húmicos por la técnica de Kononova-Be'lichikova.* y Determinación del grado de condensación E ₄ /E ₆ (465/665) y del índice melánico E ₄ /E ₅ (450/420).	79
TABLA 8. Propiedades de las muestras de suelo estudiadas para el fraccionamiento de la materia orgánica.	82

TABLA 9. % de Carbono de las fracciones del humus de las muestras estudiadas.	82
TABLA 10. Reserva de carbono de las fracciones del humus. (Ton ha⁻¹)	83
Indice de Figuras.	
Figura No. 1. Superficie cafetalera.	7
Figura No. 2. Localización de la zona de estudio.	27
Figura No. 3. Altimetría de la zona de estudio.	28
Figura No. 4. Representación altimétrica de la zona de estudio.	29
Figura 5. Distribución del carbono de la materia orgánica ligada, Finca La Chiquita, municipio de Zihuateutla, Pue.	84
Figura 6. Distribución del carbono de la materia orgánica ligada, Acaxoloco, municipio de Cuetzalan, Pue.	84
Figura 7. Distribución del carbono de la materia orgánica ligada, Las Margaritas, municipio de Hueytamalco Pue., y Atecax, municipio de Xiutetelco, Pue.	85
Figura 8. Distribución del carbono de la materia orgánica ligada, Los Idolos, municipio de Xicotepec de Juárez, Pue.	85
Figura 9. Distribución del carbono de la materia orgánica ligada, Tlatlanalapa, municipio de Tlaola, Pue.	86
Figura 10. Distribución del carbono de la materia orgánica ligada, La Unión, municipio de Tlatlauquitepec, Pue. y Coacalco, municipio de Teteles, Pue.	86
Indice de Mapas.	
Mapa 1. El cultivo de café en México.	3
Indice de Gráficas.	
Gráfica 1. Espectros visibles Municipio de Zihuateutla.	76
Gráfica 2. Espectros visibles. Municipio de Cuetzalan.	76
Gráfica 3. Espectros visibles Municipio de Xicotepec de Juárez.	77

Gráfica 4. Espectros visibles Municipio de Tlaola y Municipio de Hueytamalco.	77
Gráfica 5. Espectros visibles Municipio de Tlatlauquitepec.	78
Gráfica 6. Espectros visibles. Municipio de Xiutetelco y Municipio de Teteles.	78
Gráfica 7. Reserva de carbono de las fracciones del humus Ton Ha⁻¹. Municipio de Zihuateutla.	87
Gráfica 8. Reserva de carbono de las fracciones del humus Ton Ha⁻¹. Municipio de Cuetzalan del Progreso.	87
Gráfica 9.- Reserva de carbono de las fracciones del humus Ton Ha⁻¹. Municipio de Xicotepec de Juárez.	88
Gráfica 10.- Reserva de carbono de las fracciones del humus Ton Ha⁻¹. Municipio de Tlaola.	88
Gráfica 11 Reserva de carbono de las fracciones del humus Ton Ha⁻¹. Municipio de Hueytamalco y Municipio de Xiutetelco.	89
Gráfica 12.- Reserva de carbono de las fracciones del humus Ton Ha⁻¹. Municipio de Tlatlauquitepec y Municipio de Teteles.	89
Indice de Fotos.	
Foto 1	99
Foto 2	104
Foto 3	107
Foto 4	110
Foto 5	115
Foto 6	120
Foto 7	130
Foto 8	140
Foto 9	145
Foto 10	148
Foto 11	151
Foto 12	156
Foto 13	167
Foto 14	172
Foto 15	177
Foto16	180

RESUMEN

En suelos representativos de algunos agrosistemas cafetaleros y de bosques autóctonos en el área cafetalera de la Sierra Norte del estado de Puebla; se realizaron estudios para la caracterización de la materia orgánica por fraccionamiento del carbono orgánico, obtención de los espectros visibles de las soluciones de humatos y del umbral de coagulación, con el fin de contribuir al conocimiento de los procesos de la humificación en los ordenes Alfisol, Andisol, Ultisol, Inceptisol y Molisol, existentes en las zonas de cultivo.

En el cultivo del café, recientemente, se comenzaron a utilizar sistemas cafetaleros modernos, especializados y sin cubierta forestal, diferenciándose de manera general dos principales modalidades de producción (café bajo sombra y café al sol), aunque es posible distinguir cinco grandes sistemas productivos, el rusticano, el policultivo tradicional, el policultivo comercial, el monocultivo de sombra y el monocultivo de sol.

Se ha observado que los cafetales mixtos (con sombra, asociados con otras plantas comestibles) mantienen un aporte de materia orgánica en el suelo semejante al bosque original mientras que el aporte de las plantaciones al sol es menor.

El objetivo de la investigación fué el realizar un estudio comparativo de la transformación de la materia orgánica en sustancias húmicas (AH, AF y huminas), para contribuir al conocimiento del humus en estos agrosistemas y en función de ello establecer su estado de degradación respecto al ecosistema con vegetación natural, en diferentes estructuras de cafetales y en cafetales cultivados al sol.

Se eligieron muestras de 20 perfiles ubicados en los principales municipios productores de café: Zihuateutla, Xicotepec, Cuetzalan, Tlaola, Hueytamalco, y Tlatlauquitepec (Ahutamimilotl), y muestras de 3 perfiles en municipios donde se localizaron bosques autóctonos: Tlatlauquitepec (La Unión), Teteles y Xiutetelco, a las que se les determinaron sus principales características físicas y químicas, resultando en su mayoría suelos ácidos con contenidos de materia orgánica de medios a altos.

Los espectros visibles de las soluciones de humatos indican un grado de aromaticidad moderado en los perfiles de Zihuateutla, Hueytamalco, Cuetzalan, y Tlaola, con mejores condiciones para la condensación en los agrosistemas con sombra y en los sistemas con bosque mesófilo de montaña y coníferas (municipio de Tlaola), pastizales inducidos y bosque de pino (La Unión, municipio de Tlatlauquitepec) y de pino-encino (Atecox, municipio de Xiutetelco).

En los Andisoles de los municipios de Zihuateutla, Teteles, en Alfisoles y Ultisoles de Cuetzalan y en Alfisoles de Xicotepec de Juárez (cafetal al sol), se encontró la presencia de humus tipo "*moder ácido*", humus moderadamente evolucionado.

En los Andisoles de los municipios de Hueytamalco, Xiutetelco y Tlatlauquitepec, en Alfisoles de Xicotepec de Juárez (cafetal con sombra), e Inceptisoles del Municipio de

Tlaola, se encontró humus tipo "*mull ándico*" considerándose humus fuertemente evolucionado al aplicar los criterios de la clasificación bioquímica.

En el perfil de Ahuatamimilotl en el municipio de Tlatlauquitepec, se tuvieron las condiciones más desfavorables a la aromaticidad y polimerización de los ácidos húmicos.

La mayor proporción de la reserva de carbono se encontró en las fracciones menos evolucionadas en ambos agrosistemas de cafetal al sol y con sombra en los perfiles de Zihuateutla, Cuetzalan, Xicotepec de Juárez y en Teteles (cultivo de maíz), y mayor proporción en las fracciones más evolucionadas en el cafetal con sombra en el Municipio de Hueytamalco, en el cafetal con cultivo mixto del Municipio de Xicotepec de Juárez, en el perfil con pastizal inducido y bosque de pino-encino en el Municipio de Tlatlauquitepec en la localidad de La Unión, y en el perfil con pastizal inducido y bosque de pino en el Municipio de Xiutetelco.

La reserva de carbono guarda una estrecha relación con el tipo de vegetación en cada sitio, de esta manera se observaron indicios de la pérdida del material orgánico transformado por falta de aporte de la cobertura vegetal en los agrosistemas cafetaleros al sol.

Se deduce en general una mayor tendencia a la formación de derivados organominerales insolubles que confieren por tanto mejores cualidades para la formación de una estructura estable de los AH extraídos del suelo bajo agrosistemas cafetaleros con sombra y con vegetación natural, y que son parámetros de condiciones que están favoreciendo la estabilidad del carbono.

Es necesario conocer que características del medio inducen la formación del humus más favorable, para intentar restablecer las condiciones idóneas que permitan reiniciar la evolución progresiva allí donde sea posible.

En los perfiles de los Municipios de Zihuateutla (cafetales al sol) y Cuetzalan se encontraron deficiencias de potasio, de acuerdo con la relación $Ca^{+2}+Mg^{+2}/K^{+}$, y en general en los perfiles de todos los municipios, problemas en la asimilación del magnesio de acuerdo con la relación Ca^{+2}/Mg^{+2} .

I. INTRODUCCION

En los últimos años ha aumentado extraordinariamente el interés por profundizar en el conocimiento de las sustancias húmicas, las cuales han sido investigadas tradicionalmente por Edafólogos, Químicos Orgánicos y Geoquímicos, como: Kononova (1982), Lowe y Kumada (1984), Kumada (1987), Velasco (1989), García Calderón et al (1989), Schnitzer y Schuppli (1989), McCarthy et al (1990), Stevenson (1994); sin embargo, si bien el interés por los efectos de la materia orgánica del suelo se remonta a épocas ancestrales, ya que diferentes culturas como la griega, romana, china, azteca, le daban una gran importancia, es hasta finales del siglo XVIII, cuando los químicos agrícolas reconocieron su importancia en la productividad y emitieron teorías de la formación del humus y de las sustancias húmicas.

Actualmente el estudio de la materia orgánica, y las sustancias húmicas ha rebasado los estudios relativos a la génesis, física, química, y fertilidad del suelo para convertirse en una serie de grupos de investigación interdisciplinarios por la necesidad de resolver el problema de la degradación del ambiente, por ejemplo la degradación del suelo a través de factores de importancia geoantropocéntrica que alteran la productividad, además de su presencia en suelos, también se investigan estas sustancias en acuíferos (agua dulce y ambientes marinos).⁽²⁸⁾

Los procesos de erosión se aceleran cuando el ecosistema es perturbado por causas naturales: ciclones, incendios, etc. o por actividades humanas, transformaciones con fines agropecuarios o agrosilvícolas y construcción de infraestructura.

Entonces, el grado de deterioro del suelo depende de la vulnerabilidad del sistema y de la magnitud de la perturbación.

La vulnerabilidad del sistema depende además de las características del sitio, como el clima, el tipo de vegetación, el tipo de suelo y la topografía. La magnitud se relaciona con el fenómeno que puede ser natural o provocado por el hombre. Así, mientras más vulnerable sea el sistema y mayor la magnitud de su perturbación, más severa será la degradación del suelo y más problemática su conservación.⁽⁴²⁾

El suelo es parte de los recursos "renovables" de un país, del cual dependen la mayoría de sus recursos naturales. El manejo integral de los recursos naturales es una tarea indispensable para hacer uso óptimo y sostenido de los mismos.⁽⁴²⁾

Sin embargo, no todas las perturbaciones alteran los parámetros del ecosistema. Dicho de otra forma, los sistemas ecológicos tienen cierta capacidad para persistir a pesar de las perturbaciones externas, por ejemplo al referirse a su estabilidad, resistencia y resiliencia, los dos primeros términos se refieren a la capacidad del ecosistema de "absorber" ciertas perturbaciones y permanecer inalterado. Resiliencia, en cambio es "la capacidad del ecosistema de fluctuar dentro de ciertos límites y volver a su estado original después de una perturbación". Si la magnitud de ésta excede ciertos límites, el ecosistema no es capaz de retornar a su condición anterior y se degrada hacia estados sucesionales más pioneros. Los límites de resiliencia son diferentes para los distintos ecosistemas, igual ocurre en la velocidad de recuperación.⁽⁵⁾

La dimensión temporal de la estabilidad de un agrosistema adquiere especial relevancia si se considera cuán frecuentes son los procesos de deterioro lento y gradual. Así, en una perspectiva de corto a mediano plazo, podrían parecer sostenibles diversos agrosistemas que en realidad no lo son. Casos de deterioro como éstos se dan, por ejemplo, en la erosión laminar de suelos cultivados y en la degradación paulatina de la composición botánica de pastizales naturales.

El cultivo intensivo de tierras, conjuntamente con el bajo ingreso de los productores, también ha originado problemas más grandes, como el de la erosión del suelo, en virtud de que los agricultores buscan maximizar la producción sin llevar a cabo acciones necesarias para el control de la pérdida del suelo.

Finalmente, la dinámica natural de un gran número de individuos en muchas poblaciones vegetales y animales, también ha sido afectada violentamente, debido a la agricultura intensiva, de tal manera que impactos negativos importantes han ocurrido en amplias áreas del mundo.

I.1 EXTENSION GLOBAL DE LA DEGRADACION DE LOS SUELOS

La degradación del suelo es un proceso que describe el fenómeno causado por el hombre que disminuye la capacidad productiva a través del uso intensivo, lo que lleva a cambios adversos en sus propiedades. Los procesos que conducen a la degradación del suelo pueden ser físicos, químicos y biológicos, la importancia de estos factores es que deterioran la estructura y conducen a la compactación y reducción de la capacidad de infiltración, agotan la materia orgánica del suelo y reducen el contenido de carbono en la biomasa, provocan el desbalance de las sales y vigorizan el crecimiento de patógenos en el suelo. La degradación del suelo por los diferentes procesos es fuertemente acentuada por el uso de la tierra para lo que no es apta y por métodos inapropiados en su manejo y por la agricultura.

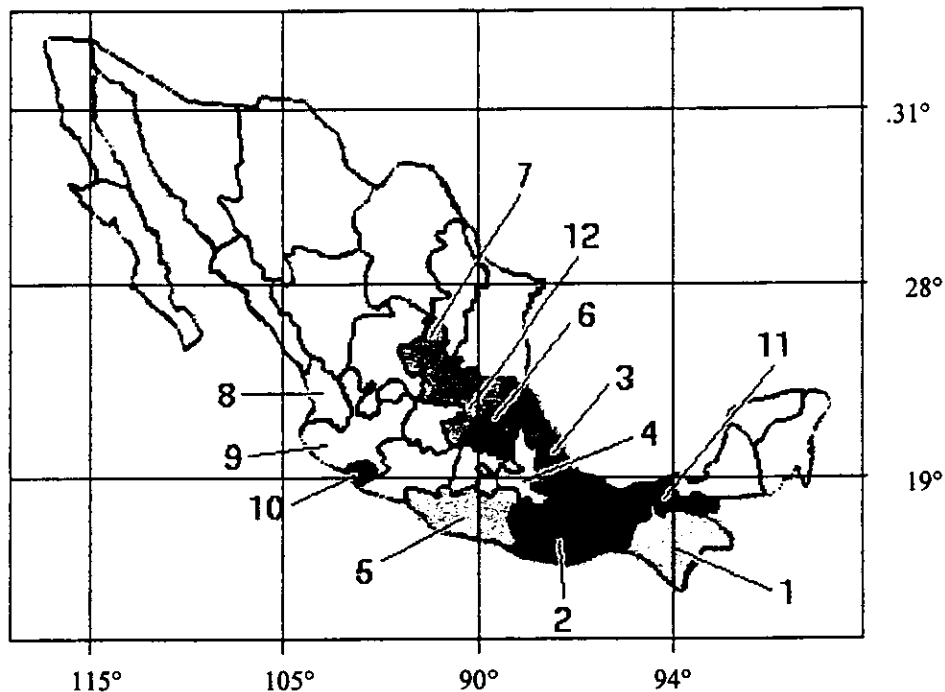
Actualmente se sabe que el 78% de la superficie total de la tierra corresponde a áreas inapropiadas para propósitos agrícolas. Del 22% restante de la tierra que si es apropiada para la agricultura, 13% tiene una capacidad productiva baja, 6% media, y sólo el 3% se caracteriza con su alta capacidad para una producción intensiva de cultivos.⁽³⁷⁾

En el presente, 5 ó 7 millones de hectáreas de las tierras arables (0.3% a 0.5%) se pierden cada año por degradación. La pérdida esperada para el año 2000 será de 10 millones de hectáreas anualmente (0.7 % del área cultivada actualmente) y la productividad de un tercio del área de tierras arables del mundo tiende a ser severamente deteriorada por la aceleración de la erosión, aunado a esto se calcula que 3770 millones de hectáreas son propensas a la desertificación, y existen alrededor de 323 millones de hectáreas que han sido afectadas por salinización.

La sobreexplotación del suelo causa rápida degradación de su materia orgánica, lo que puede guiar a un incremento de la emisión de gases, aumentando el efecto de invernadero, estimándose que la reducción del 1% en el nivel del C orgánico contenido en los 15 cm superiores de depósitos en el suelo de los trópicos puede conducir a una emisión anual de aproximadamente 128 billones de toneladas de carbono dentro de la atmósfera.⁽³⁸⁾

Los suelos son un recurso renovable a largo plazo, sin embargo debido a que no se conoce el incremento en la población humana en el futuro, se requiere promover un alto rendimiento en la producción que debe ser lograda con un mínimo de degradación del suelo. La eficiencia productiva de un sistema debe ser evaluada en términos de su efecto en los recursos naturales, por ejemplo, cambios en las reservas de materia orgánica en el suelo, pH, reserva de nutrientes, cationes intercambiables, disponibilidad de agua para las plantas superiores y profundidad efectiva de las raíces. Por lo tanto son convenientes sistemas agrícolas que mejoren la calidad del suelo con máxima fertilidad y mínima degradación.⁽³⁷⁾

MAPA 1 EL CULTIVO DE CAFÉ EN MEXICO



1. Chiapas, 2. Oaxaca, 3. Veracruz, 4. Puebla, 5. Guerrero, 6. Hidalgo, 7. San Luis Potosí, 8. Nayarit, 9. Jalisco, 10. Colima, 11. Tabasco, 12. Querétaro.

FUENTE: CONSEJO MEXICANO DEL CAFÉ A.C. 1997^(9,27)

México ocupa el cuarto lugar en el ámbito mundial como productor de café, después de Brasil, Colombia e Indonesia⁽⁹⁾, el quinto lugar por la superficie cosechada y el noveno por el rendimiento⁽³³⁾, la especie que produce es la "arábica". El café se cultiva sobre una superficie de 690 mil hectáreas, en doce estados de la República Mexicana, situados en la parte centro-sur del país. Estos estados son Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Puebla, Guerrero, Hidalgo, San Luis Potosí, Nayarit, Jalisco, Colima, Tabasco y Querétaro). En General el cultivo del café se hace bajo sombra y protegiendo el ecosistema⁽⁹⁾ (MAPA 1, FIGURA 1).

Sin embargo en el cultivo del café se ha desarrollado el uso de sistemas cafetaleros modernos, especializados y sin cubierta forestal, de esta manera se pueden diferenciar de manera general dos principales modalidades de producción (café bajo sombra y café al sol), aunque es

posible distinguir cinco grandes sistemas productivos: rusticano, policultivo tradicional, el policultivo comercial, el monocultivo de sombra y monocultivo de sol.⁽⁴⁵⁾

Las propiedades químicas más importantes de los suelos bajo los cafetales, son que presentan en promedio mayor CIC (37.8-28.4 meq/100gr) y pH más bajo (5.5-5.0), características típicas de los suelos forestales con suficiente humedad o de los suelos montañosos vírgenes.⁽³³⁾

Se ha observado que en los cafetales mixtos (con sombra, asociados con otras plantas comestibles) el contenido de materia orgánica en el suelo se mantiene por el aporte de hojarasca semejante al del bosque original, mientras que el aporte de las plantaciones al sol es menor.⁽⁶⁹⁾

En México, se producen cafés de excelentes calidades, ya que su topografía, altitud, clima y suelos, le permiten cultivar y producir variedades clasificadas entre las mejores calidades de café del mundo. Ejemplo de esto son las variedades Coatepec, Pluma Hidalgo, Jaltenango, Marago y Natural de Atoyac, sólo por citar algunos. A este respecto, México es el primer productor mundial de café orgánico.⁽⁹⁾

La producción total de la cosecha 1996-1997 fue de 6,652,173 quintales, que equivalen a 5,100,000 sacos de 60 kilos (TABLAS 1 y 2).

En lo que se refiere a la exportación, estas ascendieron en el ciclo 1996-1997 a 4,384,363 sacos de 60 kilos.

El café en México es producido por cerca de 300 mil productores, agrupados en 16 organizaciones,⁽⁹⁾ y las exportaciones se realizan en gran parte (90%) por la Costa Atlántica.⁽³³⁾

En la actualidad los relictos del bosque mesófilo de montaña constituyen "islas" de vegetación representativas del ecosistema forestal autóctono que predominó hasta la implantación de la cafecultura, en las postrimerías del siglo XIX, en áreas en su mayor parte montañosas del trópico mexicano.⁽¹⁷⁾

Como ya se mencionó, la importancia de la sombra en el cultivo del café radica en que se sabe que esta rompe la inestabilidad de la luz, reduciéndola a la cantidad requerida para producir cosechas constantes de importancia económica.

Sin embargo en algunos lugares a ciertas altitudes, las frecuentes y persistentes neblinas pueden producir el mismo efecto, se ha hecho notar correctamente que en los trópicos la intensidad de la luz es alta por largos periodos y que la asimilación de los carbohidratos es rápida, en tanto que la absorción de sales inorgánicas del suelo disminuye.⁽²¹⁾ Esto, origina una amplia relación carbono-nitrógeno y por lo tanto una alta producción anormal de yemas frutales que hace que el árbol sea incapaz de llegar a su completa madurez, puesto que se establece en tal caso un éxodo de las reservas alimenticias del árbol al grado de que resultan insuficientes para la formación y maduración de la cosecha y para permitir al mismo tiempo el desarrollo vegetativo. Al año siguiente, la consecuencia del reducido desarrollo vegetativo, es un bajo contenido de carbohidratos y, en consecuencia, una estrecha relación carbono-nitrógeno; una condición que, como han demostrado, no permite la formación de yemas frutales.⁽²¹⁾

TABLA 1 COMPARACION DE COSECHAS OBTENIDAS.		
ESTADO	SUPERFICIE	
	TOTAL EN HECTAREAS	COSECHADA
COLIMA	2,776	2,582
CHIAPAS	228,254	207,711
GUERRERO	50,773	47,219
HIDALGO	42,403	37,739
JALISCO	3,060	2,876
NAYARIT	18,731	16,109
OAXACA	173,765	158,126
PUEBLA	62,649	55,758
QUERETARO	356	328
S.L.P.	23,702	20,858
TABASCO	2,236	2,035
VERACRUZ	152,457	138,736
TOTALES	761,162	690,077

FUENTE: CONSEJO MEXICANO DEL CAFÉ A.C. 1997⁽⁹⁾

Otros factores importantes son, la humedad disponible, es decir, si la lluvia es suficiente y bien distribuida o si es errática; si en la región se presentan tormentas anormales, incluyendo granizadas que pueden ser muy perjudiciales. Los beneficios derivados de la lluvia son importantes ya que el suelo puede absorber y retener la humedad óptima para el cultivo y mantener las condiciones de aireación que requiere.

Es ya conocido que las principales zonas cafetaleras se desarrollan en Andisoles, en suelos derivados de cenizas volcánicas poco evolucionados; en Ultisoles, Inceptisoles, Molisoles y en Alfisoles, con texturas de migajón arcilloso, limoso y arenoso, siempre con buenas condiciones de profundidad y drenaje, debido a que el café presenta un sistema radicular que demanda una cantidad elevada de oxígeno, por lo que es necesario que el suelo tenga buena estructura física y porosidad; también requiere suficiente calcio para su nutrición.⁽³³⁾

El 90% del café producido en el mundo proviene de las plantaciones de *Coffea arabica*, en la actualidad el café se produce en casi cualquier país de los trópicos, aunque las áreas productoras principales están localizadas en el continente americano.⁽²¹⁾

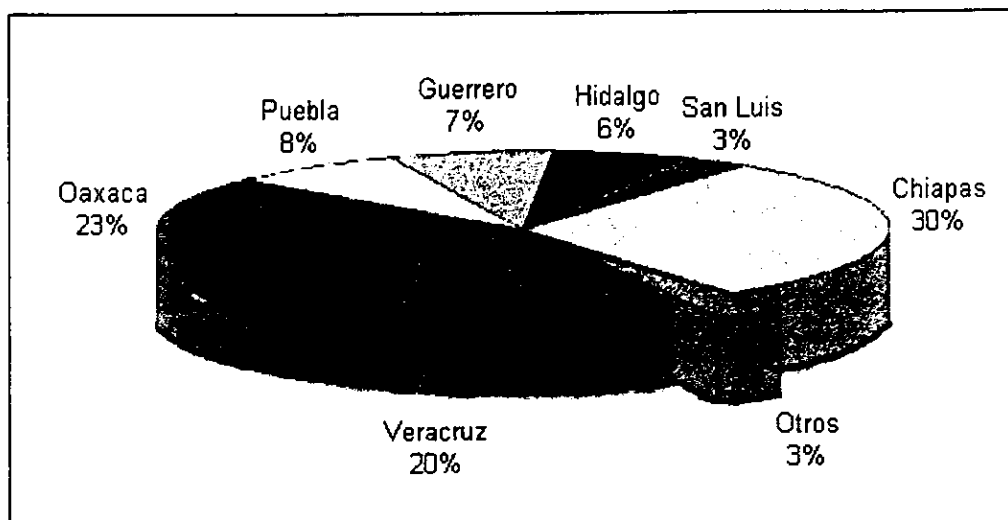
Por otro lado, los países centro y sudamericanos producen y exportan más o menos las cuatro quintas partes de la cosecha mundial, de las cuales tan solo Brasil casi llega al 50% del total. Colombia, México, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Nicaragua, Cuba, Haití, Ecuador y Venezuela son los otros productores importantes. La influencia del café en la economía de los países centroamericanos y el norte de América del Sur, ha sido muy grande, en muchos casos esta cosecha ha contribuido con la cuarta parte o aun más de su producto interno bruto y en esa forma los ha convertido en sumamente vulnerables a las fluctuaciones de precios en el mercado internacional.

Al café se le debe de dar la importancia social, económica y política que le corresponde y así conservarse y desarrollarse a favor de generaciones futuras, superar los actuales niveles de ingreso de divisas al país y asegurar un adecuado suministro para el consumo interno, a través de la reserva nacional de café que deberá ser creciente. ⁽³³⁾

TABLA 2 COSECHA OBTENIDA 1996-97 OCT/96-SEP/97.			
ESTADO	RENDIMIENTO		PRODUCCION
	Qq / Ha	Kg / Ha	SACOS DE 60 Kg.
COLIMA	7,02	1,754.45	13,590
CHIAPAS	11,19	2,796.53	1,742,610
GUERRERO	6,52	1,630.91	231,030
HIDALGO	6,72	1,680.14	190,220
JALISCO	4,36	1,089.48	9,400
NAYARIT	9,07	2,266.64	109,540
OAXACA	6,21	1,552.39	736,420
PUEBLA	19,37	4,842.00	809,940
QUERETARO	5,57	1,392.28	1,370
S.L.P.	4,79	1,197.30	74,920
TABASCO	4,73	1,182.64	7,220
VERACRUZ	11,28	2,820.08	1,173,40
TOTALES	9.85	2,463.49	5,100,000

FUENTE: CONSEJO MEXICANO DEL CAFÉ A.C. 1997 ⁽⁹⁾

FIGURA 1 SUPERFICIE CAFETALERA EN MEXICO



FUENTE: CONSEJO MEXICANO DEL CAFÉ A.C. 1997⁽⁹⁾

II. JUSTIFICACION

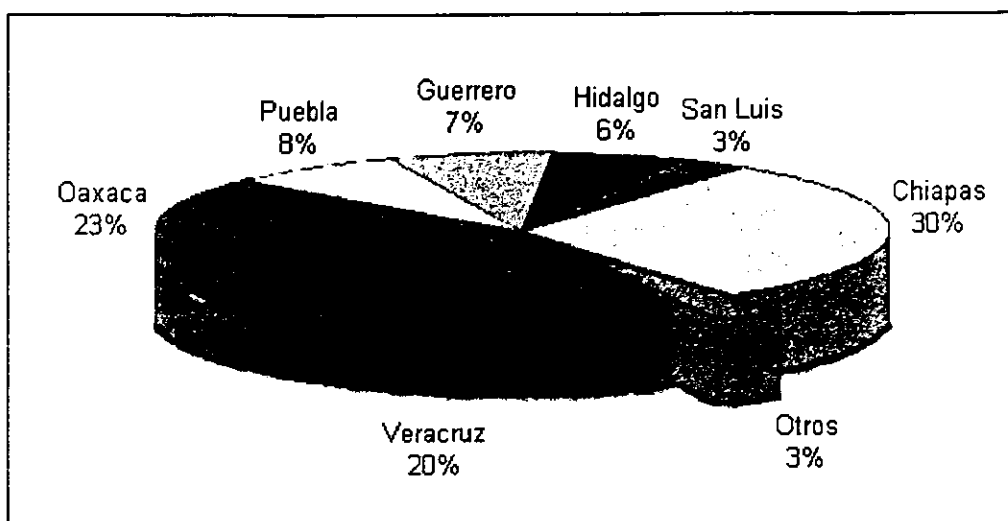
Uno de los cultivos más importantes en el Estado de Puebla, es el café, el cual ocupa el cuarto lugar de producción en el ámbito nacional; se reconocen tres regiones productoras, Xicotepec de Juárez, Cuetzalan y Tlapacoyan.

En el municipio de Zihuateutla ubicado en la zona de Xicotepec es donde se obtienen los mejores rendimientos por hectárea, 27.5 quintales.⁽³³⁾

Debido a que el clima, el suelo y la altitud de la zona cafetalera del Estado, son adecuados para el buen desarrollo del cultivo del café⁽³³⁾, son de vital importancia los estudios que se han realizado para la caracterización de este agrosistema ya que teniendo un conocimiento más completo de sus propiedades y características se podrá dar el mejor uso para obtener mayor rendimiento y calidad en el producto, y para la conservación del suelo.

Sin embargo, en las últimas décadas, diversas causas han propiciado el cambio en el manejo del cafetal del agrosistema tradicional a sistemas de producción intensiva sin la protección de árboles de sombra y con un gran consumo de energía-fertilizantes y herbicidas. De ahí que el objetivo de la investigación fue el realizar un estudio comparativo de la materia orgánica y de su humificación, a través de la caracterización de las sustancias húmicas (AH, AF y huminas). Asimismo, contribuir al conocimiento del humus en estos agrosistemas y en función de ello establecer su estado de degradación respecto al ecosistema con vegetación natural, en diferentes estructuras de cafetales y en cafetales cultivados sin sombra.

FIGURA 1 SUPERFICIE CAFETALERA EN MEXICO



FUENTE: CONSEJO MEXICANO DEL CAFÉ A.C. 1997⁽⁹⁾

II. JUSTIFICACION

Uno de los cultivos más importantes en el Estado de Puebla, es el café, el cual ocupa el cuarto lugar de producción en el ámbito nacional; se reconocen tres regiones productoras, Xicotepec de Juárez, Cuetzalan y Tlapacoyan.

En el municipio de Zihuateutla ubicado en la zona de Xicotepec es donde se obtienen los mejores rendimientos por hectárea, 27.5 quintales.⁽³³⁾

Debido a que el clima, el suelo y la altitud de la zona cafetalera del Estado, son adecuados para el buen desarrollo del cultivo del café⁽³³⁾, son de vital importancia los estudios que se han realizado para la caracterización de este agrosistema ya que teniendo un conocimiento más completo de sus propiedades y características se podrá dar el mejor uso para obtener mayor rendimiento y calidad en el producto, y para la conservación del suelo.

Sin embargo, en las últimas décadas, diversas causas han propiciado el cambio en el manejo del cafetal del agrosistema tradicional a sistemas de producción intensiva sin la protección de árboles de sombra y con un gran consumo de energía-fertilizantes y herbicidas. De ahí que el objetivo de la investigación fue el realizar un estudio comparativo de la materia orgánica y de su humificación, a través de la caracterización de las sustancias húmicas (AH, AF y huminas). Asimismo, contribuir al conocimiento del humus en estos agrosistemas y en función de ello establecer su estado de degradación respecto al ecosistema con vegetación natural, en diferentes estructuras de cafetales y en cafetales cultivados sin sombra.

III. OBJETIVOS E HIPOTESIS

III.1. OBJETIVO GENERAL

Estudiar la humificación en suelos cultivados con café.

III.2. OBJETIVOS PARTICULARES

1. Caracterización ecológica de los tipos de humus de muestras seleccionadas en agrosistemas con cafetal al sol y con sombra, en bosque mesófilo de montaña, cultivo de maíz con coníferas de ornato, pastizal inducido y bosque de pino, pastizal inducido y bosque de pino-encino, y cultivo de maíz.
2. En forma simultánea contribuir al estudio de los suelos estudiados de la región cafetalera de la Sierra Norte del Estado de Puebla.
3. Relacionar los datos de humificación con la génesis de los suelos.
4. Evaluar los grados de alteración de ecosistemas con vegetación autóctona en relación a los agrosistemas colindantes.

III.3. HIPOTESIS

El sistema de cafetal expuesto directamente al sol produce cambios en la dinámica de la materia orgánica edáfica, debido a que incide en los ciclos biogeoquímicos de los nutrimentos al prescindir del dosel amortiguador para estas áreas de topografía abrupta y escarpada.

IV. ANTECEDENTES

En las últimas décadas han venido realizándose trabajos relacionados con la naturaleza de los suelos. En el estado de Puebla, Rodríguez (1980) y Sánchez (1980) llevan a cabo estudios edafológicos del transecto Hueytamalco, Puebla -Tlapacoyan, Veracruz, y de la zona volcánica del Municipio de Hueytamalco, Pue., respectivamente, Muñoz (1980), refiere algunos estudios edáficos en suelos cafetaleros en la región de Xicotepec de Juárez, Estado de Puebla, y Carmona (1988) en el mismo Municipio lleva a cabo análisis físicos y químicos de algunos suelos cafetaleros con sombra de *Inga sp.*, Gutiérrez, (1988) efectúa estudios edafológicos de suelos cafetaleros con sombra de *Citrus sinensis* del Municipio de Xicotepec de Juárez, Puebla. ^(18, 20, 49, 57, 59)

IV.1. CARACTERISTICAS DE LAS ZONAS CAFETALERAS DEL ESTADO DE PUEBLA, PRODUCCION Y EXPORTACION

En el Estado de Puebla se cultivan alrededor de 62,649 ha. con diferentes variedades de café siendo cosechadas 55,758 ha (TABLAS 1 y 2), su área cafetalera se divide en zonas, a su vez cada zona se subdivide en sitios de café de altura cuándo se produce entre 900 hasta 1100

III. OBJETIVOS E HIPOTESIS

III.1. OBJETIVO GENERAL

Estudiar la humificación en suelos cultivados con café.

III.2. OBJETIVOS PARTICULARES

1. Caracterización ecológica de los tipos de humus de muestras seleccionadas en agrosistemas con cafetal al sol y con sombra, en bosque mesófilo de montaña, cultivo de maíz con coníferas de ornato, pastizal inducido y bosque de pino, pastizal inducido y bosque de pino-encino, y cultivo de maíz.
2. En forma simultánea contribuir al estudio de los suelos estudiados de la región cafetalera de la Sierra Norte del Estado de Puebla.
3. Relacionar los datos de humificación con la génesis de los suelos.
4. Evaluar los grados de alteración de ecosistemas con vegetación autóctona en relación a los agrosistemas colindantes.

III.3. HIPOTESIS

El sistema de cafetal expuesto directamente al sol produce cambios en la dinámica de la materia orgánica edáfica, debido a que incide en los ciclos biogeoquímicos de los nutrimentos al prescindir del dosel amortiguador para estas áreas de topografía abrupta y escarpada.

IV. ANTECEDENTES

En las últimas décadas han venido realizándose trabajos relacionados con la naturaleza de los suelos. En el estado de Puebla, Rodríguez (1980) y Sánchez (1980) llevan a cabo estudios edafológicos del transecto Hueytamalco, Puebla -Tlapacoyan, Veracruz, y de la zona volcánica del Municipio de Hueytamalco, Pue., respectivamente, Muñoz (1980), refiere algunos estudios edáficos en suelos cafetaleros en la región de Xicotepec de Juárez, Estado de Puebla, y Carmona (1988) en el mismo Municipio lleva a cabo análisis físicos y químicos de algunos suelos cafetaleros con sombra de *Inga sp.*, Gutiérrez, (1988) efectúa estudios edafológicos de suelos cafetaleros con sombra de *Citrus sinensis* del Municipio de Xicotepec de Juárez, Puebla. ^(18, 20, 49, 57, 59)

IV.1. CARACTERISTICAS DE LAS ZONAS CAFETALERAS DEL ESTADO DE PUEBLA, PRODUCCION Y EXPORTACION

En el Estado de Puebla se cultivan alrededor de 62,649 ha. con diferentes variedades de café siendo cosechadas 55,758 ha (TABLAS 1 y 2), su área cafetalera se divide en zonas, a su vez cada zona se subdivide en sitios de café de altura cuándo se produce entre 900 hasta 1100

msnm, sitios de altitud media entre 800 a 900 msnm y sitios con cultivos de café de áreas bajas entre 600 y 800 msnm; cotas por arriba o debajo de las mencionadas no son consideradas como sitios con buena producción por las condiciones climáticas y edáficas desfavorables.⁽²³⁾

Puebla cuenta con un total de 46 municipios productores de café que producen 809,940 sacos de 60 kilos, es decir 934,500 quintales equivalentes a 42,987 toneladas con un rendimiento promedio de 21.3 sacos/ha o 27.8 quintales/ha. (TABLAS 1 y 2)

Las áreas productoras de café que se localizan en la Sierra Norte de Puebla forman parte de la Sierra Madre Oriental. El rendimiento está influenciado por las características ecológicas favorables al desarrollo de los cafetales y por el cuidado y los insumos suministrados.

Los máximos rendimientos por superficie cultivada son los que se obtienen en plantaciones mayores de 50 ha, donde existe la posibilidad de realizar una combinación más eficaz de los recursos de que se dispone, como son suelo, capital, mano de obra, crédito y asistencia técnica, principalmente. De ahí que los 700 grandes productores (con un promedio de 96 ha. por finca) generen en consecuencia un tercio de la producción total, mientras que los pequeños propietarios con un promedio de 1.5 ha generan en conjunto menos de la quinta parte de la producción nacional.⁽²³⁾

IV.2 CARACTERISTICAS DE LOS AGROSISTEMAS CAFETALEROS

En las diversas altitudes, las estructuras de los cafetales varían, cultivándose sin árboles de sombra o con sombra⁽¹⁹⁾, pudiéndose distinguir como se ha mencionado anteriormente cinco grandes sistemas productivos, el sistema rusticano o de montaña, que consiste en la sustitución de las plantas (arbusivas y herbáceas) del piso de las selvas o bosques por matas de café, el policultivo tradicional o "jardines de café", que es el estado más avanzado de manipulación del ecosistema forestal nativo, y que consiste en introducir el café debajo de los bosques o selvas originales, pero a diferencia del anterior, el café es acompañado de numerosas especies de plantas útiles y existe un sofisticado manejo de las especies nativas; el sistema de policultivo comercial, que consiste en la remoción total de los bosques y selvas originales y la introducción de un conjunto de árboles de sombra apropiados para el cultivo de café, este sistema se emplea en muchos cafetales en la Sierra Norte de Puebla; el sistema de monocultivo bajo sombra, que utiliza en forma casi única y dominante los árboles de una leguminosa (*Inga*), de esta forma se crea una plantación monoespecífica bajo un dosel igualmente especializado, y por último, el sistema de café al sol, expuesto de manera directa, es un sistema totalmente agrícola que pierde el carácter agroforestal de los sistemas anteriores.⁽⁴⁵⁾

Estas áreas cafetaleras están constituidas por calizas del Cretácico Inferior, intercaladas con lutitas, pizarras y areniscas⁽¹⁷⁾, con influencia de materiales ígneos básicos, producto de la actividad volcánica intermitente desde el Jurásico al Pleistoceno, más abundantes en el área de Hueytamalco situada en el remate oriental del Eje Neovolcánico Mexicano; originando suelos clasificados en los Ordenes Alfisol y Andisol,⁽⁶⁹⁾ sujetos a intensa actividad intempérica que incide en su estabilización o fragilidad en función de los factores formadores, cuyo conocimiento es necesario para emitir recomendaciones adecuadas en su uso y manejo.⁽¹⁷⁾

En el caso de los sistemas cafetaleros tanto el envejecimiento de las plantaciones, como los problemas de plagas y enfermedades motivaron a los medianos y grandes productores a iniciar la transformación de los cafetales con árboles de sombra, en cafetales al sol; es decir a sistemas agrícolas con alto costo energético; o a su sustitución, a veces, por el cultivo de caña de azúcar o en áreas de potrero u otro cultivo.⁽¹⁷⁾ Sin embargo la presencia de heladas, la reducción en la producción y el aumento en el costo de los insumos (fertilizantes, mano de obra) han desalentado la continuación del cambio en la estructura al sol y han motivado el cambio de cultivo en los sistemas más afectados. Esto a su vez repercute en el grave deterioro de esas áreas, dado que existe un predominio por el cultivo de la milpa en el caso de pequeños propietarios.

IV.3. IMPORTANCIA DE LA MATERIA ORGANICA DEL SUELO.

La materia orgánica se define como una serie de productos que van desde tejidos animales y vegetales no descompuestos, hasta productos de descomposición amorfos y de transformación más estable, de color pardo al negro, siendo este material el que posteriormente se define como sustancias húmicas o humus del suelo.⁽⁸⁾

La parte orgánica del suelo representa en sí un sistema complejo de múltiples sustancias; su dinamismo se determina por la transformación de residuos orgánicos bajo la acción de distintos grupos de microorganismos, así como diversos representantes de la fauna del suelo. Algunas transformaciones de los restos orgánicos (oxidación, hidrólisis, desintegración mecánica), pueden operarse bajo la acción directa de las precipitaciones atmosféricas, por la reacción ácida o básica del suelo y por los cambios de temperatura.⁽⁸⁾

Ciertos compuestos orgánicos en el suelo se encuentran en forma de monómeros pero, la mayor parte de la materia orgánica del suelo está compuesta de materiales de elevado peso molecular y de gran complejidad estructural. Toda la variedad de sustancias orgánicas del suelo pueden ubicarse en dos grupos fundamentales:

1. Restos Orgánicos. Los componentes de los residuos de plantas, y los productos de la actividad biológica (metabolismo y resíntesis) de las poblaciones de microorganismos, están constituidos por proteínas y aminoácidos, carbohidratos simples y compuestos, ácidos orgánicos de distinta naturaleza, ceras, resinas, ligninas y otros. Los compuestos orgánicos de naturaleza individual constituyen en los suelos minerales aproximadamente el 10-15% de la reserva total de materia orgánica, son poco estables y tienen composición definida.

2. Sustancias Húmicas. Son los compuestos orgánicos formados por procesos de complicadas transformaciones microbianas de los residuos orgánicos en el suelo. Este grupo constituye hasta el 85-90% del total de la materia orgánica en los suelos minerales y su distribución en la naturaleza es muy amplia, al trasladarse a los lagos y los ríos donde alcanzan un 80-90% de la materia orgánica.⁽⁸⁾

El humus en la fracción humificada del suelo, engloba un conjunto de sustancias con denominaciones muy diversas, ácidos fúlvicos, ácidos húmicos, huminas de naturaleza coloidal y tamaño molecular muy variable, pero cuya estructura química es muy homogénea.⁽⁶⁶⁾

Muchas propiedades de los suelos dentro de las cuales se incluye, la absorción y retención de agua, la reserva de bases intercambiables, la capacidad de abastecer nitrógeno, fósforo, azufre y otros elementos para el crecimiento de los cultivos, la estabilidad de la estructura y la adecuada aireación, afectan en algún grado la cantidad de sustancias húmicas presentes.

De esta manera existen teorías de la formación de las sustancias húmicas como el complejo lignina-proteína, el complejo lignina-amonio, productos de autólisis bacteriana, polifenoles, etc., que son teorías que sugieren que el humus involucra la síntesis de materiales polimerizados.⁽³⁾

Además los componentes de la materia orgánica también forman complejos por quelación, a través de puentes de hidrógeno, enlaces iónicos y fuerzas de Van der Waals.⁽¹³⁾

IV.4. REACCIONES DE LA MATERIA ORGANICA EN EL SUELO

Se conoce bien la capacidad de la materia orgánica del suelo para formar complejos estables con iones metálicos. Numerosos compuestos están involucrados, incluyendo ácidos húmicos y fúlvicos, y gran variedad de sustancias bioquímicas adicionales. Algunos de los metales presentes en los suelos en forma natural o adicionados con los fertilizantes, se conservan como complejos insolubles, por lo que, no son disponibles para las plantas. Por otra parte, muchos metales que generalmente forman precipitados insolubles a valores de pH que comunmente se encuentran en suelos agrícolas productivos, se mantienen en solución mediante el proceso de quelación. Se ha demostrado que los agentes quelantes producidos por los microorganismos o excretados por las raíces de las plantas, funcionan como vehículos para el movimiento de los micronutrientes hacia la raíz.

De esta manera, las sustancias orgánicas también juegan un papel importante en el movimiento de los metales y están involucradas en el desgaste de rocas y minerales, con la consecuente liberación de micronutrientes y la formación del suelo.⁽³⁵⁾

IV.5. EL HUMUS Y LA INVESTIGACION SOBRE FERTILIZACION ORGANO MINERAL

Ante los fracasos en el aumento en la productividad de ciertos suelos que anteriormente respondían satisfactoriamente a elevados niveles de abonos minerales, se ha iniciado en los últimos años un periodo, en cierto modo, de vuelta atrás, a la fertilización orgánica, definida como "etapa de la fertilización organomineral"⁽⁷⁵⁾, en la que se acentúa la importancia del humus no solo por su aporte de elementos considerados por su acción estimulante directa sobre el crecimiento de las plantas, sino sobre todo, por su acción múltiple sobre la fertilidad de los suelos.

Hay que recordar que en los agroecosistemas, cuando los residuos de las cosechas se incorporan al suelo, se inicia un proceso de biodegradación por los microorganismos. La mineralización va acompañada de un proceso de simplificación de las moléculas orgánicas, así como de neoformación y biosíntesis de compuestos amorfos, y sustancias húmicas relativamente más estables. Así el 60-70% de los restos orgánicos inicialmente incorporados al suelo

desaparecen al cabo de 2 a 5 años, el humus más estable se biodegrada a un ritmo de 1.5-2% anual. ⁽⁷⁵⁾

El efecto estimulante de los ácidos húmicos sobre diversos procesos metabólicos se ha comprobado por numerosos experimentos donde se ha encontrado: a) una mayor concentración de azúcares reductores en las plantas, y por lo tanto influencia favorable sobre el metabolismo, b) un incremento en la absorción de nitrógeno de nitratos a concentraciones que resultan tóxicas en ausencia de ácidos húmicos, y que implican, por tanto, un aumento de crecimiento de las cosechas por estimulación del metabolismo nitrogenado, c) una mayor absorción de fósforo con enriquecimiento en fósforo mineral de las plantas y una aceleración en la absorción, lo que se ha comprobado aplicando iones fosfato radioactivos y d) un aumento de la absorción de oxígeno por las hojas y por tanto, de la actividad de la peroxidasa y de la catalasa.

Además, el humus participa en la formación de estructuras estables en el suelo, aglomerando las partículas en agregados del tamaño idóneo para conferir al suelo una resistencia a la erosión y una adecuada porosidad y permeabilidad al agua, facilitando así la penetración de las raíces de las plantas; además eleva considerablemente la capacidad de retención de agua para las plantas (CRAD), y por lo tanto, la capacidad de resistencia de los cultivos a una etapa prolongada de sequía. ⁽⁵³⁾

Como reserva de elementos nutritivos su mayor interés reside en la liberación gradual de ciertos elementos, sobre todo nitrógeno, el que lentamente se hace disponible a las plantas conforme los microorganismos, heterótrofos, saprófagos y amonificantes efectúan la mineralización secundaria de las sustancias húmicas. ⁽⁷⁸⁾

Sin embargo, no hay que olvidar que además de sustancias húmicas (sobre todo ácidos fúlvicos), diversos microorganismos (bacterias heterótrofas, mycobacterias, actinomycetos, hongos, algas) producen numerosos compuestos como: polisacáridos y ácidos orgánicos como el ácido cítrico y láctico, de elevado poder complejante y de gran importancia en el suelo. ⁽⁷⁵⁾

En las zonas tropicales y en las templadas, los ecosistemas naturales están sujetos a perturbaciones con fines agrosilvícolas, las cuales van desde muy ligeras hasta muy severas. Sin embargo, los patrones más comunes de explotación agroforestal (los monocultivos de gramíneas y las plantaciones monoespecíficas de especies maderables y frutales) han sido desarrollados en climas templados y para ecosistemas templados. Por consiguiente, dichas técnicas se adaptan mucho mejor a las condiciones naturales de sus ecosistemas (bosques monoespecíficos y pastizales naturales), que a los de los trópicos (selvas altamente diversas, tanto en su composición como en su estructura y su funcionamiento). Esto se traduce en transformaciones mucho más intensas en zonas tropicales, ya que las estructuras de la vegetación y del suelo se alteran fuertemente. En muchos suelos tropicales, los AF parecen marcar el mayor componente de las sustancias húmicas y consecuentemente juegan un papel crucial en el ciclo de los nutrientes, agregación del suelo y en la pedogénesis.

De la misma manera que la vegetación ha podido llegar al clímax, el suelo se encuentra en clímax, cuando está en equilibrio con la vegetación natural. El suelo ha recorrido hasta llegar a este equilibrio dinámico, una serie de etapas que configuran lo que se ha convenido en denominar

evolución progresiva. En este proceso evolutivo destaca la importancia de la vegetación en el mantenimiento tanto del equilibrio biológico, en interacción con la microflora y la fauna, así como en el equilibrio bioquímico, por medio de la humificación y del ciclo biogeoquímico.

La vegetación climática es capaz, por medio del ciclo biogeoquímico, de modificar las propiedades que cabría encontrar en ciertos suelos en función de la composición geoquímica del material originario, homogeneizando las características del perfil edáfico.

Cuando la acción antrópica ha modificado substancialmente el equilibrio primitivo con la consecuente degradación del suelo, se desarrollan asociaciones secundarias que ya no son capaces de unificar en los perfiles edáficos la diversidad de caracteres de los materiales geológicos originarios; mostrando el suelo una dependencia más estrecha de la roca madre. Estas asociaciones secundarias casi siempre inducen un cambio en la evolución o tendencia progresiva del perfil inicial, desviándose hacia la degradación, que se manifiesta, cuando no es muy pronunciada, por la disminución de la actividad biológica, el grado de saturación en bases, el grado de polimerización de los compuestos húmicos, etc., pero que a veces, desemboca en un cambio sustancial del tipo de humus, e incluso, de la morfología y dinámica del suelo que dificulta el retorno al clímax.

Conviene constatar que las posibilidades de formación del humus (*mull*) que induce o confiere propiedades favorables al suelo, están condicionadas, en primer término, por la composición geoquímica del material originario y en segundo lugar, por las asociaciones vegetales.⁽¹⁵⁾

Duchaufour,⁽¹³⁾ introdujo el término "regradación", en contraposición a la degradación, para denominar al proceso evolutivo que permite, a partir de los últimos estadios de la evolución regresiva, el restablecimiento del clímax por la implantación natural o artificial de la vegetación inicial. En el término final de la "regradación" se formaría de nuevo humus mull en aquellos enclaves donde concurren condiciones geoquímicas favorables y se restablece la vegetación.⁽⁷⁸⁾

IV.6. DINAMICA DE LA MATERIA ORGANICA

IV.6.1. Humificación

Los restos vegetales de cualquier naturaleza, hojas, ramas muertas, que bajo una vegetación permanente, caen al suelo, constituyen la fuente principal de la materia orgánica del mismo. Estos restos forman la hojarasca, que sufre transformaciones, fundamentalmente de origen biológico, durante la humificación, dando lugar al humus.

Existe una cierta analogía entre los procesos de intemperismo de la materia mineral, que conducen a la formación de un complejo de alteración (arcillas) y los mecanismos de transformación de la materia orgánica fresca en humus. Algunos compuestos húmicos son heredados por transformación incompleta de la materia prima vegetal que no se solubiliza. Sin embargo el proceso más frecuente es comparable al de la neoformación de las arcillas.⁽¹⁴⁾ El proceso de humificación ocurre en condiciones aerobias y el proceso de transformación está a

cargo principalmente de la actividad enzimática de las bacterias, actinomicetos y hongos que viven en el suelo. ⁽²²⁾

La celulosa, las proteínas y los productos derivados de su descomposición son utilizados como fuente de carbono y de nitrógeno por los microorganismos. El nitrógeno contenido en el humus es una reserva natural de nitrógeno, además de ser importante en la fertilidad del suelo.

La descomposición de la hojarasca representa el aspecto negativo de la humificación; este término designa la desaparición más o menos rápida de la materia vegetal que se divide mecánicamente, o es enterrada en los horizontes minerales por la actividad animal (lombrices) y es atacada muy rápidamente por las bacterias y los hongos del suelo.

En medios con una fuerte actividad biológica, es decir, en medios aireados y poco ácidos, la descomposición y transformación de la hojarasca es rápida, produciéndose en un período de tiempo de uno o dos años como máximo la acumulación de sus productos de resíntesis; originándose así el humus denominado **Mull**. Por el contrario, es muy lenta en los medios poco activos, en los medios muy ácidos o cuando la materia vegetal es poco biodegradable, en cuyo caso se necesitan varios años (10-20 años) para la descomposición total de la hojarasca. En este caso se forma superpuesto al suelo mineral, un horizonte denominado **O** orgánico, constituido por restos vegetales todavía estructurados, parcialmente descompuestos, que caracterizan el mantillo forestal. ⁽¹⁴⁾

IV.6. 2. Mineralización

La mineralización de la materia orgánica, humificada o no, se refiere a la formación de compuestos minerales, en general solubles (fosfatos, sulfatos, nitratos, etc.) o gaseosos (CO_2 y NH_3), por la acción de microorganismos particularmente activos. En realidad, la mineralización produce la desaparición total de la materia orgánica del suelo .

En general, se distingue la mineralización primaria, que afecta a la materia orgánica fresca que todavía no está incorporada al suelo mineral (hojarasca), de la mineralización secundaria de los compuestos húmicos, más lenta, ya que los enlaces que contrae con los compuestos minerales, retardan los procesos de mineralización. A pesar de esta diferencia, en los climas templado-húmedos, las dos mineralizaciones, primaria y secundaria, se realizan a un ritmo casi comparable; ambas son particularmente rápidas en los **Mull** poco ácidos, se dice entonces que el turnover de la materia orgánica es rápida. Sin embargo puede ocurrir que el ritmo al que se realizan las dos mineralizaciones, sea muy diferente; éste es el caso del humus formado sobre cenizas volcánicas (Andosoles), en el cual la mineralización primaria (que acompaña también los procesos de humificación) es rápida, mientras que, por el contrario, la mineralización secundaria es muy lenta. En estos suelos, se desarrolla un horizonte A_1 mixto, oscuro y con mucho espesor, formado por compuestos de Al y ácidos húmicos, Al-humus-Fierro, aluminio-humus, húmico-silicatados que forman agregados muy finos (pseudolimos): el turnover, en este caso, es muy lento.

La reorganización de los compuestos previamente mineralizados, es el proceso biológico inverso al que rige la mineralización, y se produce junto con la biosíntesis de los microorganismos vivos.

Todos estos procesos en equilibrio, se manifiestan morfológicamente en una incorporación más o menos completa de la materia orgánica al suelo mineral, y en una estructura que resulta de los enlaces más o menos estables que contrae la materia orgánica con los elementos minerales, principalmente con las arcillas. Se forman así agregados húmico-arcillosos, con frecuencia organizados, a su vez, en grumos de varios milímetros, que confieren a los **Mull** activos una estructura estable y aireada. Por el contrario, los humus poco activos (**Mor**), presentan horizontes L y O de bastante espesor, superpuestos al suelo mineral; el horizonte mixto A₁ no existe o, si existe, tiene poco espesor y no presenta ningún agregado húmico arcilloso.⁽¹⁴⁾

IV.7. ORIGEN DE LOS PRECURSORES HUMICOS

Se sabe que la evolución de los compuestos alifáticos simples es completamente opuesta a la de los precursores que contienen estructuras fenólicas.

Los primeros, azúcares provenientes de la celulolisis y aminoácidos provenientes de la proteolisis, sirven de alimento y de soporte energético a la biomasa microbiana, que suministra ciertos compuestos alifáticos, integrados en los ácidos fúlvicos y húmicos, y en las huminas microbianas.

Los segundos, es decir, los precursores que contienen núcleos fenólicos, proceden de la hidrólisis de los taninos y de la descomposición de la lignina; algunos de ellos no se biodegradan sino que se "polimerizan" por acción de las polifenol-oxidasas y dan lugar a los "núcleos", más o menos esféricos, de los compuestos húmicos, que tienen una vida más larga. Los compuestos fenólicos desempeñan un importante papel en la construcción de compuestos húmicos, constituyendo el esqueleto alrededor del cual se organiza el conjunto de la molécula. Estos compuestos tienen tres orígenes principales:

- Taninos y compuestos fenólicos preexistentes en las células.
- Compuestos fenólicos resultantes de la degradación de la lignina, que, en algunos casos, se solubiliza dando "monómeros" solubles por la acción de las podredumbres blancas, en medios moderadamente ácidos y ricos en nitrógeno.
- Compuestos fenólicos de síntesis microbianas (melaninas microbianas), que abundan, sobre todo, en los medios muy activos, no ácidos y ricos en nitrógeno.^(14, 15)

IV.8. FORMACION Y EVOLUCION DE LOS COMPLEJOS ORGANOMINERALES EN LOS SUELOS Y SU PAPEL EN LA PEDOGENESIS

Esta neoformación presenta ella misma dos aspectos: un aspecto bioquímico, que da origen a los compuestos húmicos donde la mayoría es extraíble (ácidos fúlvicos y húmicos),⁽¹⁰⁾ y un aspecto estrictamente biológico que concierne a la formación de las "biomoléculas", particularmente polisacáridos, en su mayoría no extraíble y designados como "humina

microbiana", ^(14, 15) las cuales se asocian a la fracción mineral (óxidos, arcillas).

Los compuestos húmicos estables son más eficaces para la construcción de las estructuras más evolucionadas, es decir más condensadas. Las zonas de contacto entre las formas condensadas en la superficie de las arcillas son más importantes que aquellas moléculas de los geles microbianos que por otra parte están dotadas de un fuerte poder adhesivo, y se encuentran revistiendo la superficie de las partículas minerales del suelo. De esta manera los enlaces entre estos compuestos húmicos y las arcillas pueden ser fácilmente destruidos por los agentes externos, sobre todo si las biomoléculas están presentes en cantidades insuficientes en el medio. ^(14, 15)

IV.9. ACCION DE LOS FACTORES DEL MEDIO SOBRE LA FORMACION Y LA EVOLUCION DE LOS COMPLEJOS ORGANOMINERALES

Todos los factores del medio juegan un papel importante en la evolución y en las características de los complejos organominerales, como el edafoclima y la vegetación.

Los organominerales del suelo son complejos en los que se dan uniones entre materiales inorgánicos como arcillas, hidróxidos, feldspatos u otros minerales y materiales orgánicos. (ácidos fúlvicos, huminas, proteínas, azúcares, lípidos, carbohidratos, etc.) ⁽⁵⁵⁾

Las biomoléculas sencillas son rápidamente transformadas en los suelos con edafoclimas contrastantes, siendo esto válido tanto para las moléculas de proteínas como de polisacáridos. Los contrastes estacionales provocan el acortamiento de las cadenas laterales favoreciendo la policondensación de los núcleos. El porcentaje de aromaticidad aumenta y alcanza un valor máximo. Los compuestos húmicos así formados son más estables, su tiempo medio de permanencia puede alcanzar miles de años y su evolución es lenta hasta llegar a la maduración, por esto se considera una verdadera estabilización climática. Por el contrario, se encuentran en cantidades menores en los suelos pardos intemperizados, esta apariencia acompaña a las arcillas finas en su migración (horizontes argílicos) de los suelos pardos lavados. ^(14, 15)

Los factores que afectan a la producción de compuestos bioquímicos incluyen el estado de humedad del suelo, el tipo de vegetación y su estado de desarrollo, clima y prácticas de cultivo. Otros compuestos quelantes que se encuentran dentro del suelo de forma natural son los fosfatos orgánicos, el ácido fítico, la clorofila, compuestos de degradación de la clorofila como las porfirinas, azúcares simples y auxinas, sin embargo se desconoce su forma de interactuar y de complejarse con elementos traza, sustancias proteicas y polisacáridos ⁽⁵⁵⁾

IV.10. PAPEL DE LAS ARCILLAS Y DE LOS CATIONES

En los climas templados, en estaciones poco contrastadas, los cationes calcio, fierro, y aluminio, están más o menos estrechamente asociados con las arcillas que ejercen la influencia más importante sobre la humificación. Ellos insolubilizan a los precursores, favoreciendo eventualmente su polimerización y los protegen contra la biodegradación. (estabilización

fisicoquímica).

En lo que concierne a las rocas silicatadas, los agentes de insolubilización que juegan un papel importante son los hidróxidos de fierro y aluminio, asociados a las arcillas (o eventualmente al alofano).^(14, 15)

IV.11. COMPOSICION Y SOLUBILIDAD DE LA MATERIA ORGANICA

En la literatura referente a las sustancias húmicas, los reactivos más frecuentemente reportados como extractantes son el hidróxido de sodio y otros reactivos inorgánicos, solventes orgánicos, pero el hidróxido de sodio parece ser el más efectivo en términos de cantidad extraída, los factores que comúnmente influyen en la extracción son:

El tiempo de extracción, el pH, la concentración de los reactivos, la temperatura de extracción y la relación del extractante con el suelo tratado.

La introducción de un procedimiento estandarizado de extracción usando hidróxido de sodio, ha sido recomendado por la Sociedad Internacional de las Sustancias Húmicas (IHSS); por ser un método satisfactorio para muchos tipos de suelos. Puede ser adoptado por muchos laboratorios con objeto de usarlo como un método estándar de comparación y tratar de uniformizar la metodología.⁽⁶⁸⁾

Además de los problemas de solubilidad diferencial, la adsorción de la materia orgánica en la matriz inorgánica del suelo hace difícil la extracción.⁽³⁾

Muchos compuestos penetran en los espacios, entre las capas de arcillas expandidas y son adsorbidos y atrapados dentro de los cristales de arcillas, así como adsorbidos en la superficie de partículas inorgánicas por procesos de intercambio aniónico y catiónico, puentes de hidrógeno, fuerzas de Van der Waals, enlaces por cationes polivalentes, enlaces iónicos y por mecanismos ión dipolo.

Los procesos de extracción y solubilización, sin duda producen algunas interferencias y alteran algunas propiedades del material extraído. Las mediciones con carbono radioactivo muestran que la vida media de la materia orgánica soluble en álcali es de 50 a 250 años, la materia orgánica estable como las huminas tiene una edad de 2000 años.⁽³⁾

Varios procedimientos se han desarrollado para incrementar la eficiencia de la extracción de la materia orgánica de suelos. Así por ejemplo, los lípidos, ceras, grasas y resinas han sido removidas del suelo por extracción con hexano, éter, tetracloruro de carbono, alcohol-benceno (1:1).

Las sustancias húmicas en suelo se encuentran como sales metálicas y adsorbidas a las superficies de las partículas minerales.

El calcio y otros iones metálicos reducen la solubilidad de la materia orgánica, son

parcialmente removidos por lavados con HCl. La mezcla de HF y HCl generalmente aumenta la extracción de materia orgánica con pirofosfato de sodio.

La solubilidad de la materia orgánica en álcali es causada por la conversión de sus grupos aniónicos y grupos funcionales en la sal de sodio solubilizada. El agua es un solvente polar de elevada constante dieléctrica, y este poderoso solvente es relacionado con la polaridad del soluto. Los ácidos carboxílicos, ácidos sulfónicos, fenoles, imidas, algunos enoles, compuestos nitro primarios y secundarios, oximas, tiofenoles y otros compuestos menos conocidos, son solubles en soluciones alcalinas diluidas. Los extractantes alcalinos causan hidrólisis, descarboxilación y auto-oxidación de la materia orgánica, las extracciones deben ser ejecutadas en frío, bajo atmósfera de nitrógeno o en presencia de SnCl_2 .⁽³⁾

IV.12. METODOS DE ESTUDIO DE LAS SUSTANCIAS HUMICAS: EL PROBLEMA DE SU FRACCIONAMIENTO

Se pueden distinguir dos pasos importantes, el primero trata de conocer que parte de la materia orgánica del suelo es realmente humus y la proporción de restos vegetales débilmente humificados; la segunda trata sobre los métodos de extracción de las sustancias húmicas y el fraccionamiento de sus diferentes constituyentes. Los únicos métodos físicos, se basan en el hecho de que la materia orgánica humificada contrae enlaces con los elementos silicatados, al contrario de lo que ocurre con la materia orgánica fresca no evolucionada. Estos métodos son únicamente aplicables a los horizontes mixtos (horizontes A_1) y, aún así, sólo son aproximados, para separar la materia orgánica fresca.

Se emplean, con este fin, líquidos densos (la materia orgánica humificada, más pesada y ligada a las arcillas, se deposita en el fondo con la centrifugación, mientras que la materia orgánica fresca "sobrenada"), acompañados o no de un tratamiento con ultrasonido. Los métodos modernos recurren, con frecuencia, al fraccionamiento granulométrico de los complejos arcilla-humus.⁽⁵⁵⁾

Los métodos químicos permiten extraer una parte de las sustancias húmicas mediante el empleo de reactivos alcalinos (pirofosfato de sodio e hidróxido de sodio diluido). Desde hace ya mucho tiempo, las sustancias extraídas por estos reactivos son: los ácidos fúlvicos (AF), no precipitables por los ácidos después de su extracción, y los ácidos húmicos (AH), precipitables por los ácidos. Algunos autores distinguen los ácidos húmicos pardos, poco condensados y fácilmente biodegradables, de los ácidos húmicos grises, muy oscuros, muy condensados y muy estables.

En realidad, la fracción que se denomina humificada, es mucho mayor que la fracción "extraíble" de esta forma; los compuestos humificados no extraíbles y, por tanto, difíciles o, incluso, imposibles de aislar, se designaron globalmente con el término humina. Actualmente se sabe que existen varias formas de humina, cuyo significado y composición bioquímica son muy diferentes.

Hay que destacar que, a pesar de las grandes diferencias que existen en sus propiedades y, en especial, en su solubilidad en los distintos reactivos las estructuras de la mayoría de los compuestos húmicos (salvo la humina microbiana y la humina heredada), son comparables.^(14, 22)

La precipitación con ácidos, diálisis, electroforésis, intercambio iónico, cromatografía líquida, extracción líquida y la precipitación con metales, son algunas pruebas en su estudio.

La prueba usando ^{13}C -NMR en ácidos húmicos y huminas de diferentes sedimentos muestra que las huminas del suelo son más aromáticas y menos alifáticas, en su estructura química cuándo se comparan con aquellas de ambientes acuáticos.⁽¹⁾

V. SIERRA NORTE DEL ESTADO DE PUEBLA

La Sierra Madre Oriental con el nombre de Sierra Norte de Puebla se introduce al territorio poblano por el noroeste, extendiéndose en las serranías de Zacapoaxtla, Huauchinango, Teziutlán, Tetela de Ocampo, Chignahuapan y Zacatlán. Presenta altitudes de hasta 3,000 msnm, las cumbres más elevadas en estas zonas son: Apulco, Chichatl, Chignahuapan, Soltepec y Tlatlauquitepec.

La Sierra Norte de Puebla es una región amplia y compleja, con más de 1,400 comunidades y cerca de un millón de habitantes, entre los que se incluyen más de 250 mil personas de origen náhuatl, totonaco, otomí y tepehua.

Las condiciones de aislamiento, los diferentes climas y valles de la sierra y sus potenciales productivos, sólo parcialmente explotados, han caracterizado a esta región.

En los años recientes, la reducción de los precios del café, principal actividad productiva de la zona, y condiciones climáticas adversas, afectaron sensiblemente la economía regional.

En especial, los pequeños cafetaleros afectados por las heladas de 1989, se organizaron en alrededor de 400 comités de Solidaridad para aplicar los apoyos provenientes del Programa Emergente del Café.⁽¹⁹⁾

V.1. EXTENSION TERRITORIAL Y USO DEL SUELO

La Sierra Norte de Puebla abarca 63 municipios y 1,430 localidades. Tiene por límites al norte y al este, a Veracruz, al sur los municipios de Libres, Ocoatepec, Cuyoaco y Tepeyahualco; al oeste el Estado de Hidalgo, y al sureste a Tlaxcala; su extensión aproximada es de 8412.9 kilómetros cuadrados.

Se caracteriza por sus cumbres altas y escarpadas que van de los 500 a los 3000 mil metros sobre el nivel del mar, con una hidrografía compleja en cuencas y subcuencas. Es una de las zonas más lluviosas del país, con precipitaciones de entre 2000 y 4000 milímetros. Geográfica y climáticamente se distinguen las partes bajas al norte, la zona de transición y las partes altas al suroeste.

Entre sus principales ríos destacan el Pantepec de la cuenca del río Tuxpan; el río San Marcos de la cuenca del río Cazones; el río Necaxa, el Laxaxalpan y el Apulco, de la cuenca del

La precipitación con ácidos, diálisis, electroforésis, intercambio iónico, cromatografía líquida, extracción líquida y la precipitación con metales, son algunas pruebas en su estudio.

La prueba usando ^{13}C -NMR en ácidos húmicos y huminas de diferentes sedimentos muestra que las huminas del suelo son más aromáticas y menos alifáticas, en su estructura química cuándo se comparan con aquellas de ambientes acuáticos.⁽¹⁾

V. SIERRA NORTE DEL ESTADO DE PUEBLA

La Sierra Madre Oriental con el nombre de Sierra Norte de Puebla se introduce al territorio poblano por el noroeste, extendiéndose en las serranías de Zacapoaxtla, Huauchinango, Teziutlán, Tetela de Ocampo, Chignahuapan y Zacatlán. Presenta altitudes de hasta 3,000 msnm, las cumbres más elevadas en estas zonas son: Apulco, Chichatl, Chignahuapan, Soltepec y Tlatlauquitepec.

La Sierra Norte de Puebla es una región amplia y compleja, con más de 1,400 comunidades y cerca de un millón de habitantes, entre los que se incluyen más de 250 mil personas de origen náhuatl, totonaco, otomí y tepehua.

Las condiciones de aislamiento, los diferentes climas y valles de la sierra y sus potenciales productivos, sólo parcialmente explotados, han caracterizado a esta región.

En los años recientes, la reducción de los precios del café, principal actividad productiva de la zona, y condiciones climáticas adversas, afectaron sensiblemente la economía regional.

En especial, los pequeños cafetaleros afectados por las heladas de 1989, se organizaron en alrededor de 400 comités de Solidaridad para aplicar los apoyos provenientes del Programa Emergente del Café.⁽¹⁹⁾

V.1. EXTENSION TERRITORIAL Y USO DEL SUELO

La Sierra Norte de Puebla abarca 63 municipios y 1,430 localidades. Tiene por límites al norte y al este, a Veracruz, al sur los municipios de Libres, Ocotepc, Cuyoaco y Tepeyahualco; al oeste el Estado de Hidalgo, y al sureste a Tlaxcala; su extensión aproximada es de 8412.9 kilómetros cuadrados.

Se caracteriza por sus cumbres altas y escarpadas que van de los 500 a los 3000 mil metros sobre el nivel del mar, con una hidrografía compleja en cuencas y subcuencas. Es una de las zonas más lluviosas del país, con precipitaciones de entre 2000 y 4000 milímetros. Geográfica y climáticamente se distinguen las partes bajas al norte, la zona de transición y las partes altas al suroeste.

Entre sus principales ríos destacan el Pantepec de la cuenca del río Tuxpan; el río San Marcos de la cuenca del río Cazones; el río Necaxa, el Laxaxalpan y el Apulco, de la cuenca del

Tecolutla y otros escurrimientos superficiales de la cuenca del Nautla. Este alto potencial hidráulico sólo es aprovechado parcialmente.

Su paisaje ha sido descrito como “pastizales custodiados por bosques y montañas”, en el noreste se ubican áreas de pastizal inducido, producto de los desmontes.

En el occidente, y también en sus partes más altas, se conservan importantes áreas de bosques. En la zona tropical se encuentran maderas finas como cedro rojo, encino y caoba.

La producción del café es importante en sus partes cálido-húmedas, principalmente en los municipios de Venustiano Carranza, Chiconcuautla, Cuetzalan, Huitzilán, Xicotepec, Tlacuilotepec, Zongozotla, Huehuetla, Xochitlán, Zihuateutla, Jalpan y Hueytamalco.

Del total de su superficie (846 mil hectáreas), 538.5 mil se dedican a la agricultura y fruticultura, 210 mil a la ganadería, 81.8 mil a la silvicultura, 10.8 mil a usos urbanos, 2.1 mil a actividades industriales, y 2.8 mil a otros usos. En la superficie agrícola destacan las destinadas a maíz (107 mil hectáreas), café (55.9 mil hectáreas) y frijol (14 mil hectáreas). Estos montos varían por las fluctuaciones en los precios de los productos y los problemas climáticos, como los periodos de sequía, heladas y granizadas.

En la tenencia de la tierra predomina la propiedad privada, con casi el 80 por ciento del total, sobre la ejidal (16 por ciento) y la comunal (3%). Las reservas federales son poco significativas.⁽¹⁹⁾

V.2. ASPECTOS DEMOGRAFICOS Y ECONOMICOS

La Sierra alberga al 23.1 por ciento de la población del estado de Puebla; 952235 habitantes. Su densidad de población, aunque elevada, es menor que la de la entidad: 116 habitantes por kilómetro cuadrado. Los municipios más poblados de la región son Huauchinango, Teziutlán, Zacatlán, Xicotepec de Juárez y Chignahuapan, que rebasan los 40 mil habitantes. Las menores densidades se encuentran en la Sierra Norte Baja.

Dentro de las actividades agropecuarias existe un marcado contraste en la producción de cultivos para exportación, entre los que predomina el café, y la agricultura de subsistencia, vinculada al maíz y frijol, frecuentemente en terrenos con grandes pendientes, y reducidas cosechas. Sin embargo, existe en los valles una producción más diversificada, aprovechando las diferentes alturas y microclimas, en la cual se genera cebada, papa, chile, haba, frutales y aguacate.

Hay también ganadería, tanto extensiva como intensiva, con predominio en la parte occidental y norte. Se produce leche, lana y miel. Sin embargo, muchos ganaderos carecen de técnicas adecuadas de explotación; existe sobre pastoreo y el ganado sale de la región para ser engordado o sacrificado en otros lugares.

Muy relevantes son los recursos forestales de la región, altamente maderables, sobre todo los bosques de pino. La superficie arbolada y bajo control de la Sierra Norte de Puebla asciende a

81107 hectáreas, se explota, además del pino, el oyamel y el encino.

Existe una gran preocupación en la región, por la tala inmoderada de árboles y la explotación clandestina. Existe incluso la opinión generalizada de que la deforestación de amplias zonas ha generado un cambio en el clima, acortando la temporada de lluvias y reduciendo el volumen de agua proveniente de manantiales.

Es también importante la pesca en las presas de Huauchinango y Juan Galindo (Necaxa, Los Reyes, Tenango y Nexapa), Tlatlauquitepec (La Soledad), y en los ríos de Tenampulco y Chignautla.

En 1990, el huracán Diana afectó una parte importante de las cosechas de café. En 1991 gran parte de las actividades económicas de la región aún se encontraban afectadas por las heladas del invierno de 1989, que causaron severas pérdidas en la producción y productividad de la región.

Por otro lado, las principales limitantes del desarrollo de la Sierra Norte son la falta de comunicación que hace que sus principales corrientes de intercambio se hagan desde sus bordes hacia afuera, con Hidalgo, la ciudad de México o Veracruz, manteniendo a ciertas áreas en un aislamiento relativo; las dificultades para aprovechar los productos de las distintas alturas y climas regionales de forma más eficiente, como es el caso de los frutales; la atomización de los pequeños productores cafetaleros, que los coloca en permanente desventaja frente a los intermediarios; la excesiva dependencia del café como monocultivo, el cual, por ciclos, se enfrenta a heladas o bien caídas de sus precios internacionales, difíciles de prever; la nociva costumbre de los desmontes, que ha eliminado valiosas áreas de bosque, sustituidas por una agricultura improductiva y destructora del suelo, y finalmente la situación de innumerables comunidades pequeñas, en las cuales la desnutrición, la insalubridad, la falta de agua y drenaje, y las carencias educativas son expresión de fenómenos de aislamiento y marginalidad.⁽¹⁹⁾

V.3. DESARROLLO ECONOMICO

V.3.1 AGRICULTURA

La Sierra Norte tiene una variada gama de suelos, climas y recursos que la dotan de un enorme potencial económico susceptible de ser explotado y de generar un volumen importante de riqueza.

No obstante, la accidentada conformación de su territorio propicia que los esfuerzos realizados para promover su desarrollo agropecuario enfrenten grandes restricciones.

Tradicionalmente la producción agrícola ha presentado bajos índices de productividad, e implicado una intensa explotación de los recursos naturales, como el suelo y los bosques.

Predomina la agricultura de temporal en 72% de la superficie, realizada en terrenos con fuertes pendientes, alto riesgo de erosión y dificultad para cultivarse.

Además, el predominio de cultivos básicos, con insuficiente asistencia técnica, redundan en bajos niveles de productividad e ingreso. En ellos existe una alta frecuencia de pérdidas totales.

V.3.2. FRUTICULTURA

En esta zona destaca la producción de frutales, en su mayor parte de temporal y con rendimientos en promedio de cerca de cuatro toneladas por hectárea. Aún así, la fruticultura representa un ingreso seguro para numerosos productores, aún en años de clima desfavorable.

La variedad de alturas permite cultivar todas las especies de clima templado y tropical. En la zona de transición de la parte intermedia a la alta se calcula que existen unas 2,500 hectáreas sembradas con manzanos, perales, ciruelos, y duraznos.

V.3.3. CAFETICULTURA

El café sigue siendo el principal producto agropecuario de exportación de México, y uno de los principales generadores netos de divisas, aún cuando su precio internacional ha caído en más de 40% por la sobre oferta en el mercado mundial.

En la Sierra Norte de Puebla la cafeticultura ocupa una superficie de 62,649 mil hectáreas distribuidas en 46 municipios, lo cual representa el 96.4 por ciento de la producción total de este cultivo en el Estado.⁽⁹⁾

V.3.4. GANADERIA

La actividad ganadera, muy significativa en la Sierra Norte, se ha enfrentado a condiciones adversas que han reducido su importancia. Una de ellas es el peso económico del café, sin embargo, la disponibilidad de agua y pastizales, principalmente en la región huasteca, así como el acceso a mercados de Veracruz y la ciudad de México, la mantienen como actividad importante en la región.

Los cultivos ganaderos en la región son: pastos forrajeros, alfalfa, y avena, en una superficie cultivada que representa el 3.6 por ciento del total en el Estado, lo cual indica la explotación poco intensiva de esta actividad.

V.3.5. RECURSOS FORESTALES

La actividad forestal cuenta con una superficie arbolada y bajo control de 81,107 hectáreas, con especies como pino, encino, cedro, oyamel, y carboncillo. Los principales municipios que llevan a cabo esta actividad son Chignahuapan, Huauchinango, Zacatlán, Aquixtla, Tetela de Ocampo, Ixtacamaxtitlán y Tlatlauquitepec.

Los desmontes se hacen por subsistencia, para cultivar maíz y frijol en áreas no aptas para ello, a lo que se agrega la explotación clandestina, los incendios y las plagas, sin embargo existe un alto grado de conciencia de los productores para impulsar el manejo del bosque y para racionalizar la producción de madera.

V.3.6. PESCA

La región norte del estado de Puebla cuenta con un considerable potencial pesquero, representado por nueve presas con una superficie aproximada de 1,903 hectáreas inundadas, entre ellas destacan Necaxa, Nexapa, Tenango, Los Reyes, y Mazatepec, hay tres lagunas: Ajolotla, Chignahuapan y Cuautelolulco que abarcan 52 hectáreas, donde se capturan 1,133 toneladas de carpa, tilapia, trucha, bagre, acamaya, pescado blanco, lobina y langostino. Están también las cuencas de los ríos Pantepec o Tuxpan, San Marcos, Zempoala y otros.

V.3.7. DESARROLLO SOCIAL

De acuerdo con las cifras del XI Censo General de Población y Vivienda de 1990, la población total en la zona asciende a 994,252 habitantes, distribuidos en los 63 municipios, con una densidad de 118 habitantes por kilómetro cuadrado.

Existen municipios que tienen menos de 3 mil habitantes, como son: Camocuautla, Nauzontla, Teteles de Avila Castillo, Yaonáhuac, Ignacio Allende, Caxhuacan, Zoquiapan y Tuzamapan de Galeana; 858 poblados tienen menos de 500 habitantes y albergan al 14 % de la población.

V.3.8. ECOLOGIA

Lo relacionado con el deterioro ecológico en esta zona, el mayor problema es la falta de tratamientos de aguas residuales. Otro aspecto a atender es el de la basura en las principales ciudades, que requiere de acciones intermunicipales incluyendo la alternativa de la selección y el procesamiento de los desechos sólidos puesto que en ciertas partes de la Sierra es difícil el establecimiento de rellenos sanitarios. Fuentes adicionales de contaminación se derivan de los incendios registrados en épocas de estiaje, la emisión de polvo de las empresas mineras, y la quema de hidrocarburos a cielo abierto por parte de Pemex en Huauchinango y una planta de gas en Teziutlán. En estas ciudades la contaminación de agua conlleva a la del suelo y subsuelo, fenómeno acrecentado en la siembra por desmonte; también las plantas beneficiadoras de café contaminan el agua de los ríos.

La tala ilegal en el estado de Puebla se ha calculado que abarca cerca de mil hectáreas anuales, de las cuales un gran porcentaje corresponde a la Sierra Norte. La presión demográfica, el contrabando de productos forestales, los incendios, el sobrepastoreo y una escasa cultura forestal, que trae como consecuencia cambios en el uso del suelo, son sus causas.⁽¹⁹⁾

V.3.9. VEGETACION

La exploración botánica en la Sierra Norte ha sido satisfactoria. Se ha llevado a cabo investigación fitoquímica en el país o en otras partes del mundo de varias de las especies existentes, faltando aún más estudios de estos recursos, lo cual requiere desarrollar trabajos de tipo ecológico y fenológicos en campos de introducción de nuevos cultivos.

También se han desarrollado investigaciones bibliográficas sobre botánica económica y fitoquímica de los géneros de las familias con mayor importancia económica; tal es el caso de las

Asteraceae, Lamiaceae, Fabaceae, Poaceae, Euphorbiaceae y Solanaceae, que son las más grandes en número de especies y que se presentan en diferentes condiciones ecológicas; son además, ampliamente estudiadas porque contienen gran cantidad de metabolitos secundarios de utilidad industrial.

En la Sierra Norte de Puebla, existe el interés por crear agroindustrias para productos aromáticos: cítricos, canela y pimienta gorda. Las plantas medicinales son otra línea de desarrollo económico que demanda más atención, según estudios que se han hecho en otras partes del mundo, existen plantas con propiedades bioenergéticas que deben estudiarse de manera continua, pues en México hay varias especies prometedoras.

Actualmente se conocen 119 familias, de las cuales se reconocieron 398 géneros y 603 especies, la mayoría medicinales (36.31%), seguidas en porcentaje de las comestibles, ornamentales, combustibles, material de construcción, instrumentos domésticos y agrícolas, ceremoniales, forrajes, cercas vivas, especias, y saborizantes, colorantes, y cosméticos, sombra de cafetal, tóxicas o nocivas, atenuantes, envoltura, artesanías, insecticidas, y pesticidas, jabones, abonos verdes, gomas, pegamento, juguete y ceras. Por otro lado, se encontró que 148 de las especies son de origen exótico y 455 nativas⁽⁴¹⁾

V.4. GENERALIDADES DE LOS SITIOS DE ESTUDIO

SIERRA NORTE DE PUEBLA.

La zona estudiada se ubica en un sistema de topofomas con presencia de lomerios, excepto en la localidad de La Unión en el municipio de Tlatlauquitepec y en Coacalco en el municipio de Teteles, donde predomina los sistemas de sierra,⁽⁷¹⁾ y montuoso en los perfiles realizados en los municipios de Xicotepec de Juárez y Tlaola. (FIGURA 2 y 3).

En la zona se estudiaron sitios con alturas máximas, desde 390 hasta 1940 msnm correspondientes a los perfiles de los municipios de Coacalco.

Las menores pendientes se encuentran en los perfiles de los municipios de Xicotepec de Juárez, Zihuateutla, Cuetzalan, Xiutetelco y Teteles, específicamente en el perfil estudiado en Coacalco, en el municipio de Teteles con un 3%, el resto de los perfiles en los municipios de Hueytamalco, Xicotepec de Juárez, Tlaola y Tlatlauquitepec presentan pendientes entre 15 y 40%.

El material parental encontrado corresponde a basaltos en los perfiles de los municipios de Zihuateutla, Xicotepec de Juárez (Finca Los Idolos y Santa Rita), y Tlaola, y de calizas y cuarcita en el Municipio de Cuetzalan, en Xicotepec de Juárez (finca Loma Larga y Las Pilas) con origen sedimentario de pizarras y cuarcitas, a cenizas volcánicas del Cuaternario en el Municipio de Hueytamalco; así como en lo que respecta a los perfiles de suelos de los Municipios de Tlatlauquitepec (La Unión), Teteles y Xiutetelco, clasificados como Andosoles⁽⁷¹⁾, se encontró diferencias importantes en factores como altitud, (1540, 1940 y 2915 msnm), el material parental fue de diferente composición químico-mineralógica, pues los suelos se originan desde toba ácida (localidad de Atecox, Municipio de Xiutetelco), toba básica (localidad de Teteles, Municipio de

Coacalco) y brecha volcánica (Localidad de La Unión, municipio de Tlatlauquitepec).

Con respecto a la vegetación, los Andosoles se desarrollaron sosteniendo una vegetación natural de bosque de pino y encino como se observó en el caso del perfil de La Unión en el Municipio de Tlatlauquitepec, y en las partes bajas, bosque de pino y encino asociado con bosque mesófilo de montaña como se encontró en Atecax, Municipio de Xiutetelco y en Coacalco, Municipio de Teteles.

VI. DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO

Esta zona se encuentra en el límite entre la Región de la Sierra Norte de Puebla y la región del Declive del Golfo de México.

La Sierra Norte de Puebla tiene su origen en la Era Terciaria, cuando un gran levantamiento formó el sistema montañoso de la Sierra Madre Oriental, transcurre desde Huauchinango hasta Teziutlán, limitando a la llanura costera del Golfo de México, tiene una superficie de 50 Km. aproximadamente y forma la barra saliente de la mesa central. A su vez, la conforman pequeñas sierras más o menos individuales, paralelas, comprimidas unas con otras, entre las que se pueden mencionar las sierras de Teziutlán, Tlatlauquitepec, Zacapoaxtla, Tetela, Chignahuapan, Zacatlán y Huauchinango produciendo una región muy abrupta y escarpada con gran número de cascadas y saltos.

Las rocas que forman la Sierra Norte de Puebla son calizas del Cretácico Inferior en gruesas capas, pizarras y calizas intercaladas con lutitas y areniscas.⁽²³⁾

VI.1. CLIMA

Por su situación geográfica el clima de la región está afectado por los vientos alisios provenientes del Golfo de México que van cargados de humedad y al ascender sobre la sierra alcanzan su nivel de condensación, formando nubes que provocan altas precipitaciones. Al mismo tiempo también hay influencia de ciclones tropicales que dejan una amplia zona de aguaceros y lluvias continuas, con mayor incidencia entre los meses de mayo a octubre.⁽⁴⁾

En la zona ocasionalmente llegan a presentarse temperaturas cercanas a los 0°C, incluso temperaturas bajo cero, como sucedió en enero de 1973, cuando se registraron -4°C y en enero de 1990 cuando se tuvieron -8°C, ocasionando la pérdida de la cosecha en ese año. En algunos lugares, como consecuencia los cafetos tuvieron que ser podados hasta unos 10 cm. por arriba del cuello del tronco y en donde se asentó la helada se llegaron a quemar grandes áreas de cafetales de las áreas bajas. Es notable el beneficio de la sombra que amortigua los efectos de las heladas, la sequía y la irradiación, en zonas aledañas a sitios sin sombra, donde las elevadas temperaturas llegan a causar que las flores se "escobeteen" o a su pérdida a temperaturas superiores a los 35°C, como en los eventos de mayo de 1964 y 1981 cuando la temperatura máxima alcanzó 35.8°C, así la mayor resistencia se presenta en las zonas de cafetales con sombra en cultivo mixto o tradicional.

Coacalco) y brecha volcánica (Localidad de La Unión, municipio de Tlatlauquitepec).

Con respecto a la vegetación, los Andosoles se desarrollaron sosteniendo una vegetación natural de bosque de pino y encino como se observó en el caso del perfil de La Unión en el Municipio de Tlatlauquitepec, y en las partes bajas, bosque de pino y encino asociado con bosque mesófilo de montaña como se encontró en Ateacax, Municipio de Xiutetelco y en Coacalco, Municipio de Teteles.

VI. DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO

Esta zona se encuentra en el límite entre la Región de la Sierra Norte de Puebla y la región del Declive del Golfo de México.

La Sierra Norte de Puebla tiene su origen en la Era Terciaria, cuando un gran levantamiento formó el sistema montañoso de la Sierra Madre Oriental, transcurre desde Huauchinango hasta Teziutlán, limitando a la llanura costera del Golfo de México, tiene una superficie de 50 Km. aproximadamente y forma la barra saliente de la mesa central. A su vez, la conforman pequeñas sierras más o menos individuales, paralelas, comprimidas unas con otras, entre las que se pueden mencionar las sierras de Teziutlán, Tlatlauquitepec, Zacapoaxtla, Tetela, Chignahuapan, Zacatlán y Huauchinango produciendo una región muy abrupta y escarpada con gran número de cascadas y saltos.

Las rocas que forman la Sierra Norte de Puebla son calizas del Cretácico Inferior en gruesas capas, pizarras y calizas intercaladas con lutitas y areniscas.⁽²³⁾

VI.1. CLIMA

Por su situación geográfica el clima de la región está afectado por los vientos alisios provenientes del Golfo de México que van cargados de humedad y al ascender sobre la sierra alcanzan su nivel de condensación, formando nubes que provocan altas precipitaciones. Al mismo tiempo también hay influencia de ciclones tropicales que dejan una amplia zona de aguaceros y lluvias continuas, con mayor incidencia entre los meses de mayo a octubre.⁽⁴⁾

En la zona ocasionalmente llegan a presentarse temperaturas cercanas a los 0°C, incluso temperaturas bajo cero, como sucedió en enero de 1973, cuando se registraron -4°C y en enero de 1990 cuando se tuvieron -8°C, ocasionando la pérdida de la cosecha en ese año. En algunos lugares, como consecuencia los cafetos tuvieron que ser podados hasta unos 10 cm. por arriba del cuello del tronco y en donde se asentó la helada se llegaron a quemar grandes áreas de cafetales de las áreas bajas. Es notable el beneficio de la sombra que amortigua los efectos de las heladas, la sequía y la irradiación, en zonas alejadas a sitios sin sombra, donde las elevadas temperaturas llegan a causar que las flores se "escobeteen" o a su pérdida a temperaturas superiores a los 35°C, como en los eventos de mayo de 1964 y 1981 cuando la temperatura máxima alcanzó 35.8°C, así la mayor resistencia se presenta en las zonas de cafetales con sombra en cultivo mixto o tradicional.

VI.2. VEGETACION ENCONTRADA EN LOS SITIOS DE ESTUDIO

En el Municipio de Zihuateutla, en la finca La Puebla, se encontró cafetal var. pluma, bourbón y caturra, al sol y con sombra de leguminosas, residuos de vegetación natural y residuos de selva alta perennifolia. En la finca La Chiquita (*Coffea arabica*) var. garnica, caturra, mundo novo y bourbon con sombra de *Inga leptoloba* y cafetal al sol.

En el Municipio de Cuetzalan, en Acaxoloco, *Coffea arabica* con sombra de *Inga leptoloba* var. garnica, caturra, mundo novo y bourbon, en Calatepec *Coffea arabica* con sombra de *Inga leptoloba*, cítricos, jicarillo, en La Loma *Coffea arabica* en cultivo mixto con sombra de *Inga leptoloba* e *Inga spuria*, cítricos, guayaba.

En el Municipio de Xicotepec de Juárez, en Los Idolos, *Coffea arabica* var. caturra roja y amarilla al sol, residuos de vegetación natural, chaca, plátano, bienvenido, cedro, caoba, candelilla, anona, mandarina, guayaba, pipianillo, chalchihuite, en Los Idolos *Coffea arabica* var. caturra roja y amarilla con sombra de *Inga leptoloba* en cultivo mixto, en Santa Rita *Coffea arabica* al sol con mezcla de cítricos, en Loma Larga *Coffea arabica* al sol y en Las Pilas *Coffea arabica* con sombra de *Inga sp.* y cítricos.

En el Municipio de Tlaola, en Tlatlanapala, bosque mesófilo de montaña, *Liquidambar sp.*, *Clethra sp.*, *Cecropia sp.*, *Cyathea sp.*, *Sellaginella sp.*, coníferas de ornato, residuos de bosque mesófilo y maíz en asociación con *Coffea arabica*.

En el Municipio de Hueytamalco, en Las Margaritas, *Coffea arabica*, var. caturra, con sombra de *Inga leptoloba* y residuos de vegetación natural.

En el Municipio de Tlatlauquitepec, en Ahuatamimilotl, *Coffea arabica* en cultivo mixto con sombra de *Inga spuria*, cítricos y plátano, en La Unión en el mismo municipio pastizal inducido y bosque de pino-encino.

En Atecox en el Municipio de Xiutetelco, pastizal inducido y bosque de pino y en Coacalco en el Municipio de Teteles, maíz.

VI.3. SUELOS

Los suelos encontrados en los sitios estudiados corresponden a los siguientes órdenes:

VI.3.1. Andisoles: Son suelos minerales que pueden tener uno o más horizontes de diagnóstico diferentes de un epipedón óxico, no tienen un horizonte argílico, spódico u óxico, a menos que sea un horizonte genético enterrado que tenga su límite superior a una profundidad de 50 cm o más, el cual tenga propiedades ándicas a través de un espesor continuo de 35 cm, o más, incluyendo los 25 cm de la superficie, con diferentes regímenes de humedad y de temperatura y pueden ocupar diversos sitios en el paisaje y cumplen con los requerimientos para los suelos minerales, diferenciándose de los Histosoles. Los procesos dominantes en la mayoría de los Andisoles son la intemperización y transformación mineral, en esta etapa los aluminosilicatos primarios sólo llegan a formar minerales de rango corto como alofano, imogolita o ferrihidrita. ^(52, 65)

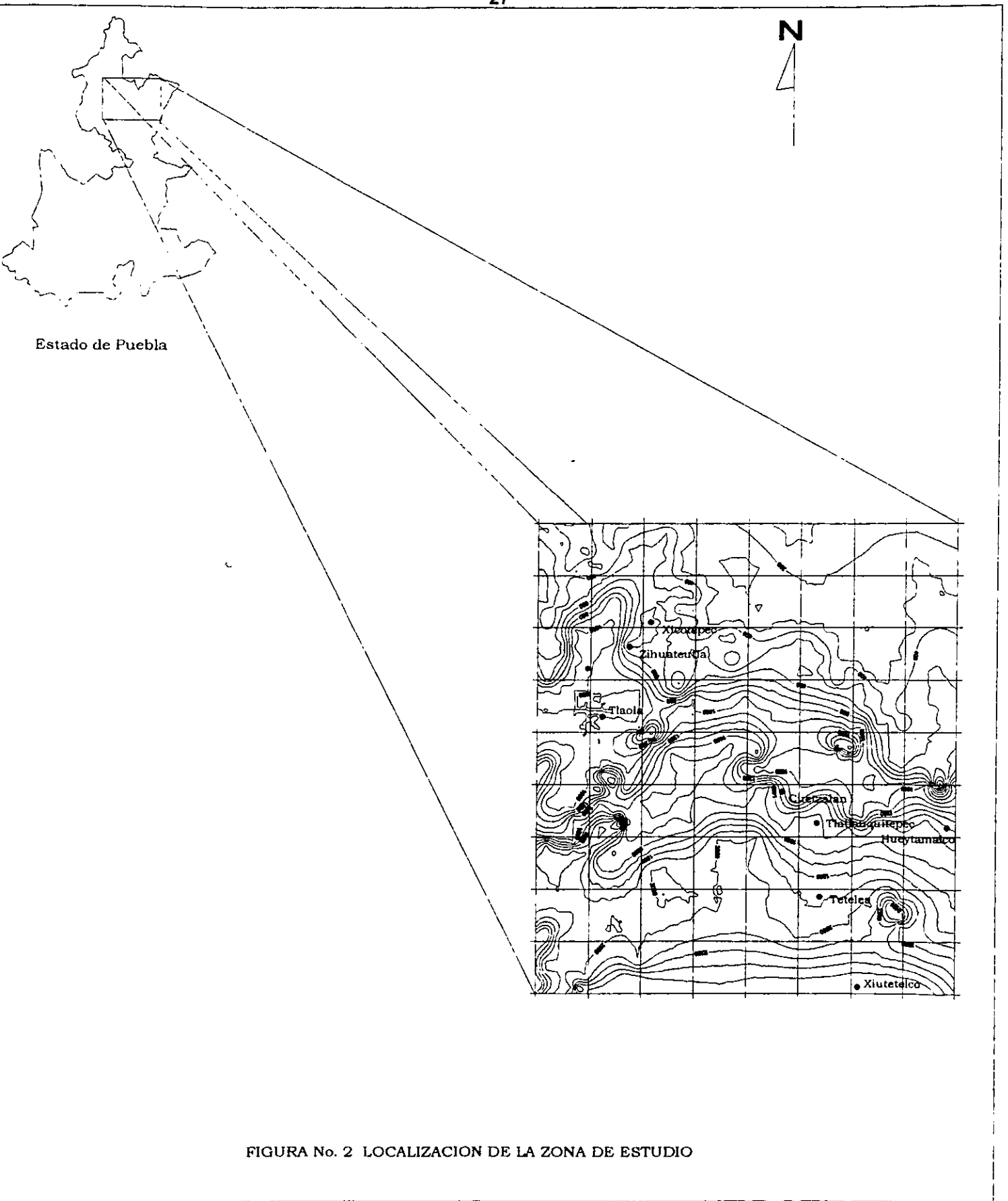
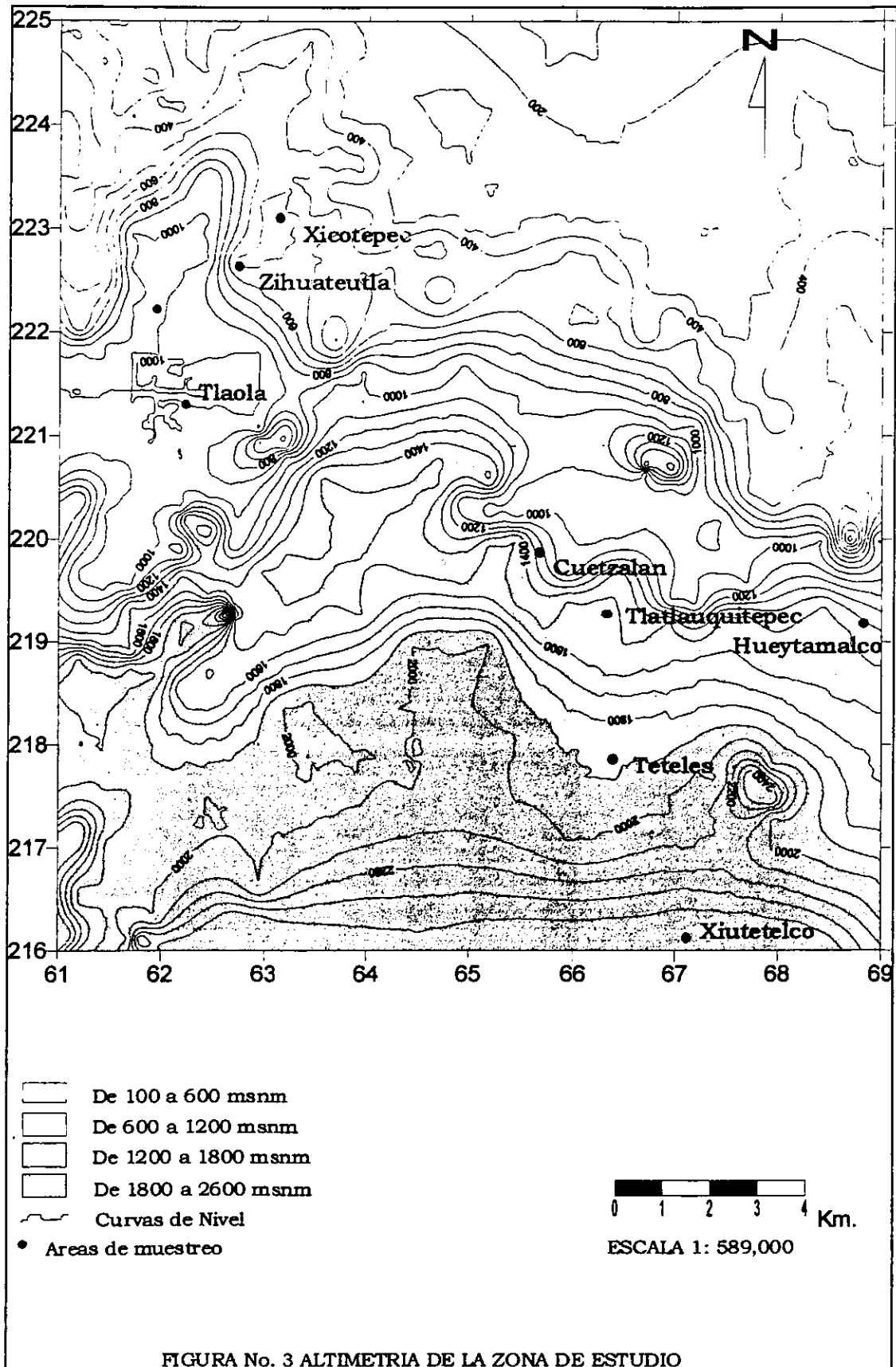
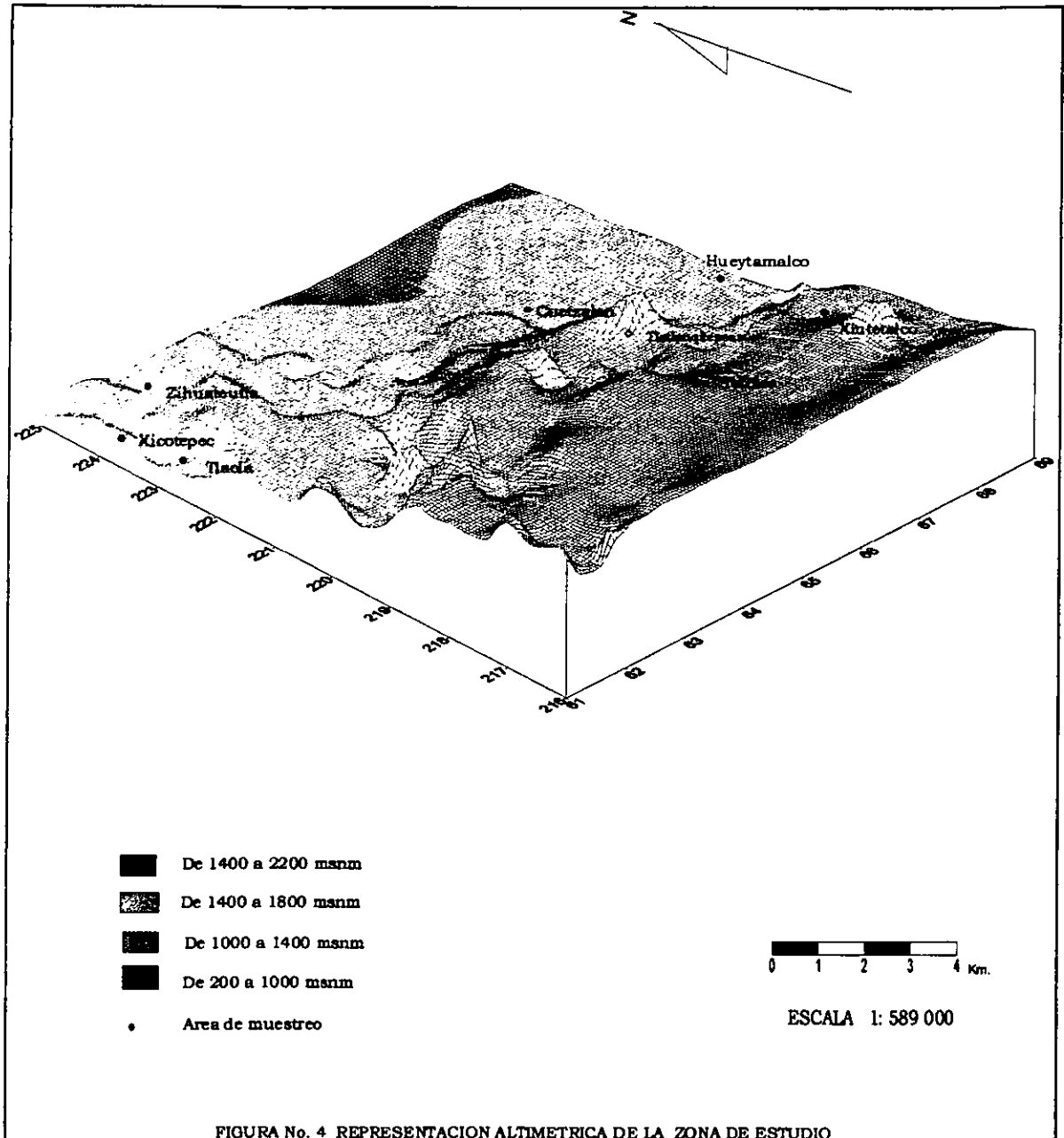


FIGURA No. 2 LOCALIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO





VI.3.2. Alfisoles: Por lo general estos suelos tienen un epipedón ócrico, un horizonte argílico y la saturación de bases es moderada a elevada; el agua es retenida a una tensión < 15 bar cuando menos durante tres meses al año en la estación de crecimiento. Pueden presentar otros horizontes incluyendo un fragipán, un duripán, un horizonte nátrico, un horizonte petrocálcico y plintita. Los Alfisoles tienden a formar una faja entre los Molisoles de las áreas de pastizales y los Espodosoles e Inceptisoles de zonas frías húmedas en donde ocurren principalmente en superficies del Pleistoceno tardío. También forman una faja entre los Aridisoles y los suelos de zonas más húmedas y cálidas, en donde tienden a ser rojos y a presentarse en superficies más antiguas, pero a menudo pueden encontrarse con influencia del Pleistoceno.⁽¹⁶⁾

VI.3.3. Inceptisoles: Estos son los suelos de las regiones húmedas que tienen horizontes alterados, han perdido material por lixiviación, pero también contienen minerales intemperizables. No se encuentran en zonas áridas y por lo general no son arenosos en todo su perfil. No tienen plintita delgada, ni un horizonte espódico, argílico, nátrico, óxico, gypsico, petrogypsico o sálico. Por lo común tienen un epipedón ócrico, un horizonte cámbico, un fragipán y un duripán. Las secuencias más comunes de horizontes son un epipedón ócrico sobre un horizonte cámbico con o sin un fragipán o duripán subyacente. Todos los suelos con epipedones plágenos son Inceptisoles.⁽¹⁶⁾

VI.3.4. Molisoles: Son los suelos básicos ricos, de color muy oscuro de los pastizales de zona templada, pero también ocurren en latitudes altas, elevaciones considerables y en zonas intertropicales, pero por lo general quedan entre los Aridisoles y Alfisoles. Casi todos tienen un epipedón mólico y muchos tienen un horizonte argílico, nátrico ó cálcico y unos cuantos un horizonte álbico. Pocos tienen un duripán o un horizonte petrocálcico. La mayoría se desarrollaron en depósitos del Pleistoceno tardío o del Holoceno, pero algunos están sobre superficies más antiguas, en donde normalmente tienen un horizonte argílico rojizo y se cree que tuvieron una cubierta de bosque.⁽¹⁶⁾

VI.3.5. Ultisoles: Son suelos de latitudes medianas a bajas con horizonte argílico de baja saturación de bases, con procesos de lavado mayor que los Alfisoles, neoformación de arcilla, con epipedones ócrico, úmbrico, antrópico o mólico y horizonte argílico, álbico, fragipán, duripán, plintita o kándico; se encuentran en climas cálido húmedos con estación con déficit de humedad, con regímenes de temperatura más cálidos que isofrígido y régimen de humedad údico, xérico, ústico, (ácuico).⁽¹⁶⁾

VII. MUNICIPIOS

VII.1. MUNICIPIO DE CUETZALAN DEL PROGRESO

VII.1.1. MEDIO FISICO Y GEOGRAFICO

El Municipio de Cuetzalan del Progreso se localiza en la parte noreste del Estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son los paralelos $19^{\circ} 57'00''$ y $20^{\circ} 05'18''$ de latitud norte y los meridianos $97^{\circ} 24'36''$ y $97^{\circ} 34'54''$ de longitud oeste. Tiene una extensión de 135 km^2 que lo ubica en el 16^{avo} lugar con respecto a los demás municipios del Estado.

VI.3.2. Alfisoles: Por lo general estos suelos tienen un epipedón ócrico, un horizonte argílico y la saturación de bases es moderada a elevada; el agua es retenida a una tensión < 15 bar cuando menos durante tres meses al año en la estación de crecimiento. Pueden presentar otros horizontes incluyendo un fragipán, un duripán, un horizonte nátrico, un horizonte petrocálcico y plintita. Los Alfisoles tienden a formar una faja entre los Molisoles de las áreas de pastizales y los Espodosoles e Inceptisoles de zonas frías húmedas en donde ocurren principalmente en superficies del Pleistoceno tardío. También forman una faja entre los Aridisoles y los suelos de zonas más húmedas y cálidas, en donde tienden a ser rojos y a presentarse en superficies más antiguas, pero a menudo pueden encontrarse con influencia del Pleistoceno.⁽¹⁶⁾

VI.3.3. Inceptisoles: Estos son los suelos de las regiones húmedas que tienen horizontes alterados, han perdido material por lixiviación, pero también contienen minerales intemperizables. No se encuentran en zonas áridas y por lo general no son arenosos en todo su perfil. No tienen plintita delgada, ni un horizonte espódico, argílico, nátrico, óxico, gypsico, petrogypsico o sálico. Por lo común tienen un epipedón ócrico, un horizonte cámbico, un fragipán y un duripán. Las secuencias más comunes de horizontes son un epipedón ócrico sobre un horizonte cámbico con o sin un fragipán o duripán subyacente. Todos los suelos con epipedones plágenos son Inceptisoles.⁽¹⁶⁾

VI.3.4. Molisoles: Son los suelos básicos ricos, de color muy oscuro de los pastizales de zona templada, pero también ocurren en latitudes altas, elevaciones considerables y en zonas intertropicales, pero por lo general quedan entre los Aridisoles y Alfisoles. Casi todos tienen un epipedón mólico y muchos tienen un horizonte argílico, nátrico ó cálcico y unos cuantos un horizonte álbico. Pocos tienen un duripán o un horizonte petrocálcico. La mayoría se desarrollaron en depósitos del Pleistoceno tardío o del Holoceno, pero algunos están sobre superficies más antiguas, en donde normalmente tienen un horizonte argílico rojizo y se cree que tuvieron una cubierta de bosque.⁽¹⁶⁾

VI.3.5. Ultisoles: Son suelos de latitudes medianas a bajas con horizonte argílico de baja saturación de bases, con procesos de lavado mayor que los Alfisoles, neoformación de arcilla, con epipedones ócrico, úmbrico, antrópico o mólico y horizonte argílico, álbico, fragipán, duripán, plintita o kándico; se encuentran en climas cálido húmedos con estación con déficit de humedad, con regímenes de temperatura más cálidos que isofrígido y régimen de humedad údico, xérico, ústico, (ácuico).⁽¹⁶⁾

VII. MUNICIPIOS

VII.1. MUNICIPIO DE CUETZALAN DEL PROGRESO

VII.1.1. MEDIO FISICO Y GEOGRAFICO

El Municipio de Cuetzalan del Progreso se localiza en la parte noreste del Estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son los paralelos $19^{\circ} 57'00''$ y $20^{\circ} 05'18''$ de latitud norte y los meridianos $97^{\circ} 24'36''$ y $97^{\circ} 34'54''$ de longitud oeste. Tiene una extensión de 135 km^2 que lo ubica en el 16^{avo} lugar con respecto a los demás municipios del Estado.

Los sitios de estudio se encuentran en la cuenca del río Zempoala, al noreste de Cuetzalan del Progreso a 4 Km aproximadamente, a una altitud de 820 y 850 msnm, se presentan corrientes intermitentes afluentes del río Zempoala, donde se observan cerros aislados, particularmente el cerro Totolixipil.

VII.1.2. CLIMA

(A)C(fm): Semicálido con temperatura media anual mayor de 18°C, con lluvias todo el año, influencia de monzón, por lo tanto estas son particularmente abundantes en el verano, al año se llegan a tener 3353 mm.⁽⁵⁴⁾

VII.1.3. SUELOS

Se reportan cuatro Grupos: Litosol, Regosol, Luvisol y Andosol.

VII.1.4. FLORA

El municipio ha perdido la mayor parte de sus áreas boscosas; aun conserva pequeñas áreas de bosque mesófilo de montaña, con especies arbóreas de liquidambar y jaboncillo en la ribera del río Apulco, así como asociaciones de pino-encino que cubren una franja considerable al centro-sur y sur-oeste.

VII.1.5. AGRICULTURA

Dentro de esta actividad se cultivan maíz, café con una superficie sembrada de 3,500 hectáreas de temporal con el mismo número de hectáreas cosechadas y con una producción de 15,750 toneladas⁽²⁶⁾ y frijol; en fruticultura principalmente existe mamey, plátano y melón.

VII.2. MUNICIPIO DE HUEYTAMALCO

VII.2.1. MEDIO FISICO Y GEOGRAFICO

El municipio de Hueytamalco se localiza en la parte NE del Estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 19° 51'03" y 20° 12'42" de latitud norte y los meridianos 97° 12'48" y 97° 22'42" de longitud occidental. Tiene una superficie de 242.48 Km² que lo ubica en el 42^{avo} lugar con respecto a los demás municipios del Estado.

El sitio de estudio se encuentra a 7 Km de Hueytamalco y a 12 Km. de Tlapacoyan, Ver. Cercano al centro experimental Las Margaritas, a una altitud de 515 msnm, con corrientes intermitentes tributarios del río San Pedro, formando el río Cedro Viejo que más tarde se convierte en el río Chichicazapan.

VII.2.2. CLIMA

Se identifican tres climas dispuestos en franjas latitudinales:

A(C)(fm): Semicálido subhúmedo con temperatura media anual mayor de 18°C, con lluvias todo el año; el clima predominante, se presenta en la zona sur del municipio.

Af(m): Cálido húmedo con temperatura media anual mayor de 22°C, con lluvias todo el año; Se identifica en una franja del centro del municipio.

Am(f): Cálido húmedo con temperatura media anual mayor de 22°C, con abundante lluvia en verano; Se identifica en la zona Norte del municipio.

Precipitación media anual de 2995 mm.⁽⁵⁴⁾

VII.2.3. SUELOS

Se reportan cinco Grupos: Vertisol, Regosol, Andosol, Acrisol, Litosol.

VII.2.4. FLORA

La mayor parte del territorio del municipio esta destinado a actividades agropecuarias; existen grandes extensiones de pastizal cultivado de Estrella Africana, al centro y norte y pastizal inducido, aunque en áreas mas reducidas del sur.

VII.2.5. AGRICULTURA

En el municipio se cultivan el maíz y café con una superficie sembrada de 4,100 hectáreas de temporal con el mismo número de hectáreas cosechadas, con una producción de 18,450 toneladas⁽²⁶⁾; en la fruticultura con naranja y plátano

VII.3. MUNICIPIO DE TLATLAUQUITEPEC

VII.3.1. MEDIO FISICO Y GEOGRAFICO

El municipio de Tlatlauquitepec se localiza en la parte noreste del Estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 19° 36'24" y 20° 03'18" latitud norte y los meridianos 97° 14'42" y 97° 28'06" de longitud oeste. Tiene una superficie de 246.22 Km² que lo ubica en el 40^{avo} lugar con respecto a los demás municipios del Estado.

Ahuatamimilotl, uno de los sitios de estudio a una altitud de 950 msnm, se encuentra a 2.5 Km. de Mazatepec, al sureste a 5 Km de Tlatlauquitepec, se encuentra la presa hidroeléctrica La Soledad (presa de Mazatepec), al occidente pasa la tubería de presión para la casa de maquinas de la presa, se presentan corrientes intermitentes, afluentes del río Apulco, las elevaciones más cercanas son el cerro Jilotepetl y el Campanario.

En La Unión, otro de los sitios de estudio en el mismo Municipio a una altitud de 1540 msnm, se encuentra a 6 Km de Tlatlauquitepec, al norte se encuentra la presa La Soledad, se presentan corrientes intermitentes que forman el río Xucayucan, que más tarde se convierte en el río Atexcaco afluente del río Apulco, al suroeste a 5 Km se encuentra la población más cercana,

Mexapan.

VII.3.2. CLIMA

De sur a norte se identifican los siguientes climas:

C(E)_{w₂}: Semifrio subhúmedo con temperatura media anual entre 18 y 22°C, con lluvias en verano; se localiza en las áreas montañosas del sureste.

C(W₁)(w): Templado subhúmedo con temperatura media anual entre 12 y 18°C, con lluvias en verano; ocupa una franja reducida al sur.

C(W₂): Templado subhúmedo con temperatura media anual entre 12 y 18°C, con lluvias en verano; se identifica en las estribaciones septentrionales del complejo montañoso del sur.

C(m): Templado húmedo con temperatura media anual entre 12 y 18°C, abundantes lluvias en verano. Se presenta en una gran área que cubre la parte central, dentro de la Sierra Norte.

C(fm): Templado húmedo con temperatura media anual entre 12 y 18°C, con lluvias todo el año. Se presenta una amplia franja de la porción central.

(A)C(fm): Semicálido subhúmedo, con temperatura media anual mayor de 18°C, lluvias todo el año; se presenta en el declive del Golfo.

Precipitación media anual de 3362 mm.⁽⁵⁴⁾

VII.3.3. SUELOS

Se reportan cuatro Grupos: Luvisol, Andosol, Regosol, Litosol.

VII.3.4. FLORA

El municipio ha perdido una buena parte de vegetación original; las zonas centro y sur muestran áreas reducidas y dispersas de asociaciones boscosas de pino-encino y oyamel, predominando las especies arbóreas de pino colorado, roble y oyamel; al norte los bosques son mas abundantes encontrándose además de los anteriores, bosque mesófilo de montaña constituido por liquidambar y jaboncillo.

Las áreas deforestadas han sido incorporadas a la actividad agropecuaria, grandes zonas al centro y sur se dedican a la agricultura de temporal.

Al norte se presentan áreas extensas de pastizal inducido, que crecen a costa de los bosques.

VII.3.5. AGRICULTURA

El municipio produce granos, entre los principales destacan:

Maíz, frijol, haba, café con una superficie sembrada de 2,500 hectáreas de temporal y el mismo número de hectáreas cosechadas con una producción de 11,250 toneladas⁽²⁶⁾ y trigo; con relación a la fruticultura encontramos durazno, naranja, ciruela, manzana, pera y aguacate, y en cuanto a las hortalizas tenemos papa y como forrajeras existen alfalfa, pasto y cebada.

VII.4. MUNICIPIO DE XICOTEPEC DE JUAREZ

VII.4.1. MEDIO FISICO Y GEOGRAFICO

El municipio de Xicotepec de Juárez se localiza en la parte NW del Estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son; los paralelos 20° 14' 18" de latitud norte y los meridianos 97° 45' 00" y 98° 03' 06" de longitud oeste. Tiene una superficie de 283.20 Km² que lo ubica en el 34^{avo} lugar con respecto a los demás municipios del Estado.

Los sitios de estudio Los Idolos y Santa Rita, se encuentran a una altitud de 580-590 msnm, se presentan corrientes intermitentes de los afluentes del río San Marcos principal formador del Cazonas, que desemboca en el Golfo.

El sitio de estudio de Las Pilas a una altitud de 990 msnm, se encuentra a 7.5 Km de Xicotepec de Juárez, se presentan corrientes intermitentes de los afluentes del río San Marcos.

Loma Larga otro de los sitios de estudio, a una altitud de 1130 msnm, se encuentra a 6 Km. de Xicotepec de Juárez, se presentan corrientes intermitentes de los afluentes del río San Marcos.

VII.4.2. CLIMA

Se identifican dos climas:

(A)C(fm): Semicálido subhúmedo con temperatura media anual mayor de 18°C, con lluvias todo el año; se identifica en la porción central y meridional.

Af(m): Cálido húmedo con temperatura media anual mayor de 22°C, con lluvias todo el año, Se identifica en la porción septentrional del municipio, en una zona más o menos plana, donde se asienta la ciudad de Xicotepec de Juárez.

Precipitación media anual de 2597 mm.⁽⁵⁴⁾

VII.4.3. SUELOS

Se reportan cinco Grupos u Ordenes: Cambisol, Acrisol, Regosol, Vertisol, Litosol.

VII.4.4. FLORA Y FAUNA

La mayor parte del territorio ha perdido su vegetación natural; tan solo subsisten algunas áreas de selva alta perennifolia al noreste y sureste, así como bosque de pino y mesófilos de

montaña al sur, sureste y centro-este.

VII.4.5. AGRICULTURA

En este municipio se produce: maíz, frijol, café con una superficie sembrada de 7,441 hectáreas de temporal y el mismo número cosechadas con una producción de 56,029 toneladas⁽²⁶⁾, ajonjolí; en cuanto a su fruticultura, se cultiva el plátano, aguacate, lima, papaya, naranja y mango.

VII.5. MUNICIPIO DE ZIHUATEUTLA

VII.5.1. MEDIO FISICO Y GEOGRAFICO

El municipio de Zihuateutla se localiza en la parte suroeste del Estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 20° 12'18" y 20° 23'12" latitud norte y los meridianos 97° 43'54" y 97° 56'36" de longitud oeste. Tiene una superficie de 177.33 Km² que lo ubica en el 73^{avo} lugar con respecto a los demás municipios del Estado.

Los sitios de estudio, Finca La Puebla a una altitud entre 600-650 msnm y finca La Chiquita a una altitud de 735-740 msnm, se encuentran a 12 y a 7 Km. respectivamente de Zihuateutla, se presentan corrientes intermitentes, afluentes del río San Marcos, que alimentan al río Necaxa que desemboca en el Golfo.

VII.5.2. CLIMA

Se identifican dos climas:

(A)C(fm): Semicálido subhúmedo, con temperatura media anual mayor de 18°C, con lluvias todo el año; clima predominante, se identifica en la porción central y sudoccidental.

Af(m): Cálido-húmedo con temperatura media anual mayor de 22°C, con lluvias todo el año; Se presenta en la porción occidental.

Precipitación media anual de 2597-2663 mm.⁽⁵⁴⁾

VII.5.3. SUELOS

Se reportan cinco Grupos: Acrisol, Castañozem, Vertisol, Feozem, Regosol.

VII.5.4. FLORA

La mayor parte del municipio ha perdido su vegetación natural; en la actualidad solo subsisten zonas de selva alta perennifolia asociados a la vegetación secundaria arbustiva y arbórea, al noreste.

Las zonas deforestadas han sido utilizadas para implantar pastizales, o bien para

establecer cafetales. Las áreas de pastizales se concentran al oriente y sustentan ganado bovino en tanto que los cafetales se localizan en la porción central y sudoccidental.

VII.5.5. AGRICULTURA

En este municipio se cultiva maíz, café con una superficie sembrada de 5,584 hectáreas de temporal con el mismo número cosechadas y con una producción de 43,768 toneladas ⁽²⁶⁾, frijol, trigo y haba; la caña de azúcar; calabacita tomate, además producción de vainilla.

VII.6. MUNICIPIO DE TLAOLA

VII.6.1. MEDIO FISICO Y GEOGRAFICO

El municipio de Tlaola se localiza en la parte noreste del Estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 20° 05'18'' y 20° 14'42'' de latitud norte y de meridianos 97° 50'00'' y 97° 58'36'' de longitud occidental. Tiene una superficie de 108.44 km², que lo ubica en el lugar 116^{avo} con respecto a los demás municipios del Estado.

Los sitios de estudio se encuentran en el camino Tlatlanalapa-Xochinanacatlán, a una altitud entre 1100-1180 msnm, aproximadamente a 5 Km de Santa María Tlaola, se presentan corrientes intermitentes, afluentes del río Necaxa, que desemboca en el río Tecolutla que descarga en el Golfo.

VII.6.2. CLIMA

Presenta un solo clima:

(A)C(fm) Semicálido subhúmedo, con temperatura media anual mayor de 18°C.

Precipitación media anual de 2654 mm.⁽⁵⁴⁾

VII.6.3. SUELOS

Se reportan cinco Grupos u Ordenes: Fluvisol, Regosol, Andosol, Luvisol, Rendzina.

VII.6.4. FLORA

En el territorio subsisten pocas áreas con vegetación natural solo en la ribera del Cauanacasco y del Zempoala, se encuentra bosques de pinos.

VII.6.5. AGRICULTURA

Este municipio produce: frijol, maíz, chile verde y tomate, se encuentra un área marginal para el cultivo del café con una superficie sembrada de 2,996 hectáreas de temporal y con el mismo número cosechadas con una producción de 13,703 toneladas ⁽²⁶⁾.

VII.7. MUNICIPIO DE TETELES DE AVILA CASTILLO

VII.7.1. MEDIO FISICO Y GEOGRAFICO

El municipio de Teteles de Avila Castillo se localiza en la parte NE del Estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 19° 50'48'' y 19° 52'06'' de latitud norte y los meridianos 97° 23'18'' y 97° 26'42'' de longitud occidental. Tiene una superficie de 8.93 Km² que lo ubica en el lugar 215^{avo} con respecto a los demás municipios del Estado.

El sitio de estudio Coacalco, se encuentra 3 Km al noreste del Municipio, a una altitud de 1200 msnm, se presentan corrientes intermitentes de los afluentes del río Xucayucan, que más tarde se convierte en el río Atexcaco, tributario del río Apulco, uno de los principales formadores del Tecolutla, al noreste destaca el Cerro Ahuatepec.

VII.7.2. CLIMA

Presenta dos climas:

(C)(m): Clima templado húmedo con temperatura media anual entre 12 y 18°C, con abundantes lluvias en verano.

C(fm): Clima templado húmedo; con temperatura media anual entre 12 y 18°C, con lluvias todo el año.

Precipitación media anual de 1773 mm.⁽⁵⁴⁾

VII.7.3. SUELOS

Se reporta solamente presencia del Grupo Andosol.

VII.7.4. FLORA

El municipio ha perdido la mayor parte de su vegetación original; solo en las regiones montañosas del oriente, y a lo largo de algunos ríos del poniente, presenta asociaciones boscosas de encino-pino.

VII.7.5- AGRICULTURA

El municipio produce principalmente maíz, frijol y cereales; de fruticultura: aguacate, manzana, ciruela y pera, además se cultiva tabaco y vainilla.⁽²⁶⁾

VII.8. MUNICIPIO DE XIUTETELCO.

VII.8.1. MEDIO FISICO Y GEOGRAFICO

El Municipio de Xiutetelco se localiza en la parte NE del Estado de Puebla. Sus

coordenadas geográficas son los paralelos $19^{\circ} 37'30''$ y $19^{\circ} 56'42''$ de latitud norte y los meridianos $97^{\circ} 17'00''$ y $97^{\circ} 24'30''$ de longitud occidental. Tiene una superficie de 93.12 Km² que lo ubica en el lugar número 129^{avo} con respecto a los demás municipios del Estado.

El sitio de estudio Atecax, a una altitud de 700 msnm, se encuentra a 1.5 Km. de San Juan Xiutetelco, se presentan corrientes intermitentes, afluentes del río Jalacingo que es afluente del río Bobos, principal afluente del río Nautla, se encuentra a 3 Km. de Jalacingo. Destaca el cerro de La Viola, así como algunos cerros aislados como El Pinal Colihuite, Comal y Cuevas.

VII.8.2. CLIMA

El municipio cuenta con cinco climas

C(W₁)(w): Templado subhúmedo; con temperatura media anual entre 12 y 18°C.

C (W₂): Templado subhúmedo; con temperatura media anual entre 12 y 18°C.

C (m): Templado húmedo; con temperatura media anual entre 12 y 18°C.

C (E)(m): Semifrio húmedo. con temperatura media anual entre 5 y 12°C.

(A)C(M): Semicálido subhúmedo, con temperatura media anual mayor de 18°C

Precipitación media anual de 1418 mm.⁽⁵⁴⁾

VII.8.3. SUELOS

Solo se reporta el Grupo u Orden Andosol.

VII.8.4. FLORA

El municipio ha perdido la mayor parte de su vegetación original; sólo en las zonas montañosas del oriente, y a lo largo de algunos ríos del poniente, presenta asociaciones boscosas de encino-pino.

VII.8.5. AGRICULTURA

El municipio produce principalmente maíz, frijol y cereales; en fruticultura: aguacate, manzana, ciruela y pera.⁽²⁶⁾

VIII. MATERIALES Y METODOS

Se muestrearon perfiles representativos de la zona, las muestras se tomaron por subhorizontes, una vez realizado el estudio morfológico en los siguientes sitios:

coordenadas geográficas son los paralelos $19^{\circ} 37'30''$ y $19^{\circ} 56'42''$ de latitud norte y los meridianos $97^{\circ} 17'00''$ y $97^{\circ} 24'30''$ de longitud occidental. Tiene una superficie de 93.12 Km² que lo ubica en el lugar número 129^{avo} con respecto a los demás municipios del Estado.

El sitio de estudio Atecox, a una altitud de 700 msnm, se encuentra a 1.5 Km. de San Juan Xiutetelco, se presentan corrientes intermitentes, afluentes del río Jalacingo que es afluente del río Bobos, principal afluente del río Nautla, se encuentra a 3 Km. de Jalacingo. Destaca el cerro de La Viola, así como algunos cerros aislados como El Pinal Colihuite, Comal y Cuevas.

VII.8.2. CLIMA

El municipio cuenta con cinco climas

C(W₁)(w): Templado subhúmedo; con temperatura media anual entre 12 y 18°C.

C(W₂): Templado subhúmedo; con temperatura media anual entre 12 y 18°C.

C(m): Templado húmedo; con temperatura media anual entre 12 y 18°C.

C(E)(m): Semifrio húmedo. con temperatura media anual entre 5 y 12°C.

(A)C(M): Semicálido subhúmedo, con temperatura media anual mayor de 18°C

Precipitación media anual de 1418 mm.⁽⁵⁴⁾

VII.8.3. SUELOS

Solo se reporta el Grupo u Orden Andosol.

VII.8.4. FLORA

El municipio ha perdido la mayor parte de su vegetación original; sólo en las zonas montañosas del oriente, y a lo largo de algunos ríos del poniente, presenta asociaciones boscosas de encino-pino.

VII.8.5. AGRICULTURA

El municipio produce principalmente maíz, frijol y cereales; en fruticultura: aguacate, manzana, ciruela y pera.⁽²⁶⁾

VIII. MATERIALES Y METODOS

Se muestrearon perfiles representativos de la zona, las muestras se tomaron por subhorizontes, una vez realizado el estudio morfológico en los siguientes sitios:

MUNICIPIO DE ZIHUATEUTLA:

Perfil 89-06-03-01: Cafetal al sol. Localidad: Finca La Puebla, Municipio de Zihuateutla, a 97° 46.3' longitud oeste y 20°17' de latitud norte.

Perfil 90-06-03-02: Cafetal con sombra de *Inga leptoloba*. Localidad: Finca La Puebla, Municipio de Zihuateutla, a 97°46.8' longitud oeste y 20°17' latitud norte.

Perfil 90-06-03-04: Cafetal con sombra de *Inga leptoloba*. Localidad: Finca La Chiquita, Municipio de Zihuateutla, a 97°49.4' longitud oeste y 20°16.4' latitud norte.

Perfil 90-06-03-05: Cafetal al sol. Localidad: Finca La Chiquita, Municipio de Zihuateutla, a 97°49.4' longitud oeste y 20°16.4' latitud norte.

MUNICIPIO DE CUETZALAN:

Perfil 89-06-05-02. Cafetal con sombra de *Inga leptoloba*. Localidad: Acaxoloco, Municipio de Cuetzalan del Progreso, a 97°30.6' longitud oeste y 20°02.4' latitud norte.

Perfil 89-06-06-01: Cafetal con sombra de *Inga leptoloba*, cítricos y *Jicarillo*. Localidad: Calatepec, Municipio de Cuetzalan del Progreso, a 97°30' longitud oeste y 20°02.7' latitud norte.

Perfil 89-06-06-03: Cafetal en cultivo mixto. *Inga leptoloba*, cítricos y *guayaba*. Localidad: Acaxoloco: Municipio de Cuetzalan del Progreso, a 97°30.7' longitud oeste y 20°03' latitud norte.

MUNICIPIO DE XICOTEPEC DE JUAREZ:

Perfil 91-05-21-01: Cafetal al sol, residuos de vegetación natural. Localidad: Rancho Los Idolos en Xicotepec de Juárez, a 97°49.34' longitud oeste y 20°22.08' latitud norte.

Perfil 91-05-21-02: Cafetal en cultivo mixto, *Inga leptoloba*. Localidad: Rancho Los Idolos en Xicotepec de Juárez, a 97°49.34' longitud oeste y 20°22.08' latitud norte.

Perfil 91-05-21-03: Cafetal al sol, cítricos jóvenes. Localidad: Santa Rita, En Xicotepec de Juárez, a 97°40' longitud oeste y 20°22.' latitud norte.

Perfil 91-05-23-01: Cafetal al sol. Localidad: Finca Loma Larga, Municipio de Xicotepec de Juárez, a 97°57' longitud oeste y 20°20' latitud norte.

Perfil 91-05-23-02: cafetal con sombra de *Inga leptoloba*, cítricos. Localidad: Las Pilas, Municipio de Xicotepec de Juárez, a 97°57' longitud oeste y 20°20' latitud norte.

MUNICIPIO DE TLAOLA:

Perfil 91-05-22-01: Bosque mesófilo de montaña. Localidad: Tlatlanapala, Municipio de Tlaola, a 97°54.9' longitud oeste y 20°11' longitud norte.

Perfil 91-05-22-02: Bosque de coníferas, residuos de bosque mesófilo. Localidad: Tlatlanapala, Municipio de Tlaola, a 97°54.9' longitud oeste y 20°11' longitud norte.

Perfil 91-05-22-03: Cultivo de maíz en asociación con café. Localidad: Tlatlanapala, Municipio de Tlaola, a 97°55.2' longitud oeste y 20°10.5' latitud norte.

MUNICIPIO DE HUEYTAMALCO:

Perfil 90-04-28-01: Cafetal con sombra de *Inga leptoloba*, residuos de la vegetación natural. Localidad: Las Margaritas, Municipio de Hueytamalco Edo. de Puebla a 97°4.2' longitud oeste y 20°04' latitud norte.

MUNICIPIO DE TLATLAUQUITEPEC:

Perfil 90-07-13-01: Cafetal en cultivo mixto, cítricos, plátano. Localidad: Ahuatamimilotl Municipio de Tlatlauquitepec, a 97°25' longitud oeste y 20°00' latitud norte.

Las muestras se secaron al aire y se cribaron por un tamiz malla No. 10; determinando sus:

VIII.1. PROPIEDADES FISICAS

Color en seco y húmedo por medio de las Tablas de Munsell. (1994)⁽⁴⁸⁾

Textura por el método del hidrómetro de Bouyoucos.⁽¹¹⁾

Densidad Aparente: Por el método de la probeta.⁽¹¹⁾

Densidad Real por el método del picnómetro.⁽¹¹⁾

VIII.2. PROPIEDADES QUIMICAS

Capacidad de Intercambio Catiónico Total (CICT), por centrifugación y titulación con versenato.⁽¹¹⁾

% de Saturación de Bases intercambiables (Na⁺, y K⁺ por flamometría: CORNING FlamePhotometer 410, Ca⁺⁺ y Mg⁺⁺ por el método del versenato).⁽¹¹⁾

% de Nitrógeno Total por el método semi-microKjeldahl.⁽¹¹⁾

pH por el método potenciométrico: CONDUCTRONIC pH 20: en H₂O y en KCl relación 1:2.5⁽¹¹⁾

% de M.O.: Por el método de Walkley y Black.⁽¹¹⁾

VIII.3. CARACTERIZACION DEL HUMUS DE LAS MUESTRAS ESTUDIADAS

Los AH purificados se estudiaron mediante determinación de las propiedades ópticas con un espectrómetro PYE UNICAM PU 8600 UV/VIS Spectrophotometer Philips y

determinación de la relación E_4/E_6 y E_4/E_5), por el método de Kononova y Bel'chikova⁽³⁰⁾, grado de acidez y % de Nitrógeno en muestras de horizontes y subhorizontes de epipedones en los siguientes municipios:

En el Municipio de Zihuateutla:

Finca la Puebla, A1p, 0-7 cm.

Finca la Puebla, Ahp, 0-13 cm.

Finca la Chiquita, A1p, 0-28 cm.

Finca la Chiquita, Ahp11, 0-15 cm.

En el Municipio de Cuetzalan del Progreso:

Acaxoloco, Ap1, 0-17 cm.

Calatepec, A11p, 0-15 cm.

Acaxoloco, Ap11, 0-13 cm.

En el Municipio de Hueytamalco:

Las Margaritas, Ap1, 0-15 cm.

En el Municipio de Xicotepec de Juárez:

Los Idolos, Ap1, 0-9 cm.,

Los Idolos, Ap2, 9-25 cm.

Los Idolos, Ap1, 0-1.5 cm.

Los Idolos, Ap2, 1.5-15 cm.

En el Municipio de Tlaola:

Tlatlanapala, A11, 0-6.5 cm.

Tlatlanapala, Ap, 0-10 cm.

Tlatlanapala, B, 2.5-23.5 cm.

En el Municipio de Tlatlauquitepec:

Ahuatamimilotl, Ap, 0-9 cm.

La Unión, A11, 0-15 cm.

La Unión, A12, 15-40 cm.

En el Municipio de Teteles:

Coacalco, A11, 0-34 cm.

En el Municipio de Xiutetelco

Atecax, A1, 0-5 cm.

Atecax, B21, 5-40 cm.

Conforme a los resultados obtenidos se seleccionaron muestras de los sitios anteriores para la caracterización ecológica de los tipos de humus por la técnica secuencial del fraccionamiento de la materia orgánica, empleando la mezcla de bromoformo-etanol y diversos reactivos alcalinos, ^(7, 12, 44, 46) para obtener la distribución del carbono en las fracciones de la materia orgánica.

En el Municipio de Zihuateutla:

Finca la Chiquita, A1p, 0-28 cm.

Finca la Chiquita, Ahp11, 0-15 cm.

En el Municipio de Cuetzalan:

Acaxoloco, Ap1, 0-17 cm.

Acaxoloco, Ap11, 0-13 cm.

En el Municipio de Hueytamalco:

Las Margaritas, Ap1, 0-15 cm.

En el Municipio de Xicotepec de Juárez:

Los Idolos, Ap2, 9-25 cm.

Los Idolos, Ap, 2 1.5-15 cm.

En el Municipio de Tlaola:

Tlatlanapala, A11, 0-6.5 cm.

Tlatlanapala, Ap, 0-10 cm.

En el Municipio de Tlatlauquitepec:

La Unión, A11, 0-15 cm.

En el Municipio de Teteles:

Coacalco, A11, 1 0-34 cm.

En el Municipio Xiutetelco:

Atecax, A1, 0-5 cm.

VIII.4. DETERMINACION DEL GRADO DE HUMIFICACION POR EL METODO DE KONONOVA-BE'LCHIKOVA

Las sustancias húmicas se extraen con mezcla de pirofosfato de sodio (22.3 gr.) e hidróxido de sodio (2.0 gr.) en 500 ml.

El empleo de pirofosfato de sodio, así como de algunas sales neutras de ácidos orgánicos en la extracción de sustancias húmicas del suelo, está basado en las propiedades de dichas sales de formar precipitados no solubles o compuestos solubles de calcio, hierro, aluminio y otros cationes polivalentes, a los que se hayan unidas las sustancias húmicas del suelo. La reacción de la solución de pirofosfato de sodio desempeña un papel importante ya que, al elevarse el pH de 7 a 9.5 aumenta la extracción de las sustancias húmicas.

Las propiedades ópticas y, en particular, la densidad óptica de las sustancias húmicas, está determinada por su estructura, es decir, que la densidad óptica es directamente proporcional al contenido de radicales orgánicos con dobles enlaces conjugados.⁽⁶⁾

Respectivamente, las densidades ópticas de las soluciones alcalinas de los ácidos húmicos, igualadas en contenido de carbono, caracterizan la proporción entre el carbono de las estructuras aromáticas y el carbono de los radicales laterales.⁽³²⁾

La determinación del umbral de coagulación se efectuó con las mismas soluciones que sirvieron para la caracterización de las propiedades ópticas. Para determinar el umbral de coagulación de los ácidos húmicos en presencia de un electrolito, se utilizó CaCl_2 ; éste se preparó, calculando que la adición del volumen necesario a las muestras tomadas de humato (referido a 1 litro), correspondieran a determinado número de miligramos-equivalentes de CaCl_2 .⁽³²⁾

VIII.5. UMBRAL DE COAGULACION

De la solución mencionada anteriormente se midieron en tubos de ensaye cantidades de AH + CaCl_2 0.02N, se taparon, se agitaron al mismo tiempo y se dejaron en reposo, a las 2 horas se observó y anotó la presencia de turbidez, floculación incompleta ó completa, repitiéndose las observaciones a las 4 horas para obtener los resultados definitivos.

VIII.6. DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES OPTICAS

En el resto de la solución de AH a concentración de 0.136 g/l de carbono, se determinaron

los valores en el espectro de luz visible a las siguientes longitudes de onda: 726, 665, 619, 574, 533, 520, 496, 465, y 450 nm, en un espectrofotómetro Pye Unicam Mod PU 8600 UV/VIS, empleando el método de Kononova.⁽⁶⁸⁾ Con los valores de los espectros a 465/665 nm se obtuvo la relación E_4/E_6 que es indicadora del grado de humificación y con los valores 450/520 nm se obtuvo el índice melánico E_4/E_5 , obteniendo mayores conclusiones del grado de humificación cuando se analizó la forma de las curvas de los espectros visibles.⁽³²⁾

VIII.7. FRACCIONAMIENTO DE LA MATERIA ORGANICA

Se aplicaron las metodologías para obtener la distribución del carbono en subhorizontes representativos de los diferentes órdenes de suelo estudiados.

La primera fase consiste en una separación física con la mezcla bromoformo-etanol $D=1.80$ de la materia orgánica libre o ligera (MOL) y de la materia orgánica ligada (MO Ligada), y el uso de ultrasonido para la humina heredada (H_3 o H_n), valorando el carbono de las fracciones.

La segunda fase consiste en la extracción química para obtener los ácidos húmicos, fúlvicos y huminas extraídas con soluciones alcalinas, por extracciones sucesivas a pH crecientes con reactivos alcalinos como el $Na_4 P_2 O_7$, y el NaOH, desmineralización con $Na_2 S_2 O_4$, HF-HCl y HF, obteniéndose la humina de insolubilización extraíble (H_1) y la humina de insolubilización no extraíble (H_2), valorándose el carbono de las fracciones, con la finalidad de poder establecer sus principales vías de humificación.^(32, 44, 67)

IX. RESULTADOS Y DISCUSION

Las localidades estudiadas corresponden a sitios cultivados con café con diferentes estructuras y en algunos casos con otros cultivos, y también en sitios con vegetación natural residual. Todos ellos situados en tres de las principales vertientes en la transición de los climas templados de la Sierra Norte a los cálidos en su declive hacia el Golfo de México.

IX.1. MUNICIPIO DE ZIHUATEUTLA

Los agrosistemas cafetaleros en el municipio de Zihuateutla constituyen en general un ejemplo de manejo agroforestal en áreas estudiadas de donde la topografía abrupta (FIGURA 3 y 4), y los climas cálido húmedos, acentúan la acidificación, con la consecuente debasificación del complejo de cambio; una dinámica intensa en el intemperismo del material parental del suelo que propicia en algunos casos la Andosolización y que influye decisivamente en la reserva de nutrientes; esto mismo se manifiesta en la transformación acelerada de los residuos orgánicos que aportan los materiales necesarios para la formación del horizonte orgánico del suelo y regulan los procesos de humificación, melanización y mineralización, para estabilizar la superficie del suelo al constituirse el mantillo forestal y en mayor medida al incorporarse como complejos arcilla-humus en agregados que garantizan una estructura estable que protegen al suelo contra la degradación, regulando la reserva de energía para la biomasa edáfica responsable en gran parte del reciclaje de nutrientes -N,P,S- en la rizosfera.⁽²³⁾

En el municipio de Zihuateutla se tienen distribuidos los cafetales desde los 500 a 700 msnm en su mayoría en áreas bajas; el cafetal se maneja con grandes costos energéticos por ser propiedad privada y cubre grandes extensiones del terreno donde es notable el alto grado de alteración que produce este cultivo de cierta manera extensivo.⁽²³⁾

En este municipio, en la finca La Puebla se estudiaron los perfiles 89060301 y 89060302, y en la finca La Chiquita los perfiles 89060304 y 89060305 (ANEXO 1, TABLAS 11, 14, 17, 20), los cuales se sometieron a la investigación comparativa en función de la estructura del cultivo y de la profundidad de los subhorizontes Ap superficiales.

En la finca La Puebla, en los dos perfiles estudiados con agrosistemas cafetaleros al sol y con sombra, se observó que el cafetal al sol, con una profundidad de 0-130 cm., con epipedón ócrico, además del subhorizonte A, presentó subhorizontes AB y B. El perfil en un cafetal con sombra presentó un epipedón mólico, con profundidad de 0-38 cm., el cual se muestreo para su comparación con las propiedades del perfil con cafetal cultivado al sol, con un horizonte O, de 5 cm. de espesor, compuesto de residuos de la vegetación en transformación. (Fotos 1 y 2).

En general, los subhorizontes A, de ambos perfiles presentaron características similares.

El color en el cafetal al sol, presentó en húmedo un matiz de 10 YR a 7.5 YR con una intensidad de 2-3 y un brillo de 1-4, en seco el matiz fue de 10YR a 7.5YR con una intensidad de

3-4 y brillo de 2-4 (siendo en general colores de negro a pardo oscuros en húmedo y pardo oscuros en seco); mientras que el cafetal con sombra mostró en húmedo un matiz de 10 YR a 7.5 YR, con una intensidad de 2-3 y un brillo de 1-2 (negro a pardo oscuros), en seco el matiz fue de 10YR con una intensidad de 3 y un brillo de 2-3 (pardo-grisáceo muy oscuro a pardo oscuro),⁽⁶¹⁾ que nos indica una notable uniformidad del color oscuro tanto en su fase húmeda como en la fase seca, lo cual está asociado al elevado contenido de materia orgánica, y por tanto a una alta fertilidad. (ANEXO 1, TABLAS 13 y 16).

La textura en el perfil con cafetal al sol fue franco a franco-arenoso, dominando la presencia de arena (38.8% - 63.6%) y de limo (30.0-36.0%), y contenidos de arcilla de medios a bajos (25.2-6.4%), las diferencias en la textura permite definir la presencia de un horizonte de diagnóstico de tipo ócrico, en tanto que en el cafetal con sombra la textura fue franca, dominando el contenido de arena (37.2-44.8%) y de limo (30.43%), el contenido de arcilla fue de bajo a medio (13.0-26.8%), indicando en general una textura de media a gruesa con presencia de un horizonte mólico, observándose procesos de eluviación e iluviación incipiente de arcilla, que no es claro pero probable. (ANEXO 1, TABLAS 13 y 16).

La densidad aparente en general fue de 0.7-0.8 (promedio de 0.72) Mg/m³ y de 0.7 Mg/m³ respectivamente, estas densidades pueden calificarse de bajas, lo cual se correlaciona con el contenido de materia orgánica y quizá por la presencia de alofano, lo cual influye en el porcentaje de porosidad encontrado, con un 64.2% y 62.0 % en promedio, respectivamente. (ANEXO 1, TABLAS 13 y 16).

La densidad real en el cafetal al sol fue de 1.9-2.4 (promedio 2.02) Mg/m³ y en el cafetal con sombra de 1.6-2.1 (promedio de 1.8) Mg/m³, estas densidades reales son un tanto bajas y pueden correlacionarse con las bajas densidades aparentes antes señaladas. (ANEXO 1, TABLAS 13 y 16).

La reacción del suelo (pH relación suelo-agua y suelo-KCl, 1:2.5), mostró que en el cafetal al sol, predominaron valores muy ácidos de 4.7-5.2 (promedio 4.8) en agua y muy ácidos de 4.0 a 4.2 (promedio 4.07) en KCl, estos pH ácidos se correlacionan directamente en general con la baja disponibilidad de sus bases como consecuencia de los procesos de eluviación, en el cafetal con sombra los valores fueron muy ácidos de 5.0 en agua y muy ácidos de 4.0 en KCl,⁽⁷²⁾ esta acidez no concuerda muy bien con la disponibilidad de las bases que es mayor que en el caso anterior, interpretándose también como proveniente del estado de madurez de la materia orgánica y/o quizás debido a la presencia de alofanos en la matriz edáfica, el pH delta⁽⁷⁰⁾ fue de -0.7 a -1.1 en el cafetal al sol y de -1.0 en el cafetal con sombra que indica una alta densidad de carga superficial negativa, indicando que puede tratarse de suelos de carga variable. (ANEXO 1, TABLAS 13 y 16).

La CICT en el cafetal al sol fue de media a alta, con valores de 16.4-26.0 (promedio 21.8) cmol(+)/Kg y en el cafetal con sombra valores medios a altos 19.0-36.4 (promedio 25.9) cmol(+)/Kg,⁽⁷²⁾ resultado de los procesos de eluviación, observándose un incremento en este último debido al mayor porcentaje de materia orgánica encontrado. (TABLA 3).

Los valores de la CICT nos indican un aumento en la acumulación de arcillas inactivas en el cafetal al sol y son a la vez un reflejo de la textura de estos suelos que va de media a gruesa. (TABLA 3).

El porcentaje de saturación de bases en el cafetal al sol fue de baja a media de 32.2-50.0% (promedio 38,4)%, observándose una marcada iluviación en el subhorizonte AB, es un suelo débilmente desaturado a moderadamente desaturado en el horizonte B, en tanto que para el cafetal con sombra fue medio de 52.1 y 61.6%, con un promedio de 55.5% observándose valores más bajos en el cafetal al sol⁽⁷²⁾, quizá debido al volumen de precipitación pluvial que es de 2663 mm (media anual), que se traduce en un lavado de las bases, y a la falta de la sombra, en el perfil al sol podemos hablar en general de un estado de distrificación y en el cafetal con sombra de un proceso incipiente de eutroficación. (TABLA 3).

Las bases intercambiables, en el perfil con cafetal al sol, indican que el calcio tuvo valores medios de 5.2 -7.7 (promedio 6.22) cmol(+)/Kg el magnesio valores de muy bajos a bajos de 0.01-1.0 (promedio 0.75) cmol(+)/Kg, el potasio con valores muy bajos de 0.1-0.3 (promedio 0.17) cmol(+)/Kg y el sodio valores de 1.0-1.1 (promedio 0.87) cmol(+)/Kg, lo cual nos arroja un porcentaje de saturación de bases menor del 50% (38.5%). En el perfil con cafetal con sombra el calcio presentó valores medios a altos 6.0-12.0 (promedio 8.3) cmol(+)/Kg, en el caso del magnesio valores altos de 4.0-6.0 (promedio 5.0) cmol(+)/Kg, el contenido de potasio dió valores muy bajos a bajos de 0.1-0.3 (promedio 0.2) cmol(+)/Kg y el sodio presentó valores de 0.6 cmol(+)/Kg,⁽⁷²⁾ la suma de las bases en el cafetal con sombra en general fue mayor 11.7 -18.9 (14.1 promedio) cmol(+)/Kg lo cual se traduce en un porcentaje de saturación de bases mejor que en el cafetal al sol, de 7.3 -10.0 (promedio 8.0)%, en el cafetal al sol. (TABLA 3).

La relación $Ca^{+2}+Mg^{+2}/K^{+}$, nos indica un bajo contenido de potasio⁽²⁹⁾ lo cual concuerda con el contenido de potasio intercambiable, que da un indicio de requerimiento de una fertilización potásica, lo que no ocurre en el cafetal con sombra, la relación Ca^{+2}/Mg^{+2} , en el cafetal al sol indica que existe una buena asimilación del magnesio lo cual resultó contrario en el cafetal con sombra. (ANEXO 1, TABLAS 13 y 16).

El perfil con cafetal al sol presenta un carácter oligotrófico a distrófico, la determinación de la granulometría demuestra la baja dispersión de los coloides, siendo en realidad mucho más arcillosa en los resultados de los subhorizontes A12 p y A13. (ANEXO 1, TABLA 13).

En el cafetal al sol, la debasificación se intensifica con la profundidad, en cambio el cafetal con sombra presentó mesotrofia, la suma de bases y el grado de saturación en este sitio aledaño al cafetal al sol demuestra valores superiores (más o menos de una tercera parte) con respecto al perfil anterior, se observa un enriquecimiento en calcio en los primeros 13 cm, aunque no existe una relación estricta entre el pH y la concentración de bases, se tiene una menor acidificación en relación al perfil con el cultivo al sol. (ANEXO 1, TABLA 16).

El contenido de materia orgánica en general fue muy rico, en el caso del cafetal al sol los valores fueron de 19.1 a 23.4 %, y en el cafetal con sombra los valores también fueron muy ricos de 9.0 a 24.0 %, ⁽⁷²⁾ además de la elevada cantidad de materia orgánica, lo mas interesante es su

calidad ó status de transformación y su importancia en la retención de las bases. (ANEXO 1, TABLAS 13 y 16).

En el cafetal con sombra, se comprueba que la participación de la materia orgánica en la retención de las bases es mayoritaria respecto a la fracción mineral.

Al comparar la reserva de carbono a una profundidad de 0-25 cm, en el perfil con cafetal al sol fue de 219.8 ton ha⁻¹, y en el cafetal con sombra de 225.0 ton ha⁻¹. (TABLA 5).

En el cafetal con sombra el nitrógeno orgánico fue muy rico 1.66%, en comparación con el cultivo al sol donde disminuye en más de un 50%,⁽⁷²⁾ sin embargo en relación al contenido de nitrógeno orgánico total en otros agrosistemas, esta proporción de nitrógeno es muy elevada. El balance de la relación C/N fue media para el cafetal con sol 14.5, y bajo 8.3 para el cafetal con sombra,⁽⁷²⁾ que indica una elevada transformación del carbono, y en estas condiciones su ciclo es muy dinámico, así como los ciclos de los nutrientes biógenos. (TABLA 4).

La comparación de los resultados obtenidos en el cafetal al sol y en el agrosistema tradicional con sombra nos indica una mayor acumulación de materia orgánica en los primeros 38 cm. de ambos perfiles y valores de pH similares a la misma profundidad.

En la finca La Chiquita, en el perfil del agrosistema de cafetal tradicional con sombra, con un horizonte O, de 2.5 cm. de espesor, sólo se muestrearon los subhorizontes Ahp11 y Ahp12, con una profundidad de 0-25 cm, se realizó la comparación con el segundo perfil con un cafetal en agrosistema al sol, con una profundidad de 0-95 cm. donde además del subhorizonte A, presentó subhorizontes B. (Fotos 3 y 4).

Los subhorizontes A, de ambos perfiles, presentaron las siguientes características:

El color del primer perfil con cafetal a la sombra- presentó en húmedo un matiz de 10YR y una intensidad de 2-3 y brillo de 1-3 (colores negros a pardo oscuros), y en seco un matiz de 10YR y una intensidad de 3 y brillo de 2 (colores pardo grisáceo muy oscuros), en el perfil con cafetal al sol, el matiz en húmedo fue de 5YR con una intensidad de 2.5 y un brillo de 2 (colores pardo rojizo oscuros), y en seco el matiz fue de 7.5 YR con una intensidad de 3 y un brillo de 2 (colores pardo oscuros)⁽⁶¹⁾ no observándose gran variación, los colores se correlacionan con el contenido de materia orgánica, indicando además una elevada fertilidad. (ANEXO 1, TABLAS 19 y 22).

La textura en ambos perfiles fue franca, en el cafetal al sol, existe un aumento abrupto en los porcentajes de arcilla al aumentar la profundidad que permite definir la presencia de un horizonte de diagnostico argílico, debido a procesos de eluviación - iluviación evidente, tanto por el incremento en el contenido de arcillas de A, a B y por la presencia de argilanes frecuentes, que puede estar asociado a los procesos antes señalados, lo que lleva a una disminución de los sitios de intercambio indicando por lo tanto la presencia de arcillas inactivas que pertenecen al grupo de las Kanditas. (ANEXO 1, TABLAS 19 y 22).

La densidad aparente en el cafetal con sombra fue 0.8 Mg/m^3 en tanto que en el cafetal al sol fue de 0.7 Mg/m^3 , siendo bajas, propias de suelos ándicos, y que se correlaciona con las texturas determinadas y los contenidos de materia orgánica, así como por los porcentajes de porosidad de 63% en el cafetal con sombra y de 68% en el cafetal al sol. (ANEXO 1, TABLAS 19 y 22).

La densidad real en el cafetal con sombra fue de 2.1-2.2 (promedio 2.15) Mg/m^3 y en el cafetal al sol de 2.2 Mg/m^3 , siendo estas densidades también un tanto bajas y que se correlacionan con las densidades aparentes antes señaladas. (ANEXO 1, TABLAS 19 y 22).

En el caso de la reacción del suelo (pH relación suelo-agua y suelo KCl, 1:2.5), en el cafetal con sombra se observaron valores muy ácidos de 4.9 a 5.1 (promedio 5.0) en agua, y muy ácidos de 3.9 a 4.0 en KCl siendo el delta pH de -1.1 a -1.0, en el cafetal al sol valores muy ácidos de 4.6 en agua y muy ácidos de 3.9 en KCl,⁽⁷²⁾ el delta pH fue de -0.7, que indica una alta densidad de carga superficial negativa sin establecer si se trata de suelos de carga variable o permanente,⁽⁷⁰⁾ observándose ligera variación entre ellos, es muy probable que esta gran acidez sea producto de la degradación de la materia orgánica en transformación, y a la vez consecuencia de la lixiviación. (ANEXO 1, TABLAS 19 y 22).

En el perfil con cafetal con sombra, también se tiene una intensa acidificación, es un suelo débilmente desaturado, sin embargo hay tendencia a la eutrofia en los primeros 25 cm, aunada a una buena cantidad de sitios de intercambio, casi el doble que en el sitio aldeaño cultivado al sol, en el cual se observa un aumento en la acidez de cambio, acumulación de arcillas en la profundidad correspondiente al subhorizonte B1, con mayor saturación de bases, sin embargo la disminución en el número de sitios de intercambio se relaciona a la disminución en el contenido de materia orgánica.

El efecto de la vegetación en el cafetal con sombra favorece la incorporación de nutrientes en el epipedón o en la superficie del suelo.

El valor de la CICT, en el perfil con cafetal con sombra fue alto de 21.0 - 28.1 $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$, propios de una textura media (promedio $24.55 \text{ cmol}(+)/\text{Kg}$), y en el cafetal al sol valores medios de $16.7 \text{ cmol}(+)/\text{Kg}$,⁽⁷²⁾ tratándose de un ecosistema más frágil, observándose variación debido posiblemente al mayor porcentaje de materia orgánica en el agrosistema con sombra, en el cafetal al sol la CICT se encuentra dentro de los valores mínimos. (TABLA 3)

El porcentaje de saturación de bases en el perfil con cafetal con sombra fue medio de 60.6-65.8 (promedio 63.2)%, siendo ligeramente mayor que en el cafetal al sol que también fue medio de 55.6 %, ⁽⁷²⁾ estas saturaciones son más adecuadas para la explotación del suelo y se ajustan en general a las mejores condiciones que tienen estos sitios con precipitaciones pluviales de 2597 mm (media anual) comparados con los de la finca anterior. (TABLA 3)

Las bases intercambiables en el perfil con cafetal con sombra en el caso del calcio mostró valores de medios a altos de 7-11 (promedio 9.0) $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$, en el caso del magnesio los valores fueron altos de $5 \text{ cmol}(+)/\text{Kg}$, para el caso del sodio fueron altos los valores 0.7-1.4 (promedio

1.05) cmol(+)/Kg, en cuanto al potasio los valores fueron medios de 0.3-0.4 (promedio 0.35) cmol(+)/Kg. En el cafetal al sol los valores del calcio fueron medios de 9 cmol(+)/Kg presentando ligera diferencia con el cafetal con sombra, el magnesio dió valores medios de 2 cmol(+)/Kg, observándose cierta variación con el anterior, para el sodio el valor fue de 0.5 cmol(+)/Kg, y valores de potasio bajos de 0.2 cmol(+)/Kg, ⁽⁷²⁾ existiendo ligera variación aunque es necesario señalar que la suma de las bases fue mayor en caso del cafetal con sombra 13.8 – 17.0 (promedio 15.4) cmol(+)/Kg, con respecto al cafetal al sol 11.7 cmol(+)/Kg. Estos datos cuestionan a las bases de intercambio como probable fuente de la acidez del medio edáfico. (TABLA 3).

La relación $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} / \text{K}^{+}$ en el cafetal con sombra, nos indica un buen contenido de potasio, y en el cafetal al sol una baja cantidad de potasio, ⁽²⁹⁾ relacionado también con el contenido de potasio intercambiable, la relación $\text{Ca}^{+2} / \text{Mg}^{+2}$ indica problemas en la asimilación del magnesio en el cafetal con sombra, no así en el cafetal al sol, que da un indicio de la necesidad de una fertilización potásica. (ANEXO 1, TABLAS 19 y 22).

El contenido de materia orgánica fue rico en el cafetal con sombra de 10.4 - 10.6 (promedio 10.5)% y en el cafetal al sol, con un contenido de 9.6%, ⁽⁷²⁾ no observándose variación, lo cual también se ve reflejado en el contenido de carbono orgánico con valores de 6.1-6.7 (promedio 6.4)% y 5.6% respectivamente. (ANEXO 1, TABLAS 19 y 22).

El porcentaje de nitrógeno fue rico 0.71% tanto en el cafetal con sombra como en el cafetal al sol y la relación C/N fue baja 8.6 en ambos perfiles, ⁽⁷²⁾ indicando una elevada transformación del carbono, donde su ciclo en estas condiciones es muy dinámico, así como los de los nutrientes biógenos. (TABLA 4).

La comparación de los resultados obtenidos en la finca La Chiquita, entre el cafetal al sol y el cafetal con sombra nos indica una acumulación de materia orgánica en los primeros 25 cm., correspondiendo a una reserva de carbono en el cafetal con sombra de 128.0 ton ha⁻¹ y 98.0 ton ha⁻¹ en el cafetal al sol y valores de pH ligeramente mayores en el estrato de 15-25 cm. en el cafetal con sombra con relación a la misma profundidad del cafetal al sol. Al comparar las características de estos suelos se encontró que son similares hasta cierto punto en sus propiedades físicas y químicas a los estudiados en la finca La Puebla. (TABLA 5).

Con base en lo anterior y con datos de las temperaturas y precipitaciones medias mensuales y anuales (ANEXO 3, TABLA 71), y de acuerdo con el climograma obtenido para este sitio (ANEXO 2, GRAFICA 13), se estableció un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura hipertérmico, por sus características físicas y químicas, morfológicas y condiciones en que se desarrollan, y de acuerdo con los criterios de clasificación de la Soil Taxonomy, ⁽⁶⁵⁾ ubicamos a estos suelos en el Orden Andisol, dentro del Suborden Udand y Gran Grupo Melanudands, ya que los subhorizontes Ap cumplen el requisito de espesor, color y el valor del índice melánico relación E_4/E_5 , de acuerdo con la técnica de Kononova, para calificar como horizontes melánicos. (TABLA 7). ⁽⁶⁵⁾

IX.2. MUNICIPIO DE CUETZALAN

En el municipio de Cuetzalan, los cafetales estudiados corresponden a las zonas bajas, sus características generales son su elevada pedregosidad con materiales metamórficos y sedimentarios que producen suelos esqueléticos. (FIGURA 2 y 3) Los resultados de sus propiedades físicas nos indican elevados contenidos de arcilla, densidades aparentes bajas y elevada porosidad. En este municipio la mayoría de los cafetales se cultivan de manera tradicional, lo que favorece los colores pardo oscuros en los horizontes A, el drenaje es moderado, teniendo policromía en los horizontes y subhorizontes del perfil que se produce por la alteración *in situ* de los materiales de origen y los diversos grados de oxidación, en general se observa marcada rubefacción en el horizonte B.⁽²³⁾

En este municipio se estudiaron 3 perfiles, el primer perfil 89060502, en la localidad de Acaxoloco, el segundo perfil 89060601 en la localidad de Calatepec y el tercer perfil 89060603 en la finca Loma Larga en la localidad de Acaxaloco, en los dos primeros se encontró cafetal en agrosistema tradicional (con sombra), en el tercero se encontró un cafetal en agrosistema mixto (con sombra). (ANEXO 1, TABLAS 23, 26, 29, Fotos 5 y 6).

De acuerdo a las determinaciones físicas y químicas, se observó que en los subhorizontes A, en los dos primeros perfiles, aparentemente no presentaron grandes diferencias, excepto por el contenido en porcentaje de materia orgánica que es extremadamente rico en el primer perfil (9.7-7.0%, con promedio de 8.35%) y de rico a extremadamente rico en el segundo (5.8-3.9%),⁽⁷²⁾ lo cual se reflejó en el contenido de carbono orgánico de medio a rico con 4.1-5.6 (promedio 4.85)% y de pobre a medio 2.3-3.4% respectivamente. (ANEXO 1, TABLAS 25 y 28).

La reserva de carbono a una profundidad de 0-25 cm, corresponde en el primer perfil a 102.0 ton ha⁻¹ y en el segundo perfil 60.6 ton ha⁻¹. (TABLA 5).

El color en el primer perfil presentó un matiz de 7.5YR, con una intensidad de 3-4 y un brillo de 2-4 en húmedo (colores pardo oscuros a pardos), en tanto que en seco el matiz fue de 10YR, la intensidad de 5 y el brillo de 3-4 (colores pardo a pardo amarillento), para el segundo perfil, el matiz encontrado fue de 10YR, con una intensidad de 3 y un brillo de 4 en húmedo (colores pardo amarillento oscuros), en tanto que en seco el matiz encontrado fue de 10 YR, con una intensidad de 5 y un brillo de 4 (colores pardo amarillento),⁽⁶¹⁾ dominando los procesos de pardización. (ANEXO 1, TABLAS 25 y 28).

La textura determinada en el primer perfil fue arcilla y en el segundo franco-arcillosa a arcillo-arenosa donde parece haber un proceso de eluviación – iluviación, debido al incremento de arcilla en el subhorizonte B y por la presencia de argilanes, pero el proceso es menos definido que el encontrado en el perfil con cafetal al sol de la finca La Chiquita en el municipio anterior, estas texturas de finas a medias nos hablan de condiciones y procesos edafológicos diferentes a los de los sitios anteriores lo cual se ve caracterizado en el tipo taxonómico del suelo resultante. (ANEXO 1, TABLAS 25 y 28).

La densidad aparente en el primer perfil con cafetal con sombra fue de 0.8-0.9 (promedio 0.85) Mg/m³ y la densidad real de 2.2-2.4 (promedio 2.3) Mg/m³, en el segundo perfil también con

cafetal con sombra la densidad aparente fue de 0.8-0.9 (promedio 0.85) Mg/m^3 , y la densidad real de 2.38 Mg/m^3 , las densidades siguen siendo bajas y podrían calificar cómo características ándicas, pero la presencia de alofanos es menor o no se encuentra, o bien se pueden relacionar por los porcentajes de porosidad encontrados de 63.5% y 64.0% en promedio. (ANEXO 1, TABLAS 25 y 28).

Los valores de la CICT para el primer perfil fueron altos de 23.7 - 24.7 (promedio 24.2) $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$ y de medios a altos 19.3-24.3 $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$ en el segundo, ⁽⁷²⁾ la cantidad de sitios de intercambio es moderada en ambos perfiles con una ligera disminución en el segundo perfil. Estos valores de CICT pueden tomarse como buenos o adecuados para la agroproducción en estos suelos y concuerdan a su vez con los datos texturales y de materia orgánica. (TABLA 3).

El porcentaje de saturación de bases fue alto para el primer perfil de 64.5-70.1 (promedio 67.3)% y de medio a alto para el segundo de 45.4-83.9 (promedio 64.6)%, ⁽⁷²⁾ (mayor al 50% en ambos perfiles), que nos indica características eutróficas, sin embargo hay que tomar en cuenta la relativamente moderada cantidad de sitios de intercambio, en el primer perfil existe una marcada oligotrofia en los subhorizontes más profundos, con lo cual la productividad en este sitio se concentra en los primeros 40 cm, también se observa una débil desaturación en el horizonte B. El efecto de la vegetación en el segundo perfil es notable en la acumulación de bases en los primeros 15 cm. Estos porcentajes de saturación de bases son cualitativamente mejores que los de los perfiles anteriores ya que poseen una fertilidad natural aceptable que habría que tratar de conservar o aún mejorar. (TABLA 3)

Respecto a las bases intercambiables se observó que en el caso del calcio se presentaron valores medios de 6-5 (promedio 5.5) $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$, y 4-2 (promedio 2.0) $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$ respectivamente, siendo un poco mayor en el primer perfil, en el caso del magnesio, se encontraron valores altos de 9-10 (promedio 9.5) $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$ para el primer perfil y altos de 8-11 (promedio 9.5) $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$ en el segundo, siendo mas altos que los valores de calcio, para el caso del sodio los valores en el primer perfil fueron de 1.0-1.11 (promedio 1.05) $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$ y en el segundo de 0.9-1.0 (promedio 0.95) $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$, para el potasio el valor encontrado fue bajo de 0.2-0.3 (promedio 0.25 $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$) y muy bajos de 0.15-0.2 (promedio 0.17) $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$ respectivamente, encontrándose ligera variación, la suma de las bases fue para el primer perfil de 15.3-17.3 (promedio 16.3) $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$ y para el segundo de 11.0-16.2 (promedio 13.6) $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$, ⁽⁷²⁾ como se mencionó anteriormente observándose una ligera variación. Estas bases de intercambio desde luego no dan razón a pHs tan bajos como se registran aquí. (TABLA 3)

La relación $\text{Ca}^{+2}+\text{Mg}^{+2}/\text{K}^{+}$, en ambos perfiles indica una baja cantidad de potasio ⁽²⁹⁾ que se correlaciona con el contenido de potasio intercambiable encontrado, y en el caso de la relación $\text{Ca}^{+2}/\text{Mg}^{+2}$, da un indicio de existir problemas en la asimilación del magnesio. (ANEXO 1, TABLAS 25 y 28).

La reacción del suelo (pH, relación suelo-agua y suelo KCl, 1:2.5) fueron muy ácidos en el primer perfil 3.6-4.1 (promedio 3.85) en agua y muy ácidos de 3.3-3.4 (promedio 3.35) en KCl, ⁽⁷²⁾ el delta pH, ⁽⁷⁰⁾ fue de -0.3 a -0.7 que indica un dominio de minerales de carga variable, muy ácidos en el segundo 5.0 en agua y muy ácidos 3.8-4.0 en KCl con un delta pH de -1.0 a -1.2

indicio de una alta densidad de carga superficial negativa sin precisar si se trata de suelos con carga permanente o variable. Se tiene que buscar la explicación de esta acidez considerable debido probablemente a la forma en que se está transformando la materia orgánica. (ANEXO 1, TABLAS 25 y 28).

El porcentaje de nitrógeno en el primer perfil fue rico con un valor de 1.11-4.94%, en el segundo el contenido también fue rico con un valor de 0.65%. La relación C/N en el primer perfil fue muy baja con valores de 1.2-2.7 al igual que en el segundo con valores de 3.54, ⁽⁷²⁾ que indican una elevada transformación del carbono, cuyo ciclo en estas condiciones es muy dinámico, así como los de los nutrientes biógenos. (TABLA 4).

Por lo anterior y con base en datos de temperaturas medias mensuales y anuales (ANEXO 3, TABLA 71) y precipitaciones medias mensuales y anuales, se obtuvo el climograma correspondiente (ANEXO 2, GRAFICA 14), determinando un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura isotérmico, por lo que con base a sus características morfológicas en los sitios en que se desarrollan y por las características físicas y químicas y con los criterios de clasificación de la Soil Taxonomy, ⁽⁶⁵⁾ se ubicó a estos suelos en el Orden Alfisol es decir, suelos en proceso de maduración con propiedades intermedias que tanto pueden mejorar como empeorar dependiendo esto principalmente del manejo a que se les somete, en el Suborden Udalfs y en el Gran Grupo de los Hapludalfs, al presentar un epipedón ócrico y un horizonte argílico.

En el caso del perfil con cafetal en agrosistema mixto en la finca Loma Larga, en el mismo municipio, los subhorizontes A, mostraron las siguientes características:

El color es más oscuro presentando un matiz de 10YR, con una intensidad de 2-3 y un brillo de 2-3 en húmedo (colores de pardo muy oscuro a pardo oscuros), en tanto que en seco el matiz presente fue de 10 YR, con una intensidad de 5 y un brillo de 2-3 (colores de pardo grisáceo a pardo), ⁽⁶¹⁾ concordando muy bien con el contenido de materia orgánica, que es ligeramente mayor con respecto a los dos perfiles anteriores. (ANEXO 1, TABLA 31).

La textura varía de franco a franco-arcillo-arenoso, es decir la textura es de tipo medio y muy apto para el uso agroproductivo del suelo, además presentaron cierta similitud con los perfiles en agrosistema tradicional, observándose al parecer procesos de argilización en el subhorizonte B y BC, donde se demuestran procesos de eluviación-iluviación al incrementarse la proporción de arcilla y la presencia de argilanes, pero el proceso es menos definido, y parece ser similar al perfil con cafetal al sol de la finca La Chiquita en el Municipio de Zihuateutla, como se mencionó anteriormente. (ANEXO 1, TABLA 31).

La densidad aparente fue baja de 0.7 Mg/m³ y la densidad real de 2.2-2.5 (promedio 2.33), no observándose variación con respecto a los dos primeros perfiles. Estos materiales muestran algunas características ándicas colaterales, como baja densidad aparente y reacción a los alofanos. (ANEXO 1, TABLA 31).

La reacción del suelo (pH, relación suelo-agua y suelo-KCl, 1:2.5) fue muy ácida, con valores de 4.1-4.7 (promedio 4.46) en agua y muy ácida de 3.7-4.1 (promedio 3.9) en KCl ⁽⁷²⁾, con

un delta pH de -0.4 a -0.8 que inicialmente indica un dominio de minerales de carga variable, pero también la presencia de una alta densidad de carga superficial negativa, sin establecer si se trata de suelos de carga variable o permanente.⁽⁷⁰⁾ Seguramente el estado de la materia orgánica y la presencia de amorfos y semicristalinos de alofana coadyuvan a esta acidez edáfica. (ANEXO 1, TABLA 31).

El contenido de materia orgánica presentó valores extremadamente ricos de 10.0-6.38%, por lo tanto el porcentaje de carbono orgánico fue elevado (5.8-3.6% con un promedio de 6.4%).⁽⁷²⁾ (ANEXO 1, TABLA 31).

La reserva de carbono a una profundidad de 0-25 cm corresponde a 82.0 ton ha⁻¹. Estos niveles de materia orgánica se relacionan directamente con la acidez y con la baja densidad aparente encontrada. (TABLA 5).

El porcentaje de nitrógeno fue rico 0.71% y la relación C/N fue baja 8.17⁽⁷²⁾, que indica una elevada transformación del carbono, con un ciclo muy dinámico. (TABLA 4).

La CICT fue media con valores de 14.2-19.4 (promedio 16.2 cmol(+)/Kg), los primeros 13 cm. tienen un valor de CICT tendiente a medio, y disminuye en función del aumento de la profundidad,⁽⁷²⁾ lo cual se correlaciona con la clase textural, con el contenido y naturaleza de la materia orgánica. (TABLA 3).

El porcentaje de saturación de bases fue medio (35.9-41.7% con un promedio de 38.8%),⁽⁷²⁾ menor del 50%, a diferencia de los agrosistemas tradicionales que fue mayor de 50%, es decir de débil a moderadamente desaturado, se presenta oligotrofia, pero no totalmente definida pues esto no se correlacionaría entonces con la caracterización de las bases. (TABLA 3).

En el caso de las bases intercambiables, los valores corresponden; para el calcio un valor muy bajo de 2 cmol(+)/Kg en el caso del magnesio los valores fueron altos de 2-5 cmol(+)/Kg (promedio de 3.0), el sodio valores de 0.86-0.9 (promedio 0.89) cmol(+)/Kg y para el potasio valores de muy bajos a bajos e 0.12-0.23 (promedio 0.16) cmol(+)/Kg⁽⁷²⁾ presentando variación al compararlos con los contenidos de calcio y magnesio que fueron mayores en los agrosistemas tradicionales, no así en el caso del sodio y del potasio, donde la variación es ligera, la suma de las bases fue de 4.98-8.1 (promedio 6.7) cmol(+)/Kg, siendo menor que en los agrosistemas tradicionales, se observa en este perfil una desaturación de débil a moderada. (TABLA 3).

La relación $Ca^{+2}+Mg^{+2}/K^{-}$, indica un buen contenido de potasio, no así en la relación Ca^{+2}/Mg^{+2} , que da un indicio de problemas en la asimilación de Mg^{+2} .⁽²⁹⁾ (ANEXO 1, TABLA 31).

Por lo anterior, y con base en los datos de temperaturas y precipitaciones medias mensuales y anuales (ANEXO 3, TABLA 71), y en base en el climograma obtenido (ANEXO 2, GRAFICA 14) se encontró para el sitio un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura isotérmico; de acuerdo a las características morfológicas en el sitio en que se desarrollan, además de las características físicas y químicas, aplicando los criterios de clasificación de la Soil Taxonomy,⁽⁶⁵⁾ ubicamos a estos suelos en el Orden Ultisol, en el Suborden Udults, en

el Gran Grupo de los Hapludults, encontrando que en comparación con los perfiles anteriores, este presentó un epipedón úmbrico y un horizonte cámbico.

IX.3. MUNICIPIO DE XICOTEPEC DE JUAREZ

En el municipio de Xicotepec de Juárez se realizaron 5 perfiles en agrosistemas cafetaleros, siendo moderadamente profundos, el perfil 91052101 y el 91052102 en la finca Los Idolos, el perfil 91052103, a 500 metros de Santa Rita, uno más el perfil 91052301, en la finca Loma Larga y el perfil 91052302, en la localidad de Las Pilas, correspondiendo al primero una profundidad de 0-60 cm donde se encontró un agrosistema cafetalero al sol, en el segundo con una profundidad de 0-60 cm encontramos un agrosistema cafetalero en cultivo mixto (con sombra), en el tercero con una profundidad de 0-54 cm. se encontró un agrosistema cafetalero al sol, en el cuarto con una profundidad de 0-60 cm. agrosistema cafetalero al sol y el quinto se muestreo hasta la profundidad de 0-50 cm en agrosistema tradicional, en general los suelos son moderadamente desarrollados. (ANEXO 1, TABLAS 32, 35, 38, 41, 44, Fotos 7, 8, 9, y10).

En los perfiles correspondientes a la finca de Los Idolos, los subhorizontes A, presentaron las siguientes características:

El color nos indica: en el primer perfil con cafetal al sol, en húmedo presentó un matiz de 5YR, con una intensidad de 2.5-3 y un brillo de 2, (colores pardo rojizo oscuros), mientras que en seco el matiz fue de 10YR a 7.5YR, con una intensidad de 4.5-3 y un brillo de 3-4 (colores de pardo a pardo oscuro), el segundo perfil con cafetal con sombra (cultivo mixto) en húmedo presentó un matiz de 10YR con una intensidad de 2.5-2 y un brillo de 2 (colores pardo grisáceo muy oscuros a pardo muy oscuro), en seco el matiz fue de 10YR con una intensidad de 3-4 y un brillo de 3 (colores pardo fuerte a pardo muy oscuro),⁽⁶¹⁾ lo que nos indica procesos de melanización, debido al contenido de materia orgánica y a los procesos de humificación. (ANEXO 1, TABLAS 34 y 37).

La reacción del suelo (pH relación suelo-agua y suelo-KCl, 1:2.5), es muy ácida en el perfil con cafetal al sol con valores de 4.25-4.65 (promedio 4.45) en agua y muy ácida 3.82-3.83 (promedio 3.82) en KCl con un delta pH de -0.4 a -0.8 que inicialmente indica un dominio de minerales de carga variable,⁽⁷⁰⁾ pero también una alta densidad de carga negativa; para el cafetal con sombra (cultivo mixto) el pH encontrado fue de muy ácido 4.99-5.11 (promedio 5.05) en agua y muy ácido de 4.12-4.13 (promedio 4.12) en KCl, ⁽⁷²⁾ con un delta pH de -0.9 -1.0, que es un indicio de una alta densidad de carga superficial negativa, sin indicar si se trata de suelos de carga variable o permanente en ambos perfiles.⁽⁷¹⁾ Debemos pensar nuevamente en que la acidez es cuestión de la naturaleza, status y transformación de la materia orgánica, pues las bases son aceptables y los alofanos escasos. (ANEXO 1, TABLAS 34 y 37).

La textura en el perfil en cafetal al sol fue de franco-arcillo-arenosa, y en el cafetal con sombra (cultivo mixto) fue franco arcillosa, es decir de tipo medio, buenas para su uso agropecuario, la densidad aparente en el cafetal al sol fue un tanto baja de 0.86-0.92 (promedio 0.88) Mg/m³, como propiedad colateral de tipo ándica junto con la cierta presencia de alofano y la

densidad real de 2.4-2.51 (promedio 2.45) Mg/m^3 , en el cafetal con sombra (cultivo mixto) la densidad aparente fue de 0.9 Mg/m^3 y la densidad real de 2.31-2.47 (promedio 2.39) Mg/m^3 no observándose diferencias entre ellos. En el perfil con cafetal al sol se presentaron procesos de eluviación-iluviación, dado en este caso principalmente, por el incremento de arcilla a más del doble en el horizonte B, respecto del A, más que por la presencia de cutanes de arcillas, los cuales no se encuentran bien desarrollados, en el perfil con cafetal en cultivo mixto, se observaron procesos de migración de arcillas por su incremento en el horizonte B y por la presencia de cutanes. (ANEXO 1, TABLAS 34 y 37).

Los contenidos de materia orgánica fueron extremadamente ricos en el cafetal al sol 5.2-10.4 (promedio 7.8) %, lo cual da la densidad aparente baja, menor de 1.0 Mg/m^3 y contenidos extremadamente ricos en el cafetal con sombra (cultivo mixto) de 6.11-7.70 (promedio 6.9)%, lo cual también se reflejó en el contenido de carbono orgánico, siendo este de medio a extremadamente rico 3.02-6.03 (promedio 4.51)% y de medio a rico 3.54-4.47 (promedio 4.0)% respectivamente,⁽⁷²⁾ lo cual se correlaciona con el color encontrado como se menciono anteriormente. (ANEXO 1, TABLAS 34 y 37).

La reserva de carbono a una profundidad de 0-15 cm en el cafetal al sol de 60.7 ton ha^{-1} y en el cafetal con sombra de 54.0 ton ha^{-1} . (TABLA 5).

El porcentaje de nitrógeno total en el cafetal al sol fue rico de 0.5-0.6 (promedio 0.53)%, y rico en el cafetal con sombra (cultivo mixto) con 0.6-1.0%, casi el doble, (promedio 0.8) %. La relación C/N fue de muy baja a mediana en el primer perfil con cafetal al sol 5.2-12.3 (promedio 8.75) y muy baja en el perfil con cafetal con sombra (cultivo mixto) 4.5-5.8 (promedio 2.15),⁽⁷²⁾ indicando una elevada transformación del carbono, ó también depositación abundante de nitrógeno. (TABLA 4)

Los valores de la CICT para el perfil con cafetal al sol fue medio de 15.6-16.9 (promedio 16.25) $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$ y para el cafetal con sombra (cultivo mixto) el contenido también fue medio de 16.9 $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$,⁽⁷²⁾ los valores para ambos agrosistemas indican la evolución provocada de los suelos y su variación se atribuye a que en el subhorizonte Ap2 se tiene marcada eluviación y oligotrofia, el aumento en los siguientes subhorizontes muestra la iluviación intensa que ha favorecido la formación del horizonte argílico, a partir de los 24 cm. (TABLA 3).

El porcentaje de saturación de bases en el cafetal al sol fue medio de 49.87-50.90 (promedio 50.38)%, y medio en el cafetal con sombra (cultivo mixto) 69.94 -73.81 (promedio 71.87)%,⁽⁷²⁾ observándose una fuerte variación en el perfil con sombra, debido al tipo de estructura del cafetal. La saturación de bases es muy aceptable pero tiene que cuidarse su desarrollo con técnicas de manejo apropiadas. (TABLA 3).

En el perfil con cafetal con sombra (en cultivo mixto) se observa una mayor saturación de bases con respecto al agrosistema con cafetal al sol, esto se atribuye al mayor lavado y escorrentia, y a la menor concentración de materia orgánica y proporción de arcilla.

Respecto a las bases intercambiables en el perfil con cafetal al sol en el caso del calcio se

presentaron valores bajos de 2-4 (promedio 3.0) $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$, para el caso del magnesio los valores encontrados fueron altos de 4-5 (promedio 4.5) $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$, en el caso del sodio los valores fueron de 0.22-0.65 (promedio 0.43) $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$, y en lo referente al potasio, los valores fueron de bajos a medios de 0.13-0.38 (promedio 0.25) $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$, para el cafetal con sombra (cultivo mixto) el calcio presentó valores medios de 5.0-8.0 (promedio 6.5) $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$, en el caso del magnesio los valores fueron altos de 3-7 (promedio 5.0) $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$, para el sodio los valores fueron 0.22-0.43 (promedio 0.32) $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$, y referente al potasio valores bajos a medios de 0.26-0.38 (promedio 0.32) $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$,⁽⁷²⁾ observándose ciertas variaciones en el caso del calcio que es ligeramente mayor en el cafetal con sombra, en tanto que el magnesio es ligeramente mayor en el cafetal al sol, sin que se presenten grandes variaciones en el contenido de sodio y potasio,⁽⁷²⁾ la suma de las bases es favorable en el cafetal al sol de 7.8-16.6 (promedio 12.2) $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$ y en el cafetal con sombra (cultivo mixto) de 11.8-12.5 (promedio 12.14) $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$, observándose variación entre ellos. (TABLA 3).

Al ser la CICT relativamente moderada, la saturación de bases resulta adecuada en condiciones más o menos satisfactorias, se observa oligotrofia, por el exceso de lavado y por falta de restitución debido al manejo del cultivo.

La relación $\text{Ca}^{+2}+\text{Mg}^{+2}/\text{K}^{+}$ tanto en perfil con cafetal al sol como a la sombra, indica un buen contenido de potasio,⁽³⁸⁾ y el balance $\text{Ca}^{+2}/\text{Mg}^{+2}$ en ambos perfiles indica problemas en la asimilación de Mg^{+2} .⁽²⁹⁾ (ANEXO 1, TABLAS 34 y 37).

El perfil con cafetal al sol presenta mesotrofia debido a la acumulación de la materia orgánica, demuestra la importancia en la productividad en los primeros 25 cm y la fuerte disminución en la fertilidad potencial de estos suelos a mayor profundidad.

En el perfil cercano a Santa Rita con cafetal al sol, los subhorizontes A, presentaron las siguientes características.

El color presentó en húmedo un matiz de 10YR con una intensidad de 2 y un brillo de 1-2 (colores de negro a pardo muy oscuro), en seco el matiz fue de 10YR con una intensidad de 4 y un brillo de 3 (colores pardo),⁽⁶¹⁾ debido a los contenidos de materia orgánica y a su transformación, no mostrando gran variación con los dos perfiles anteriores. (ANEXO 1, TABLA 40)

El porcentaje de materia orgánica fue extremadamente rico de 8.2-10.0 (promedio 9.1) % al igual que en el primer perfil con cafetal al sol⁽⁷²⁾ y que se reflejó en el porcentaje de carbono orgánico de 4.76-5.80 (promedio 5.78)%, lo cual se correlaciona con el color como se menciona anteriormente. (ANEXO 1, TABLA 40).

La reserva de carbono a una profundidad de 0-15 cm, corresponde a 71.3 ton ha^{-1} . (TABLA 5).

El porcentaje de nitrógeno total fue muy rico de 1.02%, mientras que la relación C/N fue muy baja de 5.7,⁽⁷²⁾ que es índice de una elevada tasa de mineralización. (TABLA 4).

Los valores de la CICT fueron medios a altos de 18.2-20.8 (promedio 19.5) $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$,⁽⁷²⁾ indican el efecto de acumulación debido al traslado a la superficie por las raíces. La saturación de bases fue baja, menor de 50% (18.80-33.17% con un promedio de 25.98%). (TABLA 3).

El contenido de cationes intercambiables mostró valores bajos de 2 $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$, para el calcio y valores bajos a medios de 1-3 promedio de 2.0 $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$ para el magnesio, así como valores de 0.65 $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$ para el sodio y valores medios de 0.26-0.39 (promedio de 0.32) $\text{cmol}(+)/\text{Kg}$ para el potasio,⁽⁷²⁾ mostrando características similares al perfil con cafetal al sol de la finca Los Idolos. (TABLA 3).

La relación $\text{Ca}^{+2}+\text{Mg}^{+2}/\text{K}^{+}$ nos indica un buen contenido de potasio, y el balance $\text{Ca}^{+2}/\text{Mg}^{+2}$ indica problemas en la asimilación del Mg^{+2} . (ANEXO 1, TABLA 40)⁽⁷⁰⁾.

La reacción del suelo (pH relación suelo-agua y suelo-KCl, 1:2.5), en el perfil con cafetal al sol fue muy ácido 4.0-4.1 (promedio 4.05) en agua y muy ácido de 3.8 en KCl,⁽⁷²⁾ con un delta pH de -0.2 a -0.3,⁽⁷⁰⁾ que es indicio de un suelo donde dominan minerales de carga variable, con características similares al perfil con cafetal al sol de la finca Los Idolos. Estos suelos junto con todos los anteriores presentan el problema de la acidez considerable y esto parece ser debido a los procesos de transformación de la materia orgánica asociada y quizás a la presencia de elementos alofánicos. (ANEXO 1, TABLA 40).

La textura en el tercer perfil con cafetal al sol fue franco-arcillo-arenoso a franco arcilloso, es decir de tipo medio tendiendo al fino, lo cual permite junto con la materia orgánica una CICT moderada y similar al primer perfil con cafetal al sol, el horizonte B se presenta como un horizonte argílico, además de la abundancia de arcillas inactivas que dan lugar a un horizonte kándico. (ANEXO 1, TABLA 40)

Se presenta una moderada debasificación, por la marcada iluviación de bases en el sitio, acentuada en la profundidad de 5-24 cm., asociada a las precipitaciones pluviales del orden de los 1902 mm. (media anual).

La densidad aparente fue de 0.89 Mg/m^3 y la densidad real de 2.27-2.43 Mg/m^3 no observándose diferencias con los anteriores. (ANEXO 1, TABLA 40).

La ubicación de los perfiles comprueba la pérdida del horizonte A en el sitio cultivado al sol, debido al manejo, y relacionado con la intensidad de la pendiente.

Con base en datos de temperaturas y precipitaciones medias mensuales (ANEXO 3, TABLA 71), se obtuvo el climograma correspondiente (ANEXO 2, GRAFICA 15), encontrándose un régimen de humedad ústico y un régimen de temperatura hipertérmico en el sitio de estudio de los tres perfiles, con lo anterior y con base a las características físicas y químicas y a las condiciones en que se desarrollan estos suelos, y de acuerdo a los criterios de clasificación de la Soil Taxonomy,⁽⁶⁵⁾ ubicamos a estos suelos en el Orden Alfisol suelos jóvenes cuyo cuidado es

fundamental para su uso y conservación, en el Suborden Ustalfs y dentro del Gran Grupo Haplustalfs, solo diferenciados por la presencia de un epipedon úmbrico en el primer perfil con cafetal al sol, ócrico en el perfil con cafetal con sombra (cultivo mixto) y úmbrico en el perfil de Santa Rita con cafetal al sol.

Cercanos a la ciudad de Xicotepec, los perfiles de la finca Loma Larga, y el estudiado en la localidad de las Pilas con cafetal al sol y en agrosistema tradicional respectivamente en el mismo municipio, presentaron suelos moderadamente profundos con características esqueléticas.

El epipedón A, presentó las siguientes características:

En el perfil con cafetal al sol, el color presentó un matiz en húmedo de 10YR, con una intensidad de 3 y un brillo de 2, (color pardo grisáceo muy oscuro), y en seco el matiz fue de 10YR, con una intensidad de 5 y un brillo de 3 (color pardo), siendo el espesor del subhorizonte muy delgado (10.0 cm), en el perfil con cafetal a la sombra el color presentó un matiz de 10YR, con una intensidad de 2, y brillo de 2 (color pardo muy oscuro), en tanto que en seco el matiz fue de 10YR con una intensidad de 5 y un brillo de 2, (color pardo grisáceo),⁽⁶¹⁾ observándose procesos de oxidación en el horizonte B. (ANEXO 1, TABLAS 43 y 46).

La reacción del suelo (pH relación suelo-agua y suelo-KCl, 1:2.5) en el agrosistema al sol fue ligeramente ácida de 6.5 en agua y ligeramente ácido 6.16 en KCl con un delta pH de -0.3 que da un indicio de ser suelos de carga variable, y en el cafetal con sombra ligeramente ácido de 6.1 en agua y muy ácido de 5.07 en KCl, con un delta pH de -1.0, indicio de tratarse de suelos con alta densidad de carga superficial negativa sin indicar si son suelos de carga variable o permanente.⁽⁷²⁾ Estos pHs son más manejables que en los casos anteriores, aquí ya nos acercamos al rango óptimo de pH para un uso adecuado del suelo. (ANEXO 1, TABLAS 43 y 46).

La textura en el perfil con cafetal al sol fue de arcilla, mientras que en el perfil con cafetal con sombra fue de franco-arcillosa, o suelos de finos a medios, observándose variación entre ellos. (ANEXO 1, TABLAS 43 y 46).

La densidad aparente en el perfil con cafetal al sol fue de 0.9 Mg/m³ y la densidad real fue 2.37 Mg/m³, en el cafetal con sombra la densidad aparente fue de 0.98 Mg/m³ y la densidad real fue de 2.35 Mg/m³ no observándose gran variación entre ellos, ni con los anteriores perfiles del mismo municipio. (ANEXO 1, TABLAS 43 y 46).

El porcentaje de saturación de bases se diferencia en ambos perfiles siendo menor del 50% (15.5% muy bajo), en el cafetal al sol, concordando con la pobreza de materia orgánica, y alto (mayor del 50%) 91.42% en el cafetal con sombra,⁽⁷²⁾ quizás debido a la presencia de una cantidad elevada de calcio en todo el perfil como se menciona más adelante o a la cobertura que da la sombra. (TABLA 3).

El contenido de materia orgánica fue rico de 3.4 % en el cafetal al sol, y el contenido en el cafetal con sombra fue extremadamente rico con valor de 7.4 % lo cual también se observó en los contenidos de carbono orgánico.⁽⁷²⁾ (ANEXO 1, TABLAS 43 y 46).

La reserva de carbono a una profundidad de 0-15 cm, en el cafetal al sol, correspondió a 21.3 ton ha⁻¹ y en el cafetal con sombra de 64.8 ton ha⁻¹. (TABLA 5).

El porcentaje de nitrógeno total fue muy rico en el cafetal al sol de 0.90% y en el cafetal con sombra de 0.74%, y la relación C/N fue muy baja en ambos perfiles 2.15, en el perfil con cafetal al sol y 5.8 en el perfil con cafetal con sombra, ⁽⁷²⁾ indicando una elevada mineralización y transformación de carbono. (TABLA 4).

Los valores de la CICT fueron altos para el cafetal al sol con 28.6 cmol(+)/Kg, en tanto que para el cafetal con sombra los valores también fueron altos de 22.1 cmol(+)/Kg, ⁽⁷²⁾ dados aparentemente por el buen contenido de coloides minerales (arcillas). (TABLA 3)

Respecto a las bases intercambiables se encontró que respecto al calcio en el cafetal al sol los valores fueron bajos de 3 cmol(+)/K., y en el cafetal con sombra valores altos de 17.0 cmol(+)/Kg, para el caso del magnesio en el cafetal al sol el valor fue muy bajo de 0.001 cmol(+)/Kg, en tanto que para el cafetal con sombra el valor fue medio de 2.00 cmol(+)/Kg, en el caso del sodio el contenido fue de 0.65 cmol(+)/Kg en el cafetal al sol, y de 1.09 cmol(+)/Kg, en el cafetal con sombra y para el potasio un valor alto de 0.77 cmol(+)/Kg en el cafetal al sol y para el cafetal con sombra un valor de muy bajo de 0.13 cmol(+)/Kg. ⁽⁷²⁾ (TABLA 3).

La relación $Ca^{+2}+Mg^{+2}/K^{+}$ en el cafetal al sol indica un buen contenido de potasio, y en el cafetal al sol un contenido bajo de potasio, ⁽²⁹⁾ relacionado con el contenido muy bajo de potasio intercambiable determinado, la relación Ca^{+2}/Mg^{+2} , en el cafetal al sol presenta problemas en la asimilación del Mg^{+2} , que no es el caso en el cafetal con sombra. (ANEXO 1, TABLAS 43 y 46).

En el cafetal al sol se observó que el horizonte A esta decapitado, y en el perfil con sombra se trata de solum de 49 cm., es decir poco profundo.

La suma de bases fue en el cafetal al sol de 4.43 cmol(+)/Kg, y en el cafetal con sombra de 20.22 cmol(+)/Kg (ANEXO 1, TABLAS 43 y 46).

Las características anteriores además de los datos de temperaturas y precipitaciones medias mensuales y anuales (ANEXO 3, TABLA 71) permitió elaborar el climograma correspondiente (ANEXO 2, GRAFICA 16), determinándose para estos sitios en comparación con los perfiles de la finca Los Idolos y el perfil cercano a Santa Rita, un régimen de humedad ústico y un régimen de temperatura isotérmico, lo anterior y de acuerdo con las características físicas y químicas del sitio en que se desarrollan y de acuerdo a los criterios de clasificación de la Soil Taxonomy, ⁽⁶⁵⁾ ubicamos al suelo con cafetal al sol en el Orden Inceptisol (suelos subdesarrollados), en el Suborden Ochrepts y Gran Grupo de los Ustochrepts, con epipedón ócrico y endopedón cámbico, mientras que el suelo con cafetal con sombra presentó un epipedón mólico (de mas espesor 0-21 cm. que el epipedón ócrico 0-10 cm. y más oscuro) y un horizonte cámbico, ubicando a este suelo en el Orden Molisol, siendo este el mejor tipo de suelo encontrado hasta el momento, y con mayor razón tiene que precaverse su manejo para conservarlo productivo y útil, en el Suborden Ustolls y en el Gran Grupo de los Haplustolls.

IX.4. MUNICIPIO DE TLAOLA

En el municipio de Tlaola se estudiaron 3 perfiles en el camino Tlatlanalapa - Xochinanacatlan, en el primer perfil 91052201, con un bosque mesófilo de montaña residual, en el segundo perfil 91052202, se cultivaron coníferas de ornato, donde antes se cultivó café además de existir residuos de bosque mesófilo y en el tercer perfil 91052203, se encontró un agrosistema cafetalero en cultivo mixto con maíz. (ANEXO 1, TABLAS 47, 50, 53, Fotos 11 y 12).

Son suelos poco profundos, en el caso del perfil con sistema de bosque mesófilo de montaña con profundidad de 0-44 cm y moderadamente profundos en el perfil con coníferas, así como el perfil con agrosistema cafetalero en cultivo mixto (con sombra), ambos con 0-54 cm, observándose que el subhorizonte A, del perfil con café asociado con maíz, está decapitado.

Los subhorizontes A, presentaron las siguientes características:

En el primer perfil con sistema de bosque mesófilo de montaña, el color en húmedo presentó un matiz de 10YR con una intensidad de 4-4.5 y brillo de 3 (colores pardos), en tanto que en seco el matiz fue 10YR, con una intensidad de 5-6 y brillo de 4 (colores pardo amarillento a pardo amarillento claro), en el perfil con coníferas, el color en húmedo presentó un matiz de 10YR con una intensidad de 3 y brillo de 2 (color pardo grisáceo muy oscuro), en seco el matiz fue de 10YR con una intensidad de 5 y brillo de 3 (color pardo), en el perfil con cafetal en cultivo mixto el color en húmedo presentó un matiz de 10YR con una intensidad de 4 y brillo de 3 (colores pardo a pardo amarillento oscuro), en seco, el matiz presente fue 10YR, con una intensidad de 5 y brillo de 4 (color pardo amarillento),⁽⁶¹⁾ existiendo ligera variación entre ellos. (ANEXO 1, TABLAS 49, 52, 55).

La textura en el perfil con sistema de bosque mesófilo de montaña fue franco-arcillosa, en el perfil con sistema de coníferas fue arcilla, y en el cafetal en cultivo mixto fue franco-arcillosa., lo cual tiene relación con la CICT. (ANEXO 1, TABLAS 49, 52, 55).

La densidad aparente en el perfil con bosque mesófilo de montaña fue de 0.88-0.91 (promedio 0.89) Mg/m³ y la densidad real fue de 2.2-2.6 (promedio 2.4) Mg/m³, en el perfil con coníferas la densidad aparente fue de 0.7 Mg/m³ y la densidad real de 2.4 Mg/m³, mientras que en el cafetal con cultivo mixto la densidad aparente fue de 0.8 Mg/m³ y la densidad real de 2.83 Mg/m³, no observándose una gran variación entre ellos. Las densidades aparentes están dadas por la riqueza de la materia orgánica. (ANEXO 1, TABLAS 49, 52, 55).

El valor de la CICT total fue baja 2.83 en el perfil con sistema de bosque mesófilo de montaña de 10.4-11.7 (promedio 11.05) cmol(+)/Kg. respecto al perfil con sistema de coníferas cuyo valor fue medio de 19.5 cmol(+)/Kg. y en el perfil con cafetal con sombra (cultivo mixto) el valor fue alto de 20.8 cmol(+)/Kg., que concuerda con la clase textural determinada.⁽⁷²⁾ (TABLA 3).

El porcentaje de saturación de bases en el perfil con sistema de bosque mesófilo de

montaña fue medio de 36.3-39.0 (promedio 37.66)% y en el perfil con sistema de coníferas el valor fue bajo de 24.1%, en comparación con el perfil con cafetal en sombra (cultivo mixto) donde el valor encontrado fue medio de 63.7%,⁽⁷²⁾ debido principalmente por las precipitaciones pluviales en el sitio, del orden de 2654 mm (media anual). (TABLA 3).

En el caso de la reacción del suelo (pH relación suelo-agua y suelo-KCl, 1:2.5) se encontró muy ácida en los 3 perfiles, en el perfil con sistema de bosque mesófilo de montaña fue 4.35 a 4.56 (promedio 4.45) en agua y de 3.78 en KCl siendo el delta pH de -0.5 a -0.8, en el perfil con sistema de coníferas fue de 4.3 en agua y de 3.6 en KCl con un delta pH de -0.7, y en el perfil con cafetal con sombra en cultivo mixto 4.87 en agua y de 4.26 en KCl,⁽⁷²⁾ siendo el delta pH de -0.6, indicio de tratarse de suelos con alta densidad de carga superficial negativa,⁽⁷⁰⁾ sin indicar si se trata de suelos con carga superficial variable o permanente no existiendo gran variación entre ellos, son suelos muy afectados por la acidez. (ANEXO 1, TABLAS 49, 52, 55).

Los contenidos de cationes intercambiables, en el caso del calcio en el perfil con sistema de bosque mesófilo fue bajo de 3.0 cmol(+)/Kg, el magnesio dió valores muy bajos a bajos de 0.001-1.0 (promedio 0.50) cmol(+)/Kg, el contenido de sodio fue de 0.43- 0.65 (promedio 0.54) cmol(+)/Kg y el potasio dió un valor muy bajo de 0.13 cmol(+)/Kg, en el sistema de coníferas el calcio también fue bajo de 3.0 cmol(+)/Kg, el magnesio también dió valores bajos de 1.0 cmol(+)/Kg, el contenido de sodio fue de 0.43 cmol(+)/Kg y el potasio un valor bajo de 0.26 cmol(+)/Kg y en el perfil con cafetal con sombra (cultivo mixto) el calcio dió un valor medio de 5.0 cmol(+)/Kg, el magnesio un valor alto de 7.0 cmol(+)/Kg, el sodio 0.87 cmol(+)/Kg y el potasio valores medios de 0.38 cmol(+)/Kg,⁽⁷²⁾ resultado del intemperismo *in situ* de los minerales primarios, observándose ligera variación en el contenido de calcio, en el caso del magnesio se observó un aumento en el perfil con sistema de coníferas, no existiendo variación en el caso del sodio ni en el potasio donde los valores fueron muy bajos. (TABLA. 3)

La relación $Ca^{+2}+Mg^{+2}/K^{+}$, en los tres perfiles, indica buen contenido de potasio,⁽²⁹⁾ y la relación Ca^{+2}/Mg^{+2} , en el perfil con bosque mesófilo de montaña no muestra que haya problemas en la asimilación del Mg^{+2} , contrariamente a lo que ocurre en el perfil con coníferas y en el perfil con maíz asociado con café. (ANEXO 1, TABLAS 49, 52, 55).

El contenido de materia orgánica fue, en el perfil con sistema de bosque mesófilo de medio a extremadamente rico con 2.4-9.0 (promedio 5.7)%, en el perfil con sistema de coníferas extremadamente rico de 7.97% y en el perfil con cafetal con sombra (cultivo mixto) extremadamente rico de 11.1%, lo cual se reflejó también en el contenido de carbono orgánico, siendo más alto en este último, 5.22, 4.6 y 6.4 respectivamente.⁽⁷²⁾ (ANEXO 1, TABLAS 49, 52, 55).

La reserva de carbono a una profundidad de 0-10 cm en los dos primeros perfiles fue de 29.3 y 34.2 ton ha⁻¹ y en el tercero a una profundidad de 0-2.5 cm, la reserva de carbono fue de 13.0 ton ha⁻¹. (TABLA 5).

El porcentaje de nitrógeno total fue en general muy rico para los tres perfiles 0.81-0.74, 0.5 y 0.70-1.0 respectivamente y la relación C/N fue muy baja en el primer perfil y en el tercero,

en tanto que en el segundo fue baja 1.76-6.4, 2.85-6.44 y 8.9 respectivamente, ⁽⁷²⁾ índice de una elevada mineralización y transformación del carbono. (TABLA 4).

La suma de bases en el primer perfil fue de 3.79-4.56 (promedio 4.17) cmol(+)/Kg, en el segundo de 4.69 cmol(+)/Kg., y en el tercero de 13.25 cmol(+)/Kg, ⁽⁷²⁾ en general una pobreza de bases que no ayuda al pH del suelo. (ANEXO 1, TABLAS 49, 52, 55)

De acuerdo a datos de temperaturas y precipitaciones medias mensuales y anuales (ANEXO 3, TABLA 71), se obtuvo el climograma correspondiente (ANEXO 2, GRAFICA 17), con lo anterior, se determinó un régimen de humedad ústico y un régimen de temperatura hipertérmico, con base a las características físicas, químicas y morfológicas y a las condiciones del sitio en que se desarrollan y de acuerdo con los criterios de clasificación de la Soil Taxonomy, ⁽⁶⁵⁾ ubicamos a estos suelos en el Orden Inceptisol, en nuestro estudio estos son los suelos que presentan pedológicamente mayores limitantes para su uso, en el Suborden Ochrepts y Gran Grupo de los Ustochrepts, con un epipedón ócrico y un horizonte cámbico en los 3 perfiles.

IX.5. MUNICIPIO DE HUEYTAMALCO

Dentro de los límites del Estado de Veracruz y Puebla se localiza el área cafetalera de Tlapacoyan donde los cafetales se encuentran en la zona media y alta. El manejo del cafetal ha propiciado la acumulación de materia orgánica y los valores de pH disminuyen de moderadamente ácidos a fuertemente ácidos a mayor profundidad. ⁽²³⁾

En el municipio de Hueytamalco en la finca de Las Margaritas el perfil 90042801, presentó características ándicas bien desarrolladas; densidad aparente baja, elevada porosidad y contenidos de arcilla moderados, con propiedades hidrodinámicas muy favorables. (ANEXO 1, TABLA 56).

En el perfil se encontró cafetal en agrosistema tradicional con residuos de vegetación natural con una profundidad de 0-85 cm.

Los subhorizontes A, presentaron las siguientes características:

El color en húmedo muestra un matiz de 10YR, con una intensidad de 2-3 y brillo de 1-2 (colores de negro a pardo grisáceo muy oscuro) y en seco el matiz es 10YR con una intensidad de 4 y brillo de 2-3 (colores de pardo grisáceo oscuro a pardo oscuro), ⁽⁶¹⁾ dados por la materia orgánica. (ANEXO 1, TABLA 58).

La textura es de franco-arenosa a franco o sea de tipo medio, lo que coincidió con los datos de campo. Debido al alto enriquecimiento de arcillas en el horizonte B, se puede suponer la migración de arcillas, aunque que no es muy evidente al no reportarse presencia de cutanes. (ANEXO 1, TABLA 58).

La CICT presentó valores altos de 28.9 a 32.0 (promedio 30.45) cmol(+)/Kg, dados por la materia orgánica y por el contenido de arcilla. El porcentaje de saturación de bases fue de bajo a

medio de 25.4-31.7% ⁽⁷²⁾, con un promedio de 28.55%, o sea baja fertilidad natural. (TABLA 3).

En el caso de la reacción del suelo (pH relación suelo-agua y suelo-KCl, 1:2.5), varía de ligeramente ácido a muy ácido (4.5-6.4 con promedio de 5.45) en agua y de ácido a muy ácido 3.6-5.6 con promedio de 4.6, ⁽⁷²⁾ con un delta pH de -0.8 a -0.9 indicio de tratarse de suelos con alta densidad de carga superficial negativa sin indicar si se trata de suelos con carga variable o permanente. (ANEXO 1, TABLA 58).

Los contenidos de cationes intercambiables en el caso del calcio el valor fue de bajo a medio de 3.0-5.0 cmol(+)/Kg, y para el magnesio valores medios a altos 2.78-4.0 (promedio 3.39) cmol(+)/Kg, para el sodio de 0.88-0.86 (promedio 0.87) cmol(+)/Kg y para el potasio valores medios a altos 0.28-0.76 (promedio 0.52) cmol(+)/Kg, ⁽⁷²⁾ la suma de las bases fue de 8.14-9.42 (promedio 8.78) cmol(+)/Kg (TABLA 3).

La relación $Ca^{+2}+Mg^{+2}/K^{+}$, indica buen contenido de potasio, y la relación Ca^{+2}/Mg^{+2} muestra que existen problemas en la asimilación del Mg^{+2} . ⁽²⁹⁾ (ANEXO 1, TABLA 58).

La densidad aparente fue baja de 0.8 Mg/m³ propiedad ándica junto con los alofanos detectados, y la densidad real de 2.14-2.26 (promedio 2.2) Mg/m³. (ANEXO 1, TABLA 58).

El contenido de materia orgánica fue de pobre a rico con valores de 4.41-11.2 (promedio 7.80) %, lo cual se reflejó en el contenido de carbono orgánico de medio a rico (2.55-6.48 con un promedio de 4.51%), ⁽⁷²⁾ además la reserva de carbono a una profundidad de 0-25 cm fue de 90.2 ton ha⁻¹. (ANEXO 1, TABLA 58).

El porcentaje de nitrógeno total fue rico de 1.47%, y la relación C/N fue muy baja de 4.4, ⁽⁷³⁾ índice de una elevada transformación del carbono, con un ciclo muy dinámico, así como los de los nutrientes biógenos. (TABLA 4).

Con base a datos de temperaturas y precipitaciones medias mensuales y anuales, (ANEXO 3, TABLA 71) se obtuvo el climograma correspondiente (ANEXO 2, GRAFICA 18), determinándose para el sitio un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura térmico, con lo anterior, y en base a las características físicas, químicas y morfológicas y las condiciones en que se desarrollan y por los criterios de clasificación de la Soil Taxonomy, ⁽⁶⁵⁾ ubicamos a estos suelos en el Orden Andisol, con un epipedón úmbrico y un horizonte argílico (B), en donde la arcilla se va acumulando conforme aumenta la profundidad, en el Suborden Udands y en el Gran Grupo Hapludands.

IX.6. MUNICIPIO DE TLATLAUQUITEPEC

En el municipio de Tlatlauquitepec, se estudiaron 2 perfiles.

El primer perfil 90071301, en la localidad de Ahuatamimilotl presentó un agrosistema cafetalero en cultivo mixto, con sombra de *Inga spuria*, y presencia de cítricos y plátano. El perfil

es bastante desarrollado con una profundidad de 0-163 cm. (ANEXO 1, TABLA 59, Foto 13).

Los subhorizontes A, presentaron las siguientes características:

El color en húmedo presentó un matiz de 5YR a 2.5YR, con una intensidad de 5 y un brillo de 8 (colores rojo amarillento a rojo), en seco el matiz que presenta es 5 YR, con una intensidad de 6-7, y un brillo de 6 (color amarillo rojizo),⁽⁶²⁾ dados por el bajo contenido de materia orgánica. (ANEXO 1, TABLA 61).

La densidad aparente presentó valores bajos de 0.95-1.01 (de los más altos en todo el estudio), (promedio 0.98) Mg/m³, y la densidad 2.38-2.40 (promedio 2.39) Mg/m³. (ANEXO 1, TABLA 61).

La textura fue arcillosa, con dominancia de arcillas inactivas.

Los valores de la CICT fueron bajos de 14.3 cmol(+)/Kg,⁽⁷²⁾ dados por el contenido de materia orgánica. (TABLA 3).

La reacción del suelo pH (relación suelo-agua, y suelo-KCl, 1:2.5) dió valores muy ácidos de 3.9 a 4.4 (promedio 4.15) en agua y muy ácidos 3.7-3.9 (promedio 3.8) en KCl,⁽⁷²⁾ con un delta pH⁽⁷¹⁾ de -0.2 a -0.5 indicio de tratarse de suelos donde dominan minerales con carga variable. (ANEXO 1, TABLA 61).

En cuanto a las bases intercambiables en el caso del calcio, los valores encontrados fueron bajos de 2-3 (promedio 2.5) cmol(+)/Kg y para el magnesio valores bajos de 1.0 cmol(+)/Kg, mientras que los valores del sodio fueron de 0.22 cmol(+)/Kg y para el potasio fueron muy bajos de 0.13 cmol (+)/Kg⁽⁷²⁾ (TABLA 3).

La relación $Ca^{+2}+Mg^{+2}/K^{+}$ indica buen contenido de potasio, y la relación Ca^{+2}/Mg^{+2} da un indicio de presentar problemas en la asimilación del Mg^{+2} .⁽²⁹⁾ (ANEXO 1, TABLA 61).

El contenido de materia orgánica fue de pobre a medio con 1.2-3.1% (promedio 2.15%), encontrándose que es el perfil que menos materia orgánica presentó en los subhorizontes superficiales, lo que se refleja en el porcentaje de carbono orgánico cuyo contenido fue de muy pobre a pobre correspondiendo al 0.70-1.80 (promedio 1.25)%.⁽⁷²⁾ (ANEXO 1, TABLA 61).

Tomando en cuenta la densidad aparente y la profundidad de los horizontes, la reserva de carbono en este perfil corresponde a una profundidad de 0-15 cm. a 18.4 ton ha⁻¹. (TABLA 5).

El porcentaje de nitrógeno total fue muy rico de 0.58%, y la relación C/N fue muy baja de 3.1,⁽⁷²⁾ índice de una elevada mineralización. (TABLA 4).

La suma de bases fue de 3.35-4.35 cmol(+)/Kg con un promedio de 3.85 cmol(+)/Kg., muy baja, lo cual no ayuda al pH.⁽⁷²⁾ (ANEXO 1, TABLA 61).

Con base a sus características morfológicas y a las condiciones en que se desarrollan y a los datos de temperaturas y precipitaciones medias mensuales y anuales (ANEXO 3, TABLA 71) representados y de acuerdo con el climograma obtenido (ANEXO 2, GRAFICA 19), se determinó un régimen de humedad údico y un régimen de temperatura isotérmico para el sitio, de acuerdo a las características físicas y químicas y a las condiciones en que se desarrollan, y con los criterios de clasificación de la Soil Taxonomy, ⁽⁶⁵⁾ permitió ubicar a estos suelos en el Orden Ultisol que son suelos con poco desarrollo, en el Suborden Udults y Gran Grupo Rhodudults, con epipedón ócrico y horizonte argílico.

En la localidad Unión, el perfil P-110 (ANEXO 1, TABLA 62, Foto 14) en el mismo municipio, con pastizal inducido y bosque de pino-encino con régimen de humedad údico y régimen de temperatura isotérmico (ANEXO 2, GRAFICA 19), ha sido previamente clasificado como Andosol, ⁽⁷¹⁾ la reserva de carbono para este sitio fue de 52.5 ton ha⁻¹. (TABLA 5).

IX.7. MUNICIPIO DE XIUTETELCO Y TETELES

Los perfiles estudiados en la localidad de Atecox, P-30 en el municipio de Xiutetelco (ANEXO 1, TABLA 65, Foto 15), con presencia de pastizal inducido y bosque de pino con régimen de humedad údico y régimen de temperatura isotérmico (ANEXO 2, GRAFICA 20) y en el perfil de la localidad de Coacalco, P-111 en el municipio de Teteles (ANEXO 1, TABLA 68, Foto 16), con cultivo de maíz con régimen de humedad údico y régimen de temperatura isométrico (ANEXO 2, GRAFICA 21), previamente estudiados, han sido clasificados como Andosoles, ⁽⁷¹⁾ la reserva de carbono para estos sitios fue de 32.0 y 25.0 ton ha⁻¹ a una profundidad de 0-15 cm, 0-5 cm y 0-15 cm, respectivamente.

IX.8. HUMIFICACION DE LA MATERIA ORGANICA EN LOS SITIOS DE ESTUDIO

La humificación de la materia orgánica en las áreas cafetaleras y otros agrosistemas de la Sierra Norte de Puebla fue evaluada de acuerdo a los resultados de las determinaciones de las propiedades ópticas, índice melánico E_4/E_5 , grado de condensación E_4/E_6 , y el umbral de coagulación para conocer el grado de madurez del humus, y así también a través del estudio del fraccionamiento de la materia orgánica conocer las propiedades generales de las fracciones de las sustancias húmicas en cuanto a su contenido elevado de carbono orgánico para relacionarlas a su estabilidad y a otras propiedades del suelo.

En los subhorizontes superficiales, resaltaron más los valores encontrados en los perfiles de la finca La Puebla, Municipio de Zihuateutla en cafetal con sombra, a profundidad de 0-13 cm, en donde el valor de 13.8% de carbono equivale a una reserva de 125.58 ton ha⁻¹, el perfil estudiado también en la finca La Puebla a una profundidad de 0-7 cm, donde se encontró cafetal al sol, con un valor de 10.9% en el contenido de carbono orgánico que representa una reserva de carbono de 61.0 ton ha⁻¹, y el perfil estudiado en la localidad de Atecox, en el municipio de Xiutetelco, donde se encontró a una profundidad de 0-5 cm. un valor de carbono orgánico de 10.5%, correspondiendo a una reserva de carbono de 31.5 ton ha⁻¹. (TABLA 5).

TABLA 3. Capacidad de intercambio catiónico, bases intercambiables y porcentaje de saturación de bases.

Localidad	Horizonte	Profundidad cm	CICT	Na+	K+	Ca++	Mg++	% Saturación de bases
cmol(+)/Kg								
Municipio de Zihuatentla.								
Finca La Puebla	A1p	0-7 cm	26.0	1.1	0.2	7.7	1.0	38.5
	A12p	7-18 cm	23.0	1.1	0.1	6.0	0.01	33.2
	A13	18-39	22.0	1.0	0.3	6.0	0.01	32.2
	AB	39-50 cm	16.4	0.3	0.1	5.2	2.0	50.0
	B21	50-61 cm	14.3	1.09	0.13	5.20	0.01	45.0
	B22	61-81 cm	15.0	0.94	0.09	5.20	0.01	41.6
	B23	81-104 cm	12.7	0.87	0.13	3.9	1.0	46.5
	B23	104-115 cm	15.2	0.87	0.13	1.0	1.0	19.7
	B2tb	115-130	18.2	0.57	0.13	2.0	0.01	23.0
Finca La Puebla	Ahp	0-13 cm	36.4	0.6	0.3	12.0	6.0	52.1
	A11	13-28 cm	22.4	0.6	0.2	6.0	5.0	52.8
	A12	28-38 cm	19.0	0.6	0.1	7.0	4.0	61.6
Finca La Chiquita	Ahp11	0-15 cm	28.1	0.7	0.3	11.0	5.0	60.6
	Ahp12	15-25 cm	21.0	1.4	0.4	7.0	5.0	65.8
Finca La Chiquita	A1p	0-28 cm	16.7	0.5	0.2	9.0	2.0	55.6
	B11	28-44 cm	14.5	0.7	0.1	8.0	2.0	60.5
	B12	44-56 cm	13.9	0.6	0.2	5.0	2.0	84.7
	B21	56-77 cm	16.3	0.7	0.10	6.0	4.0	66.2
	B22	77-95 cm	13.2	0.6	0.09	8.0	2.0	81.0
	B23	95-X cm						
Municipio de Cuetzalan del Progreso.								
Acaxoloco	Apl	0-17 cm	24.7	1.13	0.2	6.0	10.0	70.1
	A12	17-40 cm	23.7	1.0	0.3	5.0	9.0	64.5
	B1	40-50 cm	22.9	0.96	0.3	4.0	4.0	40.3
	B21	50-70 cm	26.5	1.0	0.28	4.0	4.0	35.0
	B22	70-100 cm	26.0	1.0	0.28	2.0	4.0	28.0
Calatepec	A11p	0-15 cm	19.3	1.0	0.2	4.0	11.0	83.9
	A12p	15-28 cm	24.3	0.9	0.15	2.0	8.0	45.4
	B1	28-44 cm	20.2	1.0	0.15	2.0	6.0	45.2
	B2	44-61 cm	17.7	1.0	0.2	4.0	8.0	74.5
	BC	61-80 cm	22.4	1.0	0.2	2.0	8.0	50.0
	C	80-X cm	36.6	1.0	0.5	7.0	2.0	28.6
La Loma, Acaxoloco	Ap11	0-13 cm	19.4	0.95	0.15	2.0	5.0	41.7
	Ap12	13-37 cm	14.2	0.86	0.23	2.0	2.0	35.9
	A13	37-60 cm	15.2	0.86	0.12	2.0	2.0	38.8
	B1	60-71 cm	15.2	0.82	0.12	1.0	3.0	32.5
	BC	71-84 cm	7.6	0.82	0.12	2.0	2.0	65.0
	C	84-123 cm						
Municipio de Hueytamalco.								
Las Margaritas	Apl	0-15 cm	28.9	0.88	0.76	5.0	2.8	31.7
	Ap2	15-25 cm	32.0	0.86	0.28	3.0	4.0	25.4
	B1	25-48 cm	12.6	0.80	0.28	2.0	8.0	88.0
	B21	48-80 cm	11.5	1.0	0.38	4.0	4.0	81.6
	B22	80-85 cm	13.4	1.0	0.38	4.0	4.0	70.2

Continuación: TABLA 3. Capacidad de intercambio catiónico, bases intercambiables y porcentaje de saturación de bases.

Localidad	Horizonte	Profundidad cm	CICT	Na+	K+	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	% Saturación de bases
cmol(+)/Kg.								
Municipio de Xicotepec de Juárez.								
Los Idolos:	Ap1	0-9 cm	16.9	0.22	0.38	4.0	4.0	50.90
	Ap2	9-25 cm	15.6	0.65	0.13	2.0	5.0	49.87
	B1	25-36 cm	15.6	0.22	0.13	2.0	1.0	21.44
	B2	36-48 cm	16.9	0.43	0.77	2.0	2.0	30.79
	B22	48-60 cm	11.7	0.22	0.90	2.0	1.0	35.17
Los Idolos:	Ap1	0-1.5 cm	16.9	0.43	0.38	8.0	3.0	69.94
	Ap2	1.5-15 cm	16.9	0.22	0.26	5.0	7.0	73.90
	B1	15-38 cm	15.6	0.22	0.13	4.0	5.0	59.91
	B2	38-50 cm	16.9	0.65	0.13	3.0	6.0	57.87
Santa Rita:	B22	50-X cm	16.9	0.43	0.13	2.0	6.0	50.67
	Ap1	0-5 cm.	18.2	0.65	0.38	2.0	3.0	33.17
	Ap2	5-24 cm	20.8	0.65	0.26	2.0	1.0	18.79
	B1	24-34 cm	16.9	0.65	0.13	2.0	5.0	46.04
	B2	34-54 cm	16.9	0.65	0.38	3.0	2.0	35.72
Loma Larga:	B22	54-X cm	14.3	0.87	0.51	2.0	3.0	44.63
	Ap	0-10 cm	28.6	0.65	0.77	3.0	0.001	15.46
	B1	10-21 cm	19.5	1.09	0.38	7.0	1.0	48.57
	B2	21-32cm	18.2	1.09	0.77	3.0	3.0	43.16
	BC	32-65cm	16.9	1.09	0.51	3.0	3.0	44.97
Las Pilas:	Ap	0-14(21)cm	22.1	1.09	0.13	17.0	2.0	91.47
	B	14(21)-49cm	16.6	1.09	0.13	12.0	2.0	91.50
	C	49-X cm	11.7	1.09	0.13	7.0	1.0	78.76
Municipio de Tlaola.								
Tlatlanalapa:	A11	0-6.5 cm	10.4	0.65	0.13	3.0	0.001	36.35
	A12	6.5-29 cm	11.7	0.43	0.13	3.0	1.0	39.00
	B11	29-44 cm	16.9	0.43	0.13	3.0	1.0	27.00
	B12	44-60 cm	9.1	0.43	0.13	3.0	1.0	50.14
Tlatlanalapa:	Ap	0-10 cm	19.5	0.43	0.26	3.0	1.0	24.06
	B	10-39 cm	10.4	0.43	0.26	3.0	1.0	45.11
	BC	39-54 cm	11.7	0.65	0.26	3.0	1.0	46.50
	C1	54-X cm	1.7	0.43	0.13	3.0	0.001	30.45
Tlatlanalapa:	Ap	0-2.5 cm	20.8	0.86	0.38	5.0	7.0	63.72
	B	2.5-23.5 cm	11.7	0.65	0.26	3.0	3.0	59.05
	BC	23.5-54cm	11.7	0.65	0.26	4.0	2.0	59.05
	C	54-X(60)cm	14.3	1.08	0.13	4.0	5.0	71.43
Municipio de Tlatlanquitepec.								
Ahuatamimilotl:	Ap	0-9 cm	14.3	0.22	0.13	2.0	1.0	23.39
	A12	9-15 cm	14.3	0.22	0.13	3.0	1.0	30.39
	B1	15-42 cm	11.7	0.22	0.13	2.0	1.0	28.59
	B2	42-68 cm	9.1	0.22	0.13	3.0	1.0	47.75
	BC	68-88 cm	9.1	0.43	0.13	1.0	2.0	39.15
	C1	88-100 cm	9.1	0.43	0.13	2.0	2.0	50.14
	C2	100-X cm	9.1	0.22	0.26	2.0	2.0	49.16

TABLA 4. Determinación del porcentaje de nitrógeno total por el método Microkjeldhal.

Muestra	Horizonte	Profundidad	% de Nitrógeno Total	Relación C/N
Municipio de Zihuatentla				
Finca la Puebla	A1p	0-7	0.75	14.5
Finca la Puebla	Ahp	0-13	1.66	8.3
Finca la Chiquita	Ahp11	0-15	0.71	8.6
Finca la Chiquita	A1p	0-28	0.71	8.6
Municipio de Cuetzalan				
Acaxaloco	Ap1	0-17	1.14	4.9
Acaxaloco	Ap12	17-40	1.52	2.7
Calatepec	A12p	15-28	0.65	3.5
Calatepec	BC	61-80	0.58	1.4
Acaxaloco	Ap11	0-13	0.71	8.2
Municipio de Hueytamalco				
Las Margaritas	Ap1	0-15	0.58	3.1
Municipio de Xicotepec de Juárez				
Los Idolos	Ap1	0-9	0.49	12.3
Los Idolos	Ap2	9-25	0.58	5.2
Los Idolos	Ap1	0-1.5	1.00	4.5
Los Idolos	Ap2	1.5-15	0.61	5.8
Santa Rita	Ap2	5-24	1.02	5.7
Loma Larga	Ap	0-10	0.90	2.1
Las Pilas	Ap	0-14	0.74	5.8
Municipio de Tlaola				
Tlatlanalapa	A11	0.6.5	0.81	6.4
Tlatlanalapa	Ap12	6.5-29	0.74	1.8
Tlatlanalapa	Ap	0-10	0.52	8.9
Tlatlanalapa	Ap1	0-2.5	1.00	6.4
Tlatlanalapa	B	2.5-23.5	0.70	2.8
Municipio de Tlatlauquitepec				
Ahuatamimilotl	Ap	0-9	0.58	3.1

TABLA 5. Reserva de carbono Ton Ha⁻¹ de los horizontes superficiales.

Muestra	Profundidad cm.	D.A. Mg/m ³	C/Kg. de suelo	m ³ /ha ⁻¹ de suelo	Peso Ton ha ⁻¹ de suelo	C/Ton ha ⁻¹
Municipio de Zihuatentla.						
Finca la Puebla	0-25	0.7	125.6	2500	1750	219.8
Finca la Puebla	0-25	0.8	112.5	2500	1750	225.0
Finca la Chiquita	0-25	0.8	64.0	2500	2000	128.0
Finca la Chiquita	0-25	0.7	56.0	2500	1750	98.0
Municipio de Cuetzalan.						
Acaxaloco	0-25	0.85	48.0	2500	2125	102.00
Calatepec	0-25	0.85	28.5	2500	2125	60.56
Acaxaloco	0-25	0.7	47.0	2500	1750	82.2
Municipio de Hueytamalco.						
Las Margaritas	0-25	0.8	45.1	2500	2000	90.2
Municipio de Xicotepec de Juárez.						
Rancho los Idolos	0-15	0.9	45.0	1500	1350	60.7
Rancho los Idolos	0-15	0.9	40.0	1500	1350	54.0
Santa Rita	0-15	0.9	52.8	1500	1350	71.28
La Loma	0-15	0.9	1.58	1500	1470	21.3
Las Pilas	0-15	1.0	43.2	1500	1470	64.8
Municipio de Tlaola.						
Tlatlanalapa	0-10	0.9	32.6	1000	900	29.3
Tlatlanalapa	0-10	0.7	46.2	1000	740	32.2
Tlatlanalapa	0.2.5	0.8	45.1	250	202.5	9.02
Municipio de Tlatlauquitepec.						
Ahuatamimilotl	0-15	1.0	12.5	1500	1470	18.75
La Unión	0-15	0.5	70.0	1500	750	52.5
Municipio de Xitoteteco.						
Atecax	0-5	0.6	105	500	305	31.5
Municipio de Teteles.						
Coacalco	0-5	0.7	74	500	345	25.9

En el resto de los perfiles estudiados, donde los suelos presentaron diferentes agrosistemas, también se encontraron buenos contenidos de carbono orgánico, entre 3.4 y 7.4%, siendo los valores de materia orgánica extremadamente ricos de 12.7 y 5.8%,⁽⁷²⁾ excepto para el perfil estudiado en la localidad de Ahuatamimilotl con cafetal con sombra (cultivo mixto), donde el contenido de carbono orgánico fue de 1.8% a una profundidad de 0-9 cm, con una reserva de carbono de 18.75 ton ha⁻¹, cantidad menor con respecto a los otros perfiles. (TABLA 5).

La reserva de carbono por lo tanto guarda una estrecha relación con el tipo de vegetación presente en el suelo.

Los valores E_4/E_6 y las curvas de las propiedades ópticas nos definen que los AH, en general tienen un grado de condensación de moderado a leve, relacionando estos resultados a la estabilidad del carbono, se comprueba que el sitio más frágil es el de Ahuatamimilotl, en el Municipio de Tlatlauquitepec. (TABLA 6, 7, GRAFICAS 1-6).

IX.8.1. HUMIFICACION DE LA MATERIA ORGANICA EN EL MUNICIPIO DE ZIHUATEUTLA

Las propiedades de los compuestos más estables en los suelos están íntimamente ligadas al predominio del núcleo aromático sobre las cadenas alifáticas laterales, de ahí que los ácidos fúlvicos por su grado de aromaticidad débilmente expresado, promueven la dispersión de las arcillas, como sucede en los Andisoles del municipio de Zihuateutla, en la finca La Puebla los resultados de las propiedades ópticas para establecer el grado de humificación mediante la relación E_4/E_6 , nos indican, en general una disminución en el grado de condensación de los AH del cafetal al sol con relación al cafetal con sombra (TABLA 7), y en la finca La Chiquita del cafetal manejado con sombra con relación al valor del cafetal al sol, la relación E_4/E_5 que indica el índice melánico, fue menor de 1.7 que refiere un buen grado de melanización de los AH en las muestras estudiadas y que de acuerdo con la densidad aparente, color y profundidad del epipedón, parece cumplir con las características del horizonte melánico, a la vez el distinto comportamiento de los ácidos húmicos frente a los electrolitos y en el seno de un campo eléctrico, permite establecer dos grupos (poco polimerizados y muy polimerizados) en función respectivamente de la mayor o menor resistencia a la floculación por el Ca^{+2} (TABLA 7). Los ácidos húmicos más polimerizados están además ligados íntimamente a las arcillas y a los minerales del suelo donde la relación entre las estructuras aromáticas y alifáticas de los AH-inversa a la resistencia de los AH a los electrolitos (TABLA 7), fue mayor en los suelos del agrosistema con sombra, con respecto al agrosistema al sol de donde se deduce una mayor tendencia a la formación de derivados organominerales insolubles confiriendo por tanto, mejores cualidades para la formación de una estructura estable a los AH extraídos del suelo bajo el agrosistema cafetalero con sombra (TABLAS 6, 7, GRAFICA 1).

IX.8.2. HUMIFICACION DE LA MATERIA ORGANICA EN EL MUNICIPIO DE CUETZALAN

En los Alfisoles y Ultisoles del Municipio de Cuetzalan las condiciones de clima y geología, sugieren que el origen de los suelos y su posición en el paisaje influyen en las propiedades ópticas de las sustancias húmicas de los perfiles estudiados, mostrando ligera

variación en los resultados del grado de aromaticidad E_4/E_6 , 5.8, 5.6 y 5.4 respectivamente, y en el valor del índice melánico E_4/E_5 que fue mayor de 1.7, excepto en el cafetal en cultivo mixto que fue de 1.7, (con ciertas características melánicas) lo que se reflejó en el valor de la relación entre las estructuras aromáticas y alifáticas de los AH que fluctuó de 22.5, 32.5 y 20.0 cmol Ca/l respectivamente y por lo tanto moderada condensación de los AH, al compararlos con los perfiles del Municipio de Zihuateutla, lo anterior reflejó un grado de humificación moderado, en cuanto a su tendencia a promover la agregación y en cuanto a la estabilidad del humus en estos sitios. (TABLAS 6, 7, GRAFICA 2).

La pedregosidad y el enraizamiento de la vegetación arbórea en Cuetzalan, impiden el desgajamiento de grandes volúmenes de suelo, cuando los fenómenos atmosféricos son muy intensos.

IX.8.3. HUMIFICACION DE LA MATERIA ORGANICA EN EL MUNICIPIO DE HUEYTAMALCO

En el Andisol estudiado en el Municipio de Hueytamalco, el cafetal con sombra tuvo un valor en el grado de condensación E_4/E_6 de 4.6 (TABLA 7), es decir un mejor grado de condensación, sin embargo la melanización E_4/E_5 fue leve de 1.74, el valor de la relación entre las estructuras aromáticas y alifáticas indica el predominio de las estructuras alifáticas de los AH, que fue de 22.5 cmol Ca/l. Comparativamente el sitio demuestra condiciones no favorables a la mayor estabilidad de las sustancias húmicas, debido a las propiedades químicas del perfil, pero que a su vez dependen del régimen de humedad perúdic, favoreciendo el carácter alifático de las moléculas, y el traslado de las sustancias húmicas solubles en medio ácido, conforme el drenaje lateral y vertical del sitio, influyendo así en sus condiciones de agregación y en su mayor erodabilidad en relación con los otros sitios estudiados. Para esto es conveniente mencionar que, la textura media esta relacionada al balance en el contenido de partículas con dominancia de arenas y limos. (TABLAS 6, 7, GRAFICA 4).

IX.8.4. HUMIFICACION DE LA MATERIA ORGANICA EN EL MUNICIPIO DE XICOTEPEC DE JUAREZ

En los Alfisoles del Municipio de Xicotepec de Juárez en el rancho Los Idolos, con cafetal al sol y el cafetal en cultivo mixto (con sombra) respectivamente, en las muestras estudiadas el valor del grado de condensación E_4/E_6 fue 5.6 en el cafetal al sol y 5.8 en el cafetal con sombra, lo cual indica un bajo grado de condensación en ambos sitios. El índice melánico E_4/E_5 fue mayor de 1.7 en todas las muestras, excepto en la superficial del perfil con cafetal en cultivo mixto (con sombra) que fue de 1.3, es decir con alto grado de melanización de los AH a una profundidad de 0-1.5 cm. Lo anterior se reflejó nuevamente en la relación entre las estructuras aromáticas y alifáticas de los AH que fue mayor 22.5 cmol Ca/l en los suelos del cafetal con sombra de plátano, con respecto al agrosistema al sol con 27.5 cmol Ca/l, se produjo la floculación de los AH en la profundidad 0-9 cm. Se sugiere que la influencia de la mayor irradiación en el sitio del cafetal al sol tiende a ofrecer las condiciones favorables a la condensación de los AH comprobando una dinámica del sistema tendiente a una mayor fragilidad. (TABLAS 6,7, GRAFICA 3).

IX.8.5. HUMIFICACION DE LA MATERIA ORGANICA EN EL MUNICIPIO DE TLAOLA

En el Municipio de Tlaola en las muestras de los perfiles estudiados se observó que el contraste en el grado de humificación es variable. En cuanto a la condensación, se obtuvieron valores elevados en la relación $E_4/E_6 = 5.37$ (TABLA 7), en el bosque residual debido a la mayor humedad en el bosque, $E_4/E_6 = 4.5$ en el sitio con coníferas de ornato donde ocurre alteración debido al régimen de humedad más contrastado al tener menor cobertura y una mayor evapotranspiración, y $E_4/E_6 = 5.06$ (subhorizonte B1) para el cultivo de maíz, el carácter aparentemente contradictorio de los valores se atribuye a la variabilidad microclimática. El índice melánico E_4/E_5 fue 1.64, 1.63, y 1.67, que son valores muy similares, indicando un buen grado de melanización, siendo ligeramente menor en el cultivo de maíz. Las cifras correspondientes al umbral de coagulación con relación entre las estructuras aromáticas y alifáticas de los AH, fueron de 10.0 cmol Ca/l en los agrosistemas de bosque mesófilo de montaña y de coníferas respectivamente, en comparación con 37.5 cmol Ca/l del agrosistema del cultivo de maíz, que sustituyó al cultivo de café, donde se tenían todavía residuos de cafetal, este es un indicio de la pérdida del material orgánico transformado, por la falta de aporte de la cobertura vegetal. (TABLAS 6, 7, GRAFICA 4).

El estudio comparativo de los datos analíticos permite comprobar una menor condensación de los AH en el subhorizonte A del bosque mesófilo, con un aumento en el suelo cultivado con parte de coníferas de ornato, mientras una regresión poco acentuada en el suelo cultivado con maíz - cafeto donde el horizonte A se ha decapitado como resultado de la degradación del sitio sometido a un manejo intensivo y cultivado en una pendiente muy pronunciada. De hecho, el cultivo de los suelos disminuye la condensación y estabilidad de los AH si bien se sugiere que el efecto de la insolación incide en una mayor condensación. (TABLAS 6, 7, GRAFICA 4)

IX.8.6. HUMIFICACION DE LA MATERIA ORGANICA EN EL MUNICIPIO DE TLATLAUQUITEPEC

En el Municipio de Tlatlauquitepec en los perfiles estudiados, se encontró que en el Andisol de la localidad de la Unión (0-15 cm), con agrosistema de pastizal inducido y bosque de pino-encino la relación entre las estructuras aromáticas y alifáticas de los AH fue mayor (12.5 cmol Ca/l), comparado con el Ultisol de Ahuatamimilotl (0-9 cm.) con cafetal con sombra en cultivo mixto (40.0 cmol Ca/l), el índice melánico E_4/E_5 fue de 1.62 que es diagnóstico a nivel de gran grupo de los Andisoles en el perfil de la Unión y mayor de 1.7 en el perfil de Ahuatamimilotl, las características del humus y el carácter melanizado del Andisol de la localidad de La Unión, lo ubica en el Gran Grupo Melanudand. (TABLAS 6, 7, GRAFICA 5).

En el Ultisol de Ahuatamimilotl, con el menor contenido de materia orgánica en los subhorizontes superficiales, ubicado en cotas de café de altura, dió como resultado una intensidad de los procesos intempéricos que ha producido un lavado muy intenso, excesiva mineralización de la materia orgánica y menor tendencia a la formación de derivados organominerales insolubles en comparación con los Andisoles y Alfisoles encontrados.

El régimen de humedad y la agresividad climática en todos los casos tienen variaciones a nivel de micrositio debido a la conservación de los subhorizontes superficiales ricos en materia orgánica, con arropes adecuados por la mayor cobertura de la vegetación natural residual y por los árboles de sombra del cafetal. Esto influye en el amortiguamiento de la erosión hídrica, ya que interceptan la humedad y disminuye la fuerza de impacto de las gotas de lluvia en el suelo, lo cual conserva la infiltración óptima, ya que los agregados no se destruyen en la superficie del suelo y el salpicamiento no compacta en condiciones normales de precipitación.

IX.8.7. HUMIFICACION DE LA MATERIA ORGANICA EN LOS MUNICIPIOS DE XIUTETELCO Y TETELES

En el Municipio de Xiutetelco en el caso de la muestra del perfil estudiado en la localidad de Atecox con agrosistema de pastizal inducido y bosque de pino, la relación de las estructuras aromáticas y alifáticas de los AH, comparado con la muestra del perfil de Coacalco en el Municipio de Teteles con agrosistema de cultivo de maíz, es similar en ambos casos. El grado de condensación fue moderado $E_4/E_6 = 4.6$ y 4.7 , y el índice melánico E_4/E_5 fue menor de 1.7 en ambos es decir mayor Andosolización, siendo este valor el que permite comprobar su ubicación en el Gran Grupo Melanudand., con características similares al perfil de la Unión en Tlatlauquitepec, que como se señaló anteriormente han sido clasificados como Andisoles ⁽⁷²⁾ (TABLAS 6-7, GRAFICA 6).

Por todo lo anterior se deduce en general una mayor tendencia a la formación de derivados organominerales insolubles que confieren por tanto, mejores cualidades para la formación de una estructura estable de los AH extraídos del suelo bajo los agrosistemas cafetaleros con sombra, lo que también sucede en las muestras de los Andisoles estudiados en los municipios de Xiutetelco, Tlatlauquitepec y Teteles por el tipo de vegetación que presentaron. Estos parámetros son índices de condiciones que están favoreciendo la estabilidad del carbono en estos sitios.

Cabe hacer notar que las áreas de agrosistemas cafetaleros con sombra son residuales en los municipios de Xicotepec y Zihuateutla, donde el cambio a agrosistemas al sol prevalece en las áreas de prima lavado, dando como consecuencia cambios en la dinámica de la materia orgánica, y por lo tanto una degradación de la misma, lo que también puede ocurrir en los Andisoles de la localidad de la Unión en el Municipio de Tlatlauquitepec y en la localidad de Atecox en el Municipio de Xiutetelco, al quitar el mantillo forestal para introducir maíz u otro cultivo, como parece suceder en el perfil de Coacalco en el Municipio de Teteles, donde ya hubo cambio de vegetación.

Con base a los resultados anteriores se eligieron sitios representativos para llevar a cabo la clasificación ecológica de los tipos de humus.

Se comprobó, en todos los subhorizontes superficiales estudiados un predominio de la materia orgánica ligada sobre la materia orgánica libre de todos los perfiles (TABLA 8).

Los procesos de humificación en función de los factores bioclimáticos concurrentes, se llevan a cabo exclusivamente por vía indirecta a partir de los precursores solubles, con formación

de humus poco evolucionado. De acuerdo con la clasificación bioquímica de Duchaufour ⁽³¹⁾, las fracciones "jóvenes -AF+H₃" predominan sobre las fracciones "evolucionadas -AH+H₁+H₂" en los perfiles de los Municipios de Zihuateutla, Cuetzalan, en Xicotepéc de Juárez en el perfil con cafetal al sol y en el Municipio de Teteles y por otro lado predominaron las fracciones maduras sobre las fracciones jóvenes en los perfiles de los Municipios de Hueytamalco, Xicotepéc en el perfil con agrosistema cafetalero con sombra de *Inga sp.*, en Tlaola, en Xiutetelco y en Tlatlauquitepec en el perfil de la Unión con pastizal inducido y bosque de pino-encino. (TABLA 9, FIG. 5 - 10).

La evolución de las sustancias húmicas en los sitios de Xiutetelco y Teteles nos indica la transformación de los residuos orgánicos (MOL) en humus a un ritmo muy lento; la atenuación de la dinámica de la humificación se atribuye a la composición de los residuos con compuestos difíciles de transformar, ^(76, 77) por ejemplo en la localidad de Atecax, donde se citan elevadas concentraciones de lignina, compuestos fenólicos y polifenólicos constituyentes de la hojarasca que inhiben la biodegradación.

Por la acidez del medio se sugiere se tengan contenidos de Al³⁺ libre, procedente de la dinámica relacionada al complejo arcilla humus, atenúa la humificación secundaria y por otro lado contribuye a la estabilización del humus en sustancias húmicas muy evolucionadas (AH, H₁, H₂) que alcanzan el 35% del total del C y donde el 72.4% corresponde a un carácter típico del humus muy ácido. ^(14, 15)

En cuanto a la acidez en los sitios estudiados corresponde a la siguiente serie gradativa:

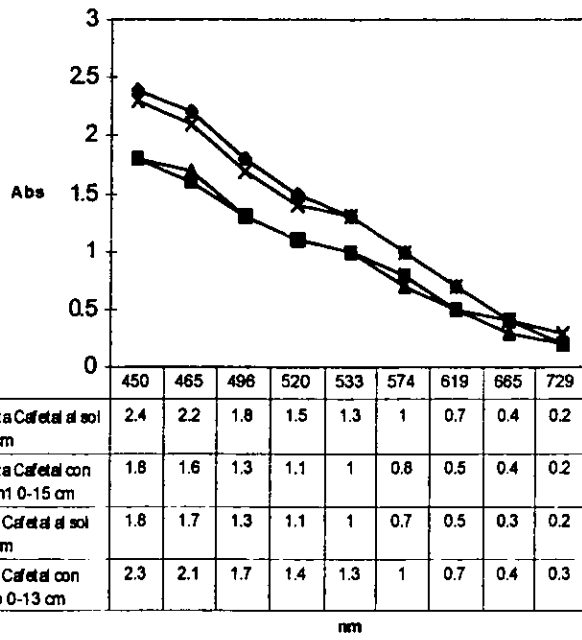
Cuetzalan>Tlaola>Tlatlauquitepec>Zihuateutla>Xicotepéc>Hueytamalco>Teteles>
Tuzamapan>Xiutetelco

IX.9. RESERVA DE CARBONO DE LAS FRACCIONES DEL HUMUS EN LOS SITIOS DE ESTUDIO

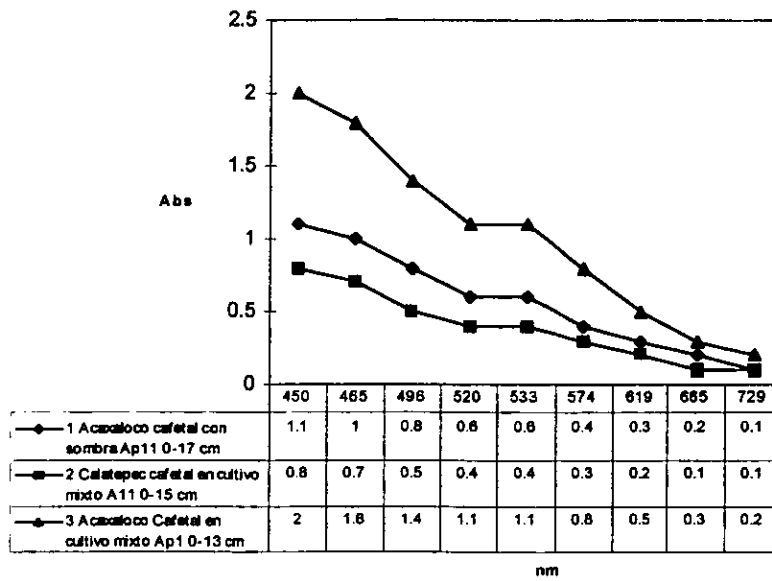
En el Municipio de Zihuateutla en la finca La Chiquita, al comparar la distribución del carbono en los subhorizontes A, en una profundidad de 0-15 cm, el cafetal con sombra cuyo valor de 38.7 ton ha⁻¹ (52.86%), corresponde al carbono de las fracciones poco evolucionadas, mientras que el 22.4 ton ha⁻¹ (30.64%) sería la proporción de carbono estable en este sitio, en el cafetal al sol el valor de 35.2 ton ha⁻¹ (59.66%), corresponde al carbono de las fracciones poco evolucionadas, y el valor de 15.1 ton ha⁻¹ (25.74%), representa el porcentaje de carbono estable, mientras que el resto están sujetos a la pérdida por lixiviación (AF) o no participan en los procesos físicos y químicos (MO Libre y H₃), la contribución de las sustancias húmicas a la reserva de carbono, se ubican en forma mayoritaria en las fracciones poco evolucionadas. De acuerdo con los resultados del fraccionamiento del humus, en el Municipio de Zihuateutla la distribución del carbono orgánico coincide con un ligero aumento en la cantidad de AH y una relación menor de AF/AH en el perfil de la finca La Chiquita con cafetal con sombra. (TABLA 9, 10, GRAFICA 7).

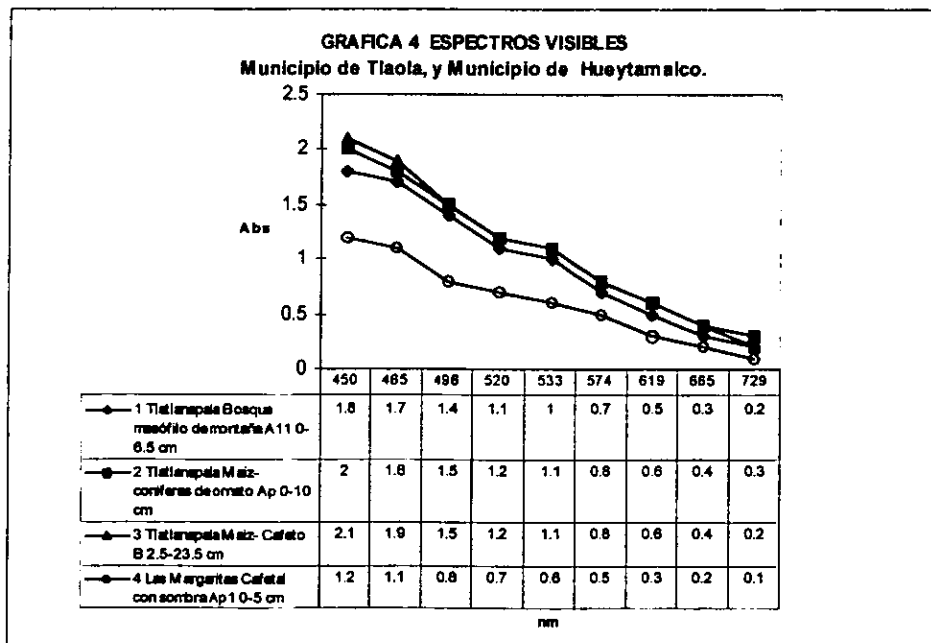
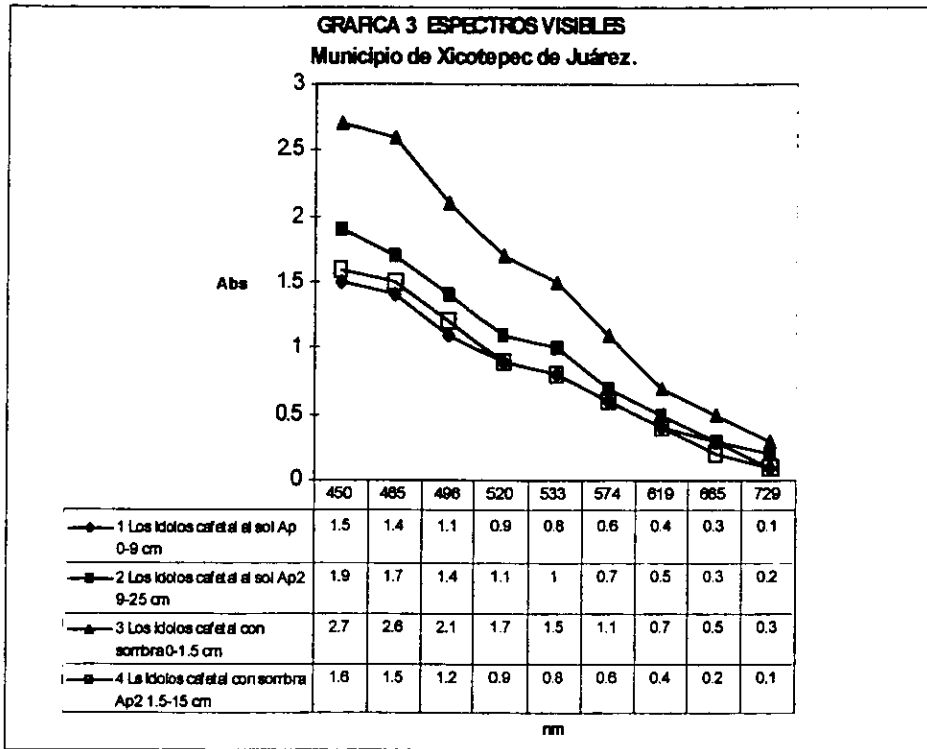
TABLA 6. Determinación de la densidad óptica.										
Localidad	LONGITUD DE ONDA									
	726	665	619	574	533	520	496	465	450	
DENSIDAD OPTICA (μm)										
Municipio de Zihuateutla.										
Finca la Puebla	Alp 0-7	1.189	0.327	0.504	0.739	1.001	1.103	1.336	1.678	1.832
Finca la Puebla	Ahp 0-13	0.265	0.441	0.663	0.954	1.285	1.413	1.693	2.121	2.317
Finca la Chiquita	Alp 0-28	0.241	0.422	0.666	0.982	1.322	1.458	1.761	2.221	2.401
Finca la Chiquita	Ahp11 0-15	0.233	0.367	0.540	0.762	1.007	1.103	1.316	1.641	1.792
Municipio de Cuetzalan.										
Acaxaloco	Api 0-17	0.096	0.171	0.271	0.407	0.559	0.624	0.770	1.001	1.112
Calatepec	Al1p 0-15	0.070	0.126	0.202	0.288	0.398	0.444	0.542	0.702	0.781
Acaxaloco	Ap11 0-13	0.197	0.337	0.524	0.776	1.055	1.116	1.418	1.813	1.983
Municipio de Hueytamalco.										
Las Margaritas	Api 0-15	0.185	0.306	0.466	0.660	0.877	0.963	1.159	1.458	1.591
Municipio de Xicotepec de Juárez.										
Rancho los Idolos	Ap1 0-9	0.139	0.247	0.396	0.588	0.796	0.884	1.079	1.376	1.511
Rancho los Idolos	Ap2 9-25	0.171	0.305	0.491	0.726	0.990	1.101	1.349	1.724	1.870
Rancho los Idolos	Ap1 0-1.5	0.247	0.446	0.730	1.124	1.535	1.699	2.072	2.584	2.742
Rancho los Idolos	Ap2 1.5-15	0.134	0.244	0.402	0.619	0.839	0.929	1.147	1.478	1.619
Municipio de Tlaola.										
Tlatlanalapa	A11 0-6.5	0.175	0.312	0.483	0.717	1.003	1.113	1.346	1.673	1.834
Tlatlanalapa	Ap 0-10	0.254	0.406	0.593	0.839	1.129	1.240	1.479	1.841	2.018
Tlatlanalapa	B 2.5-23.5	0.221	0.373	0.565	0.822	1.115	1.233	1.492	1.886	2.064
Municipio de Tlatlaquitepec.										
Ahuatamilott	Ap 0-9	0.078	0.153	0.276	0.398	0.550	0.613	0.782	1.034	1.154
Municipio de Xicotetelco.										
Atecax	A1 0-5	0.511	0.808	1.156	1.638	2.208	2.408	2.806	---	---
Atecax	B21 5-50	0.043	0.071	0.107	0.148	0.199	0.216	0.259	0.325	0.354
Municipio de Tlatlaquitepec.										
La Unión	A11 0-15	0.244	0.391	0.568	0.796	1.063	1.165	1.383	1.715	1.899
La Unión	A12 15-40	0.141	0.226	0.329	0.461	0.614	0.674	0.799	0.992	1.093
Municipio de Teteles.										
Coacalco	A11 0-34	0.204	0.334	0.434	0.712	0.959	1.034	1.260	1.583	1.741

GRAFICA 1 ESPECTROS VISIBLES
Municipio de Zihuateutla.

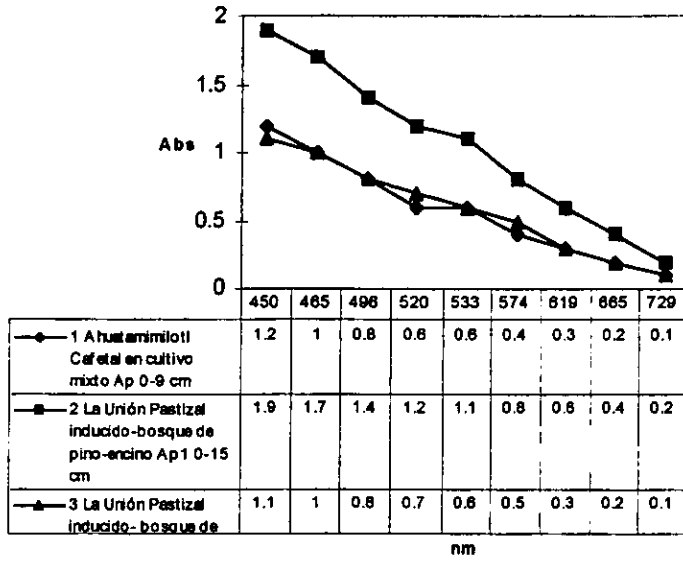


GRAFICA 2 ESPECTROS VISIBLES
Municipio de Cuetzalan.





GRAFICA 5 ESPECTROS VISIBLES
Municipio de Tlatlauquitepec.



GRAFICA 6 ESPECTROS VISIBLES
Municipio de Xiutetelco y Municipio de Teteles.

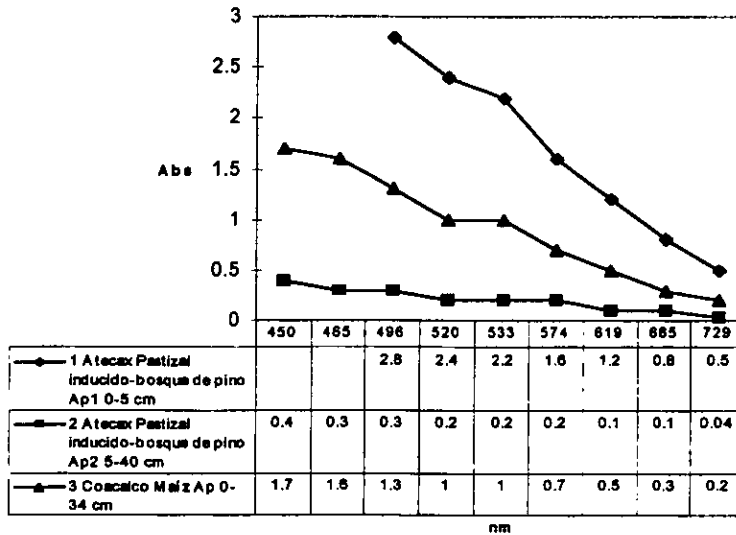


TABLA 7. Determinación del Umbral de Coagulación de Acidos Húmicos por la técnica de Kononova-B'elchikova y Determinación del grado de condensación E_4/E_6 (465 nm/665 nm) y del índice melánico E_4/E_5 (450 nm/520 nm).

Muestra	Profundidad (cm)	C/N	Cmol de Ca/l de humato	RELACION E_4/E_6	RELACION E_4/E_5
Finca la Puebla	A1p 0-7	7.5	15.0	5.13	1.66
Finca la Puebla	Ahp 0-13	5.6	10.0	4.81	1.64
Finca la Chiquita	A1p 0-28	4.2	10.0	5.26	1.65
Finca la Chiquita	Ahp11 0-15	5.4	15.0	4.91	1.62
Municipio de Cuetzalan.					
Acaxaloco	Ap1 0-17	2.9	22.5	5.85	1.78
Calatepec	A11p 0-15	5.2	32.5	5.57	1.76
Acaxaloco	Ap1 0-13	2.6	20.0	5.38	1.70
Municipio de Hueytamalco.					
Las Margaritas	Ap1 0-15	4.4	22.5	4.63	1.74
Municipio de Xicotepec de Juárez.					
Rancho los Idolos	Ap1 0-9	3.1	27.5	5.57	1.71
Rancho los Idolos	Ap2 9-25	5.2	22.5	5.65	1.70
Rancho los Idolos	Ap1 0-1.5	1.3	22.5	5.79	1.32
Rancho los Idolos	Ap2 1.5-15	2.8	27.5	6.06	1.74
Municipio de Tlaola.					
Tlatlanalapa	A11 0-6.5	2.7	10.0	5.37	1.64
Tlatlanalapa	Ap 0-10	1.6	10.0	4.53	1.63
Tlatlanalapa	B 2.5-23.5	1.5	37.5	5.06	1.67
Municipio de Tlatlauquitepec.					
Ahuatamilotl	Ap 0-9	2.1	40.0	6.71	1.88
Municipio de Xiutetelco					
Atecax	A1 0-5	13.0	15.0	---	---
Atecax	B211 5-40	11.0	15.0	4.58	1.64
Municipio de Tlatlauquitepec.					
La Unión	A11 0-15	13.0	15.0	4.39	1.62
La Unión	A12 15-40	13.0	12.5	4.39	1.62
Municipio de Teteles.					
Coacalco	A11 0-34	16.0	15.0	4.74	1.65

* DESPUES DE OBSERVACION A LAS 4 HORAS.

En el Municipio de Cuetzalan la reserva de carbono al comparar los subhorizontes A en una profundidad de 0-15 cm, en el cafetal con sombra el valor de 41.5 ton ha⁻¹ (61.75%) corresponde al carbono de las fracciones poco evolucionadas, y el 19.7 ton ha⁻¹ (29.37%) corresponde a la proporción de carbono estable, mientras que en el cafetal con sombra en cultivo mixto, el 29.7 ton ha⁻¹ (48.77%) de carbono son las fracciones poco evolucionadas y el 14.4 ton ha⁻¹ (23.64%), representó el carbono estable. (TABLA 10, GRAFICA 8).

En el Municipio de Xicotepec de Juárez, al comparar los subhorizontes A en una profundidad de 0-15 cm, en el cafetal al sol, el 25.3 ton ha⁻¹ (41.68%) correspondió a las fracciones poco evolucionadas y el 23.2 ton ha⁻¹ (38.22%) corresponde al carbono estable, en el cafetal con sombra, el 16.8 ton ha⁻¹ (31.11%) de carbono corresponde a las fracciones poco evolucionadas y el 19.3 ton ha⁻¹ (35.74%) representó al carbono estable, sin embargo el contenido de AF, sigue siendo mayor que los AH. (TABLA 10, GRAFICA 10).

En el Municipio de Tlaola, se comparó la reserva de carbono en los subhorizontes A en una profundidad de 0-10 cm, en el bosque mesófilo de montaña el valor de 5.6 ton ha⁻¹ (19.11%), correspondió al carbono de las fracciones poco evolucionadas y el 6.4 ton ha⁻¹ (21.8%) al carbono

estable que es mayoritario, en el perfil con coníferas, el 11.4 ton ha⁻¹ (33.33%), corresponde a las fracciones menos evolucionadas y el 14.3 ton ha⁻¹ (41.81%) al carbono estable, debido a la composición química del material vegetal poco transformable, aunque el contenido en AF es mayor que el de AH en ambos perfiles. (TABLA 11, GRAFICA 12).

En el Municipio de Hueytamalco, en Las Margaritas, la reserva de carbono a una profundidad de 0-15 cm, en cafetal con sombra, el 24.6 ton ha⁻¹ (31.62%) de carbono corresponde a las fracciones menos evolucionadas y el 35.5 ton ha⁻¹ (45.37%) corresponde al carbono estable, aunque el contenido de AF sigue siendo mayor que los AH. (TABLA 10, GRAFICA 11).

En el Municipio de Tlatlauquitepec, la reserva de carbono en los subhorizontes A, a una profundidad de 0-15 cm en el Andisol de La Unión con pastizal inducido y bosque de pino-encino, fue de 24.9 ton ha⁻¹ (47.4%) que corresponde al carbono de las fracciones poco evolucionadas y el 26.0 ton ha⁻¹ (49.5%) corresponde al carbono estable, aunque el contenido de AF es mayor que el de AH. En el Andisol de Coacalco, en el Municipio de Teteles, a una profundidad de 0-15 cm, la reserva de carbono fue de 12.0 ton ha⁻¹ (47.0%) correspondiendo al carbono de las fracciones menos evolucionadas y el 8.8 ton ha⁻¹ (34.51%) corresponde proporcionalmente al carbono estable. (TABLA 10, GRAFICA 12).

En Atecax en el Municipio de Xiutetelco se observó el mayor contenido de AH con respecto a los AF a una menor profundidad (0-5 cm.) en comparación con los demás perfiles, debido a la vegetación presente que es lentamente transformada. (TABLA 10, GRAFICA 11).

Cabe destacar que la insolación aumenta considerablemente la mineralización del carbono con la consecuente disminución de la proporción de carbono de las sustancias húmicas, las fracciones evolucionadas son ligeramente mayores en el perfil con cafetal con sombra en Las Margaritas, en el Municipio de Hueytamalco y en Los Idolos con cafetal en cultivo mixto, así como en Tlatlanalapa, en el Municipio de Tlaola en el perfil con bosque mesófilo de montaña y en el mismo sitio en el perfil con coníferas, y en la Unión en el Municipio de Tlatlauquitepec con pastizal inducido mas bosque de pino encino. (TABLA 10).

En los perfiles de Zihuateutla, Cuetzalan, Xicotepec de Juárez y Teteles, la mayor parte del carbono esta como AF que en época de sequía puede favorecerse su mayor estabilidad al condensarse como AH, sin embargo, los resultados comprueban la fragilidad del carbono puesto que los AF están sujetos a su traslado por lixiviación dado que la solución del suelo en estos ambientes es ácido lo que podría provocar una mayor movilidad de los mismos y llevar a una degradación del suelo. (TABLA 9).

De manera general se encontró una gran proporción de compuestos húmicos extraíbles por los reactivos alcalinos siendo mínima la cantidad de huminas, lo cual indica un carácter dinámico de las sustancias húmicas. (TABLA 9).

Por ello, la humificación en los climas cálido-húmedos con lluvias todo el año, se lleva a cabo con una gran dinámica de neoformación biofísicoquímica, una mineralización secundaria eficiente, en presencia de condiciones que atenúan la evolución de AF a AH, con regímenes de

temperatura térmicos e hipertérmicos y regímenes de humedad ústicos o údicos en los Municipios de Zihuateutla y de Xicotepec de Juárez, isotérmico-ústicos en el Municipio de Tlaola, isotérmico-údicico en los Municipios de Cuetzalan, Hueytamalco y Tlatlauquitepec, mientras que en los sitios con climas templados, con régimen de humedad-temperatura ústico-isoméxico en el Municipio de Xiutetelco e isoméxico-údicico, en el Municipio de Teteles, contienen las mayores proporciones de AH, y valores menores de la relación E_7/E_6 y una mayor tendencia a la coagulación en presencia de cationes polivalentes, lo anterior permitió establecer la siguiente serie gradativa para los AH en cuanto a su estabilidad. (TABLA 7).

Xiutetelco> Tlatlauquitepec (La Unión)> Teteles> Zihuateutla>
Hueytamalco>Cuetzalan>Xicotepec>Tlaola>Tlatlauquitepec (Ahuatamimilotl)

De acuerdo con los datos obtenidos del fraccionamiento de la materia orgánica en los sitios estudiados y con base a los criterios de la clasificación bioquímica de Duchaufour, en los Andisoles de los Municipios de Zihuateutla y Teteles, Alfisoles y Ultisoles del Municipio de Cuetzalan y de Xicotepec de Juárez (cafetal al sol), el humus presente, tiene menor grado de condensación de los AH y menor tendencia a la floculación siendo clasificado como “*moder ácido*”.

En los Andisoles de los Municipios de Xiutetelco y Hueytamalco, en Alfisoles del Municipio de Xicotepec de Juárez (cafetal con sombra), e Inceptisoles del Municipio de Tlaola, el humus se clasificó como “*mull ándico*”.

Se considera que la fuerte asociación del complejo arcilla – humus está en función de las elevadas proporciones de sustancias húmicas evolucionadas (AH, H₁, H₂), parte de ellos con elevada proporción en cuanto a H₁ y H₂ propias del avanzado proceso de andosolización que le confieren al humus ándico, un carácter sumamente estable a nivel de microagregados, alcanzando edades superiores a los 5000 años en su permanencia. ^(14, 15)

Los resultados obtenidos en general indican algunas peculiaridades para la humificación en los Ultisoles, Alfisoles, Inceptisoles, Molisoles y Andisoles, poco favorables para incidir en la maduración de los AH y se apoya con los resultados obtenidos en las investigaciones de agrosistemas cafetaleros del estado de Veracruz, ⁽⁷⁹⁾ donde se comprobaron condiciones que favorecen la formación de Mull Andico en estos suelos derivados de cenizas volcánicas.

Es necesario conocer que características del medio o de la vegetación inducen la formación del humus más favorable, para intentar restablecer las condiciones idóneas que permitan reiniciar la evolución progresiva allí donde sea posible.

TABLA 8. Propiedades de las muestras de suelo estudiadas para el fraccionamiento de la materia orgánica.

Sitio	Profundidad (cm).	PH (1:2.5) H ₂ O KCl	% C	% Nt	C/N	% C recuperado	% C FL	% C enlazado
Municipio de Zihuateutla.								
Finca la Chiquita	Alp 0-28	4.6 3.9	5.6	1.3	4.3	5.6	0.8	4.8
Finca la Chiquita	Ahp11 0-15	— 4.0	6.1	1.2	5.1	6.1	1.0	5.1
Municipio de Cuetzalan.								
Acaxaloco	Ap1 0-17	3.6 3.3	5.6	1.7	3.3	5.6	0.5	5.1
Acaxaloco	Ap11 0-13	4.1 3.7	5.8	2.1	2.8	5.8	1.7	4.1
Municipio de Hueytamalco.								
Las Margaritas	Ap 0-15	5.4 3.6	6.5	—	—	6.5	1.5	5.0
Municipio de Xicotepec de Juárez.								
Los Idolos	Ap2 9-25	4.6 3.8	3.0	0.8	3.7	3.3	0.5	2.5
Los Idolos	Ap2 1.5-15	5.1 4.1	4.3	1.1	3.9	4.3	1.4	2.9
Municipio de Tlaola.								
Tlatlanalapa	A11 0-6.5	4.6 3.8	5.2	1.1	4.7	2.1	2.8	2.4
Tlatlanalapa	Ap 0-10	4.3 3.6	4.6	1.6	2.9	3.5	0.6	3.9
Municipio de Xiuteteleo.								
Ateax	A1 0-5	6.0 5.2	10.5	0.8	13.0	6.0	5.4	5.1
Municipio de Tlatlauquitepec.								
La Unión	A11 0-15	4.8 4.0	7.0	0.5	14.0	7.6	0.2	6.8
Municipio de Teteles.								
Coacalco	A111 0-34	5.1 4.5	7.4	0.5	14.8	6.2	1.5	5.9

TABLA.9. % de C de las Fracciones del humus en las muestras estudiadas.

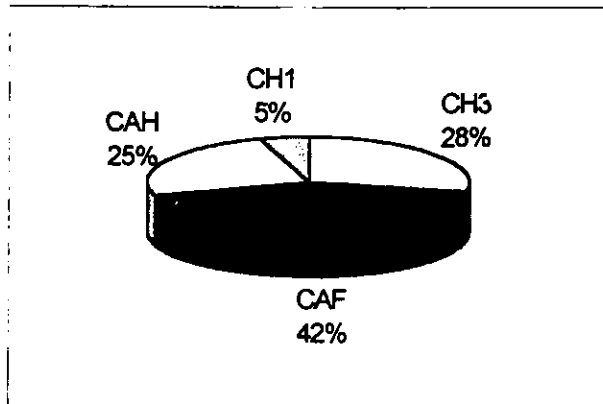
Localidad	Profundidad cm.	% C FL	% C enlazado del Ct	% CH3	% C AF	% C AH	% C H1	% C H2	% C AF/AH	% C H3+AF	% C AH+H1+H2
Municipio de Zihuateutla.											
Finca La Chiquita	Alp 0-28	14.2	85.8	28.3	41.6	25.0	5.0	0.03	1.66	69.9	30.0
Finca La Chiquita	Ahp11 0-15	16.3	83.2	15.1	48.0	32.1	4.5	0.004	1.49	63.1	36.6
Municipio de Cuetzalan.											
Acaxaloco	Ap1 0-17	8.9	90.7	15.0	52.8	23.0	9.2	0.002	2.30	67.8	32.2
Acaxaloco	Ap11 0-13	29.1	70.1	17.0	51.7	27.3	3.7	0.1	1.9	68.7	31.1
Municipio de Hueytamalco.											
Las Margaritas	Ap 0-15	23.0	76.6	6.0	35.1	21.4	16.1	21.5	1.6	41.1	59.0
Municipio de Xicotepec de Juárez.											
Los Idolos	Ap2 9-25	18.4?	92.0	10.5	40.6	21.7	5.6	19.6	1.9	51.1	46.9
Los Idolos	Ap2 1.5-15	31.4	67.1	8.1	37.4	22.2	7.3	22.5	1.7	45.5	52.2
Municipio de Tlaola.											
Tlatlanalapa	A11 0-6.5	52.9	45.4	8.0	32.3	26.9	2.7	16.6	1.2	40.3	46.2
Tlatlanalapa	Ap 0-10	8.2	84.8	12.8	26.6	25.2	3.3	21.2	1.05	39.4	49.7
Municipio de Xiuteteleo.											
Ateax	A1 0-5	32.1	58.2	9.6	23.5	30.3	6.5	20.36	0.8	33.1	57.2
Municipio de Tlatlauquitepec.											
La Unión.	A11 0-15	2.8	97.1	7.1	41.8	15.8	14.1	21.2	2.6	48.9	51.1
Municipio de Teteles.											
Coacalco	A111 0-34	20.2	79.6	1.9	55.2	13.9	14.9	14.2	3.9	59.0	43.0

* porcentaje relacionado al carbono total.

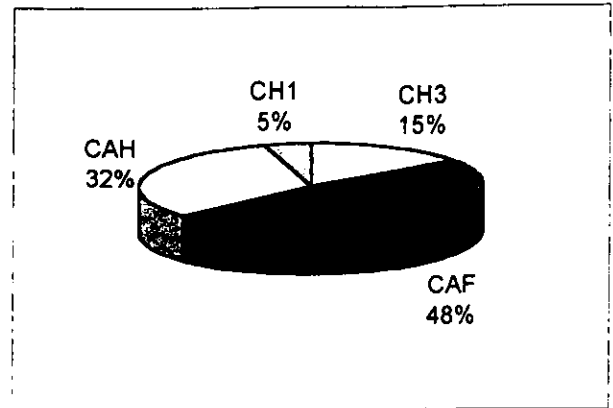
** porcentaje de sustancias húmicas considerando al carbono enlazado como el 100%.

TABLA 10. Reserva de carbono de las fracciones del humus. (Ton ha⁻¹)

Localidad	Prof.	C ton ha ⁻¹	C ton ha ⁻¹ MOL	C ton ha ⁻¹ MO ligada	C ton ha ⁻¹ H3+AF	C ton ha ⁻¹ AH+H1+H2	C ton ha ⁻¹ AF	C ton ha ⁻¹ H3	C ton ha ⁻¹ AH	C ton ha ⁻¹ H1	C ton ha ⁻¹ H2
Municipio de Zihuatentla.											
Finca La Chiquita	0-15	73.2	11.9	61.3	38.7	22.4	29.4	9.25	19.7	2.8	0.002
Finca La Chiquita	0-15	58.8	8.4	50.4	35.2	15.1	21.0	14.3	12.6	2.5	0.02
Municipio de Cuetzalan.											
Acaxaloco	0-15	67.2	6.0	61.2	41.5	19.7	32.3	9.2	14.1	5.6	0.001
Acaxaloco	0-13	60.9	17.7	43.2	29.7	14.4	22.3	7.3	11.8	1.6	0.04
Municipio de Hueytamalco.											
Las Margaritas	0-15	77.8	17.9	59.9	24.6	35.3	21.0	3.6	12.8	9.6	12.9
Municipio de Xicotepec de Juárez.											
Los Idolos	0-15	60.7	11.2	49.6	25.3	23.2	20.1	5.2	10.8	2.8	9.7
Los Idolos	0-15	54.0	17.0	37.0	16.8	19.3	13.8	3.0	8.2	2.7	8.3
Municipio de Tlaola.											
Tlatlanalapa	0-10	29.3	15.5	13.8	5.6	6.4	4.5	1.4	3.7	0.37	2.3
Tlatlanalapa	0-10	34.2	2.8	28.8	11.4	14.3	7.5	3.7	7.3	0.94	6.1
Municipio de Xiteteico.											
Atecox	0-5	32.0	15.6	16.5	5.4	9.4	3.9	1.6	5.0	1.1	3.3
Municipio de Tlatlaquitepec.											
La Unión.	0-15	52.5	1.5	51.0	24.9	26.0	21.3	3.6	8.0	7.2	10.8
Municipio de Teteles.											
Coacalco	0-15	25.5	5.2	20.4	12.0	8.8	11.2	0.39	2.8	3.0	2.9



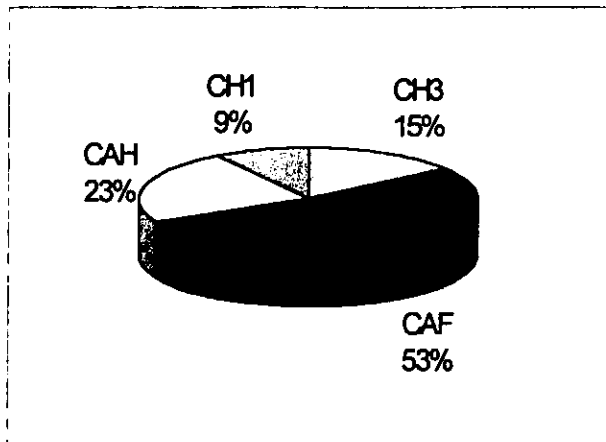
A1p 0-28 cm
Cafetal al sol



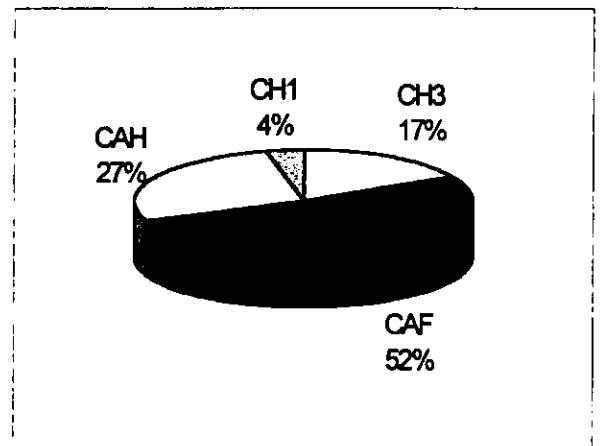
Ahp11 0-15 cm
Cafetal con sombra
de *Inga leptoloba*

FIGURA 5 Distribución del carbono de la materia orgánica ligada, finca La Chiquita, Municipio de Zihuateutla, Pue.

CAH: Carbono de los Acidos Húmicos.
 CH1: Carbono de Humina de Insolubilización Extraíble.
 CH2: Carbono de Humina de Insolubilización no Extraíble.
 CAF: Carbono de los Acidos Fúlvicos.
 CH3: Carbono de Humina Heredada.

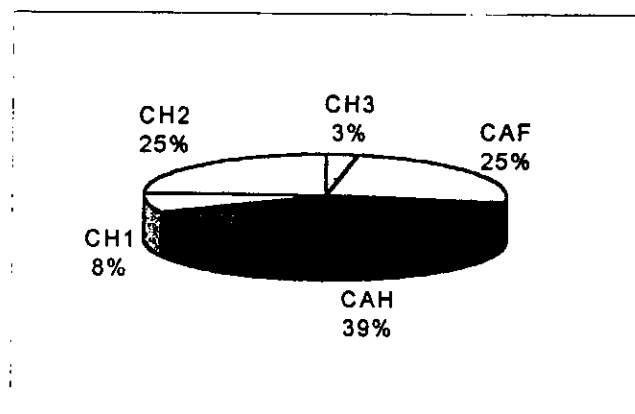


Apl 0-17 cm
Cafetal con sombra
de *Inga leptoloba*

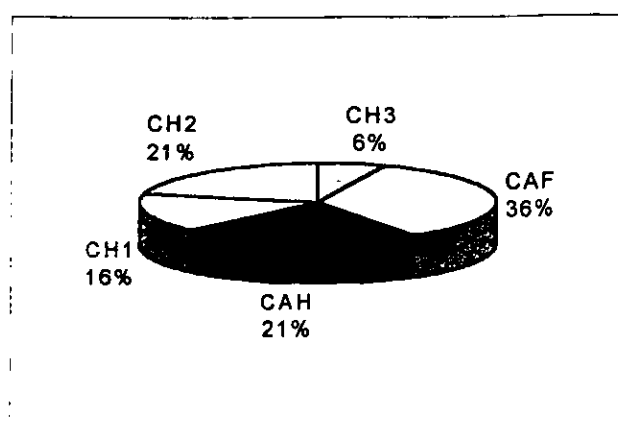


Apl 0-13 cm
Cafetal en cultivo mixto

FIGURA 6 Distribución del carbono de la materia orgánica ligada, Acaxoloco, Municipio de Cuetzalan, Pue.

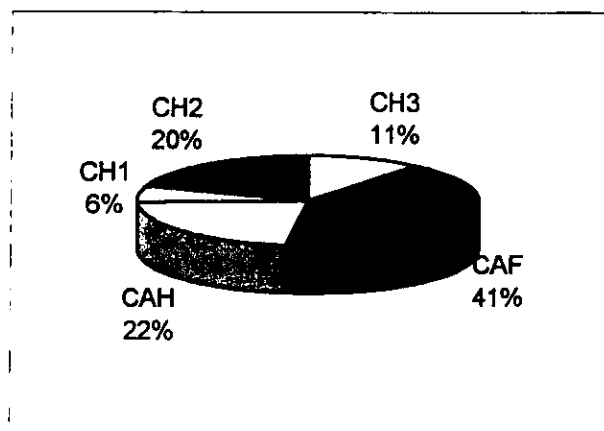


A1 0-5 cm
Pastizal inducido y
bosque de pino

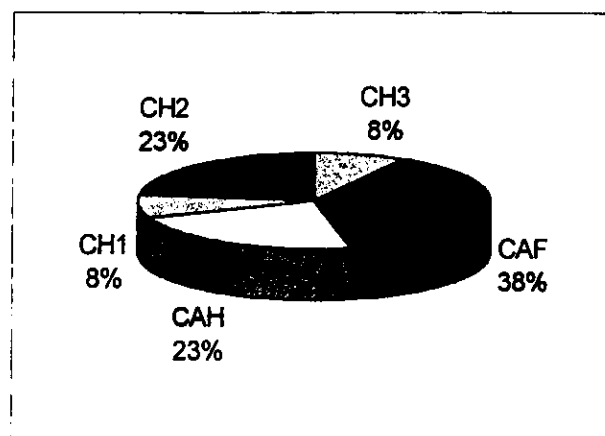


Ap1 0-15 cm
Cafetal con sombra
Residuos del bosque tropical
subperennifolio

FIGURA 7 Distribución del carbono de la materia orgánica ligada, Atecox (0-5 cm), Municipio de Xiutetelco y Las Margaritas (0-15 cm), Municipio de Hueytamalco, Pue.

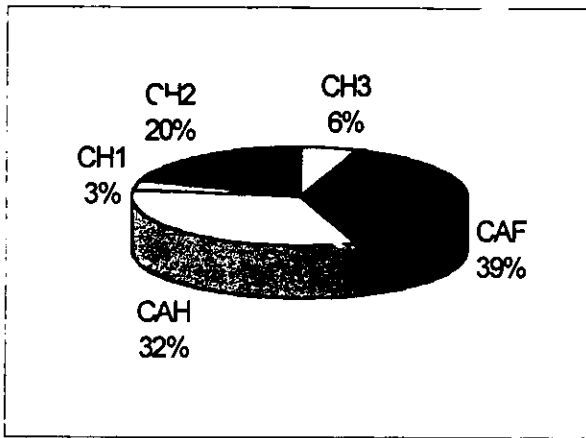


Ap2 9-25 cm
Cafetal al sol, *Coffea arabica* var. Caturra
roja y amarilla, con residuos de vegetación

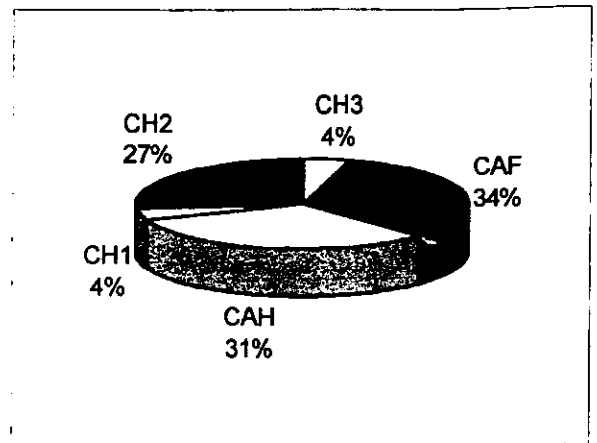


Ap2 1.5-15 cm
Cafetal con sombra *musa*
paradisíaca.

FIGURA 8 Distribución del carbono de la materia orgánica ligada, Los Idolos, Municipio de Xicotepec de Juárez, Pue.

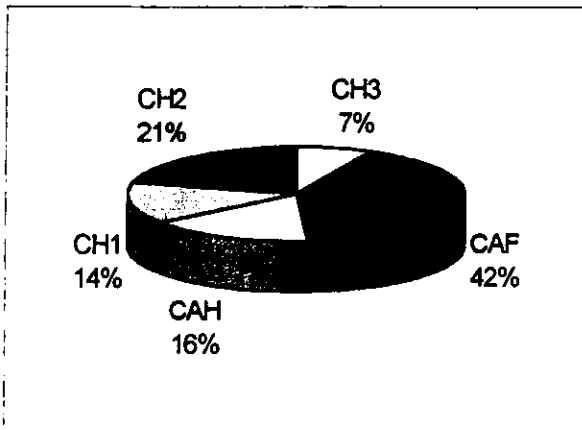


A11 0-6.5 cm
Bosque mesófilo de montaña

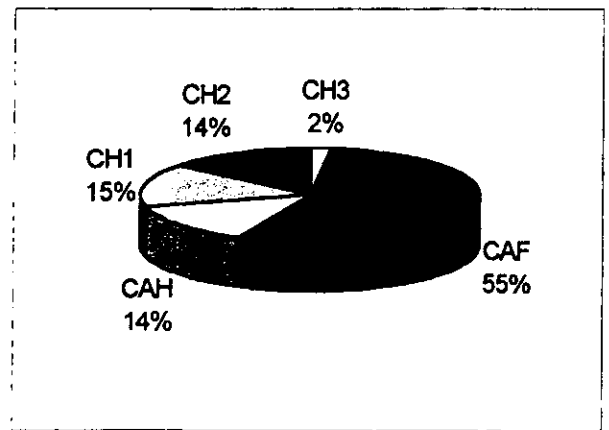


Ap 0-10 cm
Cultivo de maíz coníferas de ornato

FIGURA 9 Distribución del carbono de la materia orgánica ligada, Tlatlanalapa, Municipio de Tlaola, Pue.



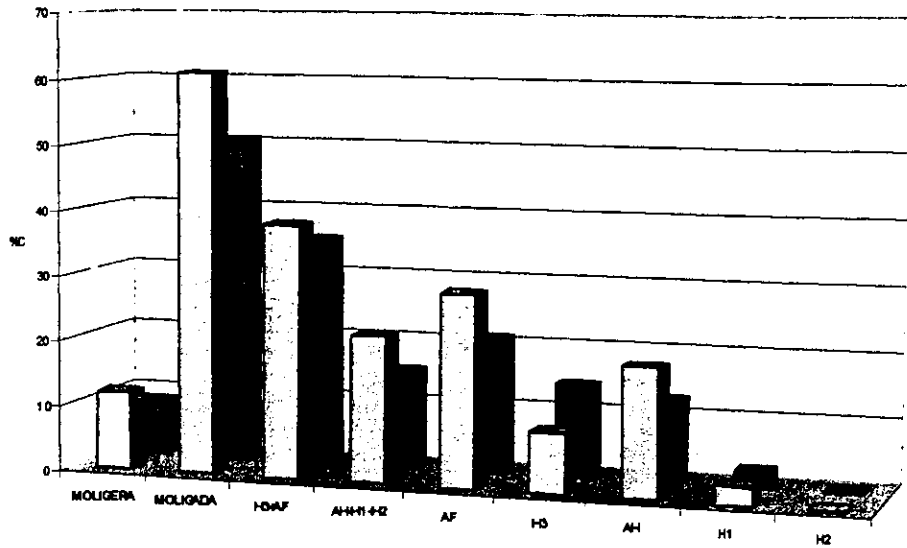
A11 0-15 cm
Pastizal inducido - bosque de pino-encino



A11 0-34 cm
Cultivo de maíz

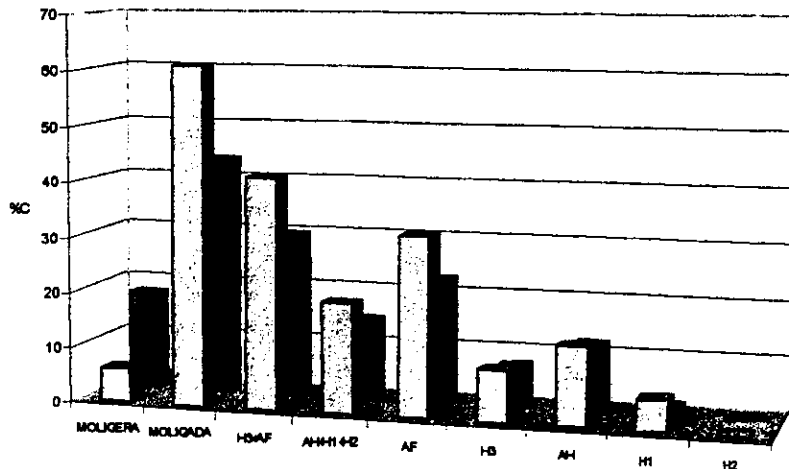
FIGURA 10 Distribución del carbono de la materia orgánica ligada, La Unión (0-15), Municipio de Tlatlauquitepec y Coacalco, Municipio de Teteles, Pue.

**GRAFICA 7 RESERVA DE CARBONO EN LAS FRACCIONES DEL HUMUS Ton/Ha
Municipio de Zihuateutla**



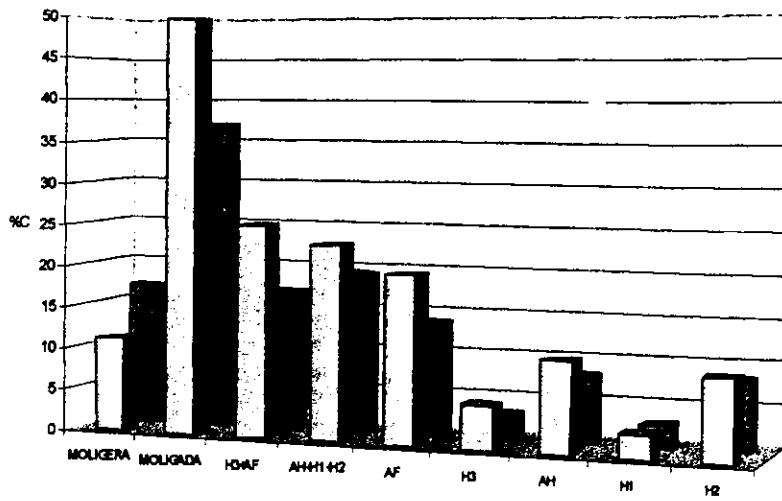
	MOLIGERA	MOLIGADA	H3AF	AH+H1+H2	AF	H3	AH	H1	H2
Carbon at 0-25cm	11.9	61.3	38.7	22.4	29.4	9.25	18.7	2.8	0.022
Carbon at 0-25cm	8.4	50.4	35.2	13.1	21	14.3	12.8	2.5	0.02

**GRAFICA 8 RESERVA DE CARBONO EN LAS FRACCIONES DEL HUMUS Ton/Ha
Municipio de Cuetzalan del Progreso**



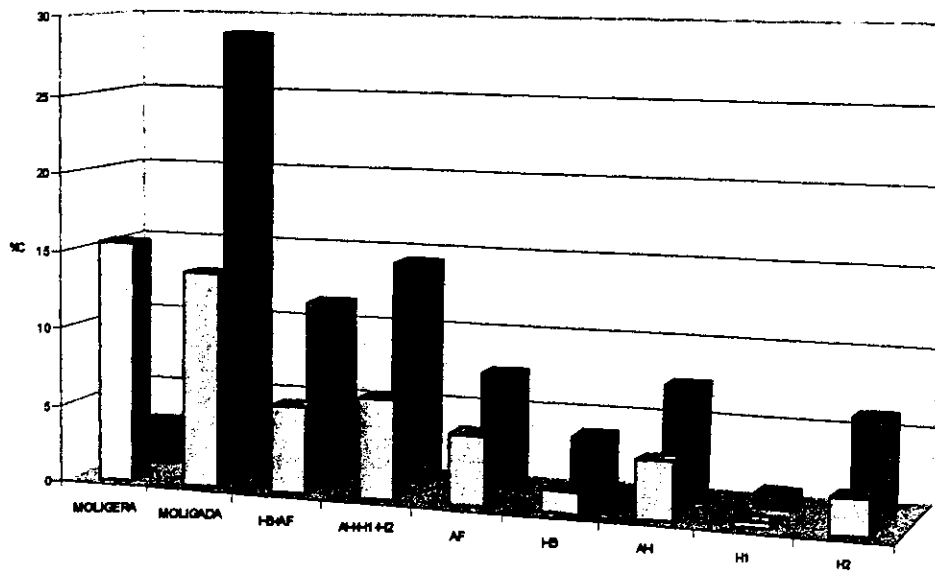
	MOLIGERA	MOLIGADA	H3AF	AH+H1+H2	AF	H3	AH	H1	H2
Carbon at 0-25cm	6	61.2	41.5	18.7	32.3	9.2	14.1	5.8	0.001
Carbon at 0-25cm	17.7	43.2	29.7	14.4	22.3	7.3	11.8	1.6	0.04

GRAFICA 9 RESERVA DE CARBONO DE LAS FRACCIONES DEL HUMUS Ton/Ha
Municipio de Xicotepec de Juárez



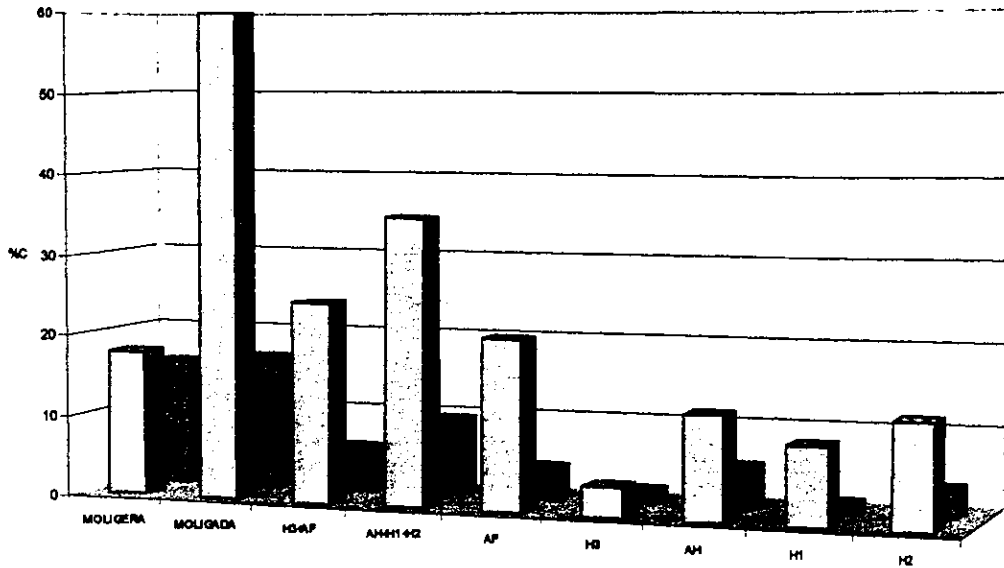
	MOLIGERA	MOLIGADA	HD-AF	AH+H1+H2	AF	H3	AH	H1	H2
Carbono a 0-15cm	11.2	49.6	25.3	23.2	20.1	5.2	10.8	2.8	9.7
Carbono en cultivo hasta 0.15cm	17	37	16.8	19.3	13.8	3	8.2	2.7	8.3

GRAFICA 10 RESERVA DE CARBONO DE LAS FRACCIONES DEL HUMUS Ton/Ha
Municipio de Tlaola



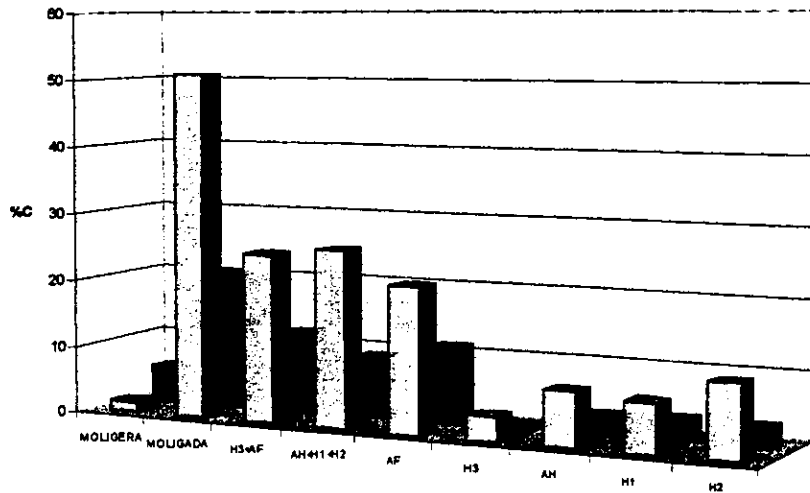
	MOLIGERA	MOLIGADA	HD-AF	AH+H1+H2	AF	H3	AH	H1	H2
Carbono a 0-10cm	15.5	13.8	5.8	6.4	4.5	1.4	3.7	0.37	2.3
Carbono en cultivo hasta 0.10cm	2.8	28.8	11.4	14.3	7.5	3.7	7.3	0.94	8.1

**GRAFICA 11 RESERVA DE CARBONO DE LAS FRACCIONES DEL HUMUS Ton/Ha
Municipio de Hueytamalco y Municipio de Xluteteico**



	MOLIGERA	MOLIGADA	H3+AF	AH+H1+H2	AF	H3	AH	H1	H2
Las Margaritas, Caféetal con sombra 0-15 cm	17.9	59.9	24.6	35.3	21	3.6	12.6	9.6	12.9
Atzacan, cañal y lindero de pino, bosque de pino	15.6	16.5	5.4	9.4	3.9	1.6	5	1.1	3.3

**GRAFICA 12 RESERVA DE CARBONO DE LAS FRACCIONES DEL HUMUS Ton/Ha
Municipio de Tlatlauquitepec y Municipio de Teteles**



	MOLIGERA	MOLIGADA	H3+AF	AH+H1+H2	AF	H3	AH	H1	H2
La Unión, pastizal inducido, bosque de pino-encino 0-15 cm	1.5	51	24.9	25	21.3	3.6	6	7.2	10.8
Coacalco, cultivo de maíz, 0-15 cm	5.2	20.4	12	8.6	11.2	0.39	2.9	3	2.9

X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se comprobó una gran dinámica de neoformación biofísicoquímica de las sustancias húmicas en los perfiles de Zihuateutla y Cuetzalan con presencia de condiciones desfavorables a la evolución de ácidos fúlvicos a húmicos.

Se comprobaron procesos de melanización en los perfiles del Municipio de Zihuateutla, en La Loma en Cuetzalan, en Los Idolos en el Municipio de Xicotepec de Juárez, en el Municipio de Tlaola, en La Unión Municipio de Tlatlauquitepec, y en los Municipios de Xiutetelco y Teteles. En el resto de los perfiles encontramos, procesos de pardización, con mayor expresión de lutefacción a rubefacción, específicamente en el horizonte del perfil estudiado en la localidad de Ahuatamimilotl, en el Municipio de Tlatlauquitepec asociada al aumento en concentración de óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio.

Las sustancias húmicas extraíbles por los reactivos alcalinos, indican que el humus puede considerarse de "moderada a fuertemente evolucionado."

Los espectros visibles de las soluciones de humatos y la relación E_4/E_6 , indican en general un grado de aromaticidad moderado en las muestras investigadas con mejores condiciones para la condensación en los agrosistemas cafetaleros con sombra y en los sistemas con bosque mesófilo de montaña y coníferas, pastizales inducidos y bosque de pino como en la localidad de La Unión, en el Municipio de Tlatlauquitepec, y de pino-encino, en la localidad de Atecatx, Municipio de Xiutetelco.

En los Andisoles de los municipios de Zihuateutla, Teteles, Alfisoles y Ultisoles de Cuetzalan y en Alfisoles de Xicotepec de Juárez (cafetal al sol) con respecto a la clasificación de los tipos de humus se comprobó la transformación de la materia orgánica hacia humus tipo "*moder ácido*", es decir humus moderadamente evolucionado.

En los Andisoles de los municipios de Hueytamalco, Xiutetelco y Tlatlauquitepec y Alfisoles de Xicotepec de Juárez (cafetal con sombra), e Inceptisoles del Municipio de Tlaola se encontró humus tipo "*mull ándico*" pudiendo considerarse humus fuertemente evolucionado.

Los resultados obtenidos en general indican algunas peculiaridades para la humificación en los Alfisoles y Andisoles, poco favorables para incidir en la maduración de los AH y se apoya con los resultados obtenidos en las investigaciones de agrosistemas cafetaleros del estado de Veracruz, ⁽⁷⁹⁾ donde se comprobaron condiciones que favorecen la formación de "mull andico" en suelos derivados de cenizas volcánicas.

En la localidad de Ahuatamimilotl, el efecto de los factores intempéricos produce las condiciones más desfavorables a la aromaticidad y polimerización de los ácidos húmicos, al presentar un grado avanzado de erosión como resultado de los efectos de la pendiente y de la exposición.

La mayor proporción de la reserva de carbono se encontró en las fracciones menos

evolucionadas en ambos agrosistemas de cafetal al sol y con sombra en los perfiles de Zihuateutla, Cuetzalan, Xicotepec de Juárez y en Teteles (cultivo de maíz), y mayor proporción en las fracciones más evolucionadas en el cafetal con sombra en el Municipio de Hueytamalco, en el cafetal con cultivo mixto del Municipio de Xicotepec de Juárez, en el perfil con pastizal inducido y bosque de pino-encino en el Municipio de Tlatlauquitepec en la localidad de La Unión, y en el perfil con pastizal inducido y bosque de pino en el Municipio de Xiutetelco.

La reserva de carbono guarda una estrecha relación con el tipo de vegetación en cada sitio, de esta manera se observaron indicios de la pérdida del material orgánico transformado por falta de aporte de la cobertura vegetal en los agrosistemas cafetaleros al sol.

Se deduce en general una mayor tendencia a la formación de derivados organominerales insolubles que confieren por tanto mejores cualidades para la formación de una estructura estable de los AH extraídos del suelo bajo agrosistemas cafetaleros con sombra y con vegetación natural, y que son parámetros de condiciones que están favoreciendo la estabilidad del carbono.

Es necesario conocer que características del medio inducen la formación del humus más favorable, para intentar restablecer las condiciones idóneas que permitan reiniciar la evolución progresiva allí donde sea posible.

En los perfiles de los Municipios de Zihuateutla (cafetales al sol) y Cuetzalan se encontraron deficiencias de potasio, de acuerdo con la relación $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} / \text{K}^{+}$, y en general en los perfiles de todos los municipios, problemas en la asimilación del magnesio de acuerdo con la relación $\text{Ca}^{+2} / \text{Mg}^{+2}$.

XI. BIBLIOGRAFIA

1. Almendros G., González-Vila F.J., Martín F., Fründ R. and Lüdemann H.D. 1992. Solid state NMR studies of fire induced changes in the structure of humic substances. *The Science of the total Environment*, 117/118, 63-74. Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam.
2. Alvarez G.M. 1983. Estudio preliminar de la microflora de suelos cafetaleros del Estado de Puebla. Tesis de Licenciatura, Fac. de Química. UNAM.
3. Black, C.A., and Evans D.D., White J.L., Ensminger L.E., Clark F.E. 1965. *Methods of Soil Analysis. Chemical and Microbiological Properties.* Agronomy No.9, Part 2. ASA, SSSA. (771-1572).
4. Carmona, S. R. 1988. Análisis Físicos y Químicos de algunos suelos cafetaleros con sombra de *Inga sp* de Xicotepec de Juárez, Puebla. Tesis de Lic. Biología, UNAM.
5. CEPAL/PNUMA. Ecosistemas: Conceptos Fundamentales. 1990. Unidad conjunta de desarrollo y medio ambiente: Comercio exterior. Vol. 40. (12): 1131-1134.
6. Chen Y., Senesi N. and Schnitzer M. 1977. Information provided on Humic Substances by E4/E6 Ratios. *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, Vol. 41: 352-358.
7. Chouliaras, N; Vedy, J.C.; Jacquin, F. 1975. Fractionnement et characterization de la matiere organique dans les rendsines . *BULL 1 N, Polythechnique du Nancy*, 17 (1): 65-74.
8. Coleman D.C., Malcolm O.J., Uehara G. Eds. 1989. *Dynamic of Soil Organic Matter in Tropical Ecosystems*, Department of Agronomy and Soil Science College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii. Nifal Proyect.
9. Consejo Mexicano del Café A.C. 1997. Información General, Principales Estados productores de café en México.
<http://www.sagar.gob.mx/users/cmc/cafe01sp.htm>.
10. Dabin, B. 1971. Etude d'une methode d'extraction de la matiere humique du sol *Sci. Sol*; 47-63.
11. Domínguez R.V. Aguilera H.N. (sin fecha). Metodología de análisis fisicoquímicos de suelos. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias. UNAM.
12. Duchaufour, Ph; Jacquin, F, 1975. Comparaison des processus d'humification dans les principaux types d'humus forestiers. *BULL AFES* 1: 29: 36.

13. Duchaufour Ph. 1976. Dynamics of organic matter in soils of temperate regions; its action on pedogenesis. Elsevier Scientific Publ Co, Amsterdam.
14. Duchaufour, Ph. 1984. Edafología. Tomo II. Edafogénesis y Clasificación. Masson, S.A., Ed. Barcelona, 493 p.
15. Duchaufour, Ph. 1990. La formation et l'évolution des complexes organo-minéraux dans les sols et leur rôle dans la pédogenèse. SCIENCE DU SOL vol, 28, 4, .273-284.
16. FitzPatrick E.A. 1985. Suelos. Su formación, clasificación y distribución. Ed. CECSA.
17. García, C. N. Velasco, F; y Aguilera, M. 1989. Evolución regresiva de diversos parámetros edáficos en agroecosistemas (cafetales , cañaverales) derivados del bosque mesófilo de montaña (México). An Edaf. Agrob., Tomo 48: 597-603.
18. Gómez R. J.A. 1985. Estudio preliminar de la actividad microbiana en suelos cafetaleros del Estado de Puebla. Tesis de Licenciatura. Fac. de Ciencias. UNAM.
19. Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos. 1994. Sierra Norte de Puebla. Programa Nacional de Solidaridad 1992-1994, Programa de Desarrollo Regional. Gobierno Constitucional del Estado de Puebla. Pags. 1-43.
20. Gutiérrez S. M. 1988. Estudios edafológicos de suelos cafetaleros con sombra de *Citrus sinensis* del municipio de Xicotepéc de Juárez, Puebla. Tesis de Licenciatura, Fac. de Ciencias. UNAM.
21. Haarer, A.E. 1979. Producción Moderna del Café. Editorial CECSA.
22. Haynes R.J. 1986. The Decomposition Process: Chapter 2, Mineralización, inmovilización, Humus Formation and Degradation. Ministry of Agriculture and Fisheries Lincoln Carterbury New Zealand. Academic Press. Inc. Pags 52-126
23. Informe III, 1991; Informe IV, 1992. Investigaciones sobre el estado de degradación de diversos sistemas forestales mexicanos representativos del bosque autóctono y posibilidades para la regeneración del equilibrio ecológico Proyecto: UNAM, CSIC, CONACYT. México.
24. INEGI. 1984. Cartas topográficas F14D84, F14D85, F14D86, E14B15, E14B16, escala 1:50,000.
25. INEGI. 1989. Guías para la Interpretación de Cartografía. (Edafología). Aguascalientes, Ags.
26. INEGI. 1997. Anuario estadístico del Edo. de Puebla.
27. INEGI. 1989. Carta Topográfica Escala 1:1000,000.

28. Jackson, Ph. D., R. William. 1993. Humification: Tell me How It Works. Organic soil conditioning. And Agricultural text and reference book. Jackson Research Center.
29. Kilmer V.J., Younts S.E., Brady N.C. 1968. The Role of Potassium in Agriculture. American Society of Agronomy Crop Science Society of America. Soil Science Society of America Madison, Wisconsin, USA.
30. Kononova, M.M.; Be'lichikova, N.P. 1960. Investigations of Soil Humic Substances. Soviet Soil Sci, II: 1149-1153.
31. Kononova, M. M. 1966. Soil Organic Matter, Pergamon Press, Oxford, 544 p.
32. Kononova, M. M. 1982. Materia orgánica del suelo Ed. OIKOS - TAU, S.A. Barcelona.
33. Kraemer B.G., Solorzano T. L.A. 1990. Los productores de café en Zihuateutla, Pue. Origen, Entorno y Perspectivas. Universidad Autónoma Chapingo. México.
34. Krieguer R.E. 1988. Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting, Soil Surveys. U.S. Department of Agriculture Soil Conservation Service. Publishing Company, Malabar, Florida.
35. Kumada K. 1987. Chemistry of soil organic matter. Developments in Soil Science 17. Japan Scientific Societies Press.
36. Kuwatsuka S., Watanabe A., Itoh K. and Arais S. 1992. Comparison of Two Methods of Preparation of Humic and Fulvic Acids, IHSS Method and Nagoya Method. Soil Sci. Plant Nutr., 38 (1), 23-30.
37. Lal R. and Stewart B.A. 1992. Need for land restoration. Advances in Soil Science. Vol 17, 1-11 Springer-Verlag, New York, Inc.
38. Lal R. and Sánchez P.A. 1992. Myths and Science of soils of the tropics. SSSA Special Publication Number 29. Soil Science Society of America Inc. Madison, Wisconsin, USA. Pag 1-16.
39. Leamy M.L., 1964. Comité Internacional sobre la clasificación de Andisoles (ICOMAND), circular No. 6 New Zeland.
40. Lowe L.E. and Kumada K. 1984. A comparison of two methods for routine characterization of humus in pedological studies. Soil Sci. Plant Nutr., 30 (3) 321-331.
41. Martínez, A. M.A.; Evangelista, V.; Mendoza, M.; Morales, G.; Toledo, G.; Worg, A.; 1995. Catálogo de Plantas útiles de la Sierra Norte de Puebla, México. Cuadernos 27, Inst. de Biología, UNAM. México.

42. Mass J.M. y Gracia F. 1990. La conservación de suelos en zonas tropicales. El caso de México. *Ciencia y Desarrollo*. Vol. XV. Num.90. 21-36.
43. Melillo J.M. Aber J.D. Linkins A.E., Ricca A., Fry B. and Nadelhoffer K.J. 1989. Carbon and Nitrogen dynamics along the decay continuum: plant litter to soil organic matter. *In: M. Clarholm and L. Bertrón (Eds). Ecology of arable land*, 56-62.
44. Merlet, D. 1971. Mise du point technique concernant l'extraction et la caracterisation des composes organiques presents dans les sols . Centre de Radiologie Biologique, C. N. R. S. Nancy, Doc 15: 19 p.
45. Moguel, IP., y Toledo V.M. 1996. El café en México. *Ecología, Cultura Indigena y Sustentabilidad*. En *Ciencias*. Facultad de Ciencias No. 43, pags 32-54.
46. Monnier, G.; Turc, L.; Jeanson Luisinang, C. 1963. Une méthode de fractionnement densimétrique par centrifugation des matieres organiques du Sol. *Ann Agron*, 13: 55-63.
47. Mortvedt, J.J.; Giordano, P.M; Lindsax, W.L. 1983. *Micronutrientes en Agricultura*. A.G.T. Editor, S. A. pag. 87-122.
48. Munsell. 1994. *Soil Color Charts Macbeth Division of Kollmergen Instruments Corporation 405 Litle Britain Road, Neww Windsor, NY 12553*.
49. Muñoz, I. D. 1980. Algunos estudios edáficos en suelos cafetaleros de la región de Xicotepec de Juárez Estado de Puebla. Tesis de Lic. UNAM.
50. Ortega, S.F. 1982.- *La Materia Orgánica de los Suelos y el Humus de los Suelos de Cuba*. Academia de Ciencias de Cuba. Instituto de Suelos.
51. Page, A.L. Ed. 1982. *Methods of Soils Analysis. Part II Agronomy 9, 2nd Ed. ASA, SSSA, Wisconsin, USA: 570-572*.
52. Parfitt R.L. and Clayden B. 1991. Andisols the development of a new order in soil Taxonomy. *Geoderm*; 49, 181-198.
53. Porta, C.J. López-Acevedo R.M., Roquero de L.C. 1999. *Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente*. Ediciones Mundi-Prensa. GRAFO S:A: Bilbao.96.- Pritchett W. L. 1986.- *Suelos Forestales*. Edit. Limusa.
54. Rivera S. A. 1997. Estudio Termopluviométrico del Edo. de Puebla. Dpto. de Ciencias de la Tierra, Instituto de Ciencias, BUAP.
55. Reyes O. A.L., 1997. Investigación sobre los coloides organominerales en suelos de Xochimilco y su relación con cultivos florícolas. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias, UNAM.

56. Rzedowsky, J. 1988. Vegetación de México, Ed. Limusa, México, 432 p.
57. Rodríguez G.J. 1980. Estudios Edafológicos del transecto Hueytamalco, Puebla-Tlapacoyan, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias UNAM.
58. Rodríguez M.R. y Velasco F. 1988. Consideraciones Ecológicas y Bioquímicas sobre la humificación en Sabinars desarrollados sobre material Calizo y Gneisico. J. Suelos.- Biología.
59. Sánchez, B. S. 1984. Determinación de Micronutrientes en suelos y muestras foliares de *Coffea arabica*, en Andosoles de la zona cafetalera de Hueytamalco, Edo. de Puebla. Tesis de Maestría. UNAM.
60. Sánchez B. S. 1980. Estudios edafológicos de suelos cafetaleros en la zona volcánica del Municipio de Hueytamalco, Estado de Puebla. Tesis de Licenciatura. UNAM.
61. Schulze, D.G; Nagel, L.J.; Van Scoyoc, E.G., Henderson, L.T.; Barmgardner, T.M. 1993. Significance of organic matter in determining soil colors. En "Soil Color", SSSA Special Publication. Number 31, Soil Science Society of America. Inc. Madosin Wisconsin, USA. Pp 71-90.
62. Schnitzer, M. and Schuppli; p. 1989. Method for the sequential extraction of organic matter from soils and soil fractions . Soil Science Society of American Journal Volume 53. N.- 5. USA.
63. Semarnap. 1997. Metodología para la Evaluación de la Degradación del Suelo causada por el Hombre.
<http://www.semarnap.gob.mx/risde/evaldegr.htm>
64. Shoji S. 1987. Separation of melanic and fulvic Andisols. Soil Sci. & Plant Nutr., 34 (2), 303-306.
65. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. 1994. Claves para la Taxonomía de Suelos, Publicación Especial 3. Soil Survey Staff. Servicio de Conservación de Suelos, USDA.
66. Stevenson, F. J. 1982. Chemical Fractionation of Organic Matter. University of Illinois, Urbana, Illinois. 2ª Ed.
67. Stevenson, F. J. 1994. Humus Chemistry. Genesis, Composition, Reactions. Department of Agronomy University of Illinois, 2nd Ed John Wiley & Sons. Inc.
68. Swift, R.S. 1996. Method for extraction of IHSS soil fulvic and humic acids. Organic matter Characterization. pp 1018-1020 In: D.L. Sparks *et al.* (eds) Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical methods. Soil Sci. Am. Book series: 5, soil Sci. Soc. Am. Madison. WI.
69. Ticante, R. J. A.; García Calderón, H. Aguilera, N.; Galicia, S.; Ramos, R.; Velasco, P. 1993.

- Características de la materia orgánica en suelos cafetaleros de la Sierra Norte de Puebla, (México), En: El estudio del suelo y de su degradación en relación con la desertificación. Gallardo, L. J. (Ed.) Actas del XII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Vol- II, 820-824, Min. de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España.
70. Uehara G. and Gillman G. 1981. The Mineralogy, Chemistry, and Physics of Tropical Soils with Variable Charge Clays. Pag. 63-64. Westview press/Boulder Colorado.
71. Valera P.M.A. 1993. Físicoquímica y Mineralogía de Andosoles de la región de Teziutlán, Estado de Puebla. Tesis de Maestría, (Edafología). Facultad de Ciencias. UNAM.
72. Vazquez A.A., Bautista A.N. (Sin fecha). Guía para interpretar el análisis químico del suelo y agua. Pags 1-29.
73. Vedy, J. 1973. Relations entre le cycle biogéochimique des cations et L'humification en milieu acide. These Doc. Etat, Nancy, 116 p.
74. Velasco de Pedro F. 1978. El humus en la evolución y la degradación de los ecosistemas. II Reunión Nacional del grupo de estudio del humus. Sevilla. pp. 57-68.
75. Velasco de Pedro F. 1981. El humus y las investigaciones sobre fertilización orgánico-mineral. Revista Agricultura, No. 587, pp. 398-488.
76. Velasco F. 1987. Estudio biogeoquímico de una toposecuencia de suelos en Piedralaves (Avila). Boletín de la Estación Central de Ecología. Vol 16 No. 31, pp. 71-81.
77. Velasco de P. F. 1988. Estudio comparativo de algunos parámetros edáficos en las etapas subseriales de la vegetación de la Sierra de San Vicente (Toledo). Ecología No. 2, 89-97 ICONA, Madrid.
78. Velasco de P. F. 1989. Humus y evolución regresiva de los suelos. Ecología No. 3 43-47. ICONA, Madrid.
79. Velasco, F.; García Calderón, N.; Aguilera, N. 1993. Investigaciones Edafológicas sobre la degradación de diversos agrosistemas en Veracruz (México). En: Villegas, D. R. & D. Ponce de León (Eds.) Memorias del XI Congreso Latinoamericano y II Congreso Cubano de la Ciencia del Suelo. La Habana, Cuba. Vol. I: 135-139.

ANEXOS

ANEXO 1

Foto 1 Perfil 89060301

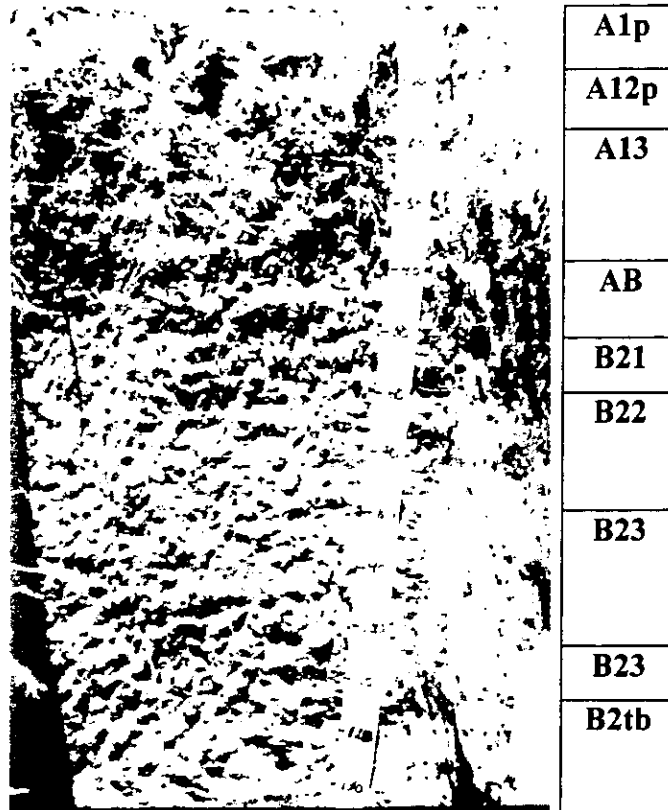


TABLA 11. Perfil 89060301 Finca La Puebla, Municipio de Zihuateutla, Edo. de Puebla.	
Coordenadas.	97° 46.3' de longitud oeste y 20° 17' de latitud norte.
Altitud.	650 msnm.
Temperatura Media Anual.	22°C
Clima.	Af (m) Cálido húmedo.
Sistema de Topoformas.	Lomerio.
Geología.	Ts(B) Terciario Superior, Basaltos.
Pendiente.	5%
Clase de Pedregosidad.	Nula .
Erosión.	No se aprecia .
Cafetal al sol.	<i>Coffea arabica</i> var. pluma, bourbon y caturra.

TABLA 12 Morfología del perfil 89060301, Finca La Puebla, Municipio de Zihuateutla.

1. Horizonte	A1p	A12p	A13	AB
2. Profundidad (cm)				
Límite superior	0	7	18	39
Límite inferior	7	18	39	50
3. Humedad	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada
4. Separación - Contraste Forma	Gradual Plano	Claro Plano	Abrupto Ondulada	Claro Plano
5. Color	10 YR 3/4 pardo amarillento oscuro	10 YR 3/1 gris muy oscuro	10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro	10 YR 3/3 pardo oscuro
6. Textura	Franco	Franco	Franco limoso	Franco limoso
7. Estructura Tipo	Migajosa	Granular	Bloques subangulares	Bloques subangulares
Clase	Fina	Medio	Medio	Medio
Grado	Débil	Moderado	Moderado	Moderado
8. Consistencia en húmedo	Friable	Firme	Friable	Friable
en mojado	Poco adhesivo, plástico	Moderadamente adhesivo y plástico	Ligeramente plástico y poco adhesivo	Ligeramente plástico y poco adhesivo
9. Raíces	Finas abundantes, medias moderadas, gruesas escasas	Finas abundantes, medias moderadas, gruesas escasas	Finas abundantes, medias moderadas, gruesas escasas	Finas frecuentes, medias frecuentes, gruesas presentes
10. Porosidad	Abundancia de macroporos y microporos	Abundancia de macroporos y microporos	Abundancia de macroporos y microporos	Microporos abundantes, macroporos frecuentes
11. Compactación	0.5 kg/cm ²	1.7 kg/cm ²	0.7 kg/cm ²	0.5 kg/cm ²
12. Drenaje	Eficiente	Eficiente	Eficiente	Eficiente
13. Otras características				
14. Alofano	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX

Continuación: TABLA 12 Morfología del perfil 89060301, Finca La Puebla, Municipio de Zihuateutla.					
1. Horizonte	B21	B22	B23	B23	B2tb
2. Profundidad (cm)					
Límite superior	50	61	81	104	115
Límite inferior	61	81	104	115	130
3. Humedad	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada
4. Separación - Contraste Forma	Claro Plana	Abrupto Plana	Abrupto Quebrado	Abrupto Quebrado	Abrupto
5. Color	10 YR 4/3 pardo	10 YR 4/6 pardo amarillento oscuro	10 YR 5/6 pardo amarillento	10 YR 5/8 pardo amarillento	5 YR 4/6 rojo amarillento
6. Textura	Franco limoso	Limo arcilloso	Limo arcilloso	Limo arcilloso	Arcilla
7. Estructura Tipo	Bloques subangulares	Bloques subangulares	Bloques subangulares	Bloques subangulares	Bloques angulares
Clase	Grandes	Grandes	Grandes	Grandes	Grandes
Grado	Moderadamente desarrollada	Moderadamente desarrollada	Moderadamente desarrollada	Moderadamente desarrollada	Fuertemente desarrollada
8. Consistencia en húmedo	Friable	Friable	Friable	Friable	Firme
en mojado	Moderadamente adhesivo, poco plástico	Moderadamente adhesivo, ligeramente plástico	Moderadamente adhesivo, ligeramente plástico	Moderadamente adhesivo, ligeramente plástico	Muy adhesivo y plástico
9. Raíces	Finas frecuentes, medias escasas	Finas escasas	Finas escasas	Finas escasas	Finas muy escasas
10. Porosidad	Microporos abundantes, macroporos frecuentes	Microporos abundantes, macroporos frecuentes	Microporos abundantes, macroporos frecuentes	Microporos abundantes, macroporos frecuentes	Microporos frecuentes macroporos escasos
11. Compactación	1.2 kg/cm ²	0.8 kg/cm ²	1.0 kg/cm ²	2.2 kg/cm ²	2.7 kg/cm ²
12. Drenaje	Eficiente	Eficiente	Eficiente	Eficiente	Moderado
13. Otras características					Argilanes horizontales y verticales
14. Alofano	XXXX	XXX	XXX 1/2	XX	XXXX

TABLA 13 Caracterización física y química del perfil 89060301, Finca La Puebla, Municipio de Zihuateutla.

Horizonte	A1p	A12p	A13	AB
Profundidad (cm)				
Límite superior	0	7	18	39
Límite inferior	7	18	39	50
Color en seco	10 YR 3/3 pardo oscuro	7.5 YR 3/2 pardo oscuro	7.5 YR 3/2 pardo oscuro	10 YR 4/4 pardo amarillento oscuro
en húmedo	10 YR 2/1 negro	7.5 YR 3/2 pardo oscuro	7.5 YR 3/2 pardo oscuro	7.5 YR 3/4 pardo oscuro
Densidad aparente Mg/m ³	0.8	0.7	0.7	0.7
Densidad real Mg/m ³	1.9	1.9	1.9	2.4
% de porosidad	58.0	64.0	64.0	71.0
% de arena	38.8	63.6	63.6	40.0
% de limo	36.0	30.0	30.0	36.0
% de arcilla	25.2	6.4	6.4	24.0
Textura	Franco	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco
% de materia orgánica	19.1	23.4	23.4	4.4
% de carbono orgánico	10.9	13.4	13.4	2.5
% de nitrógeno total	0.75			
Relación C/N	14.5			
CICT cmol (+)/Kg	26.0	23.0	22.0	16.4
pH relación 1:2.5				
Suelo-Agua	5.2	4.5	4.7	4.9
Suelo-KCl	4.1	4.2	4.0	4.0
Δ pH	-1.1	-0.9	-0.7	-0.9
% de Saturación de bases	38.5	32.2	33.2	50.0
Cationes intercambiables cmol (+)/Kg				
Calcio	7.7	6.0	6.0	5.2
Magnesio	1.0	0.01	0.01	2.0
Sodio	1.1	1.1	1.0	0.3
Potasio	0.2	0.1	0.3	0.1
Suma de bases	10.0	7.2	7.3	7.6

Continuación: TABLA 13 Caracterización física y química del perfil 89060301, Finca La Puebla, Municipio de Zihuateutla.					
Horizonte	B21	B22	B23	B23	B2tb
Profundidad (cm)					
Límite superior	50	61	81	104	115
Límite inferior	61	81	104	115	130
Color en seco	10 YR 5/6 pardo amarillento	10 YR 5/6 pardo amarillento	10 YR 5/6 pardo amarillento	10 YR 5/6 pardo amarillento	10 YR 5/4 pardo amarillento
en húmedo	7.5 YR 3/4 pardo oscuro	7.5 YR 3/4 pardo oscuro	7.5 YR 4/6 pardo fuerte	7.5 YR 3/4 pardo oscuro	5 YR 4/6 rojo amarillento
Densidad aparente Mg/m ³	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9
Densidad real Mg/m ³	2.4	2.4	2.3	2.2	2.3
% de porosidad	67.0	67.0	66.0	64.0	61.0
% de arena	39.6	63.4	49.0	63.4	23.6
% de limo	40.0	25.2	26.6	20.2	17.0
% de arcilla	20.4	11.4	24.4	16.4	59.4
Textura	Franco	Franco arcillo arenoso	Franco arcillo arenoso	Franco arenoso	Arcilla
% de materia orgánica	3.6	3.2	1.6	1.6	0.9
% de carbono orgánico	2.2	1.8	0.9	0.9	0.5
CICT cmol(+)/Kg	14.3	15.0	12.7	15.2	18.2
pH relación 1:2.5					
Suelo-Agua	4.6	4.4	5.1	4.9	5.6
Suelo-KCl	4.1	3.8	3.9	4.1	3.7
Δ pH	-0.5	-0.6	-1.2	-0.8	-1.9
% de saturación de bases	45.0	41.6	46.5	19.7	23.0
Cationes intercambiables cmol(+)/Kg.					
Calcio	5.2	5.2	3.9	1.0	2.0
Magnesio	0.01	0.01	1.0	1.0	0.01
Sodio	1.1	0.9	0.9	0.9	0.6
Potasio	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Suma de bases	6.4	6.2	5.9	3.0	2.7

Foto 2 Perfil 89060302

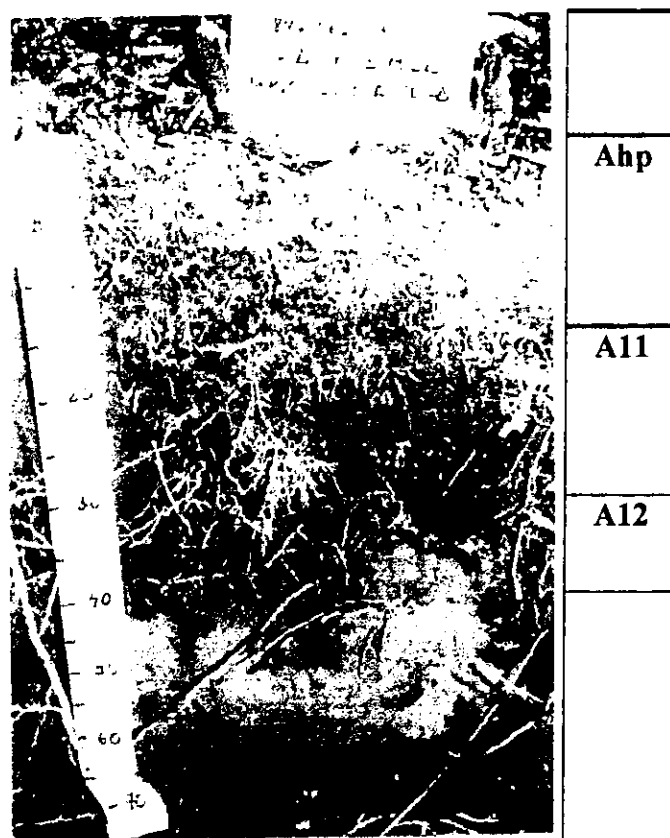


TABLA 14. Perfil 89060302 Finca La Puebla, cerca de la Finca Ures; Municipio de Zihuateutla, Edo. de Puebla.	
Coordenadas.	97 ^o 46.8' de longitud oeste y 20 ^o 17' de latitud norte.
Altitud.	600 msnm.
Temperatura media anual.	22 ^o C
Clima.	Af (m) Cálido húmedo.
Sistema de toposformas.	Lomerío.
Geología.	Ts(B) Terciario superior, Basaltos.
Pendiente.	6% ligera en dirección sureste.
Clase de pedregosidad.	Nula.
Erosión.	Nula.
Cafetal con sombra.	Sombra de Leguminosas, presenta una capa de hojarasca de 5 cm. de espesor.

TABLA 15 Morfología del perfil 89060302, Finca La Puebla, Municipio de Zihuateutla.			
1. Horizonte	Ahp	A11	A12
2. Profundidad (cm)			
Límite superior	0	13	28
Límite inferior	13	28	38
3. Humedad	Poco húmedo	Moderada	Moderada
4. Separación			
Contraste	Abrupto	Claro	Abrupto
Forma	Plano	Plano	Ondulado
5. Color	10 YR 3/1 gris muy oscuro	10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro	10 YR 4/4 pardo amarillento oscuro
6. Textura	Franco	Franco	Franco
7. Estructura			
Tipo	Granular	Migajoso	Migajoso
Clase	Media	Fina	Fina
Grado	Moderadamente desarrollada	Débilmente Desarrollada	Moderadamente Desarrollada
8. Consistencia en húmedo	Firme	Friable	Friable
en mojado	Moderadamente plástico, poco adhesivo	Moderadamente plástico, poco adhesivo	Moderadamente plástico, poco adhesivo
9. Raíces	Finas y muy finas muy abundantes, medias frecuentes, gruesas presentes	Finas y muy finas muy abundantes, medias frecuentes, gruesas presentes	Finas y muy finas muy abundantes, medias presentes, gruesas muy escasas
10. Porosidad	Macroporos y microporos muy abundantes	Macroporos y microporos muy abundantes	Macroporos y microporos muy abundantes
11. Compactación	1.5 kg/cm²	1.0 kg/cm²	0.5 kg/cm²
12. Drenaje	Eficiente	Eficiente	Eficiente
13. Otras características	Lombrices frecuentes		
14. Alofano	XXXX	XXXX	XXXX

TABLA 16 Caracterización física y química del perfil 89060302, Finca La Puebla, Municipio de Zihuateutla.

Horizonte	Ahp	A11	A12
Profundidad (cm)			
Límite superior	0	13	28
Límite inferior	13	28	38
Color en seco	10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro	10 YR 3/3 pardo oscuro	10 YR 3/3 pardo oscuro
en húmedo	10 YR 2/1 negro	10 YR 2/1 negro	7.5 YR 3/2 pardo oscuro
Densidad aparente Mg/m ³	0.7	0.7	0.7
Densidad real Mg/m ³	1.6	1.8	2.1
% de porosidad	57.0	62.0	67.0
% de arena	44.0	44.8	37.2
% de limo	43.0	30.0	36.0
% de arcilla	13.0	25.2	26.8
Textura	Franco	Franco	Franco
% de materia orgánica	24.0	15.0	9.0
% de carbono orgánico	13.8	8.7	5.0
% de nitrógeno total	1.66		
Relación C/N	8.3		
CICT cmol(+)/Kg.	36.4	22.4	19
pH Relación 1:2.5			
Suelo-agua	5.0	5.0	5.0
Suelo-KCl	4.0	4.0	4.0
Δ pH	-1.0	-1.0	-1.0
% de saturación de bases	52.1	52.8	61.6
Cationes intercambiables cmol(+)/Kg.			
Calcio	12.0	6.0	7.0
Magnesio	6.0	5.0	4.0
Sodio	0.6	0.6	0.6
Potasio	0.3	0.2	0.1
Suma de bases	18.9	11.8	11.7



Foto 3 Se observan las áreas escarpadas del Municipio, cubiertas con vegetación natural.

TABLA 17, Perfil. 89060304, Finca la Chiquita, Municipio de Zihuateutla, Edo. de Puebla.	
Coordenadas.	97° 49.4' de longitud oeste y 20° 16.4' de latitud norte.
Altitud.	740 msnm.
Temperatura media anual.	22°C
Clima.	Af(m) Cálido húmedo.
Sistema de topoformas.	Lomerio.
Geología.	Ts(B) terciario superior, Basaltos.
Pendiente.	Suave.
Clase de pedregosidad.	Nula.
Erosión.	No se aprecia.
Cafetal con sombra.	Agrosistema con sombra de <i>Inga leptoloba</i> . Se tiene una capa de hojarasca de 2.5 cm.

TABLA 18 Morfología del perfil 89060304, Finca La Chiquita, Municipio de Zihuateutla.		
1. Horizonte	Ahp11	Ahp12
2. Profundidad (cm)		
Límite superior	0	15
Límite inferior	15	25
3. Humedad	Moderada	Moderada
4. Separación		
Contraste	Abrupto	Claro
Forma	Ondulado	Ondulado
5. Color	10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro.	10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro.
6. Textura	Franco	Franco
7. Estructura		
Tipo	Granular	Granular
Clase	Fina	Media
Grado	Moderadamente desarrollada	Moderadamente desarrollada
8. Consistencia en húmedo	Friable	Friable
en mojado	Poco plástico, poco adhesivo.	Poco plástico poco adhesivo.
9. Raíces	Finas y muy finas muy abundantes, medias y gruesas presentes.	Finas y muy finas abundantes, medias frecuentes.
10. Porosidad	Macroporos y microporos abundantes	Macroporos y microporos abundantes
11. Compactación		
12. Drenaje	Eficiente	Eficiente

TABLA 19 Caracterización física y química del perfil 89060304, Finca La Chiquita, Municipio de Zihuateutla.

Horizonte	Ahp11	Ahp12
Profundidad (cm)		
Limite superior	0	15
Limite inferior	15	25
Color en seco	10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro	10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro
en húmedo	10 YR 2/1 negro a 10 YR 2/2 pardo muy obscuro	10 YR 3/3 pardo oscuro
Densidad aparente Mg/m ³	0.8	0.8
Densidad real Mg/m ³	2.1	2.2
% de porosidad	62.0	64.0
% de arena	38.2	37.8
% de limo	41.0	39.0
% de arcilla	20.8	23.8
Textura	Franco	Franco
% de materia orgánica	10.6	10.4
% de carbono orgánico	6.1	6.7
% de nitrógeno total	0.71	
Relación C/N	8.6	
CICT cmol(+)/Kg.	28.1	21.0
pH relación 1:2.5		
Suelo-agua	5.1	4.9
Suelo-KCl	4.0	3.9
Δ pH	-1.1	-1.0
% de saturación de bases	60.6	65.8
Cationes intercambiables cmol(+)/Kg.		
Calcio	11.0	7.0
Magnesio	5.0	5.0
Sodio	0.7	1.4
Potasio	0.3	0.4
Suma de bases	17.0	13.8

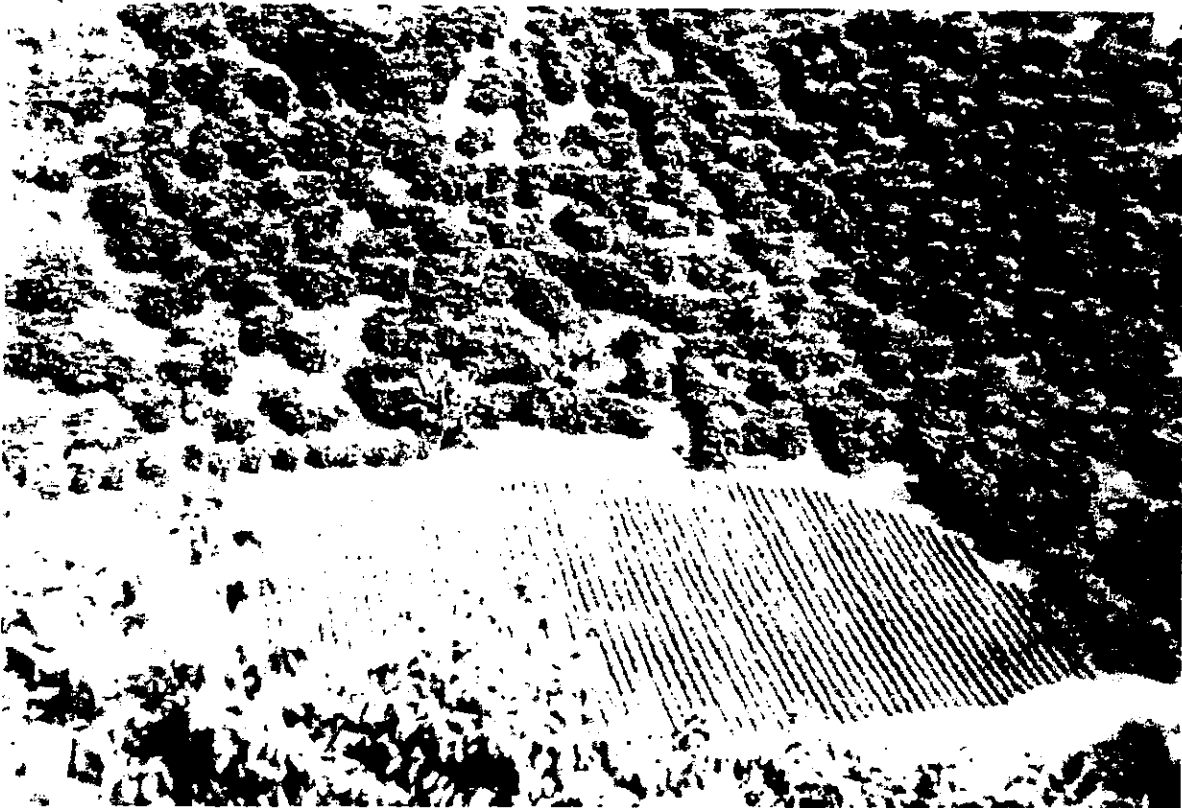


Foto 4 Cafetal al sol establecido en alta densidad, al fondo se aprecia un vivero.

TABLA 20. Perfil 89060305 Finca La Chiquita, Municipio de Zihuateutla, Edo. de Puebla.

Coordenadas.	97 ^o 49.4' de longitud oeste y 20 ^o 16.4' de latitud norte.
Altitud.	735 msnm.
Temperatura media anual	22° C
Clima	Af(m). Cálido húmedo.
Sistema de topofomas.	Lomerío.
Geología.	Ts(B) terciario superior, basaltos.
Pendiente.	Suave.
Clase de pedregosidad.	Nula.
Erosión.	No se aprecia.
Cafetal al sol.	

TABLA 21 Morfología del perfil 89060305, Finca La Chiquita, Municipio de Zihuateutla,

1. Horizonte	A1p	B11	B12
2. Profundidad (cm)			
Límite superior	0	28	44
Límite inferior	28	44	56
3. Humedad	Poca	Moderada	Moderada
4. Separación			
Contraste	Abrupto	Claro	Abrupto
Forma	Plano	Plano	Plano
5. Color	7.5 YR 3/2 pardo oscuro	7.5 YR 4/4 pardo c/policromía	7.5 YR 4/6 pardo fuerte
6. Textura	Franco	Arcilla	Arcilla
7. Estructura			
Tipo	Granular	Poliédrica subangular	Poliédrica angular
Clase	Media	Media	Media
Grado	Moderadamente desarrollada	Fuertemente desarrollada	Fuertemente desarrollada
8. Consistencia en húmedo	Friable	Firme	Firme
en mojado	Poco plástico, poco adhesivo	Plástico, adhesivo	Muy plástico, adhesivo
9. Raíces	Finas y muy finas abundantes, medias presentes.	Finas y muy finas frecuentes, medias presentes.	Finas y muy finas frecuentes, medias presentes.
10. Porosidad	Macroporos y microporos abundantes.	Microporos abundantes y macroporos frecuentes.	Microporos abundantes y macroporos frecuentes.
11. Compactación	0.9 kg/cm ²	2.9 kg/cm ²	3.5 kg/cm ²
12. Drenaje	Eficiente	Eficiente	Eficiente
13. Otras características			Argilanes frecuentes
14. Alofano	Negativo	Negativo	Negativo

Continuación: TABLA 21 Morfología del perfil 89060305, Finca La Chiquita, Municipio de Zihuateutla.			
1. Horizonte	B21	B22	B23
2. Profundidad (cm)			
Límite superior	56	77	95
Límite inferior	77	95	X
3. Humedad	Moderada	Moderada	
4. Separación			
Contraste	Difuso	Abrupto	
Forma	Plano	Plano	
5. Color	5 YR 4/6 rojo amarillento	5 YR 4/6 rojo amarillento	
6. Textura	Arcilla	Arcilla	
7. Estructura			
Tipo	Poliédrica angular	Poliédrica subangular	
Clase	Grande	Grande	
Grado	Fuertemente desarrollada	Fuertemente desarrollada	
8. Consistencia en húmedo	Muy firme	Muy firme	
en mojado	Muy plástico y adhesivo	Muy plástico y adhesivo	
9. Raíces	Finas y muy finas presentes	Escasas	
10. Porosidad	Microporos abundantes, macroporos presentes	Microporos abundantes, macroporos presentes	
11. Compactación	4.5 kg/cm²	4.5 kg/cm²	
12. Drenaje	Moderado		
13. Otras características	Argilanes frecuentes	Argilanes frecuentes	
14. Alofano	Negativo	Negativo	

TABLA 22 Caracterización física y química del perfil 89060305, Finca La Chiquita, Municipio de Zihuateutla.			
Horizonte	A1p	B11	B12
Profundidad (cm)			
Límite superior	0	28	44
Límite inferior	28	44	56
Color:			
en seco	7.5 YR 3/2 pardo oscuro	7.5 YR 4/4 pardo	7.5 YR 4/4 pardo
en húmedo	5 YR 2.5/2 pardo rojizo oscuro	2.5 YR 2.5/4 pardo rojizo oscuro	2.5 YR 2.5/4 pardo rojizo oscuro
Densidad aparente Mg/m³	0.7	0.8	0.9
Densidad real Mg/m³	2.2	2.3	2.5
% de porosidad	68.0	65.0	64.0
% de arena	37.2	13.2	5.2
% de limo	46.0	20.0	16.0
% de arcilla	16.8	66.8	78.8
Textura de suelo	Franco	Arcilla	Arcilla
% de materia orgánica	9.6	3.9	3.4
% de carbono orgánico	5.6	2.3	2.0
% de nitrógeno total	0.71		
Relación C/N	8.6		
C.I.C.T. cmol(+)/Kg.	16.7	14.5	13.9
pH relación 1:2.5			
Suelo-agua	4.6	4.5	4.5
Suelo-KCl	3.9	3.9	3.6
Δ pH	-0.7	-0.6	-0.9
% de saturación de bases	55.6	60.5	84.7
Cationes intercambiables cmol(+)/Kg.			
Calcio	9.0	8.0	5.0
Magnesio	2.0	2.0	2.0
Sodio	0.5	0.7	0.6
Potasio	0.2	0.1	0.2
Suma de bases	11.7	10.8	7.8

Continuación: TABLA 22 Caracterización física y química del perfil. 89060305, Finca La Chiquita, Municipio de Zihuateutla.			
Horizonte	B21	B22	B23
Profundidad (cm).			
Límite superior	56	77	95
Límite inferior	77	95	X
Color en seco	5 YR 4/6 rojo amarillento	5 YR 4/6 rojo amarillento	
en húmedo	2.5 YR 3/6 rojo obscuro	2.5 YR 3/4 pardo rojizo obscuro	
Densidad aparente Mg/m³	0.9	0.9	
Densidad real Mg/m³	2.5	2.6	
% de porosidad	64.0	65.0	
% de arena	4.2	1.2	
% de limo	16.0	10.0	
% de arcilla	79.8	88.8	
Textura	Arcilla	Arcilla	
% de materia orgánica	1.0	0.5	
% de carbono orgánico	0.59	0.28	
C.L.C.T. cmol(+)/Kg.	16.3	13.2	
pH relación 1:2.5			
Suelo-agua	4.6	4.4	
Suelo-KCl	3.7	3.6	
Δ pH	-0.9	-0.8	
% de saturación de bases	66.2	81.0	
Cationes intercambiables cmol(+)/Kg.			
Calcio	6.0	8.0	
Magnesio	4.0	2.0	
Sodio	0.7	0.6	
Potasio	0.10	0.09	
Suma de bases	10.8	10.7	

Foto 5 Perfil 89060502

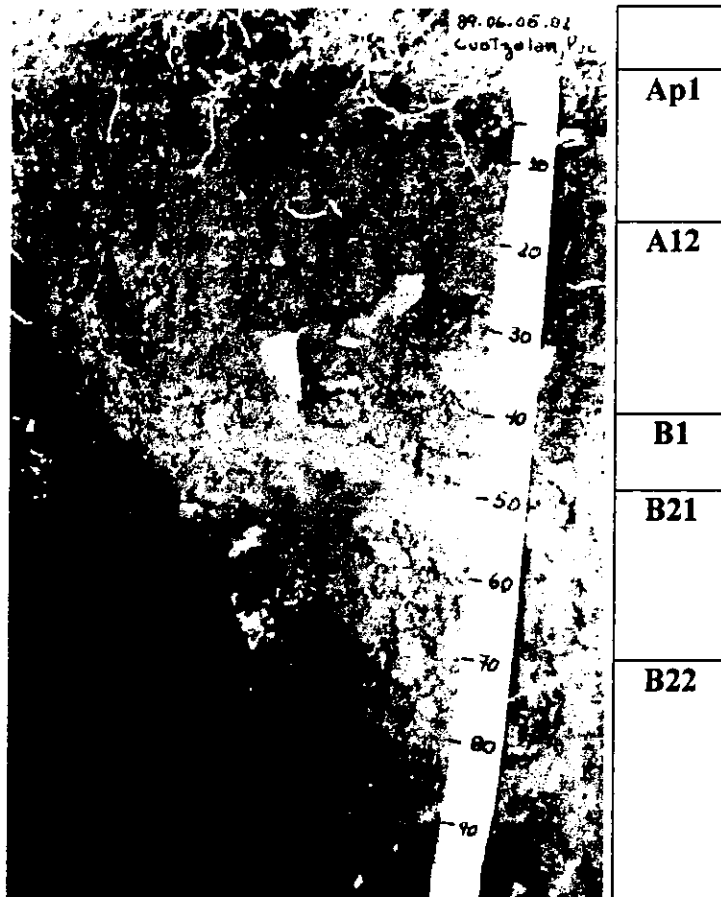


TABLA 23. Perfil 89060502, Finca del señor Flores Huidobro a 1 Km. de Acaxoloco, Municipio de Cuetzalan Edo. de Puebla.

Coordenadas.	97° 30.6' de longitud oeste y 20° 02.4' de latitud norte .
Altitud.	850 msnm.
Temperatura media anual	22° C
Clima.	(A)e(fm) Semicálido subhúmedo.
Sistema de topoformas.	Lomerío.
Geología.	Ki (Cretácico inferior) con calizas y cuarcitas. Metamorfismo.
Clase de pedregosidad.	Elevada a partir de los 17 cm.
Erosión.	No se aprecia.
Cafetal con sombra.	Sombra de <i>Inga leptoloba</i> , var. garnica, caturra, mundo novo y bourbon.

TABLA 24 Morfología del perfil 89060502, Acaxoloco, Municipio de Cuetzalan.			
1. Horizonte	Ap1	A12	B1
2. Profundidad (cm)			
Límite inferior	0	17	40
Límite superior	17	40	50
3. Humedad	Húmedo	Húmedo	Húmedo
4. Separación			
Contraste	Claro	Abrupto	Abrupto
Forma	Plano	Plano	Irregular
5. Color	10 YR 5/3 pardo	10 YR 5/4 pardo amarillento	10 YR 4/4 pardo oscuro amarillento.
6. Textura	Arcilla	Arcilla (esquelético)	Arcilla (esquelético).
7. Estructura			
Tipo	Bloques subangulares.	Bloques subangulares.	Bloques subangulares
Clase	Medios y grandes	Grandes	Grandes
Grado	Desarrollados	Desarrollados	Fuertemente desarrollados
8. Consistencia en húmedo	Firme	Firme	Firme
en mojado	Poco plástico y adhesivo	Poco plástico y adhesivo	plástico y adhesivo
9. Raíces	Finas escasas, medias frecuentes.	Finas escasas, medias frecuentes.	Medias muy escasas .
10. Porosidad	Poros medios y grandes abundantes.	Poros medios y grandes abundantes.	Poros medios abundantes, finos frecuentes.
11. Compactación	2.5 kg/cm²	1.6 kg/cm²	1.5 kg/cm²
12. Drenaje			
13. Otras características: (% Pedregosidad)	20-30	40	50

Continuación: TABLA 24 Morfología del perfil 89060502, Acaxoloco, Municipio de Cuetzalan.		
1. Horizonte	B21	B22
2. Profundidad (cm).		
Límite inferior	50	70
Límite superior	70	100
3. Humedad	Húmedo	Húmedo
4. Separación		
Contraste	Abrupto	Abrupto
Forma	Plano	
5. Color	7.5 YR 6/8 amarillo rojizo.	7.5 YR 5/8 pardo fuerte
6. Textura	Arcilla (esquelético)	Arcilla (esquelético)
7. Estructura		
Tipo	Bloques angulares.	Bloques angulares.
Clase	Grandes	Grandes.
Grado	Fuertemente desarrollados.	Fuertemente desarrollados.
8. Consistencia		
en húmedo	Firme.	Firme.
en mojado	Plástico, adhesivo.	Plástico, adhesivo.
9. Raíces	Medias muy escasas.	Medias muy escasas.
10. Porosidad	Macroporos escasos, medias frecuentes, microporos frecuentes.	Macroporos y microporos frecuentes.
11. Compactación	1.25 kg/cm² compacto.	1.75 kg/cm² muy compacto.
12. Drenaje		
13. Otras características: (% Pedregosidad)	60	50

TABLA 25 Caracterización física y química del perfil 89060502, Acaxoloco, Municipio de Cuetzalan.

Horizonte	Ap1	A12	B1
Profundidad (cm)			
Límite superior	0	17	40
Límite inferior	17	40	50
Color			
en seco	10 YR 5/3 pardo	10 YR 5/4 pardo amarillento	10 YR 6/6 amarillo pardo
en húmedo	7.5 YR 3/2 pardo obscuro	7.5 YR 4/4 pardo	7.5 YR 4/6 pardo fuerte
Densidad aparente Mg/m ³	0.8	0.9	0.9
Densidad real Mg/m ³	2.2	2.4	2.5
% de Porosidad	64.0	63.0	64.0
% de arena	15.6	19.6	49.6
% de limo	30.4	24.4	6.4
% de arcilla	54	56	44
Textura	Arcilla	Arcilla	Arcillo arenoso
% de materia orgánica	9.7	7.0	1.9
% de carbono orgánico	5.6	4.1	1.1
% de nitrógeno total	1.1	4.9	
Relación C/N	1.2	2.7	
CICT cmol(+)/Kg.	24.7	23.7	22.9
pH relación 1:2.5			
Suelo-agua	3.6	4.1	3.9
Suelo-KCl	3.3	3.4	3.4
Δ pH	-0.3	-0.7	-0.5
% de saturación de bases	70.1	64.5	40.3
Cationes intercambiables cmol(+)/Kg.			
Calcio	6.0	5.0	4.0
Magnesio	10.0	9.0	4.0
Sodio	1.13	1.0	0.96
Potasio	0.2	0.3	0.3
Suma de bases	17.3	15.3	9.26

Continuación: TABLA 25 Caracterización física química del perfil 89060502, Acaxoloco, Municipio de Cuetzalan.		
Horizonte	B21	B22
Profundidad (cm)		
Límite superior	50	70
Límite inferior	70	100
Color en seco	7.5 YR 6/8 amarillo rojizo	7.5 YR 7/8 amarillo rojizo
en húmedo	7.5 YR 5/8 pardo fuerte	5 YR 5/8 rojo amarillento
Densidad aparente Mg/m³	0.9	1.0
Densidad real Mg/m³	2.1	2.5
% de Porosidad	57.0	43.0
% de arena	23.6	39.6
% de limo	12.0	6.4
% de arcilla	60.4	54.0
Textura	Arcilla	Arcilla
% de materia orgánica	0.8	0.6
% de carbono orgánico	0.4	0.4
CICT cmol(+)/Kg.	26.5	26.0
pH relación 1:2.5		
Suelo-agua	4.1	4.4
Suelo-KCl	3.2	3.5
Δ pH	-0.9	-0.9
% de saturación de bases	35.0	28.0
Cationes intercambiables cmol(+)/Kg.		
Calcio	4.0	2.0
Magnesio	4.0	4.0
Sodio	1.0	1.0
Potasio	0.28	0.28
Suma de bases	9.28	7.28



Foto 6 Se observa la gran cantidad de pedregosidad de material sedimentario.

TABLA 26. Perfil 89060601 Finca Calatepec; Municipio de Cuetzalan, Edo. de Puebla.

Localidad.	
Coordenadas.	97°30' de longitud oeste y 20°02.7' de latitud norte.
Altitud.	820 msnm.
Temperatura media anual.	22° C
Clima.	(A)C(fm) Semicálido subhúmedo.
Sistema de toposformas.	Lomerio.
Geología.	Ki (cretácico inferior) con calizas y cuarcitas.
Pendiente.	Inclinada 9%.
Clase de pedregosidad.	Moderada de rocas metamórficas y sedimentarias.
Erosión.	Poco apreciable, aunque hay indicios de pérdida de suelo en el perfil.
Cafetal con sombra.	Sombra de <i>Inga leptoloba</i> , cítricos y jicarillos, <i>Coffea arabica</i> var. <i>garnica</i> , caturra, mundo novo y bourbon.

TABLA 27 Morfología del perfil 89060601, Finca Calatepec; Municipio de Cuetzalan.			
1. Horizonte	A11p	A12p	B1
2. Profundidad (cm)			
Límite inferior	0	15	28
Límite superior	15	28	44
3. Humedad	Húmedo.	Húmedo.	Húmedo.
4. Separación			
Contraste	Claro	Difuso	Difuso
Forma	Ondulado	Ondulado	Poco ondulado
5. Color	10 YR 4/3 pardo.	10 YR 4/4 pardo amarillento obscuro.	10 YR 4/4 pardo amarillento obscuro.
6. Textura	Franco arcilloso.	Arcillo arenoso.	Arcilla (esquelética).
7. Estructura			
Tipo	Granular y en bloques subangulares.	Granular y en bloques subangulares.	Bloques subangulares.
Clase	Finos.	Medios.	Finos y medios.
Grado	Moderadamente desarrollada	Moderadamente desarrollada	Moderadamente desarrollada
8. Consistencia en húmedo	Firme	Firme.	Firme.
en mojado	Moderadamente adhesivo y plástico.	Moderadamente adhesivo, plástico.	Moderadamente adhesivo y plástico.
9. Raíces	Muy finas, finas y medias abundantes.	Muy finas, finas y medias abundantes, gruesas presentes.	Finas y medias frecuentes.
10. Porosidad	Abundantes macroporos y microporos.	Macroporos y microporos abundantes.	Macroporos frecuentes, microporos abundantes.
11. Compactación	1.58 kg/cm².	2.00 kg/cm².	1.83 kg/cm².
12. Drenaje	Eficiente.	Eficiente.	Eficiente.
13. Otras características	30% de pedregosidad (gravillas, gravas y guijarros).	30% de pedregosidad (gravillas, gravas y guijarros).	40% de guijarros y rocas presentes.
14. Alofano	XX	XX	XX

Continuación: TABLA 27 Morfológica del perfil. 89060601, Finca Calatepec; Municipio de Cuetzalan.			
1. Horizonte	B2	BC	C
2. Profundidad (cm)	44	61	80
Límite inferior			
Límite superior	61	80	X
3. Humedad	Húmedo.	Húmedo.	Húmedo.
4. Separación Contraste	Difuso	Claro	
Forma	Quebrado	Ondulado	
5. Color	10 Y 5/4 pardo amarillento obscuro.	10 YR 4/4 pardo amarillento obscuro.	7.5 YR 4/4 pardo.
6. Textura	Arcillo arenoso.	Arcilla.	Arcilla.
7. Estructura Tipo	Bloques subangulares	Bloques subangulares	Bloques subangulares
Clase	Medios	Medios	Grandes
Grado	Moderadamente desarrollada	Fuertemente desarrollados	Fuertemente desarrollados
8. Consistencia en húmedo	Firme	Firme	Firme
en mojado	Muy plástico. Adhesivo	Muy adhesivo y muy plástico	Muy adhesivo y muy plástico
9. Raíces	Finas y medias frecuentes	Finas y medias frecuentes	Finas y medias frecuentes, gruesas escasas
10. Porosidad	Macroporos presentes, microporos abundantes.	Abundantes poros medios, macroporos y microporos presentes.	Abundantes poros medios, macroporos y microporos presentes.
11. Compactación	1.16 kg/cm²	2.17 kg/cm²	1.7 kg/cm²
12. Drenaje	Eficiente	Moderado	Lento
13. Otras características	60% de pedregosidad, cuarcitas, pizarras.	Argilanes presentes.	Rocas.
14. Alofano	XXX		

TABLA 28 Caracterización física y química del perfil 89060601, Finca Calatepec; Municipio de Cuetzalan.

Horizonte	A11p	A12p	B1
Profundidad (cm)			
Límite superior	0	15	28
Límite inferior	15	28	44
Color en seco	10 YR 5/4 pardo amarillento	10 YR 5/4 pardo amarillento obscuro	10 YR 5/4 pardo amarillento
en húmedo	10 YR 3/4 pardo amarillento obscuro	10 YR 3/4 pardo amarillento obscuro.	7.5 YR 3/4 pardo obscuro
Densidad aparente Mg/m ³	0.8	0.9	0.8
Densidad real Mg/m ³	2.38	2.38	2.37
% de porosidad	66.0	62.0	66.0
% de arena	34.8	55.8	44.8
% de limo	33.2	5.8	7.2
% de arcilla	32.0	38.4	48.0
Textura	Franco arcilloso.	Arcillo arenoso.	Arcilla
% de materia orgánica	5.8	3.9	2.5
% de carbono	3.4	2.3	1.5
% de nitrógeno total		0.65	
Relación C/N		3.54	
CICT cmol(+)/Kg.	19.3	24.3	20.2
pH relación 1:2.5			
Suelo-agua	5.0	5.0	4.9
Suelo-KCl	4.0	3.8	3.7
Δ pH	-1.0	-1.2	-1.2
% de saturación de bases	83.9	45.4	45.2
Cationes intercambiables cmol(+)/Kg.			
Calcio	4.0	2.0	2.0
Magnesio	11.0	8.0	6.0
Sodio	1.0	0.9	1.0
Potasio	0.2	0.15	0.15
Suma de bases	16.2	11.0	9.1

Continuación: TABLA 28 Caracterización física y química del perfil 89060601, Finca Calatepec; Municipio de Cuetzalan.			
Horizonte	B2	BC	C
Profundidad (cm)			
Límite superior	44	61	80
Límite inferior	61	80	X
Color en seco	10 YR 6/4 pardo amarillento claro	10 YR 6/4 pardo amarillo claro.	10 YR 4/4 pardo amarillento oscuro
en húmedo	10 YR 4/4 pardo amarillento oscuro	7.5YR 4/4 pardo	7.5 YR 3/4 pardo oscuro
Densidad aparente Mg/m³	0.9	0.9	1.0
Densidad real Mg/m³	2.4	2.3	2.4
% de porosidad	62.0	61.0	58.0
% de arena	34.0	32.0	10.8
% de limo	22.0	17.0	31.0
% de arcilla	44.0	51.0	58.0
Textura	Arcilla	Arcilla	arcilla
% de materia orgánica	2.0	1.4	1.3
% de carbono	1.2	0.8	0.8
CICT cmol(+)/Kg.	17.7	22.4	36.6
pH relación 1:2.5			
Suelo-agua	4.8	4.9	6.4
Suelo-KCl	3.9	3.7	5.7
Δ pH	-0.9	-1.2	-0.7
% de saturación de bases	74.5	50.0	28.6
Cationes intercambiables cmol(+)/Kg.			
Calcio	4.0	2.0	7.0
Magnesio	8.0	8.0	2.0
Sodio	1.0	1.0	1.0
Potasio	0.2	0.2	0.5
Suma de bases	13.2	11.2	10.5

TABLA 29. Perfil 89060603, Finca La Loma, Acaxoloco, Municipio de Cuetzalan, Edo. de Puebla.

Coordenadas.	A 97°30.7' de longitud oeste y 20°03' de latitud norte.
Altitud.	820 msnm.
Precipitación media anual.	Del mes mas seco mayor de 40 mm y el porcentaje de precipitación invernal mayor de 18.
Temperatura media anual	22° C
Clima.	(A)C(fm) Semicálido subhúmedo.
Sistema de topoformas.	Lomerío.
Geología.	Ki (cretácico inferior) con calizas y cuarcitas.
Pendiente.	10 % en dirección este.
Clase de pedregosidad.	Superficial abundante.
Erosión.	No se aprecia.
Cafetal con sombra en cultivo mixto.	Sombra de <i>Inga leptoloba</i> e <i>Inga spuria</i> , cítricos, guayaba.

TABLA 30 Morfológica del perfil 89060603, Finca La Loma, Acaxoloco, Municipio de Cuetzalan.			
1. Horizonte	Ap11	Ap12	A13
2. Profundidad (cm)			
Límite inferior	0	13	37
Límite superior	13	37	60
3. Humedad	Húmedo.	Húmedo.	Húmedo.
4. Separación Contraste	Difuso	Abrupto	Abrupto
Forma	Ondulado	Plano	Ondulado
5. Color	10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro.	10 YR 3/3 pardo oscuro.	10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro.
6. Textura	Franco (esquelético).	Franco arcillo arenoso (esquelético).	Franco arcillo limoso (esquelético).
7. Estructura Tipo	Granular	Bloques subangulares.	Bloques subangulares.
Clase	Finos a medios	Grandes.	Medios a grandes
Grado	Moderadamente desarrollados	Moderadamente desarrollados	Moderadamente desarrollados
8. Consistencia en húmedo	Friable	Friable	Friable
en mojado	poco adhesivo moderadamente plástico.	Poco adhesivo, poco plástico.	Adhesivo moderadamente plástico.
9. Raíces	Finas abundantes, medias frecuentes, gruesas presentes.	Medias frecuentes y gruesas presentes.	Finas presentes, medias muy escasas.
10. Porosidad	Macroporos frecuentes, poros finos y medios presentes,	Macroporos abundantes, microporos frecuentes.	Macroporos frecuentes, microporos abundantes.
11. Compactación	1.5 kg/cm ²	0.83 kg/cm ²	0.66 kg/cm ²
12. Drenaje	Eficiente.	Eficiente.	Eficiente.
13. Otras características	50 % de pedregosidad como gravas, coluviones y guijarros.	60% de pedregosidad como gravas, coluviones y guijarros.	40 % de pedregosidad con predominio de gravas.
14. Alofano	XXXX	XXXX	XXX

Continuación: TABLA 30 Morfología del perfil 89060603, Finca La Loma, Acaxoloco, Municipio de Cuetzalan.			
1. Horizonte	B1	BC	C
2 Profundidad (cm).			
Límite inferior	60	71	84
Límite superior	71	84	123
3. Humedad	Húmedo.	Húmedo.	Húmedo.
4. Separación Contraste	Abrupto	Claro	
Forma	Ondulado	Ondulado	
5. Color	10 Y 3/2 pardo grisáceo muy oscuro.	10 YR 4/4 pardo amarillento oscuro.	7.5 YR 5/6 pardo fuerte.
6. Textura	Arcillo limoso. (esquelético)	Franco arcilloso (esquelético)	(esquelético).
7. Estructura Tipo	Bloques subangulares	Bloques subangulares	
Clase	Medios a grandes	Medios a grandes	
Grado	Moderadamente desarrollada	Fuertemente desarrollados	
8. Consistencia en húmedo	Firme	Firme	
en mojado	adhesivo y plástico.	Adhesivo y muy plástico	
9. Raíces	Finas presentes, medias y grandes muy escasas.	Muy escasas.	Muy escasas.
10. Porosidad	Macroporos abundantes, microporos muy abundantes.	Macroporos y microporos abundantes.	
11. Compactación	0.92 kg/cm ²	0.42 Kg./cm ²	
12. Drenaje	Eficiente.	Abundante.	
13. Otras características	30% de pedregosidad de guijarros y gravas, argilanes frecuentes y continuos.	80% de pedregosidad, un 35% es de gravillas argilanes frecuentes y continuos.	Lajas muy cortantes en un 95% de la capa.
14. A lofano	XXX	XX	T

TABLA 31 Caracterización física y química del perfil 89060603, Finca La Loma, Acaxoloco, Municipio de Cuetzalan.			
Horizonte	Ap11	Ap12	A13
Profundidad (cm)			
Límite superior	0	13	37
Límite inferior	13	37	60
Color en seco	10 YR 5/2 pardo grisáceo.	10 YR 5/3 pardo	10 YR 5/3 pardo.
en húmedo	10 YR 2/2 pardo muy oscuro.	10 YR 3/3 pardo oscuro.	10 YR 3/3 pardo oscuro.
Densidad aparente Mg/m^3	0.7	0.7	0.7
Densidad real Mg/m^3	2.3	2.2	2.5
% de porosidad	69.0	68.0	72.0
% de arena	43.8	60.8	61.8
% de limo	39.4	19	21.0
% de arcilla	16.8	20.2	17.2
Textura	Franco	Franco arcillo arenoso.	Franco arcillo arenoso.
% de materia orgánica	10.0	6.3	6.8
% de carbono orgánico	5.8	3.6	4.0
% de nitrógeno total	0.7		
Relación C/N	8.2		
CICT $cmol(+)/Kg.$	19.4	14.2	15.2
pH relación 1:2.5			
Suelo-agua	4.1	4.7	4.6
Suelo-KCl	3.7	3.9	4.1
Δ pH	-0.4	-0.8	-0.5
% de saturación de bases	41.7	35.9	38.76
Cationes intercambiables $cmol(+)/Kg.$			
Calcio	2.0	2.0	2.0
Magnesio	5.0	2.0	2.0
Sodio	0.95	0.86	0.86
Potasio	0.15	0.23	0.12
Suma de bases	8.1	5.09	4.98

Continuación: TABLA 31 Caracterización física y química del perfil 89060603, Finca La Loma, Acaxoloco, Municipio de Cuetzalan.			
Horizonte	B1	BC	C
Profundidad (cm)			
Límite superior	60	71	84
Límite inferior	71	84	123
Color en seco	10 YR 5/3 pardo.	10 YR 6/4 pardo amarillento claro.	Rocas fragmentadas
en húmedo	10 YR 3/3 pardo oscuro.	10 YR 4/4 pardo amarillento oscuro.	
Densidad aparente Mg/m ³	0.8	0.8	
Densidad real Mg/m ³	2.4	2.5	
% de porosidad	67.0	68.0	
% de arena	43.6	47.8	
% de limo	14.8	27.0	
% de arcilla	41.6	25.2	
Textura	Franco areno arcilloso.	Franco arcillo arenoso.	
% de materia orgánica	5.6	2.7	
% de carbono orgánico	3.3	1.6	
CICT cmol(+)/Kg.	15.2	7.6	
pH relación 1:2.5			
Suelo-agua	5.7	4.3	
Suelo-KCl	5.4	3.8	
Δ pH	-0.3	-0.5	
% de saturación de bases	32.5	65	
Cationes intercambiables cmol(+)/Kg.			
Calcio	1.0	2.0	
Magnesio	3.0	2.0	
Sodio	0.82	0.82	
Potasio	0.12	0.12	
Suma de bases	4.94	4.94	

Foto 7 Perfil 91052101

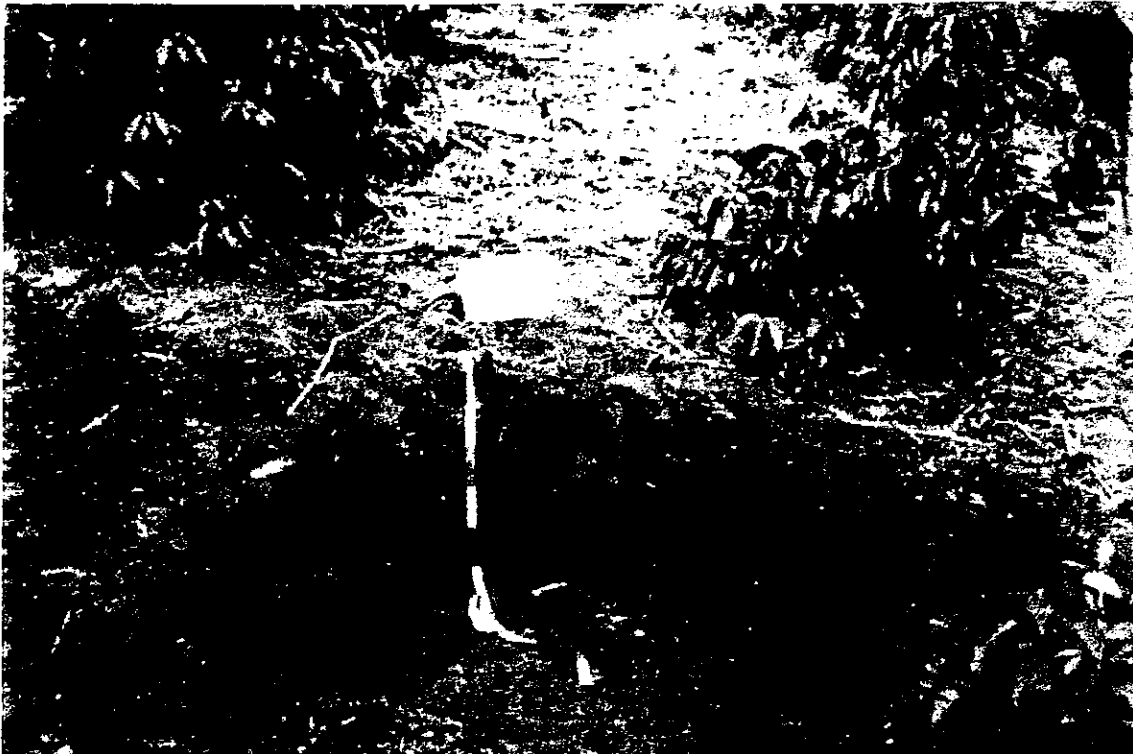


TABLA 32. Perfil 91052101 Finca Los Idolos, Municipio de Xicotepec de Juárez, Edo. de Puebla.

Coordenadas.	97°49.34' de longitud oeste y 20°22.08' de latitud norte.
Altitud.	590 msnm.
Temperatura media anual.	24°C
Clima.	(A)C(fm), Semicálido subhúmedo.
Sistema de topoformas.	Montuosa.
Geología.	Ts(B) Terciario Superior, Basalto.
Pendiente.	Norte noreste (18-35%) con 50° de pendiente convexa.
Clase de pedregosidad.	Casi nula.
Erosión.	Leve.
Cafetal al sol.	<i>Coffea arabica</i> var. caturra roja y amarilla, con residuos de la vegetación natural esparcidos en algunos sitios, se encuentra chaca, plátano, bienvenido, cedro, caoba, candelilla, anona, mandarina, guayaba, pipianillo, chalchihuite, entre los cafetos hay cultivo de yuca.

TABLA 33 Morfología del perfil. 91052101, Finca Los Idolos, Municipio de Xicotepec de Juárez.			
1. Horizonte	Ap1	Ap2	B1
2. Profundidad (cm)			
Límite superior	0	9	25
Límite inferior	9	25	36
3. Humedad	Poco húmedo	Húmedo	Húmedo
4. Separación			
Contraste	Abrupto	Difuso	Claro
Forma	Ondulado	Ondulado	Ondulado
5. Color	7.5 YR 3/2 pardo oscuro	7.5 YR 3/2 pardo oscuro	5 YR 3/4 pardo rojizo oscuro
6. Textura	Franco arcilloso	Franco	Arcilla
7. Estructura			
Tipo	Granular	Bloques subangulares	Bloques subangulares
Clase	Fina	Media	Media
Grado	Fuertemente desarrollada	Moderadamente desarrollada	Moderadamente desarrollada
8. Consistencia en húmedo			
en mojado	Firme	Firme	Firme
9. Raíces	Adhesivo, poco plástico	Adhesivo, poco plástico	Muy adhesivo, plástico
	Finas y muy finas abundantes, medias y gruesas presentes	Finas y muy finas abundantes, medias escasas	Finas y muy finas moderadas, medias abundantes moderadas
10. Porosidad	Macro y microporos muy abundantes	Macro y microporos muy abundantes	Macro y microporos abundantes
11. Compactación	No compacto	1.51 kg/cm²	3.5 kg/cm²
12. Drenaje	Eficiente	Eficiente	Eficiente
13. Otras características	Poca pedregosidad de pizarras de CaCO₃		
14. Alofano:		X	2x

Continuación: TABLA 33 Morfología del perfil 91052101 Finca Los Idolos, Municipio de Xicotepec de Juárez.		
1. Horizonte	B2	B22
2. Profundidad (cm)		
Límite superior	36	48
Límite inferior	48	60-x
3. Humedad:	Húmedo	Húmedo
4. Separación		
Contraste	Difuso	Difuso
Forma	Ondulado	
5. Color	2.5 YR 2.5/4 pardo rojizo oscuro	2.5 YR 3/6 rojo oscuro
6. Textura	Arcilla	Arcilla
7. Estructura		
Tipo	Bloques subangulares	Bloques subangulares
Clase	Media	Media
Grado	Fuertemente desarrollado	Fuertemente desarrollado
8. Consistencia en húmedo	Muy firme	Muy firme
en mojado	Muy adhesivo, muy plástico	Adhesivo, plástico
9. Raíces	Finas moderadas, muy finas escasas	Finas moderadas, medias y gruesas escasas
10. Porosidad	Macroporos muy abundantes	Microporos abundantes, macroporos frecuentes
11. Compactación	3.0 kg/cm²	1.58 kg/cm²
12. Drenaje	Eficiente	Moderado
13. Otras características	Presencia moderada de cutanes	Sin cutanes
14. Alofano	2X	2X

TABLA 34 Caracterización física y química del perfil 91052101 Finca Los Idolos, Municipio de Xicotepec de Juárez.			
Horizonte	Ap1	Ap2	B1
Profundidad (cm).			
Límite superior	0	9	25
Límite inferior	9	25	36
Color.			
en seco	10 YR 4.5/3 pardo	7.5 YR 3/4 pardo obscuro	7.5 YR 4/4 pardo
en húmedo	5 YR 2.5/2 pardo rojizo obscuro	5 YR 3/2 pardo rojizo obscuro	5 YR 3/3 pardo rojizo obscuro
Densidad aparente Mg/m³	0.92	0.86	0.89
Densidad real Mg/m³	2.39	2.51	2.26
% de porosidad	62.0	66.0	61.0
% de arena	60.8	52.8	36.8
% de limo	16.0	16.0	12.0
% de arcilla	23.2	31.2	51.2
Textura del suelo	Franco arcillo arenoso	Franco arcillo arenoso	Arcilla
% de materia orgánica	10.4	5.2	2.9
% de carbono orgánico	6.03	3.02	1.68
% de nitrógeno total	0.5	0.6	
Relación C/N	12.3	5.2	
CICT cmol(+)/Kg.	16.9	15.6	15.6
pH en relación 1:2.5 Suelo-agua	4.25	4.65	4.71
Suelo-KCl	3.82	3.83	3.91
Δ pH	-0.4	-0.8	-0.8
% de saturación de bases	50.90	49.87	21.45
Cationes intercambiables cmol(+)/Kg.			
Calcio	4.0	2.0	2.0
Magnesio	4.0	5.0	1.0
Sodio	0.2	0.6	0.2
Potasio	0.4	0.1	0.1
Suma de bases	8.6	7.8	3.3

Continuación: TABLA 34 Caracterización física química del perfil 91052101 Finca Los Idolos, Municipio de Xicotepec de Juárez.		
Horizonte	B2	B22
Profundidad (cm)		
Límite superior	36	48
Límite inferior	48	60-x
Color en seco	7.5 YR 4/6 pardo fuerte	5 YR 5/6 rojo amarillento
en húmedo	5 YR 3/4 pardo rojizo oscuro	5 YR 4.5/4 pardo rojizo
Densidad aparente Mg/m³	0.93	0.93
Densidad real Mg/m³	2.15	2.55
% de porosidad	57	64
% de arena	26.8	14.8
% de limo	8.0	12.0
% de arcilla	65.2	73.2
Textura del suelo	Arcilla	Arcilla
% de materia orgánica	2.5	1.0
% de carbono orgánico	1.45	0.58
CICT cmol(+)/Kg.	16.9	11.7
pH en relación 1-2.5	4.67	4.71
Suelo-agua		
Suelo-KCl	3.96	3.99
Δ pH	-0.7	-0.7
% de saturación de bases	30.79	35.17
Cationes intercambiables cmol(+)/Kg.		
Calcio	2.0	2.0
Magnesio	2.0	1.0
Sodio	0.4	0.2
Potasio	0.8	0.9
Suma de bases	5.2	4.1

TABLA 35. Perfil 91052102, Finca Los Idolos, Municipio de Xicotepec de Juárez, Edo. de Puebla.	
Coordenadas.	97 ^o 49.34' de longitud oeste y 20 ^o 22.08' de latitud norte.
Altitud.	580 msnm.
Temperatura media anual	24 ^o C
Clima.	(A)C(fm). Semicálido subhúmedo.
Sistema de topofomas.	Montuosa.
Geología.	Ts (B) terciario superior, basalto.
Pendiente.	De 15% con orientación sur y 35 ^o al suroeste.
Clase de pedregosidad.	Casi nula.
Erosión.	Nula.
Cafetal con sombra en cultivo mixto.	Sombra de <i>Inga leptoloba</i> . <i>Coffea arabica</i> , var. caturra roja y amarilla.

TABLA 36 Morfológica del perfil 91052102, Finca Los Idolos, Municipio de Xicotepec de Juárez.			
1. Horizonte	Ap1	Ap2	B1
2. Profundidad (cm)			
Límite superior	0	1.5	15
Límite inferior	1.5	15	38
3. Humedad	Húmedo	Húmedo	Húmedo
4. Separación			
Contraste	Claro	Difuso	Difuso
Forma	Ondulada	Ondulada	Plana
5. Color	10 YR 4/2 pardo grisáceo oscuro	10 YR 3/3 pardo oscuro	7.5 YR 3/4 pardo oscuro
6. Textura	Franco	Franco	Migajon arcilloso
7. Estructura			
Tipo	Granular	Bloques subangulares	Bloques subangulares
Clase	Media	Grande	Grande
Grado	Bien desarrollado	Fuertemente desarrollado	Bien desarrollado
8. Consistencia en húmedo	Firme	Firme	Firme
en mojado	No plástico, poco adhesivo	Muy plástico y adhesivo	Muy poco plástico, adhesivo.
9. Raíces	Finas y muy finas abundantes, medias abundantes	Gruesas y medias presentes, finas y muy finas abundantes	Gruesas presentes, medias frecuentes, finas abundantes.
10. Porosidad	Macroporos abundantes, microporos frecuentes	Macro y microporos muy abundantes	Macro y microporos abundantes.
11. Compactación	> de 4.5 kg/cm²	> de 4.5 kg/cm²	> de 4.5 kg/cm²
12. Drenaje	Eficiente	Eficiente	Eficiente
13. Otras características			Presencia de cutanes
14. Alofano	Negativo	Negativo	3x

Continuación: TABLA 36 Morfología del perfil 91052102, Finca Los Idolos, Municipio de Xicotepec de Juárez.		
1. Horizonte	B2	B22
2. Profundidad (cm)		
Límite superior	38	50
Límite inferior	50	X
3. Humedad	Húmedo	Húmedo
4. Separación		
Contraste	Difuso	
Forma	Plana	
5. Color	10 YR 3/4 pardo amarillento oscuro	7.5 YR 4/6 pardo fuerte, un 10% de moteado, 10 YR 5/8 pardo amarillento
6. Textura	Arcilloso	Arcilloso
7. Estructura		
Tipo	Bloques subangulares	Bloques angulares y subangulares
Clase	Grande	Grande
Grado	Bien desarrollada	Fuertemente desarrollada
8. Consistencia en húmedo	Firme	Firme
en mojado	Poco plástico, muy adhesivo	Plástico, muy adhesivo
9. Raíces	Medias y finas frecuentes	Gruesas, finas y muy finas presentes
10. Porosidad	Macroporos frecuentes, microporos abundantes	Macro y microporos abundantes
11. Compactación	> de 4.5 kg/cm²	> de 4.5 kg/cm²
12. Drenaje	Eficiente	Eficiente
13. Otras características	Cutanes frecuentes, concreciones oscuras	Cutanes frecuentes, concreciones oscuras
14. Alofano	2X	2X

TABLA 37 Caracterización física y química del perfil 91052102, Finca Los Idolos, Municipio de Xicotepec de Juárez.

Horizonte	Ap1	Ap2	B1
Profundidad (cm)			
Límite superior	0	1.5	15
Límite inferior	1.5	15	38
Color en seco	10 YR 3/3 pardo fuerte	10 YR 4/3 pardo muy oscuro	7.5 YR 3/4 pardo fuerte
en húmedo	10 YR 2.5/2 pardo grisáceo muy oscuro	10 YR 2/2 pardo muy oscuro	5 YR 3/3 pardo rojizo oscuro
Densidad aparente Mg/m ³	0.88	0.91	0.98
Densidad real Mg/m ³	2.31	2.47	1.98
% de porosidad	62.0	63.0	51.0
% de arena	51.8	44.8	16.0
% de limo	16.0	20.0	14.0
% de arcilla	32.2	35.2	70.0
Textura del suelo	Franco arcilloso	Franco arcilloso	Arcilla
% de materia orgánica	7.70	6.11	3.08
% de carbono orgánico	4.47	3.54	1.79
% de nitrógeno total	1.0	0.6	
Relación C/N	4.5	5.8	
CICT cmol(+)/Kg.	16.9	16.9	15.6
pH en relación 1:2.5			
Suelo-agua	4.99	5.11	4.70
Suelo-KCl	4.13	4.12	4.06
Δ pH	-0.9	-1.0	-0.6
% de saturación de bases	69.94	73.81	59.91
Cationes intercambiables cmol(+)/Kg.			
Calcio	8.0	5.0	4.00
Magnesio	3.0	7.0	5.00
Sodio	0.4	0.2	0.22
Potasio	0.4	0.3	0.13
Suma de bases	11.8	12.5	9.3

(Continuación) TABLA 37 Caracterización física y química del perfil 91052102, Finca Los Idolos, Municipio de Xicotepec de Juárez.		
Horizonte	B2	B22
Profundidad (cm)		
Límite superior	38	50
Límite inferior	50	X
Color en seco	7.5 YR 4/4 pardo	7.5 YR 4/4 pardo
en húmedo:	5 YR 3/3 pardo rojizo oscuro	5 YR 4/4 pardo rojizo
Densidad aparente Mg/m³	1.0	0.93
Densidad real Mg/m³	2.24	2.42
% de porosidad	55.0	62.0
% de arena	18.8	13.1
% de limo	14.0	12.0
% de arcilla	67.2	74.9
Textura del suelo	Arcilla	Arcilla
% de materia orgánica	2.7	1.7
% de carbono orgánico	1.5	1.01
CICT cmol(+)/Kg.	16.9	16.9
pH en relación 1:2.5		
Suelo- agua	5.2	5.1
Suelo-KCl	4.1	4.2
Δ pH	-1.1	-0.9
% de saturación de bases	57.9	50.7
Cationes intercambiables cmol(+)/Kg.		
Calcio	3.0	2.0
Magnesio	6.0	6.0
Sodio	0.6	0.4
Potasio	0.1	0.1
Suma de bases	9.8	8.6

Foto 8 Perfil 91052103

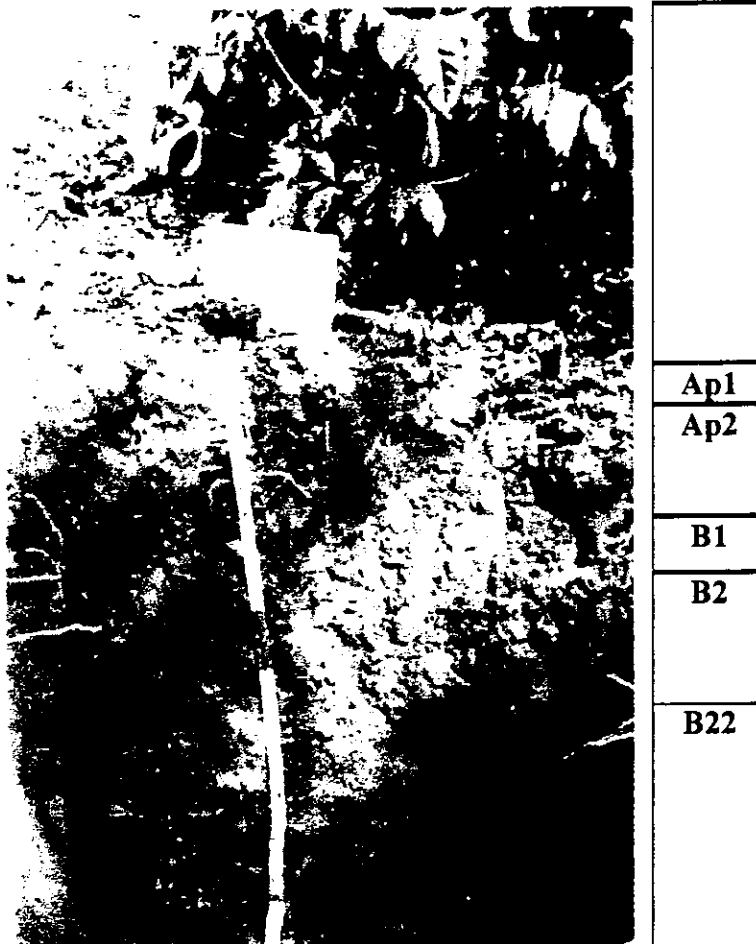


TABLA 38. Perfil 91052103 a 500 metros de Santa Rita, frente a la Finca Los Ídolos, Municipio de Xicotepec de Juárez, Edo. de Puebla.

Coordenadas.	97° 40' de longitud oeste y 20° 22.1' de latitud norte.
Altitud.	590 msnm.
Temperatura media anual.	24°C
Clima.	(A)C(fm) semicálido subhúmedo.
Sistema de topografías.	Montuosa.
Geología.	Ts(B) terciario superior, basalto.
Pendiente.	Plana, orientación sur suroeste, 15% de pendiente.
Erosión:	Leve.
Cafetal al sol.	Se han plantado cítricos jóvenes.

TABLA 39 Morfología del perfil 91052103, Santa Rita, frente a la Finca Los Ídolos, Municipio de Xicotepec de Juárez			
1. Horizonte	Ap1	Ap2	B1
2. Profundidad (cm)			
Límite superior	0	5	24
Límite inferior	5	24	34
3. Humedad	Poco húmedo	Húmedo	Húmedo
4. Separación contraste	Claro	Abrupto	Claro
Forma	Ondulado	Ondulado	Poco ondulado
5. Color	5 YR 2.5/2 pardo rojizo oscuro	5 YR 2.5/2 pardo rojizo oscuro	5 YR 4/6 rojo amarillento
6. Textura	Franco limoso	Limo arcilloso	Arcilloso
7. Estructura Tipo	Granular	Bloques subangulares	Bloques angulares y subangulares
Clase	Débilmente desarrollada	Moderadamente desarrollada	Fuertemente desarrollada
Grado	Fino	Medio	Grande
8. Consistencia en húmedo	Friable	Friable	Muy firme
en mojado	No adhesivo, ni plástico	Plástico, muy adhesivo	Muy plástico, muy adhesivo
9. Raíces	Finas y muy finas abundantes	Finas y muy finas abundantes, medias moderadas	Finas y muy finas abundantes, medias presentes
10. Porosidad	Macro y microporos abundantes	Macro y microporos abundantes	Macro y microporos abundantes
11. Compactación	1.4 kg/cm²	4.4kg/cm²	> de 4.5 kg/cm²
12. Drenaje			
13. Otras características			Concreciones
14. Alofano:			2x

Continuación: TABLA 39 Morfología del perfil 91052103, Santa Rita, frente a la Finca Los Ídolos, Municipio de Xicotepec de Juárez		
1. Horizonte	B2	B22
2. Profundidad (cm)		
Límite superior	34	54
Límite inferior	54	X
3. Humedad	Húmedo	Húmedo
4. Separación		
Contraste	Difuso	
Forma		
5. Color	2.5 YR 4/8 rojo	2.5 YR 4/8 rojo
6. Textura	Arcilloso	Arcilloso
7. Estructura		
Tipo	Bloques angulares y subangulares	Bloques angulares y subangulares
Clase	Fuertemente desarrollada	Fuertemente desarrollada
Grado	Grande	Grande
8. Consistencia en húmedo	Firme	Firme
en mojado	Muy plástico, muy adhesivo	Muy plástico, muy adhesivo
9. Raíces	Finas frecuentes, medias presentes	Finas presentes
10. Porosidad	Macro y microporos frecuentes	Macroporos presentes, microporos frecuentes
11. Compactación	> de 4.5 kg/cm²	> de 4.5 kg/cm²
12. Drenaje		
13. Otras características	Argilanes presentes	Argilanes frecuentes
14. Alofano	X	X

TABLA 40 Caracterización física y química del perfil 91052103, Santa Rita, frente a la Finca Los Ídolos, Municipio de Xicotepec de Juárez			
Horizonte	Ap1	Ap2	B1
Profundidad (cm)			
Límite superior	0	5	24
Límite inferior	5	24	34
Color en seco	10 YR 4/3 pardo	10 YR 4/3 pardo	5 YR 4/4 pardo rojizo
en húmedo	10 YR 2/1 negro	10 YR 2/2 pardo muy oscuro	5 YR 3/3 pardo rojizo oscuro
Densidad aparente Mg/m³	0.89	0.89	0.94
Densidad real Mg/m³	2.27	2.43	2.18
% de porosidad	61.0	63.0	57.0
% de arena	49.2	45.2	17.2
% de limo	16.0	16.0	10.0
% de arcilla	34.8	38.8	72.8
Textura del suelo	Franco arcilloso arenoso	Franco arcilloso	Arcilla
% de materia orgánica	10.0	8.2	2.8
% de carbono orgánico	5.80	4.76	1.62
% de nitrógeno total		1.02	
Relación C/N		5.7	
CICT cmol(+)/Kg.	18.2	20.8	16.9
pH en relación 1:2.5			
Suelo- agua	4.0	4.1	4.5
Suelo-KCl	3.8	3.8	3.8
Δ pH	-0.2	-0.3	-0.7
% de saturación de bases:	33.17	18.80	46.04
Cationes intercambiables cmol(+)/Kg.			
Calcio	2.0	2.0	2.0
Magnesio	3.0	1.0	5.0
Sodio	0.65	0.6	0.6
Potasio	0.4	0.3	0.1
Suma de bases	6.0	3.9	7.8

Continuación: TABLA 40 Caracterización física y química del perfil. 91052103, Santa Rita, frente a la Finca Los Ídolos, Municipio de Xicotepec de Juárez		
Horizonte	B2	B22
Profundidad (cm)		
Límite superior	34	54
Límite inferior	54	X
Color en seco	5 YR 5/6 rojo amarillento	5 YR 4/6 rojo amarillento
en húmedo	5 YR 4/4 pardo rojizo	2.5 YR 3/4 pardo rojizo obscuro
Densidad aparente Mg/m³	0.96	0.82
Densidad real Mg/m³	2.3	2.2
% de porosidad	59.0	63.0
% de arena	20.0	17.9
% de limo	16.0	10.1
% de arcilla	64.0	72.0
Textura del suelo:	Arcilla	Arcilla
% de materia orgánica	2.3	2.1
% de carbono orgánico	1.33	1.22
CICT cmol(+)/Kg.	16.9	14.3
pH en relación 1:2.5		
Suelo-agua	4.7	4.8
Suelo-KCl	3.8	3.8
Δ pH	-0.9	-1.0
% de saturación de bases	35.72	44.63
Cationes intercambiables cmol(+)/Kg.		
Calcio	3.0	2.0
Magnesio	2.0	3.0
Sodio	0.6	0.9
Potasio	0.4	0.5
Suma de bases	6.0	6.4



Foto 9 Paisaje de la Finca Loma Larga.

TABLA 41. Perfil 91052301 Finca Loma Larga, Municipio de Xicoteppec de Juárez Edo. de Puebla.	
Coordenadas.	97°57' de longitud oeste y 20°20' de latitud norte.
Altitud.	1130 msnm.
Temperatura media anual.	22° C
Clima.	(A)C(fm) W'' a/b(e)g, Semicálido subhúmedo.
Geología.	Terciario inferior con cuarcita, pizarras, agata, pedernal.
Pendiente.	14° mixta, hasta 20° siendo pronunciada; dirección de la pendiente sureste es de 140°, dirección del perfil noreste es de 90°.
Clase de pedregosidad.	Muy abundante.
Erosión.	Severa.
Cafetal al sol.	

TABLA 42 Morfología del perfil 91052301, Finca Loma Larga, Municipio de Xicotepec de Juárez,				
1. Horizonte	Ap	B1	B2	BC
2. Profundidad (cm)				
Límite superior	0	10	21	32
Límite inferior	10	21	32	65(x)
3. Humedad	Poco húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo
4. Separación contraste	Abrupto	Difuso	Claro	
Forma	Ondulado	Ondulado	Ondulado	
5. Color	10 YR 3/3 pardo oscuro	7.5 YR 4/6 pardo fuerte	7.5 YR 5/6 pardo fuerte	5 YR 5/8 rojo amarillento
6. Textura	Limo arcilloso, esquelético	Arcillo limoso, esquelético	Arcilloso, esquelético	Arcilloso, esquelético
7. Estructura Tipo	Bloques angulares y subangulares	Bloques subangulares	Bloques subangulares	Bloques subangulares
Clase	Finos medianos y grandes	Medianos y grandes	Medianos y grandes	Finos y medianos grandes
Grado	Bien desarrollada	Desarrollada	Desarrollada	Moderadamente desarrollada
8. Consistencia en húmedo	Firme	Firme	Firme	Firme
en mojado	Adhesivo, plástico	Adhesivo, plástico	Adhesivo, plástico	Adhesivo, plástico
9. Raíces	Finas y muy finas abundantes, medias moderadas	Finas y muy finas abundantes	Finas y muy finas escasas	Finas y muy finas presentes
10. Porosidad	Macro y microporos abundantes	Macro y microporos abundantes	Macro y microporos abundantes	Macro y microporos abundantes alargados
11. Compactación	2.42 kg/cm²	2.17 kg/cm²	2.17 kg/cm²	2.17 kg/cm²
12. Drenaje				
13. Otras Características	25% de pedregosidad como gravas y guijarros de cuarcita y pizarra	10% de pedregosidad como guijarros de 4-5 cm.	25% de pedregosidad, cuarcitas alteradas, guijarros y grava, cutanes	28-30% de pedregosidad en guijarros.
14. Alofano	Presente	Trazas	X	Trazas

TABLA 43 Caracterización física y química del perfil 91052301, Finca Loma Larga, Municipio de Xicotepec de Juárez.					
Horizonte	Ap	B1	B2	BC	C
Profundidad (cm)					
Límite superior	0	10	21	32	65
Límite inferior	10	21	32	65	X
Color en seco	10 YR 5/3 pardo	5 YR 5.5/6 rojo amarillento	7.5 YR 6/6 amarillo rojizo	7.5 YR 7/6 amarillo rojizo	7.5 YR 7/6 amarillo rojizo
en húmedo	10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro	7.5 YR 4/4 pardo	7.5 YR 5/8 pardo fuerte	5 YR 5/8 rojo amarillento	5 YR 5/8 rojo amarillento
Densidad aparente Mg/m ³	0.92	0.91	0.87	0.87	0.87
Densidad real Mg/m ³	2.46	2.2	2.20	2.44	2.40
% de Porosidad	63.0	59.0	61.0	64.0	64.0
% de arena	16.0	21.6	21.4	20.8	20.0
% de limo	16.0	15.2	15.6	15.6	15.0
% de arcilla	68.0	63.2	63.0	63.6	65.0
Textura del suelo	Arcilla	Arcilla	Arcilla	Arcilla	Arcilla
% de materia orgánica	3.4	2.1	1.2	1.0	1.0
% de carbono orgánico	1.94	1.22	0.70	0.58	
% de nitrógeno total	0.9				
Relación C/N	2.15				
CICT cmol(+)/Kg.	28.6	19.5	18.2	16.9	
pH en relación 1:2.5					
Suelo- Agua	6.5	4.7	4.3	4.5	4.5
Suelo-KCl	6.16	3.84	3.72	3.59	3.59
Δ pH	-0.3	-0.9	-0.6	-0.9	-0.9
% de saturación de bases:	15.46	48.57	43.16	44.97	
Cationes intercambiables cmol(+)/Kg.					
Calcio	3.0	7.0	3.0	3.0	
Magnesio	0.01	1.0	3.0	3.00	
Sodio	0.6	1.1	1.1	1.1	
Potasio	0.8	0.4	0.8	0.5	
Suma de bases	4.4	9.5	7.9	7.6	

Foto 10 Perfil 91052301

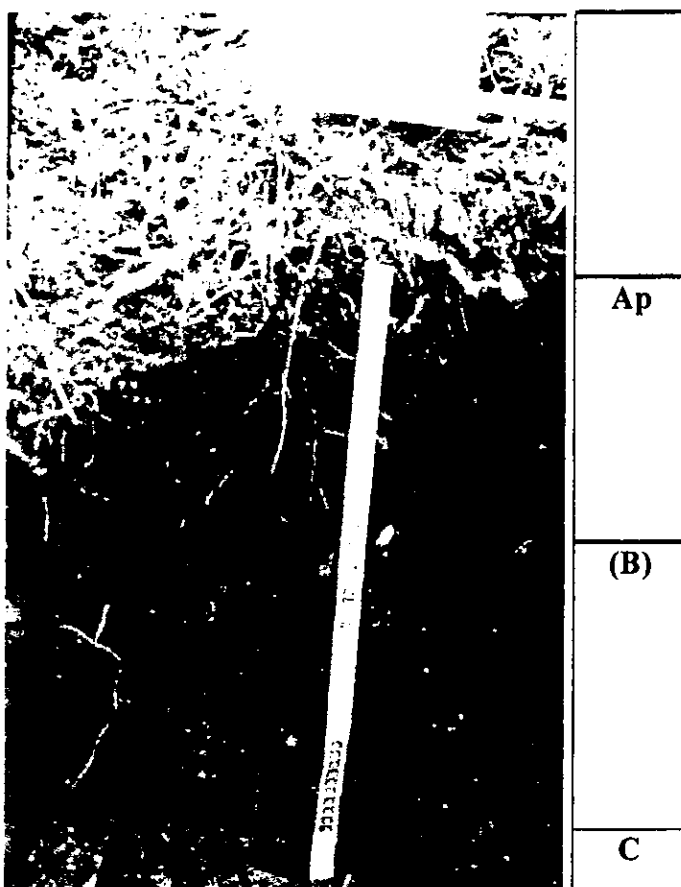


TABLA 44. Perfil: 91052302 Las Pilas, Municipio de Xicotepéc de Juárez Edo. de Puebla.

Coordenadas.	97° 57' de longitud oeste y 20° 20' de latitud norte.
Temperatura media anual.	22° C
Altitud.	990 msnm.
Clima.	(A) C (fm) W''a/b(e)g, Semicálido subhúmedo.
Sistema de topofomas.	Montuosa con pendientes pronunciadas.
Geología.	Terciario inferior 80-85% rocas sedimentarias grandes, fragmentos.
Pendiente.	24° con orientación de 180° al sur, plana.
Clase de pedregosidad.	Superficial muy abundante.
Erosión.	Moderada.
Cafetal con sombra.	Sombra de <i>Inga sp.</i> , cítricos.

TABLA 45 Morfología del perfil 91052302 , Las Pilas, Municipio de Xicotepec de Juárez.			
1. Horizonte	Ap	(B)	C
2. Profundidad (cm)			
Límite superior	0	21	49
Límite inferior	21	49	X
3. Humedad	Húmedo	Húmedo	Húmedo
4. Separación			
Contraste	Claro	Claro	
Forma	Quebrado	Ondulado	
5. Color	10 YR 2/2 pardo muy oscuro	10 YR 3/4 pardo amarillento oscuro	10 YR 4/4 pardo amarillento oscuro
6. Textura	Franco esquelético	Arcilloso esquelético	Esquelético
7. Estructura			
Tipo	Granular y bloques subangulares		
Clase	Medio		
Grado	Moderadamente desarrollada		
8. Consistencia en húmedo	Friable		
en mojado	Moderadamente plástico, adhesivo		
9. Raíces	Finas y muy finas abundantes, medianas gruesas presentes	Finas y muy finas abundantes, medias presentes	Presencia de raíces finas
10. Porosidad	Macro y microporos abundantes		
11. Compactación	1.83 kg/cm²	2.92 kg/cm²	
12. Drenaje			
13. Otras características	80% de pedregosidad, pizarras poliédricas moderadamente alteradas	85-90% de pedregosidad de materiales sedimentarios	90-95% de pedregosidad de materiales sedimentarios
14. Alofano	Trazas	Trazas	Trazas

TABLA 46 Caracterización física y química del perfil 91052302, Las Pilas, Municipio de Xicotepec de Juárez.

Horizonte	Ap	(B)	C
Profundidad (cm)			
Límite superior	0	21	49
Límite inferior	21	49	X
Color en seco	10 YR 5/2 pardo grisáceo	10 YR 5/3 pardo	10 YR 7/4 pardo muy pálido
en húmedo	10 YR 2/2 pardo muy oscuro	10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro	10 YR 4/3 pardo
Densidad aparente Mg/m ³	0.98	0.983	1.1
Densidad real Mg/m ³	2.37	2.43	2.42
% de porosidad	59.0	60.0	65.0
% de arena	37.84	34.56	40.2
% de limo	30.0	30.0	29.6
% de arcilla	32.16	35.44	21.2
Textura del suelo	Franco arcilloso	Franco arcilloso	Franco
% de materia orgánica	7.44	3.35	1.07
% de carbono orgánico	4.32	1.94	0.62
% de nitrógeno total	0.74		
Relación C/N	5.8		
CICT cmol(+)/Kg.	22.1	16.6	11.7
pH en relación 1:2.5			
Suelo-agua	6.1	5.9	5.7
Suelo-KCl	5.07	5.18	4.69
Δ pH	-1.0	-0.7	-1.0
% de saturación de bases	91.47	91.5	78.76
Cationes intercambiables cmol(+)/Kg.			
Calcio	17.0	12.0	7.0
Magnesio	2.0	2.0	1.0
Sodio	1.1	1.1	1.1
Potasio	0.1	0.1	0.1
Suma de bases	20.2	15.2	9.2

Foto 11 Perfil 91052201

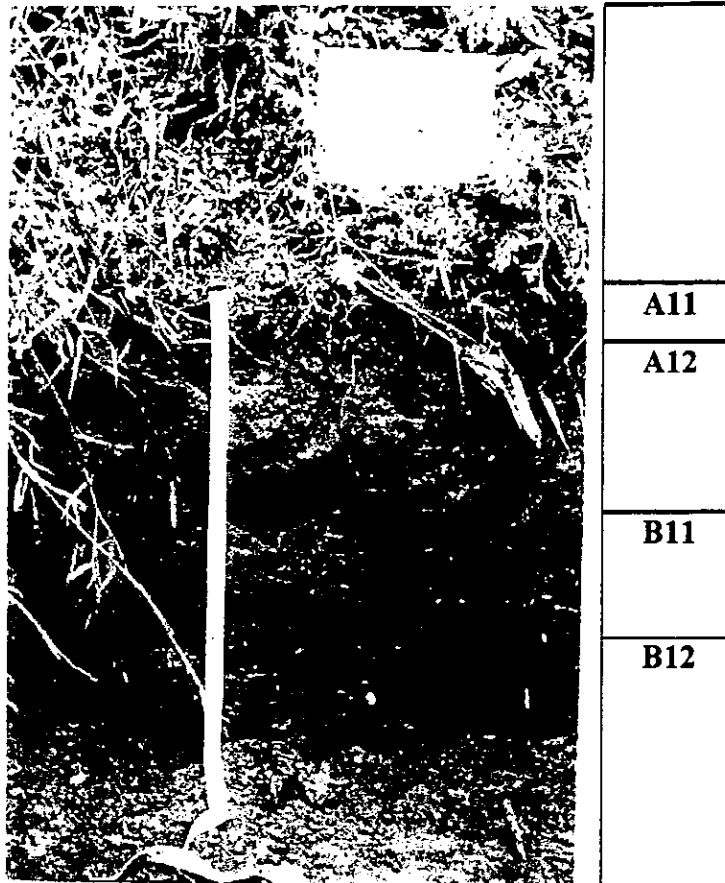


TABLA 47. Perfil 91052201 En el camino de Tlatlanalapa Xochinanacatlan, Municipio de Tlaola, Edo. de Puebla.

Coordenadas.	97° 54.9' de longitud oeste y 20° 11' de longitud norte.
Altitud.	1100 msnm.
Temperatura media anual.	22° C
Clima.	(A)C(fm) Semicálido subhúmedo.
Sistema de topoformas.	Montuosa.
Geología:	Terciario superior, Basalto.
Pendiente.	36° a 20° (34°) orientación al este, orientación del perfil al oriente.
Clase de pedregosidad.	Superficial, moderada de material aluvial y coluvial, Lutitas y otros materiales sedimentarios.
Erosión:	Nula.
Bosque mesófilo de montaña.	<i>Liquidambar sp.</i> , <i>Clethra sp.</i> , <i>Cecropia sp.</i> , <i>Cyathea sp.</i> , en el estrato arbustivo, y <i>Cyathea sp.</i> , <i>Cecropia sp.</i> , <i>Sellaginella sp.</i> , en el estrato rasante.

TABLA 48 Morfología del perfil 91052201, camino de Tlatlanalapa-Xochinanacatlan, Municipio de Tlaola.		
1. Horizonte	A11	A12
2. Profundidad (cm)		
Límite superior	0	6.5
Límite inferior	6.5	29
3. Humedad	Húmedo	Húmedo
4. Separación Contraste	Abrupto	Claro
Forma	Quebrado	Ondulado
5. Color	10 YR 3/3 pardo oscuro	10 YR 4/3 pardo y pardo oscuro, policromía.
6. Textura	Limo arcilloso con muchas gravillas y cantos rodados, diferentes tamaños intemperizados.	Arcillo-limoso.
7. Estructura Tipo	Bloques angulares	Bloques subangulares
Clase	Medios	Grandes
Grado	Moderadamente desarrollados	Moderadamente desarrollados
8. Consistencia en húmedo	Firme	Friable
en mojado	Plástico y adhesivo	Plástico y adhesivo
9. Raíces	Finas y muy finas abundantes, medias moderadas, gruesas presentes.	Finas y muy finas abundantes, medias, gruesas presentes.
10. Porosidad	Macro y microporos abundantes	Macro y microporos muy abundantes
11. Compactación	3.03 kg/cm²	2.8 kg/cm²
12. Drenaje	Eficiente	Eficiente
13. Otras características: Pedregosidad	Abundante de gravillas y cantos rodados, lutitas.	Abundantes gravillas, guijarros de, lutita intemperizada.
14. A lofano	Negativo	Trazas

Continuación: TABLA 48 Morfología del perfil 91052201, camino de Tlatlanalapa-Xochinaracatlan, Municipio de Tlaola.		
1. Horizonte	B11	B12
2. Profundidad (cm)		
Límite superior	29	44
Límite inferior	44	X
3. Humedad	Húmedo	
4. Separación		
Contraste	Claro	
Forma	Ondulada	
5. Color	10 YR 3/4 pardo amarillento oscuro, policromía	10 YR 3/2 pardo grisáceo oscuro, policromía.
6. Textura	Franco	Franco, gravas y gravillas, signos de iluviación.
7. Estructura		
Tipo	Bloque angulares y subangulares	Bloques angulares
Clase	Grande	Grande
Grado	Bien desarrollados	Bien desarrollados
8. Consistencia en húmedo	Friable	Friable
en mojado	Poco plástico y poco adhesivo	Plástico, poco adhesivo
9. Raíces	Finas y muy finas abundantes, medias moderadas, gruesas presentes	Finas y muy finas moderadas, medias moderadas, gruesas presentes
10. Porosidad:	Macro y microporos abundantes	Macro y microporos abundantes
11. Compactación	2.7 kg/cm²	2.2 kg/cm²
12. Drenaje	Eficiente	Eficiente
13. Otras características: Pedregosidad.	Oxidos mas rojos, hidróxidos mas amarillos. Abundantes gravillas, grava y guijarros alterados.	Material aluvial y coluvial, signos de iluviación, argilanes. Gravas y gravillas abundantes.
14. Alofano	Trazas	Negativo

TABLA 49 Caracterización física y química del perfil 91052291, camino de Tlatlanalapa-Xochinanacatlan, Municipio de Tlaola.

Horizonte	A11	A12
Profundidad (cm)		
Límite superior	0	6.5
Límite inferior	6.5	29
Color en seco	10 YR 5/4 pardo amarillento	10 YR 6/4 pardo amarillento claro
en húmedo	10 YR 4.5/3 pardo	10 YR 4/3 pardo
Densidad aparente Mg/m ³	0.88	0.91
Densidad real Mg/m ³	2.6	2.2
% de porosidad	66.0	59.0
% de arena	35.2	33.2
% de limo	23.6	26.0
% de arcilla	41.2	40.8
Textura del suelo	Franco-arcillosa	Franco-arcillosa
% de materia orgánica	9.0	2.4
% de carbono orgánico	5.22	1.30
% de nitrógeno total	0.8	0.74
Relación C/N	6.4	1.76
CICT cmol(+)/Kg.	10.4	11.7
pH en relación 1:2.5		
Suelo- agua	4.56	4.35
Suelo- KCl	3.78	3.78
Δ pH	-0.8	-0.5
% de saturación de bases	36.35	39.0
Cationes intercambiables cmol(+)/Kg.		
Calcio	3.0	3.0
Magnesio	0.01	1.0
Sodio	0.6	0.4
Potasio	0.1	0.1
Suma de bases	3.8	4.6

Continuación: TABLA 49 Caracterización física y química del perfil 91052201, camino de Tlatlanalapa-Xochinanacatlan, Municipio de Tlaola.		
Horizonte	B11	B12
Profundidad (cm)		
Límite superior	29	44
Límite inferior	44	X
Color en seco	10 YR 6.5/4 pardo amarillento claro	10 YR 6.5/4 pardo amarillento claro a pardo muy pálido
en húmedo	10 YR 4/3 pardo	10 YR 4.5/3 pardo
Densidad aparente Mg/m³	0.85	0.83
Densidad real Mg/m³	2.1	2.36
% de porosidad	60.0	65.0
% de arena	37.2	27.2
% de limo	27.6	28.0
% de arcilla	35.2	44.8
Textura del suelo	Franco-arcillosa	Arcillosa
% de materia orgánica	2.13	2.66
% de carbono orgánico	1.24	1.54
CICT cmol(+)/Kg.	16.9	9.1
pH en relación 1:2.5		
Suelo- agua	4.43	4.41
Suelo-KCl	3.92	3.79
Δ pH	-0.4	-0.6
% de saturación de bases	27.0	50.14
Cationes intercambiables cmol(+)/Kg.		
Calcio	3.0	3.0
Magnesio	1.0	1.0
Sodio	0.4	0.4
Potasio	0.1	0.1
Suma de bases	4.6	4.6

Foto 12 Perfil 91052202

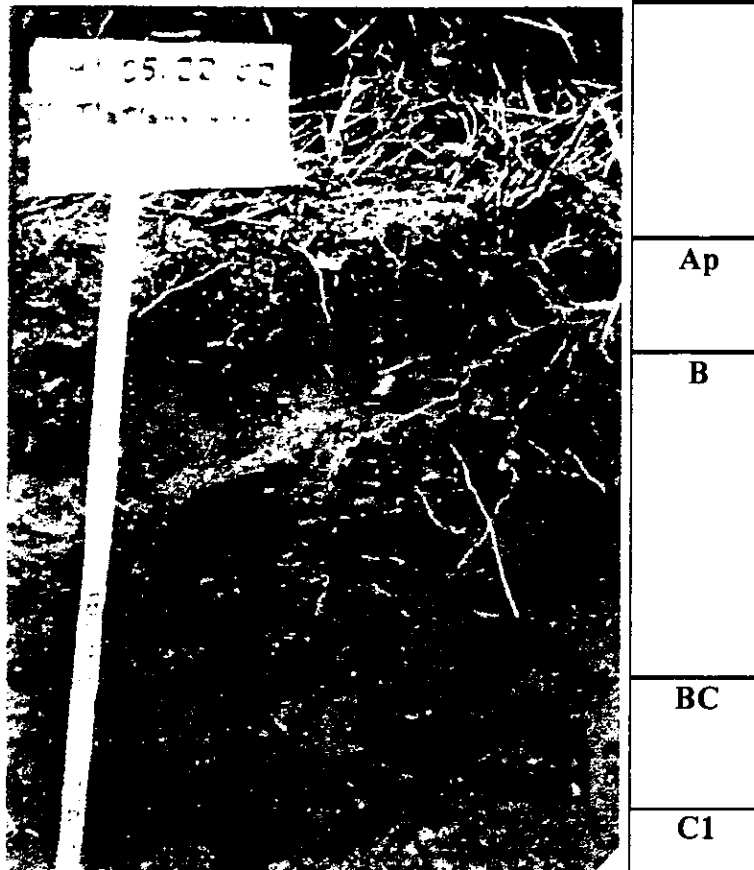


TABLA 50. Perfil 91052202 Camino Tlatlanalapa-Xochinanacatlan, Municipio de Tlaola, Edo. de Puebla.

Coordenadas.	97° 54.9' de longitud oeste y 20° 11' de latitud norte.
Altitud.	1140 msnm.
Temperatura media anual.	22° C
Clima.	(A)C(fm). Semicálido subhúmedo.
Sistemas de topoformas.	Montuosa escarpada.
Geología.	Terciario superior, Basalto.
Roca.	Lutita muy intemperizada.
Pendiente.	De 28 a 40%, orientación de pendiente al este, plana, la orientación del perfil es al oeste.
Clase de pedregosidad.	Abundantes guijarros de materiales sedimentarios, se observa policromía al resquebrajar laminas, catamorfismo. (guijarros redondeados, óxidos e hidróxidos Lutitas y Arcilla).
Erosión.	Apreciable.
Bosque de Coníferas.	Coníferas para uso ornamental, el cultivo de Café se abandonó y persisten algunas plantas, residuos del bosque mesófilo.

TABLA 51 Morfología del perfil 91052202, camino de Tlatlanalapa-Xochinanacatlan, Municipio de Tlaola.				
1. Horizonte	Ap	B	BC	CI
2. Profundidad (cm)				
Límite superior	0	10	39	54
Límite inferior	10	39	54	X
3. Humedad	Muy húmedo	Muy húmedo	Húmedo	Húmedo
4. Separación contraste	Quebrado	Ondulado	Ondulado	
Forma	Abrupto	Claro	Abrupto	
5. Color	10 YR 4/2 pardo grisáceo oscuro	10 YR 5/4 pardo amarillento, policromía, FeOH ₃	10 YR 5/4 pardo amarillento, policromía, FeOH ₃	10 YR 6/2 (30%) 10 YR 5/4 (70%) pardo amarillento
6. Textura	Franco	Arcillo limoso	Arcillo limoso	Arcilloso
7. Estructura Tipo	Bloques subangulares	Bloques subangulares	Bloques angulares	Bloques angulares
Clase	Grandes y pequeños	Medianos y grandes	Pequeños y medianos	Pequeños y medios
Grado	Bien desarrollados	Moderadamente desarrollados	Bien desarrollados	
8. Consistencia En húmedo	Friable	Friable	Friable	Firme
En mojado	Poco adhesivo, poco plástico	Adhesivo, plástico, policromía, (óxidos e hidróxidos de Fe)	Muy adhesivo, plástico, material muy alterado, guijarros y gravas 40%, presencia de crotovinas	Muy adhesivo, muy plástico, material alterado de Lutita.
9. Raíces	Finas y muy finas abundantes, medias moderadas	Finas y muy finas abundantes, medias presentes	Finas y muy finas abundantes, gruesas presentes	Finas y medias escasas
10 Porosidad	Macro y microporos muy abundantes	Macro y microporos abundantes	Macro y microporos de abundantes a moderados	Macroporos escasos, microporos moderados
11. Compactación	3.3 kg/cm ²	3.2 kg/cm ²	3.3 kg/cm ²	3.1 kg/cm ²
12. Drenaje	Eficiente	Eficiente	Eficiente	Moderado en el sentido de la pendiente
13. Otras características	Presencia de gravas y gravillas	Presencia de gravas poliédricas	Crotovinas, abundancia de gravas y guijarros	Material alterado de Lutita
14. Alofano	Negativo	Trazas	Trazas	XX

TABLA 52 Caracterización física y química del perfil 91052202, camino de Tlatlanalapa-Xochinanacatlan, Municipio de Tlaola.

Horizonte	Ap	B	BC	C1
Profundidad (cm)				
Límite superior	0	10	39	54
Límite inferior	10	39	54	X
Color en seco	10 YR 5/3 pardo	10 YR 6/4 pardo amarillento claro	10 YR 7/4 pardo muy pálido	10 YR 7/4 pardo muy pálido
en húmedo	10 YR 3/2 pardo grisáceo muy obscuro	10 YR 4/4 pardo amarillento obscuro	10 YR 4.5/4 pardo amarillento obscuro	10 YR 4.5/4 pardo amarillento obscuro
Densidad aparente Mg/m ³	0.74	0.91	0.89	1.0
Densidad real Mg/m ³	2.40	2.34	2.10	2.30
% de porosidad	69.0	61.0	58.0	57.0
% de arena	31.2	30.1	29.2	37.2
% de limo	24.0	26.8	30.0	31.6
% de arcilla	44.8	43.1	40.8	31.2
Textura del suelo	Arcilla	Arcilla	Arcilla	Franco arcilloso
% de materia orgánica	7.97	1.73	0.54	1.0
% de carbono orgánico	4.62	1.00	0.31	0.58
% de nitrógeno total	0.5			
Relación C/N	8.9			
CICT cmol(+)/Kg.	19.5	10.4	11.7	11.7
pH en relación 1:2.5				
Suelo-agua	4.3	4.6	4.6	4.5
Suelo-KCl	3.6	3.8	3.9	3.9
Δ pH	-0.7	-0.8	-0.7	-0.6
% de saturación de bases	24.1	45.1	66.5	30.5
Cationes intercambiables cmol(+)/Kg.				
Calcio	3.0	3.0	3.0	3.0
Magnesio	1.0	1.0	1.0	0.01
Sodio	0.4	0.4	0.6	0.4
Potasio	0.3	0.3	0.26	0.1
Suma de bases	4.7	4.7	4.91	3.5

TABLA 53. Perfil 91052203 A 500 metros de Tlatlanalapa en el camino a Xochinanacatlan, Municipio. de Tlaola, Edo. de Puebla.	
Coordenadas.	97° 55.2' de longitud oeste y 20° 10.5' de latitud norte.
Altitud.	1180 msnm.
Temperatura media anual	22° C
Clima.	(A)C(fm) semicálido húmedo.
Sistema de topofomas.	Montuosa escarpada.
Geología.	Terciario superior. Basalto.
Pendiente.	De 34% forma plano cóncava, orientación este sureste a los 130°, dirección del perfil oriente noreste.
Pedregosidad.	Moderada, cantos de origen aluvial y coluvial sedimentarios.
Erosión.	Apreciable.
Cultivo de maíz en asociación con café.	Los cafetos estaban retoñando por los efectos de la helada de 1990.

TABLA 54 Morfología del perfil 91052203, camino a Xochinanacatlan, Municipio. de Tlaola.				
1. Horizonte	Ap	B	BC	C
2. Profundidad (cm)				
Limite superior	0	2.5	23.5	54
Limite inferior	2.5	23.5	54	X
3. Humedad	Seco	Poco húmedo	Húmedo	Húmedo
4. Separación				
Contraste	Abrupto	Abrupto	Claro	
Forma	Ligeramente ondulado	Ondulado	Ondulado	R
5. Color	10 YR 5/3 pardo	10 YR 4/3 pardo oscuro	10 YR 4/4 pardo amarillento oscuro	
6. Textura	Franco	Franco arcilloso	Arcilloso	
7. Estructura				
Tipo	Granular	Bloques subangulares	Bloques angulares y subangulares	
Clase	Media	Media	Medianos y grandes	O
Grado	Poco desarrollada	Desarrollada	Desarrollada	
8. Consistencia en húmedo	Firme	Firme	Firme	
en mojado	Moderadamente plástico, poco adhesivo	Poco plástico, poco adhesivo	Poco plástico, muy adhesivo.	C
9. Raíces	Finas y muy finas abundantes, medias moderadas	Finas y muy finas moderadas	Finas moderadas, medias presentes	
10. Porosidad	Macroporos abundantes	Macro y microporos abundantes	Macro y microporos abundantes	
11. Compactación	3.5 kg/cm²	4.4 kg/cm²	3.55 kg/cm²	A
12. Drenaje				
13. Otras características	Gravas y gravillas presentes, actividad biológica de hormigas, policromía.	Gravas poliédricas alteradas de 2 cm mas o menos, gran cantidad de gravas alteradas, 15% de formas poliédricas subangulares laminares aplanadas, fase pedregosa, Lutitas 70%, roca intemperizada.	Fase pedregosa 70%, roca intemperizada de naturaleza arcillosa (lutita).	
14. Alofano	Negativo	Negativo	Negativo	S

TABLA 55 Caracterización física y química del perfil 91052203, camino a Xochinanacatlan, Municipio. de Tlaola.				
Horizonte	Ap	B	BC	C
Profundidad (cm)				
Limite inferior	0	2.5	23.5	54
Limite superior	2.5	23.5	54	X
Color en seco	10 YR 5/4 pardo amarillento	10 YR 6/4 pardo amarillento claro	10 YR 6/6 amarillo pardusco	10 YR 7/6amarillo
en húmedo	10 YR 4/3 pardo	10 YR 4/4 pardo amarillento obscuro	7.5 YR 4/6 pardo fuerte	7.5 YR 4/6 pardo fuerte
Densidad aparente Mg/m ³	0.81	0.85	0.74	0.85
Densidad real Mg/m ³	2.83	2.58	2.20	2.13
% de Porosidad	71.0	67.0	65.0.0	60
% de arena:	24.4	30.4	34.4	36.4
% de limo:	38.0	24.0	24.0	24.0
% de arcilla:	37.6	45.6	41.6	39.6
Textura del suelo:	Franco-arcillosa	Arcilla	Arcilla	Arcilla
% de materia orgánica:	11.1	3.45	1.07	0.54
% de carbono orgánico:	6.44	2.00	0.62	0.31
% de nitrógeno total	1.0	0.70		
Relación C/N	6.4	2.8		
CICT cmol(+)/Kg.	20.8	11.7	11.7	14.3
pH en relación 1:2.5 Suelo- Agua	4.87	4.74	5.0	5.1
Suelo-KCl	4.26	3.94	4.05	4.04
Δ pH	-0.6	-0.8	-1.0	-1.1
% de saturación de bases	63.72	59.05	59.05	71.43
Cationes intercambiables cmol(+)/Kg.				
Calcio	5.0	3.0	4.0	4.0
Magnesio	7.0	3.0	2.0	5.0
Sodio	0.9	0.6	0.6	1.1
Potasio	0.4	0.3	0.3	0.1
Suma de bases	13.3	6.9	6.9	10.2

TABLA 56. Perfil 90042801 Las Margaritas Municipio de Hueytamalco, Edo. de Puebla.

Coordenadas.	A 97°4.2' de longitud oeste y 20°04' de latitud norte.
Altitud.	515 msnm.
Temperatura media anual.	21°C
Clima.	(A)C(fm) w''a (i'), Semicálido subhúmedo.
Sistema de topoformas.	Montuosa.
Geología.	Materiales de origen volcánico - piroclastos, piedra pomez y cenizas volcánicas de fines de mesozoico (cretácico inferior) del terciario (Paleoceno y Eoceno).
Pendiente.	Mixta y fuertemente inclinada 30%.
Clase de pedregosidad.	Superficial muy poca.
Erosión.	Nula.
Cafetal con sombra.	Sombra de <i>Inga leptoloba</i> . <i>Coffea arabica</i> l. var. caturra, con residuos de la vegetación natural.

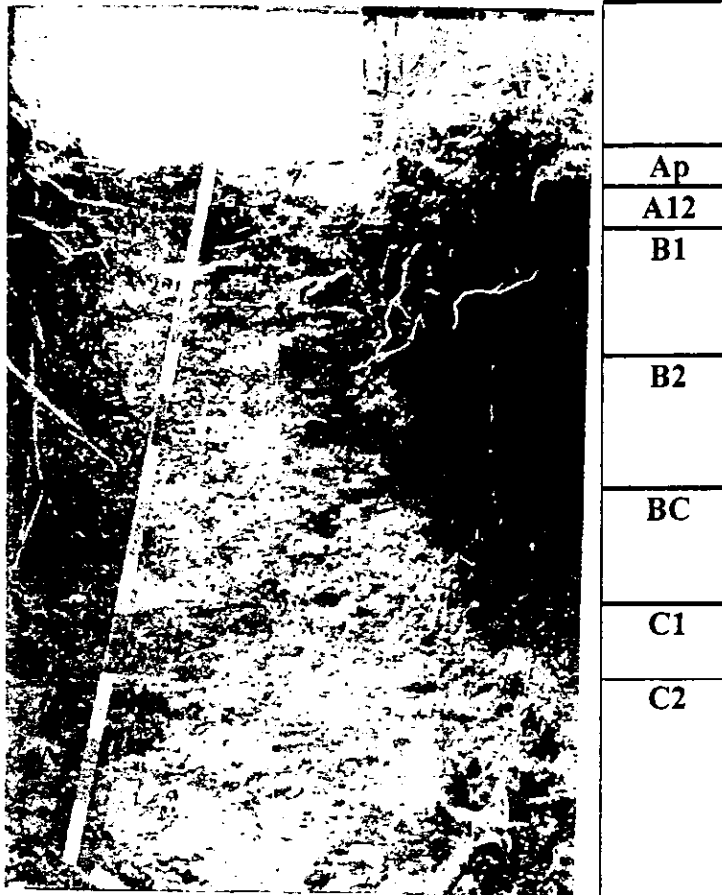
TABLA 57 Morfología del perfil 90042801, Las Margaritas Municipio de Hueytamalco.			
1. Horizonte	Ap1	Ap2	B1
2. Profundidad (cm)			
Límite inferior	0	15	25
Límite superior	15	25	48
3. Humedad	Moderadamente húmedo	Húmedo	Húmedo
4. Separación			
Contraste	Difuso	Abrupto	Claro
Forma	Ondulado	Quebrado	Ondulado
5. Color	10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro	10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro	10 YR 4/3 pardo oscuro
6. Textura	Franco	Franco	Franco
7. Estructura			
Tipo	Granular y en bloques subangulares.	Bloques subangulares.	Bloques subangulares.
Clase	Grandes-finos.	Medios finos.	Medios finos.
Grado	Moderadamente desarrollados	Moderadamente desarrollados	Poco desarrollados
8. Consistencia en húmedo	Friable.	Poco friable.	Firme.
en mojado	Poco plástico, poco adhesivo.	Poco plástico, poco adhesivo.	Plástico, poco adhesivo.
9. Raíces	Finas y muy finas, medias abundantes presencia de gruesas	Muy finas y finas abundantes medias y gruesas frecuentes	Finas presentes medias escasas
10. Porosidad	Macroporos abundantes microporos presentes	Macroporos abundantes microporos presentes	Macroporos abundantes microporos frecuentes.
11. Compactación	2.1 kg/cm²	2.7 kg/cm²	1.7 kg/cm²
12. Drenaje	Eficiente.	Eficiente.	Eficiente.
13. Otras características	Con guijarros de obsidiana en la superficie, lombrices abundantes.	Gravas finas y medias presentes de material ígneo.	Gravas presentes.
14. Alofano	XXX	XXX	XXXX

Continuación: TABLA 57 Morfología del perfil 90042801, Las Margaritas Municipio de Hueytamalco.		
1. Horizonte	B21	B22
2. Profundidad (cm)		
Límite inferior	48	80
Límite superior	80	85
3. Humedad	Húmedo	Húmedo
4. Separación		
Contraste	Difuso	
Forma	Ligeramente ondulado	
5. Color	10 YR 5/6 pardo amarillento con policromía por las gravas	10 YR 5/6 pardo amarillento con policromía
6. Textura	Arcillo limoso	Arcillo limoso
7. Estructura		
Tipo	Bloques subangulares	Bloques subangulares
Clase	medios, finos	Medios, finos
Grado	Moderadamente desarrollados	Moderadamente desarrollados
8. Consistencia en húmedo	friable	Firme
en mojado	Poco plástico, ligeramente adhesivo	Plástico, adhesivo
9. Raíces	Medias y gruesas presentes	Medias presentes
10. Porosidad	Macro y microporos abundantes	Microporos abundantes, macroporos presentes
11. Compactación	1.2 Kg/cm²	1.5 Kg/cm²
12. Drenaje		
13. Otras características	Pedregosidad moderada como guijarros intemperizados	Pedregosidad moderada de materiales ígneos - dioritas
14. A lofano	XXXX	XXXX

TABLA 58 Caracterización física y química del perfil 90042801, Las Margaritas Municipio de Hueytamalco.			
Horizonte	Ap1	Ap2	B1
Profundidad (cm)			
Límite superior	0	15	25
Límite inferior	15	25	48
Color en seco	10 YR 4/2 pardo grisáceo obscuro.	10 YR 4/3 pardo obscuro.	10 YR 5/3 pardo
en húmedo	10 YR 2/1 negro	10YR 3/2 pardo grisáceo muy obscuro	10 YR 3/4 pardo amarillento obscuro
Densidad aparente Mg/m³	0.8	0.8	0.9
Densidad real Mg/m³	2.14	2.26	2.30
% de porosidad	63	65	61
% de arena	76	45.2	56.8
% de limo	16	34	16
% de arcilla	14	20.8	27.2
Textura	Franco arenoso	Franco	Franco arcillo arenoso
% de materia orgánica	11.2	4.41	0.43
% de carbono orgánico	6.48	2.55	0.46
% de nitrógeno total	1.5		
Relación C/N	4.4		
CICT cmol(+)/Kg.	28.9	32.0	12.6
pH relación 1:2.5			
Suelo-agua	6.4	4.5	4.9
Suelo-KCl	5.6	3.6	3.6
Δ pH	-0.8	-0.9	-1.3
% de saturación de bases	31.7	25.4	88.0
Cationes intercambiables cmol(+)/Kg.			
Calcio	5.0	3.0	2.0
Magnesio	2.78	4.0	8.0
Sodio	0.88	0.86	0.80
Potasio	0.76	0.28	0.28
Suma de bases	9.42	8.14	11.08

Continuación TABLA 58 Caracterización física y química del perfil 90042801, Las Margaritas Municipio de Hueytamalco.		
Horizonte	B21	B22
Profundidad (cm)		
Límite superior	48	80
Límite inferior	80	85
Color		
en seco	7.5 YR 5/8 pardo fuerte	7.5 YR 5/8 pardo fuerte
en húmedo	7.5 YR 4/6 pardo fuerte	7.5 YR 4/6 pardo fuerte
Densidad aparente Mg/m³	0.9	0.9
Densidad real Mg/m³	2.43	2.4
% de porosidad	62	62
% de arena	36.4	27
% de limo	18	22
% de arcilla	45.6	50.4
Textura	Arcilla.	Arcilla.
% de materia orgánica	--	--
% de carbono orgánico	--	--
CICT cmol(+)/Kg.	11.49	13.37
pH relación 1:2.5		
Suelo-agua	5.1	4.2
Suelo-KCl	3.9	3.9
Δ pH	-1.2	-0.3
% de saturación de bases	81.6	70.2
Cationes intercambiables cmol(+)/Kg.		
Calcio	4.0	4.0
Magnesio	4.0	4.0
Sodio	1.0	1.0
Potasio	0.38	0.38
Suma de bases	9.38	9.38

Foto 13 Perfil 90071301



Ap
A12
B1
B2
BC
C1
C2

TABLA 59. Perfil: 90071301 Ahuatamimilotl, Municipio de Tlatlauquitepec.

Coordenadas.	97° 25' longitud oeste y 20° 00' longitud norte.
Altitud.	950 msnm.
Precipitación media anual.	La precipitación invernal con respecto a la anual es entre 5 y 10.2%, con lluvias en verano.
Temperatura media anual.	22° C
Clima.	C(W)(W) Templado subhúmedo
Sistema de topoformas.	Lomerio.
Geología.	Cuaternario.
Pendiente.	22% en la parte alta de una loma, el cafetal fue podado para rebrote por helada.
Orientación.	Noreste 25.
Exposición.	Sureste.
Pedregosidad.	Nula.
Erosión.	No se aprecia.
Cafetal con sombra en cultivo mixto.	Sombra de <i>Inga spuria</i> , cítricos, plátano.

TABLA 60 Morfología del perfil 90071301 , Ahuatamimilotl, Municipio de Tlatlauquitepec.			
1. Horizonte	Ap	A12	B1
2. Profundidad (cm.)			
Límite superior	0	9	15
Límite inferior	9	15	42
3. Humedad	Muy húmedo	Moderadamente húmedo	Húmedo
4. Separación			
Contraste	Difuso	Difuso	Clara
Forma	Plana	Poco ondulada	Ondulada
5. Color	Policromía presente	Policromía presente	Policromía presente
6. Textura	Franco arcilloso	Arcillo limoso	Arcilla
7. Estructura			
Tipo	Granular	Bloques subangulares	Bloques angulares
Clase	Fina a media	Fina a media	Medio
Grado	Moderadamente desarrollada	Moderadamente desarrollada	Bien desarrollada
8. Consistencia en húmedo	Firme	Firme	Firme
en mojado	Plástico, moderadamente adhesivo	Plástico, moderadamente adhesivo	Plástico, moderadamente adhesivo
9. Raíces	Finas abundantes, medias frecuentes	Finas abundantes, medias y gruesas frecuentes	Finas abundantes, medias frecuentes, gruesas abundantes
10. Porosidad	Macroporos cilíndricos regulares y frecuentes microporos presentes	Macroporos frecuentes, microporos abundantes	Macroporos frecuentes, microporos abundantes
11. Compactación	1.4 kg/cm²	1.45 kg/cm²	2.2 kg/cm²
12. Drenaje	Moderado	Moderado	Moderado
13. Otras características			Argilanes presentes, gravillas muy finas presentes
14. Alofano	Negativo	Negativo	Negativo

Continuación: TABLA 60 Morfología del perfil 90071301, Ahuatamimilotl, Municipio de Tlatlaquitepec.				
1. Horizonte	B2	BC	C1	C2
2. Profundidad (cm)				
Limite superior	42	68	88	100
Limite inferior	68	88	100	163
3. Humedad	Moderadamente húmedo	Húmedo		
4. Separación				
Contraste	Claro	Claro	Claro	
Forma	Quebrado	Ondulado	Ondulado	
5. Color	Policromía frecuente	Policromía presente		
6. Textura	Arcilla	Arcillo limoso	Corresponden a roca muy intemperizada con formación de arcillas <i>in situ</i> y mucha policromía por óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio	
7. Estructura				
Tipo	Bloques angulares	Bloques angulares		
Clase	Grande	Media		
Grado	Bien desarrollada	Moderadamente desarrollada		
8. Consistencia en húmedo	Firme	Firme		
en mojado	Adhesivo, plástico	Moderadamente adhesivo, plástico		
9. Raíces	Finas y medias frecuentes	Finas presentes, medias frecuentes		
10. Porosidad	Macroporos frecuentes, microporos muy abundantes	Macroporos frecuentes, microporos abundantes		
11. Compactación	2.2 kg/cm ²	1.4 kg/cm ²	1.5 kg/cm ²	1.5 kg/cm ²
12. Drenaje	Moderado	Moderado	Moderado	
13. Otras características	Argilanes frecuentes	Presencia de gravillas redondeadas de color blanco		
14. Alofano	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

TABLA 61 Caracterización física y química del perfil 90071301, Ahuatamimilotl, Municipio de Tlatlauquitepec.			
Horizonte	A _p	A12	B1
Profundidad (cm)			
Límite superior	0	9	15
Límite inferior	9	15	42
Color en seco	5 YR 6/6 amarillo rojizo	5 YR 7/6 amarillo rojizo	5 YR 7.5/6 amarillo rojizo
en húmedo	5 YR 5/8 rojo amarillento	2.5 YR 5/8 rojo	2.5 YR 5.5/8 rojo
Densidad aparente Mg/m ³	0.95	1.01	1.08
Densidad real Mg/m ³	2.40	2.38	2.32
% de porosidad	61	58	54
% de arena	30.4	24.6	22.6
% de limo	22.0	26.0	29.0
% de arcilla	47.6	49.4	48.4
Textura de suelo	Arcilla	Arcilla	Arcilla
% de materia orgánica	3.1	1.2	0.2
% de carbono orgánico	1.80	0.70	0.12
% de nitrógeno total	0.6		
Relación C/N	3.1		
CICT cmol(+)/Kg.	14.3	14.3	11.7
pH en relación 1:2.5			
Suelo-agua	3.9	4.4	4.9
Suelo-KCl	3.7	3.9	3.9
Δ pH	-0.2	-0.5	-1.0
% de saturación de bases	23.39	30.39	28.59
Cationes intercambiables cmol(+)/Kg.			
Calcio	2.00	3.00	2.00
Magnesio	1.00	1.00	1.00
Sodio	0.22	0.22	0.22
Potasio	0.13	0.13	0.13
Suma de bases	3.35	4.35	3.35

Continuación: TABLA 61 Caracterización física y química del perfil 90071301, Ahuatamimilotl, Municipio de Tlatlauquitepec.				
Horizonte	B2	BC	C1	C2
Profundidad (cm)				
Limite superior	42	68	88	100
Limite inferior	68	88	100	163
Color en seco	2.5 YR 6/8 rojo claro	2.5 YR 6/8 rojo claro	2.5 YR 6/6 rojo claro	5 YR 7.5/6 amarillo rojizo
en húmedo	2.5 YR 5/8 rojo	2.5 YR 5/8 rojo	2.5 YR 4/8 rojo	2.5 YR 5/8 rojo
Densidad aparente Mg/m ³	1.05	0.91	1.03	0.98
Densidad real Mg/m ³	2.28	2.38	2.50	2.24
% de porosidad	54	62	59	45
% de arena	31.6	20.6	33.6	34.8
% de limo	24.8	18.0	40.0	35.6
% de arcilla:	43.6	61.4	26.4	29.6
Textura de suelo:	Arcilla	Arcilla	Franco	Franco arcilloso
% de materia orgánica	0.34	0.20	0.13	0.13
% de carbono orgánico	0.20	0.12	0.08	0.08
CICT cmol(+)/Kg.	9.1	9.1	9.1	9.1
pH en relación 1:2.5				
Suelo-agua	4.8	5.2	5.1	5.3
Suelo-KCl	3.9	3.9	3.9	3.9
Δ pH	-0.9	-1.3	-1.2	-1.4
% de saturación de bases	47.75	39.15	50.14	49.16
Cationes intercambiables cmol(+)/Kg.				
Calcio	3.00	1.00	2.00	2.00
Magnesio	1.00	2.00	2.00	2.00
Sodio	0.22	0.43	0.43	0.22
Potasio	0.13	0.13	0.13	0.26
Suma de bases	4.35	3.56	4.56	4.48

Foto 14 Perfil 110

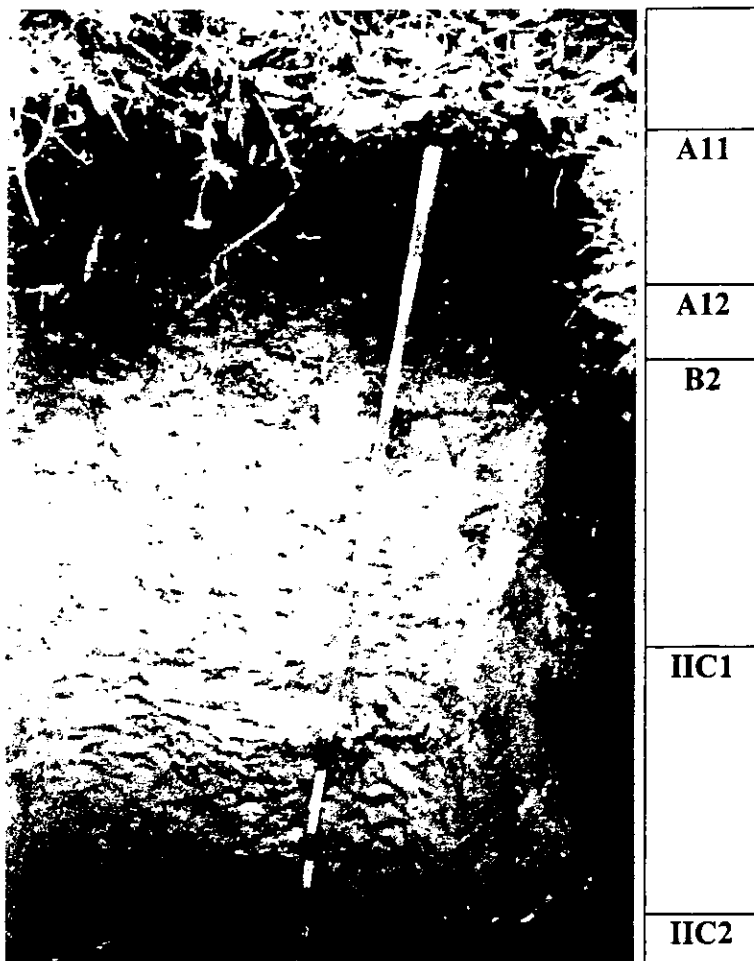


TABLA 62. Perfil: P-110 Localidad La Unión, Municipio de Tlatlauquitepec.

Altitud.	1540 msnm.
Precipitación media anual.	2000 mm.
Temperatura media anual.	18 ^o C
Clima.	(A)C(fm). Semicálido subhúmedo.
Sistema de topoformas.	Sierra.
Geología.	Cuaternario.
Pendiente.	15%
Clase de pedregosidad.	Sin piedras o muy pocas.
Erosión.	Moderada.
Pastizal inducido y bosque de pino y encino.	

TABLA 63 Morfología del perfil. P-110 Localidad La Unión, Municipio de Tlatlauquitepec.

1. Horizonte	A11	A12	B2
2. Profundidad (cm)			
Límite superior	0	15	40
Límite inferior	15	40	106
3. Humedad	Húmedo	Húmedo	Húmedo
4. Separación			
Contraste	Clara	Abrupta	Clara
Forma	Ondulada	Ondulada	Ondulada
5. Color	10 YR 2/1 negro	10 YR 2/1 negro	10 YR 5/6 pardo amarillento
6. Textura	Franco	Franco arcilloso	Arcilla
7. Estructura			
Forma	Bloques subangulares	Bloques subangulares	Bloques subangulares
Tamaño	Medio	Medio	Medio
Desarrollo	Débil	Débil	Débil
8. Consistencia en húmedo	Friable	Friable	Muy friable
en mojado	Ligeramente adhesivo, ligeramente plástico	Moderadamente adhesivo, moderadamente plástico	Fuertemente adhesivo, fuertemente plástico
9. Raíces	Finas abundantes, medias frecuentes	Finas frecuentes, medias frecuentes	Finas escasas, medias frecuentes
10. Porosidad	Poros finos abundantes	Poros finos abundantes	Poros finos abundantes
11. Compactación			
12. Drenaje	Moderado	Moderado	Moderado

Continuación: TABLA 63 Morfología del perfil P-110 Localidad La Unión, Municipio de Tlatlauquitepec.		
1. Horizonte	IIC1	IIC2
2. Profundidad (cm)		
Límite superior	106	150
Límite inferior	150	200
3. Humedad	Húmedo	Húmedo
4. Separación		
Contraste	Clara	
Forma	Ondulada	
5. Color	10 YR 6/4 pardo amarillento claro	10 YR 5.5/6 pardo amarillento a amarillo pardusco
6. Textura	Arcilla	Arcilla
7. Estructura		
Forma	Masiva	Masiva
Clase		
Grado		
8. Consistencia en húmedo		
en mojado	Fuertemente adhesivo, Fuertemente plástico	Fuertemente adhesivo, Fuertemente plástico
9. Raíces	Gruesas escasas	
10. Porosidad		
11. Compactación		
12. Drenaje		
13. Otras características		
14. Alofano		

TABLA 64 Caracterización física y química del perfil P-110 Localidad La Unión, Municipio de Tlatlauquitepec.			
Horizonte	A11	A12	B21
Profundidad (cm).			
Límite superior	0	15	40
Límite inferior	15	40	73
Color. en seco	10 YR 4/2 pardo grisáceo oscuro	10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro	10 YR 6/4 pardo amarillento claro
en húmedo	10 YR 2/1 negro	10 YR 2/1 negro	10 YR 5/6 pardo amarillento
Densidad aparente Mg/m ³	0.50	0.54	0.74
Densidad real Mg/m ³	1.97	2.00	2.18
% de porosidad	75	73	66
% de arena	60.7	60.7	87.3
% de limo	32.3	47.3	52.7
% de arcilla	6.0	8.0	4.7
Textura del suelo	Franco arenosa	Franco arenosa	Arena francosa
% de materia orgánica	12.0	12.5	1.2
% de carbono orgánico	7.0	7.2	0.7
CICT cmol(+)/Kg.	35.8	35.8	16.0
pH en relación 1:2.5			
Suelo-agua	4.8	5.1	5.6
Suelo-KCl	4.0	4.0	4.8
Δ pH	-0.8	-1.1	-0.8
% de saturación de bases	27.4	27.9	33.1
Cationes intercambiables cmol(+)/Kg.			
Calcio	5.6	5.9	2.9
Magnesio	1.4	1.0	0.8
Sodio	2.0	2.5	1.3
Potasio	0.8	0.6	0.3
Suma de bases	9.8	10.0	5.3

Continuación: TABLA 64 Caracterización física y química del perfil P-110 Localidad La Unión, Municipio de Tlatlauquitepec.			
Horizonte	B22	11C1	11C2
Profundidad (cm).			
Límite superior	73	106	150
Límite inferior	106	150	200
Color en seco	10 YR 6/6 amarillo pardusco	10 YR 7/4 pardo muy pálido	10 YR 7/4 pardo muy pálido
en húmedo	10 YR 4/6 pardo amarillento oscuro	10 YR 6/4 pardo amarillento claro	10 YR 6/6 amarillo pardusco
Densidad aparente Mg/m ³	0.77	0.83	0.91
Densidad real Mg/m ³	2.32	2.67	2.66
% de porosidad	67	69	66
% de arena	85.3	85.3	75.3
% de limo	10.7	10.7	20.7
% de arcilla	4.7	4.7	4.7
Textura del suelo	Areno francosa	Areno francosa	Areno francosa
% de materia orgánica	0.5	1.0	0.9
% de carbono orgánico	0.3	0.6	0.5
CICT cmol(+)/Kg.	10.5	10.3	6.1
pH en relación 1:2.5			
Suelo-agua	4.4	5.0	5.2
Suelo-KCl	5.4	3.8	4.2
Δ pH	1.0	-1.2	-1.0
% de saturación de bases:	40.9	33.0	54.1
Cationes intercambiables cmol(+)/Kg.			
Calcio	2.0	1.6	1.6
Magnesio	0.8	0.8	0.5
Sodio	1.2	0.9	1.1
Potasio	0.3	0.1	0.1
Suma de bases	4.3	3.4	3

Foto 15 Perfil 30

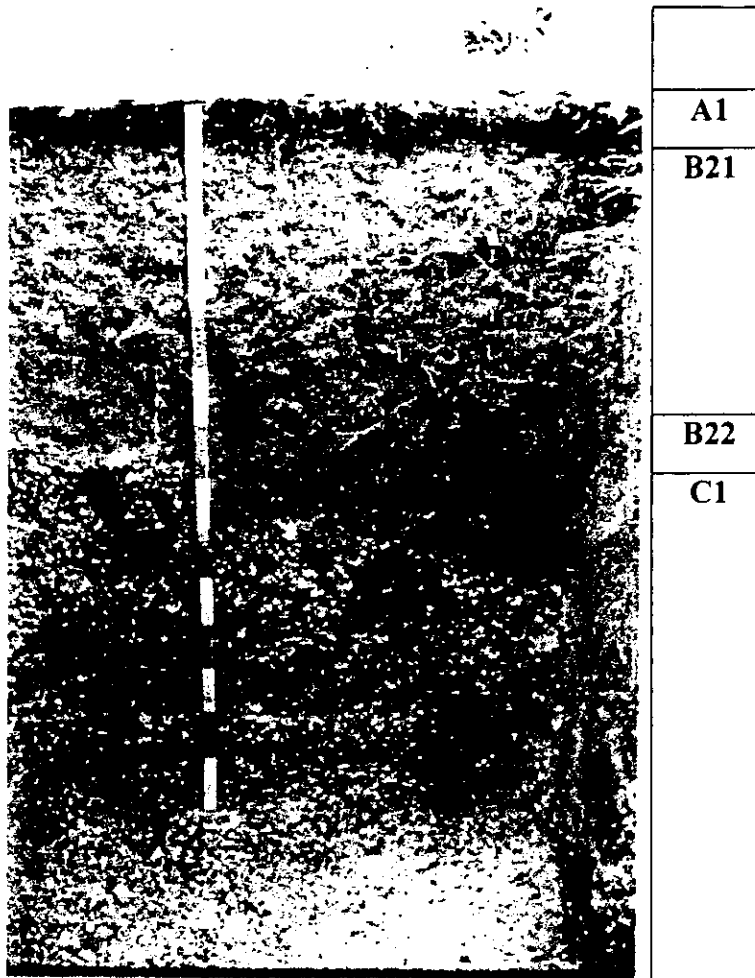


TABLA 65. Perfil P-30 Atecox, Municipio de Xiutetelco.

Altitud.	2915 msnm.
Precipitación media anual.	700 mm.
Temperatura media anual.	16 ^o C
Clima.	C (w ₂) Templado subhúmedo.
Sistema de topoformas.	Lomerios.
Geología.	Cuaternario.
Pendiente.	10%
Clase de pedregosidad.	Nula.
Erosión.	Moderada.
Pastizal inducido y bosque de pino.	

TABLA 66 Morfología del perfil P-30 Localidad, Atecaz, Municipio de Xiutetelco.

1. Horizonte	A1	B21	B22	C1
2. Profundidad (cm)				
Límite superior	0	5	50	60
Límite inferior	5	50	60	131
3. Humedad	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo
4. Separación				
Contraste	Abrupta	Difusa	Abrupta	
Forma	Plana	Ondulada	Ondulada	
5. Color	10 YR 2/1 negro	7.5 YR 4.5/4 pardo	10 YR 5/6 pardo amarillento	
6. Textura	Franco limosa	Franco arcillo arenosa	Franco areno arcillosa	
7. Estructura				
Forma	Bloques subangulares	Bloques Subangulares	Bloques subangulares	
Tamaño	Muy fina	Fina	Fina	
Desarrollo	Débil	Débil	Débil	
8. Consistencia en húmedo	Muy friable	Muy friable	Muy friable	
en mojado	Adhesividad y plasticidad nula	Ligeramente adhesivo, ligeramente plástico	Adhesividad y plasticidad nula	
9. Raíces	Finas abundantes	Finas abundantes	Finas frecuentes	
10. Porosidad	Poros finos escasos	Poros finos escasos	Poros finos escasos	
11. Compactación				
12. Drenaje	Drenado	Drenado	Drenado	Drenado

TABLA 67 Caracterización física y química del perfil P-30 Localidad, Atecox, Municipio de Xiutetelco.				
Horizonte	A1	B21	B22	C1
Profundidad (cm).				
Limite superior	0	5	50	60
Limite inferior	5	50	60	131
Color en seco	2.5 YR 3/2 rojo	10 YR 6/6 amarillo pardusco	10 YR 7/6 amarillo	
en húmedo	5 YR 2.5/1 negro	7.5 YR 3/4 pardo obscuro	10 YR 4/6 pardo amarillento obscuro	
Densidad aparente Mg/m³	0.61	0.77	0.78	
Densidad real Mg/m³	1.92	2.16	2.20	
% de porosidad	68	64	65	
% de arena	33.8	33.8	33.8	
% de limo	45.6	43.6	42.0	
% de arcilla	20.5	22.5	24.2	
Textura del suelo	Franco	Franco	Franco	
% de materia orgánica	18.1	2.4	1.2	
% de carbono orgánico	10.5	1.4	0.7	
CICT cmol(+)/Kg.	19.4	9.5	15.1	
pH en relación 1:2.5				
Suelo-agua	6.0	6.8	6.9	
Suelo-KCl	5.2	6.1	6.2	
Δ pH	-0.8	-0.7	-0.7	
% de saturación de bases	29.4	41.0	40.4	
Cationes intercambiables cmol(+)/Kg.				
Calcio	3.3	2.0	2.5	
Magnesio	1.6	1.2	1.4	
Sodio	0.2	0.4	0.7	
Potasio	0.6	0.3	1.5	
Suma de bases	5.7	3.9	6.1	

Foto 16 Perfil 111

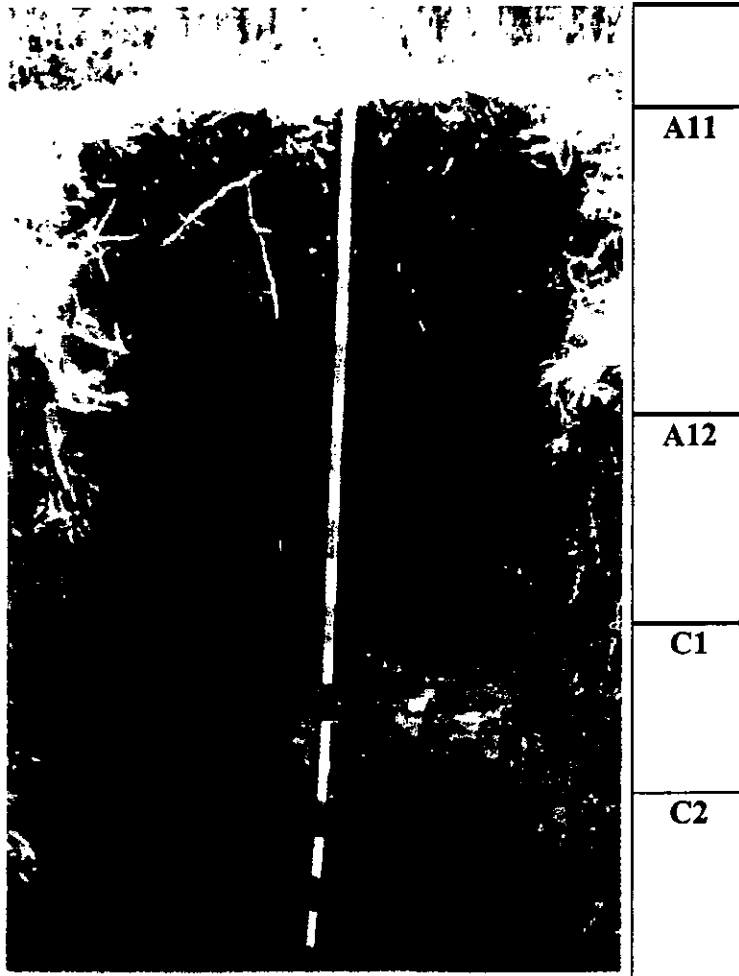


TABLA 68. Perfil P111 Coacalco, Municipio de Teteles

Altitud.	1940 msnm.
Precipitación media anual.	1200 mm.
Temperatura media anual.	16 ^o C
Clima.	C (fm). Templado húmedo.
Sistema de topografías.	Lomerios.
Geología.	Cuaternario.
Pendiente.	3%
Clase de pedregosidad.	Nula.
Erosión.	Moderada.
Cultivo de maíz.	Agricultura de temporal.

TABLA 69 Morfología del perfil P-111 Localidad, Coacalco, Municipio de Teteles.

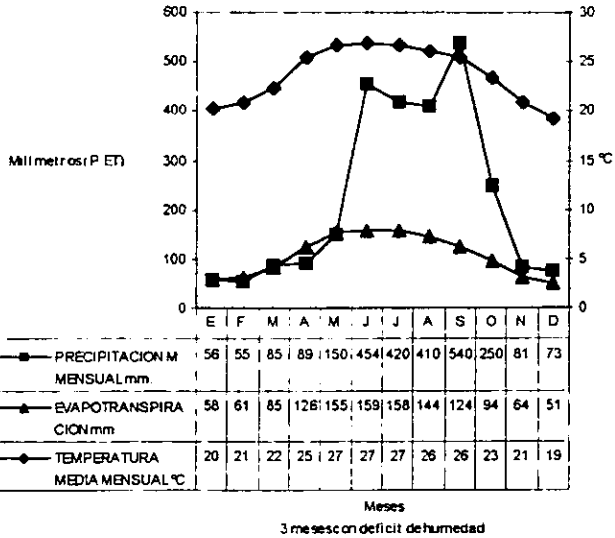
1. Horizonte	A11	A12	C1	C2
2. Profundidad (cm)				
Límite superior	0	67	135	160
Límite inferior	67	135	160	200
3. Humedad	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo
4. Separación Contraste	Difusa	Gradual	Clara	
Forma	Ondulada	Ondulada	ondulada	
5. Color	10 YR 2/1 negro	10 YR 2/1 negro	10 YR 3.5/4 pardo amarillento oscuro	7.5 YR 4/4 pardo
6. Textura	Franco areno limosa	Franco areno limosa	Franco arcillosa	Franco arcillosa
7. Estructura Forma	Bloques subangulares	Bloques subangulares		
Tamaño	Fina	Media		
Desarrollo	Débil	Débil		
8. Consistencia en húmedo	Muy friable	Muy friable		
en mojado	Ligeramente adhesivo, ligeramente plástico	Ligeramente adhesivo, ligeramente plástico	Moderadamente adhesivo, moderadamente plástico	fuertemente adhesivo, fuertemente plástico
9. Raíces	Finas abundantes, medias escasas	Finas frecuentes	Finas escasas	
10. Porosidad	Poros finos abundantes	Poros abundantes		
11. Compactación				
12. Drenaje	Drenado	Drenado	Drenado	Drenado

TABLA 70 Caracterización física y química del perfil P-111 Localidad, Coacalco, Municipio de Teteles.			
Horizonte	A111	A112	A121
Profundidad (cm).			
Límite superior	0	34	67
Límite inferior	34	67	101
Color. en seco	10 YR 3/3 pardo oscuro	10 YR 4/3 pardo	10 YR 5/3 pardo
en húmedo	10 YR 2/1 negro	10 YR 2/1 negro	10 YR 2/1 negro
Densidad aparente Mg/m ³	0.69	0.71	0.72
Densidad real Mg/m ³	1.93	1.96	1.90
% de porosidad	64	64	62
% de arena	59.6	61.6	53.6
% de limo	6.0	8.0	12.0
% de arcilla	34.4	30.4	34.4
Textura del suelo	Franco arcillo arenoso	Franco arcillo arenoso	Franco arcillo arenoso
% de materia orgánica	12.7	12.2	11.9
% de carbono orgánico	7.4	7.1	6.9
CICT cmol(+)/Kg.	16.8	16.5	13.8
pH en relación 1:2.5			
Suelo-agua	5.1	5.4	5.4
Suelo-KCl	4.5	4.8	4.7
Δ pH	-0.6	-0.6	-0.7
% de saturación de bases	50.6	41.9	38.3
Cationes intercambiables cmol(+)/Kg.			
Calcio	4.1	4.6	4.3
Magnesio	1.3	0.2	0.7
Sodio	2.8	1.8	0.2
Potasio	0.3	0.2	0.2
Suma de bases	8.5	6.8	5.4

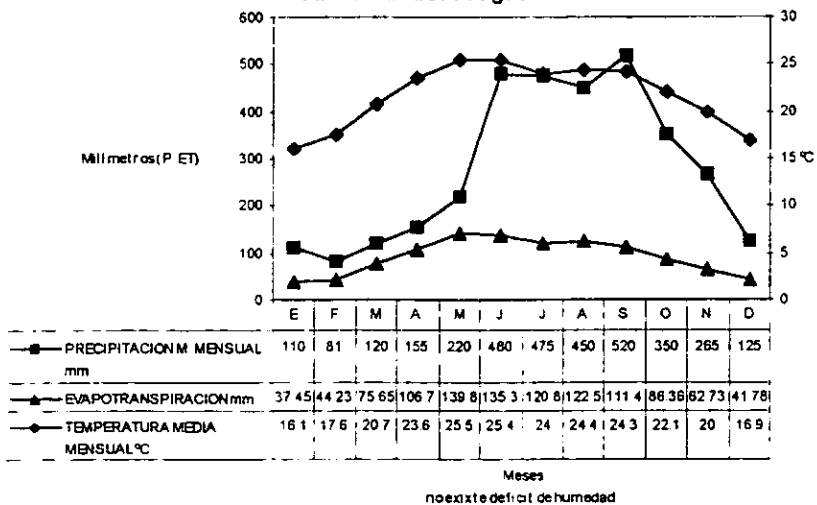
Continuación: TABLA 70 Caracterización física y química del perfil P-111 Localidad, Coacalco, Municipio de Teteles.			
Horizonte	A122	2C1	2C2
Profundidad (cm).			
Limite superior	101	135	160
Limite inferior	135	160	200
Color. en seco	10 YR 3/3 pardo oscuro	10 YR 7/4 pardo muy pálido	10 YR 7/8 amarillo
en húmedo	10 YR 2/2 pardo muy oscuro	10 YR 3/4 pardo amarillento oscuro	5 YR 5/8 pardo amarillento
Densidad aparente Mg/m ³	0.74	0.62	0.62
Densidad real Mg/m ³	1.92	2.17	2.22
% de porosidad	62	71	72
% de arena	63.6	72.0	69.6
% de limo	8.0	4.0	10.0
% de arcilla	28.4	24.0	20.4
Textura del suelo	Franco arcillo arenoso	Franco arenoso	Franco Arenoso
% de materia orgánica	9.2	2.9	1.4
% de carbono orgánico	5.3	1.7	0.8
CICT cmol(+)/Kg.	17.3	17.2	17.8
pH en relación 1:2.5 Suelo-agua	5.3	5.6	5.8
Suelo-KCl	4.7	4.6	4.9
Δ pH	-0.6	-1.0	-0.9
% de saturación de bases	25.5	27.9	8.7
Cationes intercambiables cmol(+)/Kg.			
Calcio	3.9	2.6	1.1
Magnesio	0.4	0.3	0.4
Sodio	0.1	1.8	0.03
Potasio	0.01	0.07	0.02
Suma de bases	4.41	4.77	1.55

ANEXO 2

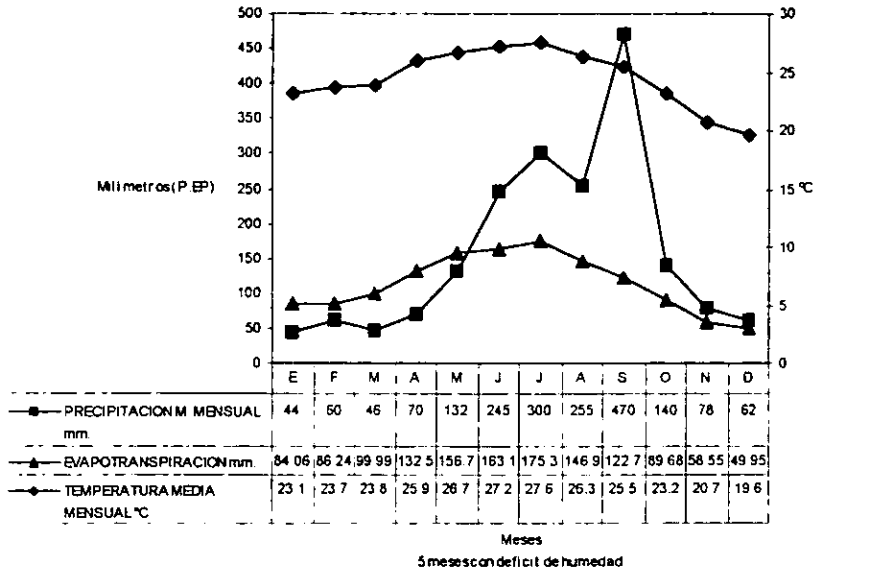
GRAFICA 13 Climograma correspondiente al Municipio de Zihuateutla.



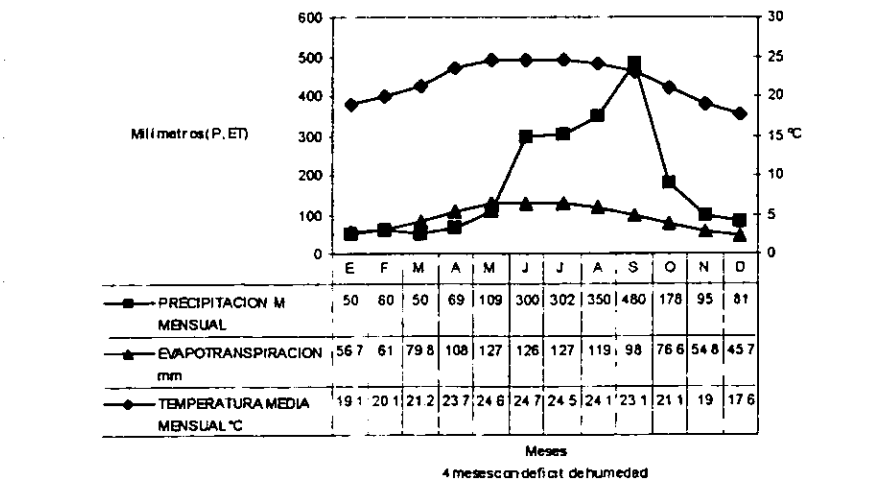
GRAFICA 14 Climograma correspondiente al Municipio de Cuetzalan del Progreso.



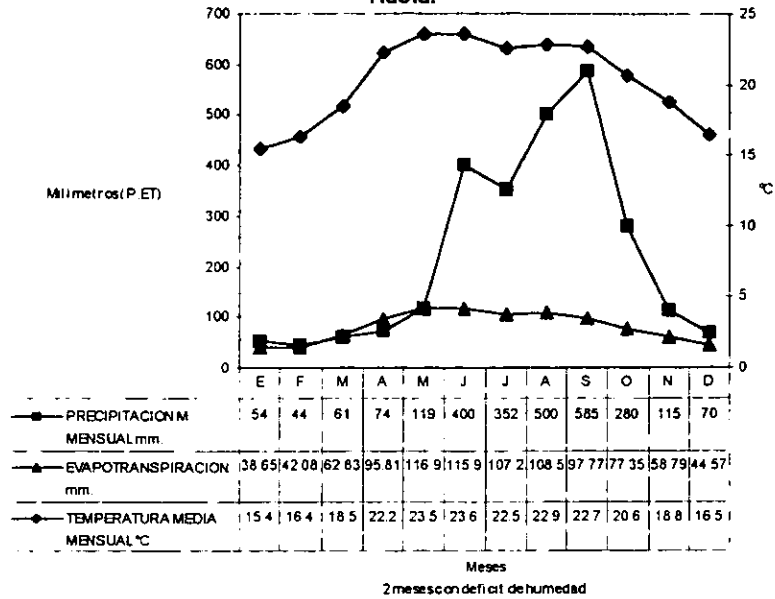
GRAFICA 15 Climograma correspondiente al Municipio de Xicotepec de Juárez (Los Idolos y Sta. Rita).



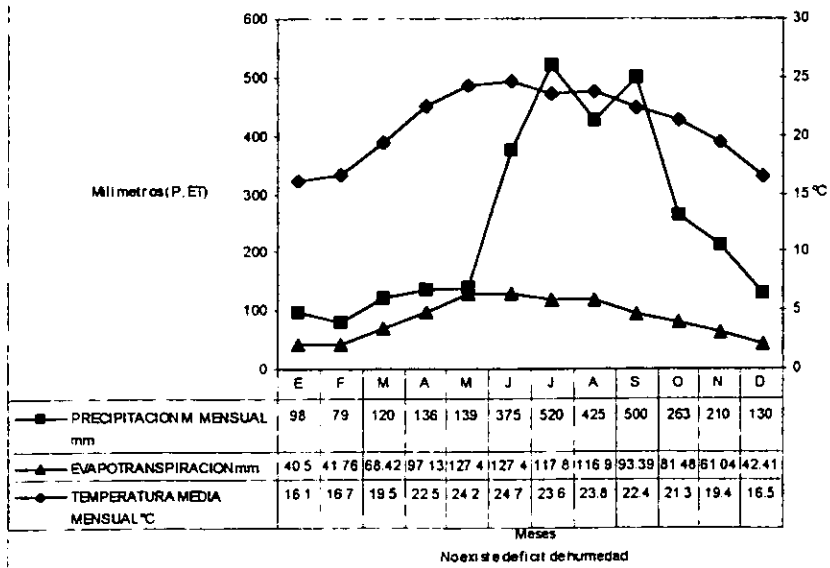
GRAFICA 16 Climograma correspondiente al Municipio de Xicotepec de Juárez (Loma Larga y Las Pilas).



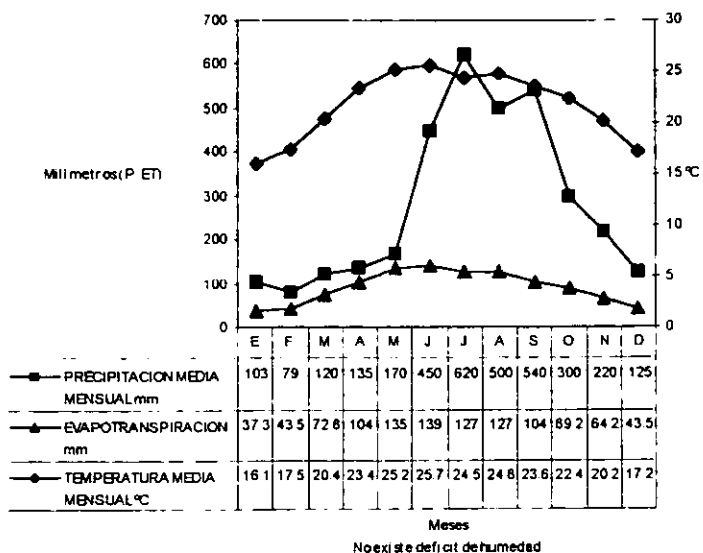
GRAFICA 17 Climograma correspondiente al Municipio de Tlaola.



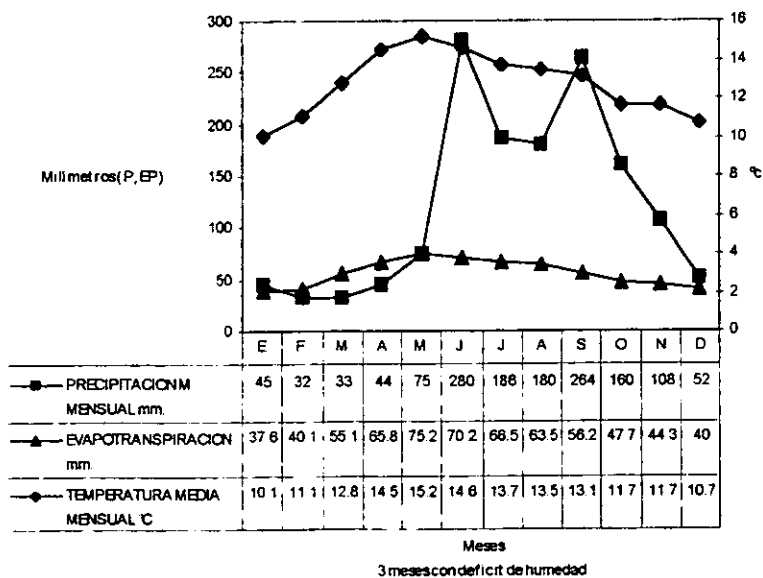
GRAFICA 18 Climograma correspondiente al Municipio de Hueytamalco.

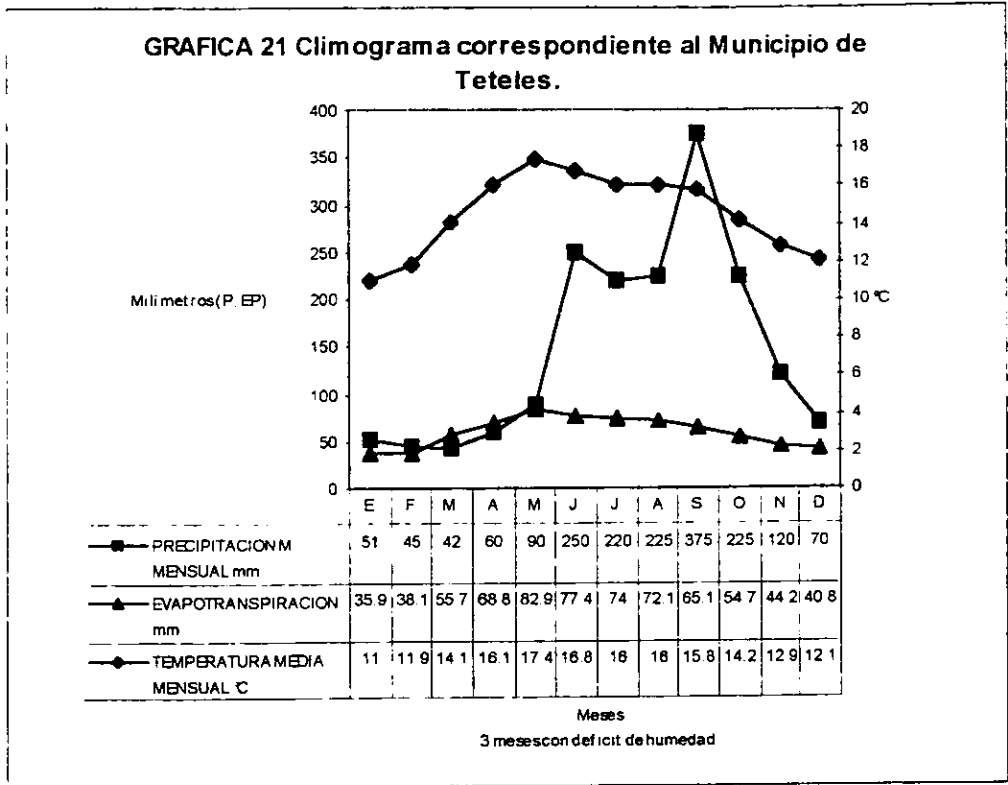


GRAFICA 19 Climograma correspondiente al Municipio de Tiatlauquitepec.



GRAFICA 20 Climograma correspondiente al Municipio de Xiutetelco.





*Para la elaboración de los climogramas de los sitios estudiados, los valores se obtuvieron de los mapas electrónicos de isotermas e isoyectas medias y anuales del Estado de Puebla,⁽⁵⁴⁾ haciendo las interpolaciones correspondientes y utilizando el programa Gold-Surfer. Para elaborar dichos mapas electrónicos se consideraron mas de 150 estaciones del estado de Puebla y aproximadamente otras 150 de los estados vecinos, siendo variable el número de años con datos para cada estación, aproximadamente entre 10 y 40 años en lo general. Cabe mencionar que en ninguno de los sitios muestreados hubo estación pluviométrica, ni datos en dependencias oficiales.

ANEXO 3

TABLA 71. TEMPERATURA MEDIA MENSUAL, PRECIPITACION MEDIA MENSUAL Y ANUAL Y EVAPOTRANSPIRACION.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
HUEYTAMALCO, LAS MARGARITAS													
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL °C	16.1	16.7	19.5	22.5	24.2	24.7	23.6	23.8	22.4	21.3	19.4	16.5	
PRECIPITACION M. MENSUAL Y ANUAL mm.	98	79	120	136	139	375	520	425	500	263	210	130	2995
EVAPOTRANSPIRACION mm.	40.5	41.76	68.42	97.13	127.43	127.43	117.78	116.94	93.39	81.48	61.04	42.41	
CUETZALAN, ACAHALOCO													
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL °C	16.1	17.6	20.7	23.6	25.5	25.4	24	24.4	24.3	22.1	20	16.9	
PRECIPITACION M. MENSUAL Y ANUAL mm.	110	81	120	155	220	480	475	450	520	350	265	125	3351
EVAPOTRANSPIRACION mm.	37.45	44.23	75.65	106.7	139.82	135.3	120.76	122.49	111.42	86.36	62.73	41.78	
CUETZALAN, LA LOMA													
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL °C	16.1	17.6	20.7	23.6	25.5	25.4	24	24.4	24.3	22.1	20	16.9	
PRECIPITACION M. MENSUAL Y ANUAL mm.	110	81	120	155	222	480	475	450	520	350	265	125	3353
EVAPOTRANSPIRACION mm.	37.45	44.23	75.65	106.69	139.08	135.3	120.76	122.49	111.42	86.36	62.73	41.78	
CUETZALAN, CALATEPEC													
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL °C	16.1	17.6	20.7	23.6	25.5	25.4	24	24.4	24.3	22.1	20	16.9	
PRECIPITACION M. MENSUAL Y ANUAL mm.	112	88	120	155	223	480	500	410	520	350	265	125	3348
EVAPOTRANSPIRACION mm.	37.45	44.23	75.65	106.69	139.08	135.3	120.76	122.49	111.42	86.36	62.72	41.78	
ZIHUATEUTLA, LA PUEBLA													
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL °C	20.2	20.9	22.3	25.4	26.6	27	26.7	26.1	25.5	23.4	21	19.3	
PRECIPITACION M. MENSUAL Y ANUAL mm.	56	55	85	89	150	454	420	410	540	250	81	73	2663
EVAPOTRANSPIRACION mm	58.45	61.16	84.54	125.92	155.02	159.04	158.11	144.09	123.73	94.44	64.08	50.65	
ZIHUATEUTLA, LA CHIQUITA.													
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL °C	19.2	19.8	21.5	24.8	26.2	26.5	26	25.7	25.2	23.1	20.8	18.8	

PRECIPITACION M. MENSUAL Y ANUAL mm.	55	55	75	80	140	350	405	460	560	250	92	75	2597
EVAPOTRANSPIRACION mm	52.68	54.36	78.2	118.51	148.56	150.62	146.72	138.32	120.36	92.67	64.4	49.16	
XICOTEPEC DE JUAREZ, LOS IDOLOS													
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL °C	23.1	23.7	23.8	25.9	26.7	27.2	27.6	26.3	25.5	23.2	20.7	19.6	
PRECIPITACION M. MENSUAL Y ANUAL mm.	44	60	46	70	132	245	300	255	470	140	78	62	1902
EVAPOTRANSPIRACION mm.	84.06	86.24	99.99	132.52	156.73	163.08	175.25	146.91	122.66	89.68	58.55	49.95	
XICOTEPEC DE JUAREZ, LOMA LARGA Y LAS PILAS.													
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL °C	19.1	20.1	21.2	23.7	24.6	24.7	24.5	24.1	23.1	21.1	19	17.6	
PRECIPITACION M. MENSUAL Y ANUAL mm.	50	60	50	69	109	300	302	350	480	178	95	81	2124
EVAPOTRANSPIRACION mm.	56.71	61.04	79.82	107.53	127.04	126.06	126.86	118.54	97.97	76.58	54.79	45.73	
TLAOLA, TLATLANALAPA.													
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL °C	15.4	16.4	18.5	22.2	23.5	23.6	22.5	22.9	22.7	20.6	18.8	16.5	
PRECIPITACION M. MENSUAL Y ANUAL mm.	54	44	61	74	119	400	352	500	585	280	115	70	2654
EVAPOTRANSPIRACION mm.	38.65	42.08	62.83	95.81	116.92	115.93	107.16	108.48	97.77	77.35	58.79	44.57	
TLATLAUQUITEPEC, AHUATAMIMLOTL.													
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL °C	16.1	17.5	20.4	23.4	25.2	25.7	24.5	24.8	23.6	22.4	20.2	17.2	
PRECIPITACION M. MENSUAL Y ANUAL mm.	103	79	120	135	170	450	620	500	540	300	220	125	3362
EVAPOTRANSPIRACION mm.	37.33	43.5	72.84	104.39	135.03	139.27	127.02	127.48	103.57	89.2	64.18	43.52	
TLATLAUQUITEPEC, LA UNION.													
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL °C	12.7	13.7	16.1	18.4	19.8	19.3	18.3	18.5	18.3	16.6	15	13.7	
PRECIPITACION M. MENSUAL Y ANUAL mm.	76	60	65	80	130	320	350	370	475	300	159	95	2480
EVAPOTRANSPIRACION mm.	36.92	59.74	76.29	92.92	87.42	82.07	81.39	73.43	61.07	47.86	41.52		
XIUTETELCO, ATECAX.													
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL °C	10.1	11.1	12.8	14.5	15.2	14.6	13.7	13.5	13.1	11.7	11.7	10.7	
PRECIPITACION M. MENSUAL Y ANUAL mm.	45	32	33	44	75	280	186	180	264	160	108	52	1418

EVAPOTRANSPIRACION mm.	37.55	40.12	55.06	65.8	75.2	70.17	66.45	63.5	56.16	47.68	44.34	39.99	
TETELES, COACALCO													
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL °C	11	11.9	14.1	16.1	17.4	16.8	16	16	15.8	14.2	12.9	12.1	
PRECIPITACION M. MENSUAL Y ANUAL. mm.	51	45	42	60	90	250	220	225	375	225	120	70	1773
EVAPOTRANSPIRACION mm.	35.87	38.08	55.71	68.82	82.87	77.37	74.04	72.09	65.05	54.65	44.23	40.75	