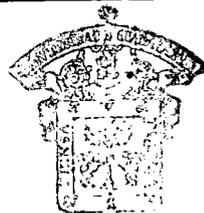


UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA



ESTUDIO DE LA FRACCION ARCILLA DE LOS SUELOS ROJOS DE TEPATITLAN.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

CON ORIENTACION EN SUELOS

P R E S E N T A

MARCIANO EMMANUEL ARGOTE OLIVERA

GUADALAJARA JALISCO 1982

Si intentara hacer un agradecimiento completo a toda la gente que hizo posible mi formación personal y profesional, me toparía con el problema de que ni siquiera conozco a la totalidad de esa gente y la lista que hiciera sería incompleta e injusta.

Para salvar esta situación, quiero agradecer profundamente al GRAN ARQUITECTO DEL UNIVERSO que por medio de la humanidad, a la que tanto debo, me ha permitido existir y tomar consciencia de lo que ésto significa.

Se nos ha permitido dar un paso hacia adelante y, aparentemente, lo he dado yo. Se me ha permitido dar un paso hacia la meta, meta a la que nunca llegaré solo, pues el conocimiento y evolución siempre se alcanzan gracias a toda la gente que, hasta en lo insignificante, hace posible nuestra existencia. No considero haber dado un paso en mi vida, sino que la humanidad ha tenido un logro y para lo cual he sido yo su instrumento.

Es, pues, esta tesis, un "diferencial" del conocimiento universal que se me ha brindado, a través de mis maestros y compañeros, y permitido plasmar en unas cuantas hojas como un pequeño tributo para aquellos que me han ayudado en mi camino y dedicado a todas las personas que encuentren algo útil entre sus paginas.

Por lo anterior, me limitaré a nombrar a las personas que, en diversas formas, intervinieron directamente en la elaboración de mi tesis profesional, distinguiendome con sus conocimientos y amabilidad:

MI FAMILIA.

Aurelio y Diana

Claudio

Adelina

Diana

Marcela

Aurelio

Flavia

DIRECTOR Y ASESORES.

Ing. Rafael Ortíz Monasterio.

Ing. Rogelio Huerta Rosas.

M.C. Gabriel Martínez González.

MAESTROS.

Q.F.B. María de Jesús Macías Gallardo.

Ing. Ernesto Miramontes Lau.

Ing. Ramón Padilla Sánchez.

Ing. Ernesto Robles Santoyo.

Ing. Nestor Villagrana Sánchez.

COMPÑEROS.

Ing. Marcos Rafael Crespo González.

Ing. Alicia Gallardo Torres.

Ing. Julio Carlos Neufeld Solórzano.



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

CONTENIDO

I	INTRUDUCCION.	1
II	OBJETIVOS.	3
III	ANTECEDENTES.	4
	LOCALIZACION GEOGRAFICA.	5
	LOCALIZACION POLITICA.	5
	FISIOGRAFIA.	5
	TOPOGRAFIA.	6
	GEOLOGIA.	6
	CLIMATOLOGIA.	7
	<i>Conceptos climatológicos.</i>	7
	<i>Clasificación del clima.</i>	9
	VEGETACION.	11
	ESTUDIOS PREVIOS DE CLASIFICACION EN LA ZONA.	12
	CONTENIDO ARCILLOSO DE UN PERFIL DE TEPATITLAN.	14
IV	REVISION DE LITERATURA.	
	GENERALIDADES	15
	SUELOS DE REGIONES TROPICALES Y SUBTROPICALES HUMEDAS.	16
	LATERITAS.	18

LATERITAS Y FERRALITAS.	19	
SUELOS ROJOS FERRALITICOS CALCICOS.	21	
SUELOS ROJOS FERRALITICOS ACIDOS.	23	
OXISOLES.	27	
ESTRUCTURAS CRISTALINAS SIMPLES.	28	
ARCILLAS.		
<i>Generalidades.</i>	29	
<i>Mineralogía.</i>	30	
<i>Minerales de arcilla cristalinos.</i>	31	
MINERALES ACCESORIOS Y MINERALES AMORFOS.	33	
<i>Silice.</i>	33	
<i>Oxidos de hierro.</i>	33	
<i>Hidróxidos de aluminio.</i>	34	
REQUERIMIENTOS DE CAL.	34	
V	MATERIALES Y METODOS.	
	MATERIALES.	35
	METODOS.	35
VI	SUELOS ROJOS DE TEPATITLAN.	
	DESCRIPCION DEL PERFIL REPRESENTATIVO DE LOS SUELOS CULTIVADOS.	40
	<i>Interpretación de los análisis de las muestras.</i>	41
	DESCRIPCION DEL PERFIL REPRESENTATIVO DE LOS SUELOS SIN CULTIVAR.	46
	<i>Interpretación de los análisis de las muestras.</i>	46

VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES.	49
RECOMENDACIONES GENERALES.	50
BIBLIOGRAFIA	56

I INTRODUCCION

Para la realización del Plan Jalisco se hizo un estudio inicial de los suelos del estado, formando grupos que representaban una serie de características similares y que en virtud de ello eran fácilmente identificables no solo por un técnico sino por los propios agricultores.

Estos grupos de suelos recibieron su denominación de acuerdo a propiedades que los caracterizaban y localizaban en alguna zona o población importante comprendida entre ellos. Así, por ejemplo, cualquier agricultor con solo mencionarlos reconocía cuales son los suelos arenosos del Valle de Guadalalara, los suelos arcillosos negros del Valle de Ameca, Cienega de Chapala, los suelos rojos y amarillos de la costa y los suelos rojos de Tepatitlán.

Este agrupamiento de los suelos, si bien fué muy útil para precisar sobre ellos las técnicas y medidas para su mejor aprovechamiento, no constituía una clasificación pedológica estricta pues, si se mencionaron los grandes grupos del mundo a los que podrían pertenecer, nunca se llegó a un estudio profundo del origen, edad y desarrollo del perfil y de su relación con otros factores ecológicos que dieran elementos para poder situarlos con mayor precisión dentro del grupo al

que realmente correspondieran.

Dentro de los factores que se estudian en el presente trabajo se hace especial énfasis en las características del complejo arcilloso, ya que éste, entre otros, revela la historia del desarrollo del suelo.

Lograda la clasificación de los suelos se adquiere de inmediato mayores conocimientos con respecto a su comportamiento y de las técnicas que más exitosamente se han empleado en otras regiones para lograr de ellos una mayor eficiencia productiva.

II OBJETIVOS

La finalidad del presente estudio es conocer con mayor profundidad el desarrollo y evolución que han tenido los suelos rojos característicos del Municipio de Tepatitlán de Morelos, Jalisco, con el fin de establecer:

- 1.- Su clasificación pedológica y
- 2.- Precisar con mayor detalle su manejo-

Para lo anterior, un elemento muy importante es la determinación de los tipos de arcillas que se presentan en éstos suelos y cuales de ellas dominan, ya que pueden considerarse como un "Reloj Pedológico" que indica la intensidad del intemperismo, pues ellas son las partículas más finas derivadas de la acción de éste y sobre las cuales descansa la mayor parte de la actividad química de los suelos.

III ANTECEDENTES

Los análisis fueron hechos en el Laboratorio de sue los y Apoyo Técnico de la Cuenca Lerma-Chapala Santiago.

En los analisis de fusión se determinaron los óxi- dos siguientes: SiO_2 , Fe_2O_3 y Al_2O_3 . No fué posible la detec- ción de otros óxidos, sin embargo, las conclusiones principa- les se obtienen con los óxidos determinados.

La identificación de arcillas se hizo mediante el microscopio electrónico SEIZZ,EM9S2., siendo insuficiente pa- ra la completa identificación y cuantificación de las arcillas presentes, por lo que no se podrán manejar proporciones ni cantidades específicas de las arcillas encontradas en el pre- sente estudio.

En la muestra No. 5 (horizonte superficial del sue lo sin cultivar), Las arcillas existentes se deducen por los análisis fisico-químico y de fusión.

La descripción de los perfiles para el presente tra- bajo se realizaron el día 3 de Marzo de 1981.

Para los contenidos de SiO_2 , Fe_2O_3 y Al_2O_3 para las

para las fracciones arena y limo, juntas, se dedujo un solo valor para ambas a partir de los análisis de fusión (del suelo total y de la fracción arcilla) y de los análisis de textuta.

Las relaciones moleculares $\text{SiO}_2:\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$ y $\text{SiO}_2:\text{R}_2\text{O}_3$ se mencionarán como relaciones A, B y C respectivamente.

La palabra Tepatitlán proviene del nahuatl *tecpatl*, pedernal y *titlan*, entre: *tecpatitlan*, entre pedernales.

3.1 LOCALIZACION GEOGRAFICA. Los suelos rojos estudiados se encuentran aproximadamente entre los $20^{\circ}30'$ y los 21° de latitud norte y entre los 102° y $103^{\circ}10'$ de long. oeste. (fig. 1)

3.2 LOCALIZACION POLITICA. Estos suelos cubren principalmente los municipios de Tepatitlán de Morelos, Jesús María, Acatic y cuquño, en el Estado de Jalisco.

En éste mismo Estado, fuera de la zona antes localizada, se presentan suelos similares tales como los de Teocaltiche, Villa Guerrero. Colotlán y Tequila.

3.3 FISIOGRAFIA. María Teresa Gutierrez Vazquez propone 4 provincias fisiográficas para el Estado de Jalisco (fig. 2) El area en cuestión se encuentra dentro de la región fisiográfica de Los Altos de Jalisco, la cual está limitada al oeste por el cañón que forma el curso inferior del Rio Verde y la Sierra de Nochistlán; El este por la Sierra de Comanja, que forma parte de las estribaciones de la Sierra de Guanajuato, el Bajío Guanajuatense y la Sierra de Pénjamo; al norte por la Sierra de Guanajuato y al sur por el Rio Lerma. En su por

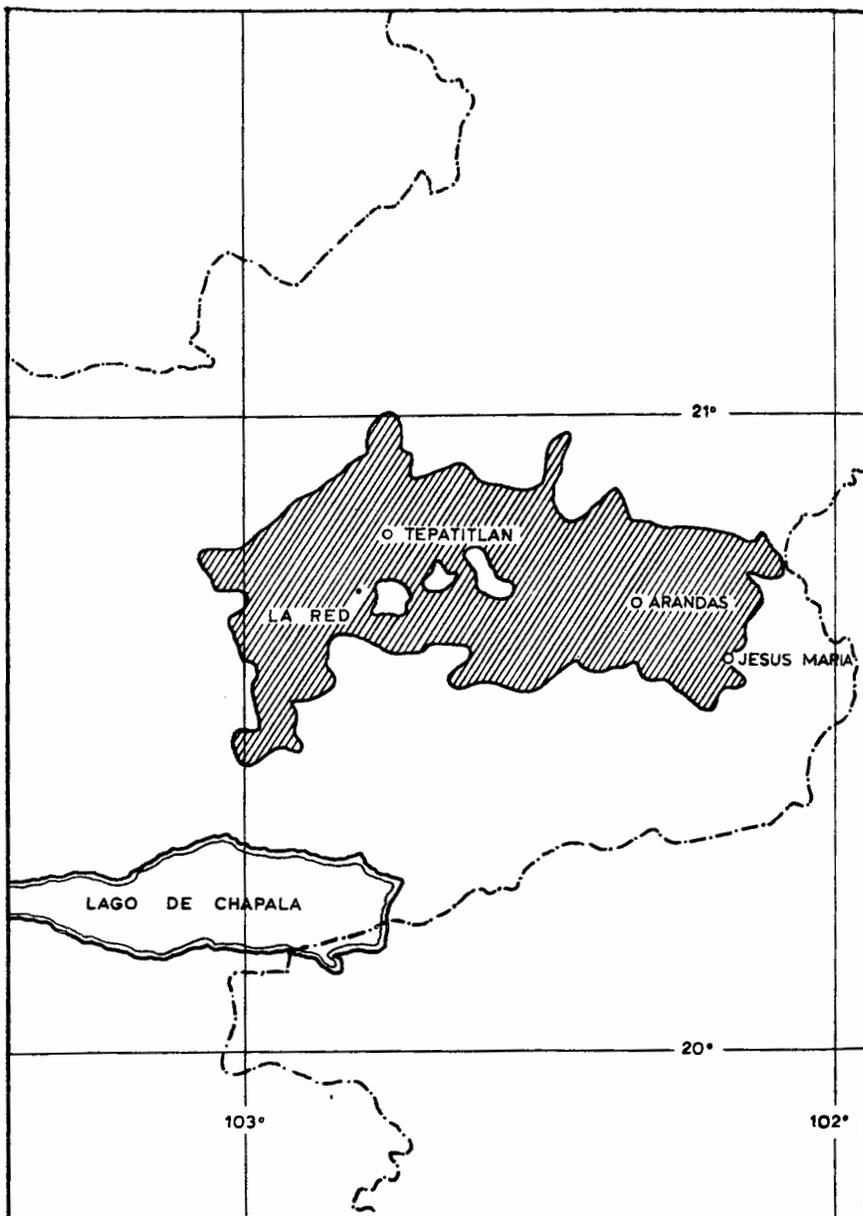


fig 1. LOCALIZACION DE LOS SUELOS ROJOS DE TEPATITLAN.

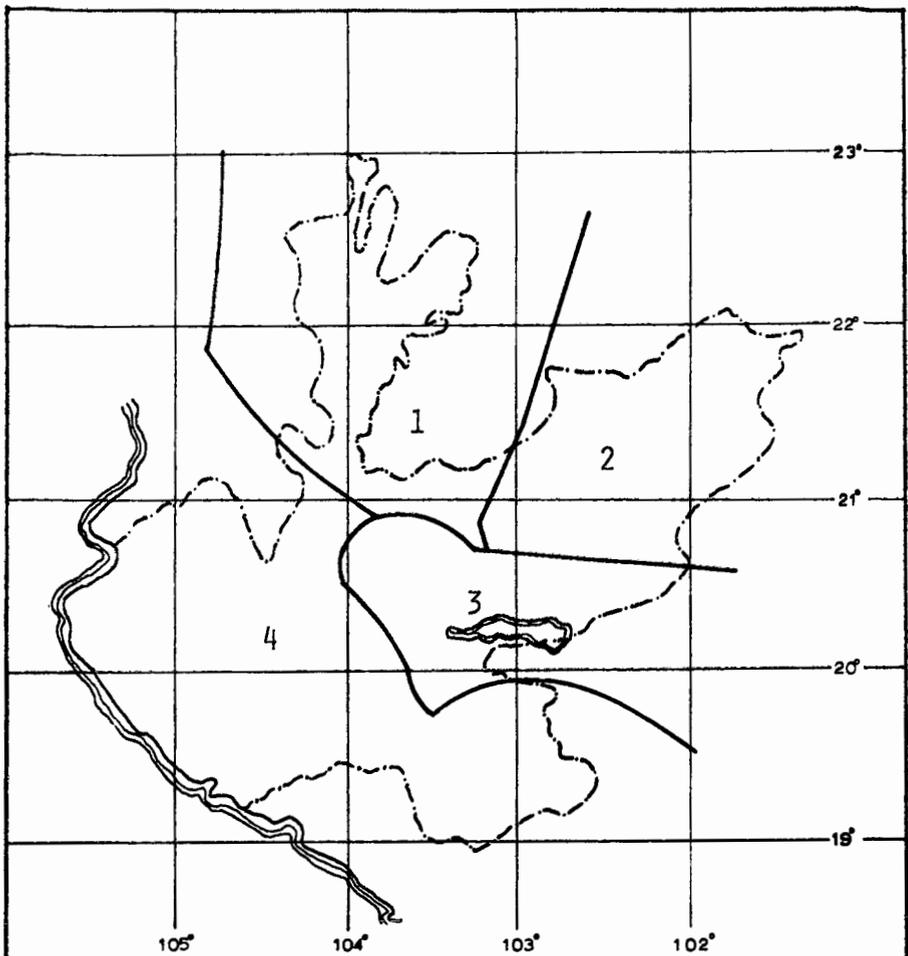


fig.2. REGIONES FISIOGRAFICAS DE JALISCO

- 1.- REGION DE LOS CAÑONES.
- 2.- REGION DE LOS ALTOS.
- 3.- REGION DE LAS CUENCAS CENTRALES.
- 4.- REGION MONTAÑOSA Y DECLIVES DEL PACIFICO.

ción central se encuentran las Sierras de Arandas y de Tepatitlán que, junto con la Sierra de Pénjamo en el Estado de Guanajuato, forman la llamada Sierra de Los Altos.

3.4 TOPOGRAFIA. La región de Los Altos, dentro de las provincias fisiográficas del Estado, es la de topografía más uniforme y forma parte de la Altiplanicie Mexicana. Tiene el aspecto de una plataforma algo inclinada en el sentido NE-SW, desde las llanuras de Ojuelos, situadas a unos 2200 msnm, hasta las de Tepatitlán que están a unos 1600 msnm. Macizos montañosos aislados llegan a medir hasta los 2700 msnm. (Rzedowsky y McVaugh, 1966)

El drenaje es, en general, bueno y lo constituyen los afluentes de la margen derecha del Rio Lerma.

3.5 GEOLOGIA. Las rocas predominantes son ígneas extrusivas que en su mayoría provienen del terciario y en áreas reducidas del cuaternario. Las rocas efusivas las podemos localizar en el extremo NE de la región y en una pequeña porción meridional al norte del Rio Lerma. Las rocas cuaternarias se encuentran al NW formadas por tobas amarillas pomosas (cenizas volcánicas endurecidas hasta convertirse en rocas) que descansan sobre tobas y brechas pomosas (las brechas son rocas endurecidas que contienen bloques angulares de lava solidificada relativamente grandes incluidos en una masa de ceniza) en diferentes espesores. A éstas capas siguen en profundidad tobas margosas y margas (calizas con un 50% o más de arcilla) de edad pleistocénica. Se tiene, además, una larga faja que se extiende de E a W con las mismas características que las anteriores y que se interrumpen en las márgenes del Rio Santiago, pues aparecen bancos muy gruesos de tobas con algunas lavas riolíticas principalmente. (Gutierrez V. 1959)

3.6 CLIMATOLOGIA. Los datos que se utilizaron en la presente tesis pertenecen a los de la estación meteorológica de "La Red" en un período de 20 años. La estación se localiza a los 20°41' latitud N y 102°50' longitud W. Los datos de mayor importancia se presentan en los cuadros I-A y I-B.

La pérdida y degradación que sufren los suelos en su estado perturbado es uno de los problemas de mayor gravedad que presenta la agricultura, en razón de que el potencial agrícola y el tiempo de utilización de estos decrece en una forma irreversible motivada por los fenómenos naturales. Los fenómenos naturales que se presentan en el tiempo y espacio marcan su influencia como agentes del intemperismo, proceso por el cual un suelo tiende a su formación progresiva. Estos fenómenos marcan la pauta en el desarrollo cronológico del suelo. El análisis y comprensión de estos fenómenos y de su relación con el factor suelo, mostrarán el camino a seguir para disminuir los procesos de degradación y pérdida del material mineral que presentan muchos suelos, así mismo se podrá establecer la forma más apropiada en cuanto al manejo de éstos suelos para poder aprovechar el máximo potencial que la anterior relación nos otorga.

3.6.1 CONCEPTOS CLIMATOLÓGICOS.

Temperatura. El fenómeno de temperatura tiene influencia negativa o positiva en el desarrollo de los vegetales, considerando que las temperaturas mínimas y máximas limitan el crecimiento del cultivo y, en casos extremos, puede ocasionarle la muerte.

Analizando lo anterior y relacionándolo con el ciclo del cultivo explotado, se puede decir que la temperatura mensual máxima media y extrema registradas en la zona, no pre

CUADRO I-A. CONCEPTOS CLIMATOLOGICOS

		Estación: La Red, Jal.									
Mes	Concepto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Enero		27.26	0.66	31.15	-3.0	14.12	81.80	23.34	0.0	126.63	(1) Temperatura máxima media
Febrero		28.58	1.21	32.5	-3.0	14.90	37.00	11.44	0.0	154.90	(2) Temperatura mínima media
Marzo		31.67	2.64	33.5	-1.5	17.36	59.30	5.98	0.0	231.00	(3) Temperatura máxima extrema
Abril		33.69	5.22	37.5	1.0	19.92	41.30	8.34	0.0	275.66	(4) Temperatura mínima extrema
Mayo		35.06	7.56	38.5	2.0	21.78	90.70	21.17	inap.	283.20	(5) Temperatura media
Junio		33.21	11.03	36.5	8.0	21.67	259.30	162.82	73.5	194.41	(6) Precipitación máxima
Julio		28.08	12.11	30.0	10.0	20.01	495.60	254.97	151.6	147.85	(7) Precipitación media
Agosto		27.72	11.64	30.0	10.5	19.84	390.80	228.20	121.8	135.68	(8) Precipitación mínima
Septiembre		27.68	10.44	29.0	5.0	19.60	286.60	150.77	88.4	119.44	(9) Evaporación media
Octubre		28.28	6.22	30.5	3.5	18.16	165.70	53.59	inap.	119.87	
Noviembre		28.14	2.14	29.5	-2.0	16.00	71.00	14.89	0.0	113.17	
Diciembre		26.97	1.42	29.0	-2.5	14.78	83.50	11.83	0.0	109.06	
T o t a l.						\bar{X} 18.18		947.94		2010.87	

CUADRO I-B. CONCEPTOS CLIMATOLÓGICOS (continuación).

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	
Concepto									
Enero	49.0	6.7	20	3.0	1	0.1	2	0.1	
Febrero	6.0	1.8	11	1.8	5	0.3	1	0.1	(1) Lluvia máxima en 24 h.
Marzo	8.0	1.7	2	0.0	0	0.0	2	0.2	(2) Lluvia máx. en 24 h. promedio
Abril	21.0	4.5	0	0.2	1	0.1	1	0.2	(3) Heladas máximo
Mayo	55.0	13.2	0	0.0	1	0.7	4	1.1	(4) Heladas promedio
Junio	99.0	42.3	0	0.0	2	0.4	12	3.4	(5) Granizo máximo
Julio	82.5	42.1	0	0.0	3	0.8	12	5.3	(6) Granizo promedio
Agosto	73.5	36.1	0	0.0	4	1.4	11	6.4	(7) Tempestad máximo
Septiembre	87.0	35.8	0	0.0	2	0.4	6	2.3	(8) Tempestad promedio
Octubre	39.0	20.2	2	0.1	1	0.2	2	0.5	
Noviembre	42.0	11.1	5	1.0	1	0.1	6	0.5	
Diciembre	30.5	5.1	19	3.4	1	0.1	1	0.1	

sentan problemas en el cultivo por no registrarse temperaturas mayores a los 40°C, las cuales pudieran alterar las funciones fisiológicas de las plantas. La temperatura mínima media y extrema no representan un problema para el cultivo, ya que las temperaturas menores a los 0°C se presentan fuera del ciclo en el cual se establecen los cultivos de temporal. La temperatura media presentada en el período considerado como el temporal, no presenta una variación fuerte para considerar la de riesgo para el cultivo establecido.

Precipitación. El ciclo de la precipitación está dado por 3 períodos establecidos por el volumen de humedad que éstos aportan a la vegetación. El primer período que se puede tomar como húmedo, se presenta del mes de junio al mes de octubre con un volumen de 850.35 mm que representan el 89.70% de la precipitación anual y en el cual se establecen los cultivos de temporal. Se puede considerar que con éste volumen el cultivo tenga un buen rendimiento, sin hacer intervenir en ésta evaluación al factor suelo ni la frecuencia con la cual se presenta la precipitación. El período semihúmedo se presenta de noviembre a febrero con un pequeño volumen precipitado de 62.1 mm representando el 6.55% de la precipitación total anual, el cual puede otorgar una pequeña ayuda a los cultivos que se establezcan de humedad residual si es que el suelo tiene la capacidad de retener un buen volumen sobrante del ciclo húmedo que aporte humedad para el desarrollo de un cultivo. El período seco comprende los meses de marzo, abril y mayo, representando un volumen de 32.49 mm que es el 3.75% del volumen anual. El volumen que se presenta en el mes de mayo (21.20 mm) se puede considerar importante en razón de que éste ayuda al manejo de los suelos en las labores de preparación para iniciar el desarrollo del cultivo de temporal en algunas regiones.

Evaporación. La evaporación media que presenta ésta región se puede considerar en grado excesivo, ya que ésta duplica a la precipitación total anual, evaporandose un volumen total anual de 2010.87 mm presentando las evaporaciones más altas los meses de marzo, abril y mayo. Esto es debido a las bajas precipitaciones que se presentan en estos meses y a las relativamente altas temperaturas registradas que dan origen a un bajo contenido de humedad relativa en el aire circulante. Al iniciar el período de precipitación, la humedad ambiental aumenta y la evaporación decrece, presentando el mínimo valor en el mes de diciembre.

Teniendo presente que en algunos meses del ciclo de temporal la precipitación supera a la evaporación en el volumen mensual, y considerando que la precipitación es un fenómeno aleatorio en ocurrencia y volumen y la evaporación es un fenómeno constante directamente proporcional a la temperatura, se debe tener cuidado en el manejo de estos suelos para evitar pérdidas excesivas de humedad.

3.6.2 CLASIFICACION DEL CLIMA

La evaluación que se efectuó en éste punto para evaluar los fenómenos climatológicos que han acontecido en ésta región, se realizó aplicando el segundo sistema de clasificación del clima del Dr. Warren Thornthwaite. Este método efectúa una evaluación y relación de los conceptos situación geográfica de la estación (latitud), temperatura y precipitación. La evaluación de éstos conceptos nos proporciona el consumo hídrico de un cultivo bajo una cobertura de 100%, denominando se a esto evapotranspiración potencial (EP); ésta, relacionándola con el factor suelo ideal medio con una capacidad útil de retención de humedad de 100 mm, nos proporciona las variables de movimiento de agua en el suelo (MHS), humedad almace-

nada (HA), demasias (s) y deficiencias (d) de agua. Con los totales anuales de las demasias y deficiencias de agua, de la región de estudio, en relación con la evapotranspiración potencial anual (EPa) obtenemos los índices de clasificación climatológica que para ésta zona es la siguiente:

Por categoría de humedad: Ligeramente húmedo (B_1).

Por régimen de humedad: Moderada deficiencia de agua invernial (w)

Por categoría de temperatura: Templado frío (B_2)

Por régimen de temperatura: Con alta concentración térmica en el verano (a')

FORMULA B_1wB_2a'

En el cuadro del cálculo del clima (cuadro I) y más objetivamente en el climograma (fig. 3), se puede observar que la humedad almacenada (HA) cubre un período de 8 meses de junio a enero, teniendo los meses de julio, agosto y septiembre saturada la capacidad del suelo. Con esto podemos concluir que, teniendo este suelo un almacén de humedad aproximado de 280 mm (considerando una profundidad de 159 cm), el rango de humedad se amplía si ésta se conserva después del período húmedo.

Las demasias de humedad se presentan con un volumen de 338.4 mm repartidos en los meses de mayor precipitación, de julio a septiembre, las cuales pueden tener una respuesta negativa o positiva dependiendo de las condiciones en las cuales se presente el drenaje superficial e interno.

El volumen anual que presentan las deficiencias (d) de humedad es de 236.3 mm, presentando los valores más altos en los meses de abril y mayo. Esta deficiencia no tiene influencia en el cultivo establecido en el temporal.

CUADRO 2. CLASIFICACION DEL CLIMA DE ACUERDO AL SEGUNDO SISTEMA DE THORNTHWAITE.

Estación: La Red, Jal.

Periodo: 1962 - 1981.

Latitud N: 20°41'

Longitud WG: 102°50'

Altitud: 1757 msnm.

NUM.	CONCEPTO	M E S E S												ANUAL
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1	T (°C)	14.12	14.90	17.36	19.92	21.78	21.67	20.01	19.84	19.60	18.16	16.00	14.78	18.18
2	P (cm)	2.33	1.14	0.60	0.83	2.12	16.28	25.50	22.82	15.08	5.36	1.49	1.18	94.73
3	i	4.82	5.22	6.58	8.11	9.28	9.21	8.16	8.06	7.51	7.05	5.82	5.16	85.38
4	EP' (cm)	4.12	4.56	6.08	7.87	9.31	9.22	7.94	7.81	7.63	6.61	5.21	4.49	
5	F	0.94	0.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.15	1.11	1.02	1.00	0.92	0.94	
6	EP (cm)	3.87	4.10	6.26	8.26	10.52	10.24	9.13	8.67	7.79	6.61	4.80	4.22	84.47
7	MHS (cm)	-1.54	-0.86	0	0	0	6.04	3.96	0	0	-1.25	-3.31	-3.04	
8	HA (cm)	0.86	0	0	0	0	6.04	10.00	10.00	10.00	8.75	5.44	2.40	
9	s (cm)	0	0	0	0	0	0	12.41	14.14	7.29	0	0	0	33.84
10	d (cm)	0	2.10	5.66	7.47	8.40	0	0	0	0	0	0	0	23.63
11	EPR (cm)	3.87	2.00	0.60	0.83	2.12	10.24	9.13	8.67	7.79	6.61	4.80	4.22	
12	E (cm)	0	0	0	0	0	0	6.20	10.17	7.18	1.82	0	0	
13	RP (cm)	-0.40	-0.72	-0.90	-0.90	-0.80	0.59	1.79	1.63	0.94	-0.19	-0.69	-0.72	
14	$I_h = \frac{100 s_a}{EP_a} = \frac{100(33.84)}{84.47} = 40.06$						16	$I_m = I_h - 0.6I_a = 40.06 - 0.6(27.98) = 23.27$						
15	$I_a = \frac{100 d_a}{EP_a} = \frac{100(23.63)}{84.47} = 27.98$						17	$s = \frac{100EP_n}{EP_a} = \frac{100(29.89)}{84.47} = 35.38$						

FORMULA DEL CLIMA: B_1wB_2a'

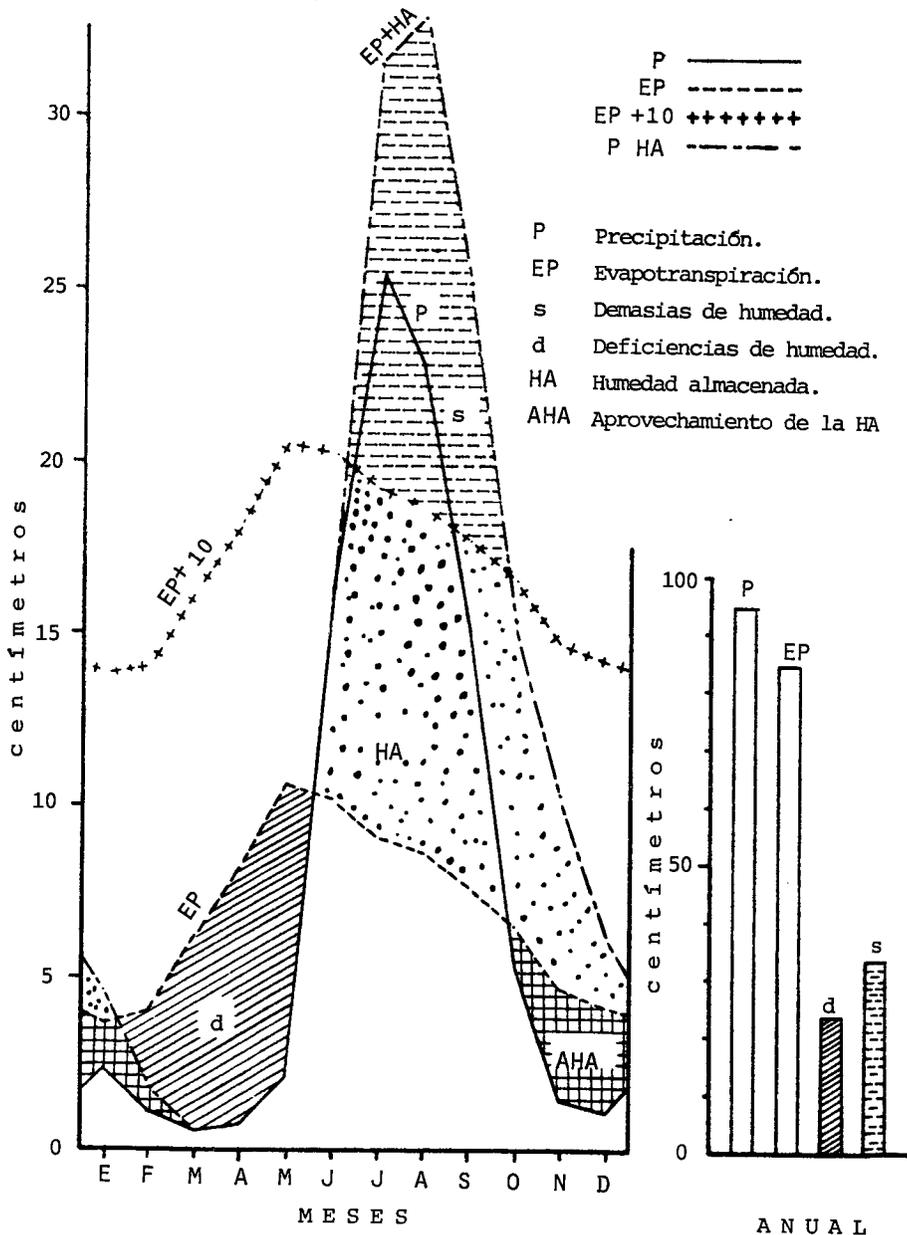
LIGERAMENTE HUMEDO, con moderada deficiencia de agua invernal.

TEMPLADO FRIO, con alta concentración térmica en el verano.

CLIMOGRAMA

fig. 3. SEGÚNDO SISTEMA DE THORNTHWAITTE

ESTACIÓN LA RED, JAL.



3.7 VEGETACION. El tipo de vegetación de zacatal se distingue por la predominancia de plantas herbáceas del tipo graminiforme. Está representado en diversas areas, pero es particularmente característico de la parte oriental conocida por el nombre de Los Altos de Jalisco asi como porciones vecinas de Zacatecas, Aguascalientes y Guanajuato.

La zona de estudio se caracteriza por la presencia constante de *Acacia tortuosa*. Las características de éste zacatal son: La temperatura media anual se mantiene entre los 18 y 19 °C. El suelo es gris, a veces rojizo, predominantemente arenoso cuando se deriva de riolitas y más o menos arcilloso donde domina el basalto. (Rzedowsky y McVaugh, 1966)

Las especies que forman el estrato arbóreo (2-5 m) de éste tipo de vegetación son:

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE VULGAR
<i>Acacia tortuosa</i>	Huizache chino.
<i>Acacia farnesiana</i>	Huizache yóndiro.
<i>Opuntia filginosa</i>	Nopal.
<i>Opuntia guelanchi</i>	Nopal.
<i>Opuntia streplacautla</i>	Nopal.
<i>Prosopis laevigata</i>	Mezquite.

El estrato arbústero (0.5-1.5 m) lo forman:

<i>Baccharis ramulosa</i>	Jarilla
<i>Mimosa monancistra</i>	Uña de gato
<i>Opuntia robusti</i>	Nopal

El estráto herbáceo (10-30 cm) predominan las especies de gramíneas siguientes:

Bouteloua filiformis
Hilaria cenchroides
Andropogon barbinoides
Eragrostis sp.
Rhynchelytrum roseum
Tripsacum daniellii

3.8 ESTUDIOS PREVIOS DE CLASIFICACION DE SUELOS EN LA ZONA.

En el año de 1951, el Ing. Rafael Ortiz Monasterio elaboró un estudio del área de Los Altos de Jalisco presentado en las bases técnicas del Plan Jalisco en donde cita los grupos de suelos a los que podrían pertenecer los suelos de la zona mencionada, sin llegar a un estudio más detallado sobre dicha clasificación. Un resumen del estudio es presentado a continuación:

En la región fisiográfica de los altos se presentan 2 tipos de suelos diferentes que son:

- 1.- Suelos rojos derivados del basalto (ferralitas) y
- 2.- Suelos delgados provenientes del material riolítico.

Los suelos rojos que comprenden gran área de Los Altos de Jalisco, se derivan de un basalto de olivino muy rico en hierro y por la oxidación del cual adquieren su coloración estos suelos.

Las características principales que presentan son:

- 1.- Son de colores rojos de varios matices.
- 2.- Muy pobres en materia orgánica
- 3.- Aunque son de carácter arcilloso, son permeables y su arcilla presenta muy pocas características coloidales.

- 4.- Su reacción va de neutra a ácida (pH de 7.2 a 5.6).
- 5.- Son pobres en nitrógeno y ricos en potasio.
- 6.- La topografía es accidentada por lo que se recomienda:
 - a) aplicación de abonos verdes o estiércol
 - b) corrección de las áreas más ácidas.
 - c) rotación de cultivos con leguminosas y aplicación de fertilizantes nitrogenados y fosforados.

Responden muy bien a la aplicación de mejoradores y fertilizantes. Son, también, muy recomendadas las prácticas para controlar la erosión. (Ortiz Monasterio R. 1951)

En la Carta Estatal de Suelos publicada por la Secretaría de Programación y Presupuesto (anexo cartográfico de la publicación Síntesis Geográfica de Jalisco, 1981), la zona, en un principio descrita, presenta como suelos predominantes los siguientes:

LUVISOL FERRICO, que son los que dominan en la mayor parte de la zona; FEOZEM HAPLICO, al norte de Acatic y en Juchitlán, y CAMBISOL EUTRICO, al oeste de San José de Gracia. Como suelos secundarios se presentan:

PLANOSOL EUTRICO, PLANOSOL MOLICO y VERTISOL PEICO.

LUVISOL FERRICO (del lat. *luvi*, *luo*: lavar, suelo lavado; del lat. *ferrum*: hierro) Se encuentran en zonas templadas o tropicales lluviosas, aunque se pueden encontrar en climas más secos. Son frecuentemente rojos o claros, su vegetación es de bosque o selva. Sus rendimientos son moderados. En zonas templadas la producción frutícola puede ser alta. Con pastizales pueden dar buenas utilidades. El LUVISOL FERRICO presenta manchas de hierro en el subsuelo y son bastante ácidos e infértiles.

FEOZEM HAPLICO (del gr. *Phaeo*: pardo y del ruso *zemlja*: tierra, tierra parda; del gr. *Haplos*: simple) Son suelos que se encuentran en varias condiciones climáticas y topográficas. Su característica principal es una capa superficial suave, rica en materia orgánica y en nutrientes. Los usos que se les dan son variados en función del clima, relieve y algunas condiciones del suelo. Se utilizan en agricultura de riego y de temporal con altos rendimientos de grano, legumbres y hortalizas cuando son profundos y planos.

CAMBISOL (del lat. *Cambiare*: cambiar, suelo que cambia) Son suelos jóvenes y poco desarrollados, se presentan en cualquier clima menos en zonas áridas. Se caracterizan por presentar una capa en la que se forman terrones, además pueden presentar acumulaciones de algunos materiales como arcilla, carbonatos de calcio, hierro y manganeso pero sin que ésta acumulación sea abundante. Son de moderada a alta susceptibilidad a la erosión.

3.9 CONTENIDO ARCILLOSO DE UN SUELO DE TEPATITLAN. Las fracciones coloidales menores de 2 micras se separaron por el método de centrifugación y se sometieron a los estudios de análisis térmico diferencial, análisis térmico total, análisis espectrométrico en rayos "X", electronmicroscópico y capacidad de intercambio de bases total.

La electronmicroscopía de la fracción coloidal muestra la presencia morfológica de bastoncitos tubulares, la cual es típica del material haloisítico, y se observaron pequeñas esferitas (alofanos). Por los demás métodos se determinaron también hematita y haloisita. (Aguilera H. N. 1955).

IV REVISION DE LITERATURA

4.1 GENERALIDADES. En las rocas básicas la alteración es más rápida y los productos son menos ricos en cuarzo, ya que la roca no lo contiene en estado libre (en estado libre solo se encuentra en la familia de los granitos y en la de las dioritas cuarcíferas). La sílice que aparece en forma de ópalo se transforma progresivamente en cuarzo. En la alteración de rocas básicas la proporción de arcillas es mayor, y como éstas rocas son ricas en elementos ferromagnésicos cuya descomposición son óxidos de hierro, se observa la formación de rocas arcillosas rojas, pardas o amarillas según el grado de hidratación de éstos óxidos.

Cuando se altera un silicato que contenga hierro, se libera éste en forma de óxido. Primero queda comprendido entre las láminas del mineral el cual adquiere coloraciones castaño rojizas. Después se junta en forma de aureola rojiza, parduzca o amarillenta alrededor del cristal que lo ha abandonado. (Gaucher G. 1971)

Al iniciarse la separación de sílice y sesquióxidos en el suelo, la reacción es neutra o debilmente ácida cuyo caracter se acentúa por la constante pérdida de bases. Como consecuencia aumenta la solubilidad de la sílice y disminuye la del hierro y la del aluminio, lo que produce un elevado porcentaje de sesquióxidos y un bajo contenido de sílice.

Dependiendo de la distribución de la precipitación. tenemos:

- Limos rojos, que se desarrolla en clima tropical o tropical monzónico, con lluvias abundantes continuas o casi continua.
- Lateritas, se producen en clima tropical monzónico con estación seca de 2 a 3 meses.
- Tierras rojas lateríticas, de clima submonzónico con estación seca de 4 a 5 meses.
- Terra rosa, que se producen en climas de sabana cuya estación seca dura alrededor de medio año.

En estos suelos un uso excesivo de cal podría inmovilizar al hierro causando clorosis en las plantas. En las lateritas típicas, la rel. B (sílice:alúmina) suele ser menor de 1.3 .

En las tierras rojas lateríticas, la menor precipitación y la prolongación de la estación seca (con la cual las bases ascienden) hace que el lavado de bases no sea tan intenso y no se propicia un pH que permita la acumulación de sesquióxidos en el horizonte A apareciendo distribuidos normalmente en todo el perfil. La capacidad de intercambio catiónico es baja. Al desecarse el suelo no se endurece mucho y no requiere gran tracción para cultivarlo. Por su bajo contenido de bases se debe esparcir abonos de descomposición. Debe evitarse el empleo de superfosfatos substituyendolos por fosforita y esparcir carbonato de cal en lugar de cal viva. La rel. B va de 1.3 a 1.8 . (Mela P. 1963)

4.2 SUELOS DE REGIONES TROPICALES Y SUBTROPICALES HUMEDAS.

Una de las características principales que diferencian a los suelos tropicales de otros, es la temperatura bajo la cual se han desarrollado. La temperatura media anual en los trópi -

cos generalmente es mayor a los 25 °C y a los 30° de latitud es cercana a los 20 °C. La velocidad de meteorización química se duplica al incrementarse en 10 °C la temperatura, y un proceso tan importante como es la hidrólisis de los silicatos se ve también acelerada. El material original de los suelos tropicales, por procesos ocurridos durante tanto tiempo, se encuentran en un estado muy avanzado de meteorización. Ya que la hidrólisis de los silicatos que forman las rocas implica la pérdida de ácido silícico, de alcalis y alcalinotérreos, el material original tenderá a contener un carácter marcadamente sesquioxídico, en otras palabras, tenderá a ser más ferralítico que sialítico.

Aunque la tendencia es hacia la ferralitización, la meteorización puede variar según el caso: El más típico es cuando adyacente a la roca encontramos productos de carácter sialítico (caolinitico), y en los horizontes superiores encontramos productos ferralíticos. En ocasiones el primer producto de meteorización es de carácter ferralítico. La diferencia puede atribuirse a la roca madre por que el producto primario es sialítico si son rocas ácidas y ferralítico si se trata de rocas básicas.

De igual importancia que la temperatura es la lluvia y su forma de ocurrencia. Es frecuente que ocurran fuertes chaparrones en las regiones tropicales las cuales producen fuertes erosiones, especialmente en superficies desnudas llevándose a cabo transportaciones superficiales, produciendo, entre otras cosas, perfiles truncados o *inmaturos*. Esto dificulta bastante los estudios de suelos, por lo que se debe tomar en cuenta para disminuir dificultades y probabilidades de error.

Con excepción de ciertos bosques tropicales, los

climas de las regiones tropicales húmedas exhiben 2 estaciones bien marcadas: Una seca y otra húmeda. Durante la húmeda se puede producir lavado de bases por aguas infiltrantes y formación de perfiles ácidos produciendo inestabilidad en el complejo arcilla. En la estación seca la evaporación es muy fuerte y el suelo se seca rápidamente a profundidades considerables. Tales climas se denominan a veces *climas de monzón*. El color del suelo formado bajo libre drenaje es rojo, y varía según el contenido de humus y por el grado de hidratación de los óxidos de hierro. Bajo drenajes obstruidos y si el material es rico en cal, pueden presentarse suelos grises o de color oscuro.

La topografía influye en el efecto que pueda tener el relieve desde el punto de vista del movimiento de agua en el suelo. Por lo general las porciones elevadas con drenaje libre están ocupadas por suelos rojos y las depresiones con drenaje restringido por suelos negros o grises. (Robinson G.W. 1967)

4.3 LATERITAS. El color rojo de los suelos se le atribuye al óxido férrico libre que a veces está en altas proporciones, pero dichas proporciones no siempre se reflejan directamente en el color del suelo. Algunas veces es notoria la cantidad de alúmina libre en los suelos tropicales. Se denominan "alfíticos" los suelos con un alto contenido de sesquióxidos (H.A. Harrassowits) y sialítico los que presentan un complejo de meteorización de carácter sialítico. G.W. Robinson propone utilizar el término ferralítico en lugar de alfítico para indicar la abundancia de sesquióxidos en el complejo de meteorización; y propone restringir los términos sialítico, alfítico y ferralítico a los suelos como materiales más que como perfiles.

En los suelos tropicales húmedos ricos en sesquióxidos, pueden presentarse variaciones debidas al grado de desilificación (pérdida de sílice) y al grado en el que el suelo o sus horizontes individuales hayan recibido por iluviación sesquióxidos. Son raras las ferralitas cuya desilificación sea completa, por lo que se presentan arcillas silicatadas.

El término *laterita* ha sido asignado a suelos rojos tropicales de caracteres muy distintos, y probablemente ningún aspecto de la génesis ha sido más debatido que la naturaleza y la forma de origen de éstos materiales. El estudio de los suelos tropicales está en realidad dominado por el problema de las lateritas. Se ha producido mucha confusión por la posibilidad de distinguir entre el suelo como material y el suelo como individuo. Mientras se crea que se puede definir un suelo por el análisis de sus muestras, cualquier suelo que presente una considerable proporción de sesquióxidos puede ser considerado como una laterita. Martin y Doine propusieron definir la laterita como un material en el que la relación molecular B (sílice:alúmina) en la arcilla es menor de 1.3, mientras que en las lateritas tal relación es de es de 1.35 a 2; aparte de que éste hecho olvida al hierro como componente de las arcillas. Este término habla entonces de materiales y no de suelos, y para evitar ésta confusión Robinson propone el término *ferralítico* para indicar que el material es rico en sesquióxidos, en lugar de laterítico. Admite que en ciertos perfiles que se presentan en los trópicos existen razones para aplicar el debatido término.

4.4 LATERITAS Y FERRALITAS. Generalmente la meteorización de las rocas ígneas básicas producen hidróxido de aluminio o bauxitas; las rocas ígneas ácidas dan caolinitas. No existen pruebas de que la caolinita pierda siempre su silicio por

la meteorización liberando hidróxido de aluminio. Esta divi sión entre productos residuales bauxíticos y caoliníticos depende de la meteorización de las partículas minerales de las rocas y, como existen diversos minerales en una roca, es posi ble que ambos productos provengan de la misma roca.

Los productos residuales de la meteorización son: Materiales caoliníticos (probablemente haloisita); la sílice recristaliza como cuarzo, opal o calcedonia; el aluminio apa recerá como gibbsita o hidrargilita y el hierro principalmente como hematita, limonita y puede estar como magnetita como remanente de los minerales originarios.

Las partículas elementales son, en su totalidad, pe queñas (arcillas y limos finos), productos secundarios de me teorización, pero están unidas en partículas mayores a veces llamadas *pseudoarenas* por que se comportan como arenas, cemen tadas por óxidos de hierro y probablemente hidróxidos de sili cio y de aluminio. Por lo anterior, éstos suelos no se com portan con propiedades de arcillas: no son plásticos, no se hinchan con la humedad, tienen una capacidad de intercambio baja y son de fácil cultivo.

Las ferralitas solamente se forman de la meteoriza- ción de las rocas ígneas básicas sobre lugares con buen avena miento y manto freático profundo, para evitar que la sílice soluble en el agua reaccione con el hidróxido de aluminio for mando caolinitas. Cuando el material es rojo se le denomina a veces tierra roja tropical, y si presenta poca caolinita se le denomina laterita (del lat. *later* , ladrillo. Nombre que recibió éste material por su color, de rojizo a amarillento, y por su dureza. En la India es utilizado para la construc- ción.) (E.I. Russell y E.W. Russell, 1968)

La definición de los suelos ferralíticos podría ser la siguiente: *Son suelos a menudo profundos cuyos horizontes presentan transiciones graduales, a veces con un horizonte A₂ o B textural. Este horizonte puede estar ligeramente estructurado, mas los agregados no presentan superficies brillantes desarrolladas en los ferrisoles.*

La reserva de minerales alterables es pequeña o a veces inexistente; la relación limo arcilla es generalmente inferior a los 0.25. Los minerales arcillosos son generalmente del tipo 1:1 asociados a los hidróxidos de hierro. La rel. B es a veces cercana pero generalmente inferior a 2.

La ferralitización es, generalmente, una alteración muy acentuada de los minerales de las rocas con la eliminación casi total de bases alcalinas y alcalinotérreas y del silicio en forma parcial; también se nota una acumulación en proporción variable de minerales arcillosos del tipo de la caolinita, hidróxidos y óxidos de hierro, aluminio, titanio y manganeso. (Peña Rodriguez F. 1968)

4.5 SUELOS ROJOS FERRALITICOS CALCICOS. Estos suelos presentan las características siguientes:

- Su color es rojo intenso.
- En el perfil, sus horizontes no se diferencian fácilmente.
- La arcillosidad es muy alta.
- Su composición química es constante.
- Su reacción va de neutra a ligeramente ácida.
- El complejo de absorción esta saturado de calcio y magnesio ante un volumen de absorción suficientemente alto.

Los suelos rojos ferralíticos cálcicos provienen de rocas calcáreas y de la serpentina; son ricos en sesquióxidos

y pobres en sílice; no son análogos a los suelos terra rosa sub tropicales, los cuales presentan carbonato de calcio y comp osición fersialfítica en su parte mineral. Se diferencian también de los suelos Ferralíticos Acidos que presentan hidrógeno y aluminio en el complejo de intercambio. Los suelos Ferralíticos se presentan sobre areas planas o con poca pendien te. Las condiciones climatológicas bajo las cuales se forman los suelos Ferralíticos Cálcidos son las siguientes: La temperatura media anual es de 24 °C, el mes más caluroso es agosto y enero es relativamente frío.; la precipitación es de 1500 a 1700 mm anuales, de los cuales el 20 por ciento cae es período seco. Su textura es arcillosa con distribución vertical; la lixiviación no es muy manifiesta; presenta una gran cantidad de micro y macroagregados. En la parte mine ral la sílice va del 36 al 46 %; la alúmina predomina sobre la sílice y el alto contenido de Fe_2O_3 coincide con el gran aumento de CaO y MgO. La distribución de SiO_2 y Fe_2O_3 es uni forme, solo el Al_2O_3 muestra una debil tendencia a aumentar con la profundidad. Las concreciones, de un 46 a un 63 por ciento estan compuestas de trióxido de hierro y hay muy poca sílice y alúmina. La composición del suelo total y de la ar cilla es casi igual en el contenido de SiO_2 , Fe_2O_3 y Al_2O_3 , lo que no es consecuencia de su profunda erosión sino de su origen. En la rel. C ($SiO_2:R_2O_3$) se puede apreciar su composi - ción ferralítica.

El Ph varía de neutro a debilmente ácido, en algunos casos disminuye con la profundidad y en otros es constante. La suma de cationes intercambiables es alta, algunas ve ces mayor que en los suelos Ferralíticos Acidos, y en su mayo ría esta representada por el Ca y Mg intercambiables. Generalmente los suelos Ferralíticos Cálcidos tienen poco hierro inestable y el contenido de hierro en estado cristalino es sig

nificativamente mayor, principalmente en los horizontes superiores (en ocasiones hay excepciones a la profundidad de 1.4 a 1.5 m aproximadamente).

Estos suelos son adecuados para el desarrollo de cultivos básicos y cultivos perenes (caña de azúcar y frutales), y no necesitan labranza total anualmente sino cada 5 o 10 años. Se pueden efectuar 1 o 2 cultivadas anuales. Son aptos también para legumbres y con irrigación se pueden obtener hasta 3 cosechas al año. Responden muy bien a las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados y fosforados. (Zoon, 1974)

4.6 SUELOS ROJOS FERRALITICOS ACIDOS. Estos suelos ocupan la mayor area en los límites del subtrópico húmedo y en especial en las areas periodicamente húmedas y húmedas.

El perfil se divide en tres zonas: La superior que en uno u otro grado es la zona orgánica y lixiviada y frecuentemente enriquecida de grava y concreciones de hierro; la zona de enmedio que es jaspeada y la parte inferior que es la roca intemperizada. Su profundidad varía desde uno hasta diez metros y más, la cual es seriamente afectada por la erosión. El color del suelo es rojo con diferentes tonalidades, debiendose a los contenidos de Fe_2O_3 , Al_2O_3 y SiO_2 . La profunda erosión y la transformación de la masa mineral se refleja en las relaciones B y C, que en los suelos en menor de 2 y en la arcilla menor de 1.5 que son valores característicos de la composición ferralítica. Poseen una reacción ácida, el volumen de absorción es pequeño y el contenido de hierro en estado cristalino es muy alto. El hierro inestable se encuentra en segregaciones y concreciones, las cuales pueden indicar el inicio de la formación laterítica. Así, en diferentes

formas, se proyecta la laterización.

Las condiciones climatológicas bajo las cuales se forman los suelos Ferralíticos Acidos, son muy variables, van desde un clima subtropical caluroso húmedo (precipitación anual de 1500 a 4000 mm, la primavera y el verano son húmedos e invierno relativamente seco), hasta un clima monzónico tropical en donde el período seco es de 3 a 6 meses y la temperatura media anual es cercana a los 20 °C con una precipitación de 1200 a 1500 mm. En el clima ecuatorial húmedo la temperatura media anual es de 20 a 25 °C y la precipitación es de 4000 a 8000 mm y el tiempo seco no es mayor de uno o dos meses y en ocasiones no se presenta.

Los suelos Ferralíticos más típicos se forman en las condiciones tropicales húmedas ante un buen drenaje natural. La formación de la masa mineral ferralítica puede efectuarse en cualquier roca excepto el cuarzo y sus semejantes, ya que el proceso de la ferralitización representa la descomposición de los minerales primarios y el acarreo de éstos productos a excepción del hierro, aluminio y sílice soluble. Finalmente la ferralitización puede ser antigua, joven y contemporánea.

Visto así, la composición de la roca madre no es tan importante en el papel de la ferralitización, sin embargo, hay manifestaciones específicas de composición y propiedades de los suelos ferralíticos que dependen directamente de la roca sobre la que se formaron, como por ejemplo sus relaciones y acumulaciones de SiO_2 , Fe_2O_3 y Al_2O_3 . De la roca madre depende también la riqueza natural del suelo.

Los suelos rojos Ferralíticos Acidos de los diferentes países, en general, observan el mismo principio en la estructura de su perfil; solo se diferencian en profundidad, ya

que el potencial de los diferentes horizontes, en cantidad y calidad, varían también por el efecto de la erosión. La formación de las concreciones de hierro, probablemente se efectuó en el período seco y en el húmedo se vean sometidos a una parcial disolución.

La relación C revela su carácter ferralítico, siendo esto aún más marcado en la fracción arcilla. La diferencia del contenido de SiO_2 en el suelo y en la arcilla recae sobre el cuarzo libre. Aproximadamente del 81 al 91 % del hierro total se encuentra en estado cristalino, el cual aumenta con la profundidad de acuerdo con la distribución de la arcilla, por lo que se corrobora que sí se lleva a cabo la lixiviación, mientras que el trióxido de hierro se distribuye uniformemente en todo el perfil. Parece ser que el contenido de hierro inestable es relativamente bajo y su aumento coincide con la profundidad solo en los 60 cm superficiales. En climas monzónicos los suelos tienen una composición ferralítica típica determinada por la acumulación de materiales arcillosos de gibbsita y caolinita. En ocasiones el horizonte superficial presenta poca arcilla y un alto contenido de limos debido a la formación de limos falsos por cementación de arcilla y fierro. La zona superior es rica en cuarzo y pobre en silicatos y sesquióxidos, lo que está realmente determinado por la erosión y la lixiviación. La zona media contiene más silicatos y sesquióxidos y menos cuarzo. En las zonas superior e inferior solo en contenido de Al_2O_3 es mayor que en la zona media. Es muy probable la formación de cortezas después de 8 o 10 años de haber sido denudada la superficie.

Comparando los suelos rojos Ferralíticos Ácidos de los diferentes continentes y países se puede concluir:

- 1.- Su reacción es ácida o debilmente ácida. Las relaciones moleculares sílice:alúmina y sílice:sesquióxidos

del suelo o arcilla son menores de 2 a cualquier profundidad cuando provienen de rocas básicas.

- 2.- El aumento del contenido de cuarzo no indica una formación podzólica, pues la acumulación va unida a la lixiviación de arcilla.
- 3.- Si la rel. B es menos de 1 son suelos alíticos.
- 4.- La influencia de la roca madre se manifiesta principalmente en la composición mecánica y en la correlación de hierro y aluminio. En las rocas sedimentarias la ferralitización es más rápida, los suelos son más arcillosos y contienen más sesquióxidos.
- 5.- La edad del suelo se refleja en el grado de ferralitización del suelo y en la aparición de nuevas formas de hierro.
- 6.- El aumento de la acidez acelera la erosión y la denudación del horizonte B y la acumulación del hierro en diferentes formas concrecionadas (corazas lateríticas).

Sobre ellos se siembran los cultivos tradicionales, hasta hoy un solo cultivo al año en período de lluvias. Cuando un suelo virgen se incorpora al cultivo, pierde su riqueza natural en 2 o 3 años y es abandonado. Lo difícil de éstos suelos al incorporarlos a la agricultura es su pobreza en nutrientes, principalmente en nitrógeno y fósforo, por lo que se recomienda dejar cuando menos el 30 por ciento del área, cubierta por la vegetación natural para protegerlos de la erosión; aplicar fertilizantes así como la aplicación de abonos verdes y rotación racional de cultivos; agrotécnicas e irrigación adecuadas contra la erosión y regular la cantidad de animales que pastan sobre ellos. Los suelos Ferralíticos Ácidos son, por naturaleza, suelos de bosque, por lo que las áreas que son abandonadas por la agricultura deben de utilizarse como bosques de maderas preciosas. (Zoon, 1974)

4.7 OXISOLES. Son suelos ricos en sesquióxidos altamente intemperizados de las regiones intertropicales. Son suelos minerales con un horizonte óxico dentro de los 2 m superficialles o plintita (plintita es un horizonte pobre en humus y rico en sesquióxidos el cual se endurece convirtiéndose en roca de hierro o duripán conforme se repita la humedad y la sequía. El rojo, en porciones endurecidas de la capa es usualmente moteado con amarillento, grisáceo o cuerpos blancos). Ellos incluyen la mayoría de los suelos previamente llamados lateritas y la mayoría de los suelos antiguamente llamados latosoles.

Los requerimientos de un alto grado de intemperismo, baja capacidad de intercambio catiónico y ausencia de un horizonte argílico para que a un horizonte o capa de suelo calificado como un horizonte óxico, elimina del orden Oxisol a muchos suelos tropicales y subtropicales.

La desilificación y la concentración de hierro libre y algunos casos gibbsita, son los procesos mayores que afectan a un oxisol. El resultado final de la pérdida de sílice parece ser una acumulación relativa de hierro o ferralitización. La melanización y humificación, en algún grado, toman su lugar en todos los Oxisoles (la melanización es un cambio de color en el suelo ya sea por adición o pérdidas de materia orgánica —el caso común— o por la transformación de colores oscuros —melanizados— a colores claros o viceversa; la humificación es el proceso por el cual se forman en el suelo productos definidos, estables, de color oscuro, denominados ácidos húmicos). Estos procesos son especialmente prominentes en aquellos Oxisoles con elevada precipitación o que está usualmente húmedo. La gleización (la reducción del hierro en suelos pobremente drenados, su segregación en motas y concreciones o su remoción por la

lixiviación del horizonte gleizado) es un proceso mayor en aquellos Oxisoles que están o han estado saturados de agua en algún período o períodos durante el año. Es posible que la gleización opere sin la formación de plintita.

La pedoturbación (proceso por el cual el suelo se revuelve) es un proceso mayor en aquellos Oxisoles sin plintita continua muy cerca de la superficie o sin la generalmente fuerte gleización con su alto nivel de agua asociado. El principal tipo es la pedoturbación faunal, la que prevalece más en los Oxisoles mejor drenados y más arcillosos asociados con antiguas superficies erosionadas. La pedoturbación faunal es llevada a cabo por los animales e insectos. Los Oxisoles principalmente se deben de trabajar con rotación de cultivos, pastizales con poca carga animal y una agricultura intensiva con caña de azúcar, plátano, piña y café. Estos suelos tienen especiales y únicos requerimientos de manejo, limitaciones y posibilidades; lo que es debido a su baja reserva de nutrientes y extremadamente baja fertilidad natural, baja capacidad de retención de humedad aprovechable y bajo aluminio intercambiable. (Buol S., Hole F. and McCracken, 1980)

4.8 ESTRUCTURAS CRISTALINAS SIMPLES. La arena y limo consisten casi íntegramente de residuos resistentes de los minerales de las rocas primarias, aunque también contienen pequeñas cantidades de minerales secundarios, sales, óxidos e hidróxidos. En la roca primaria predominan los silicatos, los cuales tienen una estructura cristalina basada sobre una unidad simple, el tetraedro de sílice SiO_4^{-4} . Un cristal electrónicamente neutro es formado cuando cationes como Al, Fe, Ca, Mg, Na y K se unen con los átomos de oxígeno para satisfacer las valencias libres.

El grupo de átomos de oxígeno - los cuales son, por mucho, el mayor de los grupos de los elementos más abundantes de los silicatos - determinan las dimensiones cristalinas. En el cuarzo, por ejemplo, el oxígeno ocupa el 98.7 % del volumen mineral y el silicio solo el 1.3 %. El tamaño del oxígeno con respecto al silicio es tal, que 4 átomos de oxígeno pueden agruparse alrededor de un átomo de silicio. (White R. 1979)

4.9 ARCILLAS.

4.9.1 GENERALIDADES. La arcilla es un mineral secundario del suelo y determina las propiedades físicas y químicas del mismo, siendo importante no solo la cantidad sino también la naturaleza de las arcillas que predominan en un suelo.

Se consideraba que las arcillas eran un reflejo directo de las condiciones bajo las cuales se había formado el suelo. Hoy se sabe que también influye el material madre en el tipo de arcilla que se presente en un suelo. Esto hace difícil establecer generalizaciones acerca de las arcillas predominantes en los suelos de determinadas latitudes, ya que en el mismo predio puede variar la clase de arcilla en respuesta a una variación en el material madre. Lo anterior hace que los suelos puedan responder en forma diferente a fertilizaciones, tratamientos y encalados. Debe considerarse que los valores de pH por sí solos no son confiables para predecir la cantidad de caliza necesaria para un suelo ácido.

Las arcillas silicatadas se forman con más frecuencia de ciertos minerales como feldespatos, micas, anfíboles y piroxenos. La transformación de los minerales a arcilla considera 2 procesos distintos:

- 1.- La alteración y degradación físico-química de los minerales primarios y
- 2.- Por una descomposición de los minerales primarios y siguiente recristalización de algunos de sus productos de descomposición. A éste proceso se le denomina a veces *neoformación*.

(Ortiz Villanueva B. 1980)

4.9.2 MINERALOGIA. Por muchos años el pequeño tamaño de las partículas coloidales fueron explicadas por los científicos en lo que respecta a su estructura mineral. Esto fué a través de que la fracción arcilla consistía en fragmentos de material inerte envuelto en un gel sin forma de sesquióxidos hidratados y ácido silícico. La superficie del gel era anfótera y su pH dependía de el del suelo. Entre un pH de 5 y 8 la superficie era igualmente negativa, lo que podía ser demostrado por la observada propiedad de intercambio catiónico.

Durante la década 1930-40, la naturaleza cristalina de los silicatos de arcilla fué establecida inequívocamente por la técnica de difracción de rayos "X". En la mayoría de los minerales se encontró que tenían una estructura similar a un "plato" como las micas y cloritas. Los grandes grupos fueron identificados a partir de la característica de los espacios basales, como se midieron por difracción de rayos X, y hasta la composición de su unidad estructural se dedujo con análisis elementales. Estudios posteriores en el microscopio electrónico demostraron plenamente las conclusiones del anterior trabajo. De cualquier forma es sabido que los minerales accesorios - residuos de los minerales primarios resistentes al intemperismo que han sido molidos hasta un tamaño coloidal - también se encuentran en la fracción arcilla en cantidades variables (hasta un 20 % en peso del material amorfo,

lo cual es de considerable importancia ya que pueden estar como una cubierta delgada en la superficie del mineral de arcilla).

4.9.3 MINERALES DE ARCILLA CRISTALINOS. Estos minerales son aluminosilicatos hidratados con una estructura de "capas en rejadas" excepto por un pequeño grupo de estructuras en "cadenas" similar a la de los anfíboles. Esto puede ser heredado del material madre como fragmentos parcialmente alterados de los silicatos en capas primarias.

La estructura básica del caolín es 1:1 de capas en rejadas formadas por algunos átomos de oxígeno compartidos entre una lámina de sílice y otra de gibbsita. Los dos miembros más comunes de éste grupo son la caolinita y la haloisita. En la caolinita, las posiciones centrales de los tetraedros y octaedros están ocupadas por silicio y aluminio respectivamente; no se ha producido ~~reemplazo~~ reemplazo isomórfico y son electroneutrales. El enlace entre paquetes o láminas es por medio de puentes de hidrógeno. La rel. B varía entre 2.49 y 1.83. Generalmente se deriva de la ortoclasa y albita; es muy estable y se encuentra en suelos muy meteorizados; no es expandible y tiene baja capacidad de intercambio de cationes (3-10 meq./100 g de arcilla) dada su poca o nula substitución isomórfica. El espacio basal es de 7.2 Å y no se presta para la fijación de amonio y potasio (diámetros 2.86 y 2.66 Å respectivamente) por su espacio interlaminaar que es de 2.7 Å. (Fassbender H. 1980)

La sílice y los hidróxidos de aluminio que toman arte en la síntesis de arcillas no necesitan formarse en el mismo lugar, pues el agua rica en sílice percolando a través del hidróxido de aluminio, que queda como un producto residual de la corteza de meteorización, puede convertirse en caolinita.

Las arcillas caolinífticas tienden a formarse bajo condiciones de escasez de bases, o sea, en áreas húmedas con buen avenamiento. (Ruussell, 1968)

La haloisita es una forma hidratada de la caolonita y su rel. B puede variar entre 2.06 y 1.65. Son frecuentes en suelos derivados de cenizas volcánicas y presentan productos de meteorización de arcillas amorfas como la alófana. Su origen es mas bien a partir de la plagioclasa; puede contener hasta 4 moléculas de agua de hidratación y a 105 °C pierde su agua y pasa a ser caolinita. La haloisita, con éste grado máximo de hidratación, se llama endelita y la distancia entre sus arístas aumenta de 2.7 a 10.1 Å. por lo que es factible la fijación de amonio, potasio y otros iones. Una forma menos hidratada recibe el nombre de metahaloisita. La capacidad de intercambio catiónico de las haloisitas llega a 20 meq./100 g de suelo.

La ilita tiene una estructura básica de 2:1 y se deriva generalmente de las micas como la muscovita, sin embargo tienen menos potasio y más agua de hidratación, por lo que se les denomina micas hidratadas. Su composición química varía de acuerdo con la del mineral del que provienen. El espacio basal es de 10 Å aproximadamente; la distancia interlaminar es de 3.5 Å por lo que presenta facilidad para la fijación de amonio y potasio; no es expandible y su CIC va de 10 a 50 meq por 100 g de arcilla. (Fassbender H. 1980)

Las arcillas iliticas forman el grupo intermedio entre las caolinitas puras de los suelos fuertemente lavados y pobres en bases y de las montmorillonitas puras de los suelos pobremente avenados y ricos en bases. (Russell, 1968)

4.10 MINERALES ACCESORIOS Y MINERALES AMORFOS. La única sal de importancia encontrada en la fracción arcilla es la calcita (CaCO_3) la que puede acumularse sobre suelos formados sobre margas o calizas y en los suelos con pH elevado y de regiones áridas. Los minerales accesorios son predominantemente óxidos libres, compuestos en los cuales una sola especie de catión es coordinado con oxígeno, los cuales incluyen formas cristalinas y amorfas de sílice, óxidos de hierro, de aluminio, de manganeso y de titanio.

4.10.1 SILICE. El ácido silícico en solución tiene una marcada tendencia a polimerizarse a medida que el pH aumenta, por lo que los geles coloidales de sílice pueden estar como agentes cementantes en los horizontes B y C de los suelos lavados. El sílice amorfo también puede estar en suelos recientes formados sobre cenizas volcánicas. Realmente la mayor parte de la arcilla en dichos suelos puede consistir en un compuesto microcristalino de sílice y alúmina llamado alófano. Los alófanos tienen una densidad de carga extremadamente alta porque aproximadamente un tercio de los átomos de silicio son reemplazados por aluminio tetraedral.

4.10.2 OXIDOS DE HIERRO. Desde el color amarillo hasta el café rojizo de los óxidos de hierro son muy obvios en suelos altamente intemperizados de los trópicos y en las motas de herrumbre de los suelos periódicamente anegados. Estas manchas de herrumbre están frecuentemente asociadas con pequeñas acomulaciones negras de MnO_2 de 1 a 2 mm de diámetro.

El óxido de hierro está más comunmente como el cristal mineral *goethita*, el cual es un producto normal del intemperismo y la *lepidocrita*, que es formada por la oxidación del hierro ferroso en presencia de materia orgánica. La le -

pidocrita lentamente se vuelve a goethita con el tiempo, y ésta es cambiada a *hematita* a altas temperaturas permaneciendo en la superficie de los suelos tropicales. La *magnetita* hidratada contribuye al color azul grisáceo de los suelos anegados.

4.10.1 HIDROXIDOS DE ALUMINIO. Estos tienen un no distintivo color blanco grisáceo que es fácilmente confundible en los suelos excepto cuando está en grandes cantidades, como en los minerales de bauxita. La forma cristalina principal es el óxido hidratado *gibbsita*; depósitos de $Al(OH)_3$ amorfos también están en los espacios interlaminares de los minerales de arcilla, especialmente las vermiculitas, y como cubiertas superficiales de las partículas de arcilla generalmente. Estos minerales amorfos cristalizan lentamente para formar gibbsita. Ambos óxidos, de Al y Fe, se acumulan bajo condiciones de intemperismo intenso en los trópicos y su presencia tiene un profundo efecto sobre las características físicas y químicas de los suelos formados. (White R. 1979)

4.11 REQUERIMIENTOS DE CAL. Los requerimientos de cal están dependiendo de la capacidad bufer del suelo y del pH, se expresa como la cantidad de $CaCO_3$ necesaria para elevar el pH del suelo hasta el valor deseado (por ha. a 15 cm de profundidad). Las especies tropicales son más tolerantes a la acidez y la promueven. Encalando para un pH de 6 a 6.5 se puede reducir el fósforo aprovechable en los suelos con alto contenido de aluminio intercambiable y desestabiliza la estructura de la caolinita. El $CaCO_3$ hace que las leguminosas sufran un proceso llamado "empelotamiento por cal", que mejora grandemente la nodulación de especies sensibles a suelos ácidos, especialmente cuando una efectiva clase de rhizobium es incluida en la cubierta.

V MATERIALES Y METODOS

Se seleccionaron dos tipos de terreno representativos de la zona de estudio y en cada uno de ellos se procedió a la apertura y descripción de pozos, procurando que uno de ellos se encontrara en suelo virgen (sin cultivar) y otro sobre suelo cultivado con el objeto de observar la evolución del suelo en cada caso.

Posteriormente se procedió a tomar muestras de cada horizonte encontrado, muestreando desde el perfil más profundo hasta el más superficial, en ambos casos.

5.1 MATERIALES.

Martillo de suelos, picos y palas.

Cámara fotográfica.

Tabla de colores Munsell.

Reactivos químicos.

Bolsas de plástico, etiquetas, cinta métrica, etc.

5.2 METODOS.

1.- Se procedió a la localización de los pozos repre-

- sentativos directamente sobre el terreno.
- 2.- Apertura de pozos, uno en suelo virgen y otro sobre terreno cultivado.
 - 3.- Descripción de perfiles y toma de muestras.
 - 4.- Toma de fotografías de cada perfil y panorámica del terreno estudiado.
 - 5.- Análisis físicos y químicos de las muestras.
 - 6.- Análisis por fusión del suelo total, de la fracción arcilla y del material parental (rocas colectadas dentro de los pozos y sobre la superficie, consideradas como el material original).
 - 7.- Identificación, clasificación de arcillas y toma de *electrónmicrografías* con el microscopio electrónico SE1111, EM9S2.
 - 8.- Clasificación pedológica de éstos suelos en base a los resultados obtenidos.

Del perfil en el suelo cultivado se obtuvieron cuatro muestras y se numeraron de arriba hacia abajo. Del suelo virgen se obtuvieron dos muestras y se numeraron de arriba hacia abajo como continuación de las anteriores.



SUB-DIRECCION DE PLANEACION
DIRECCION GENERAL DE PLANEACION
REPRESENTACION JALISCO
LABORATORIO DE SUELOS Y APOYO TECNICO
DE LA CUENCA LERMA-CHAPALA SANTIAGO

Guadalajara Jal. MARZO 16 de 19 81

Nombre: MARCIANO ARGOTE O. Localidad: PRESA LA RED
 Estado: JALISCO Municipio: TEPATITLAN

ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS DE SUELOS

Pozo # 1 Pozo # 2

Número de muestras	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	
Profundidad (cm)	0-38	38-104	104-159	159-190	0-54	54-112	
Densidad real (g/cm ³)	2.3714	2.4583	2.0231	2.4338	2.2849	2.4071	
Densidad aparente (g/cm ³)	1.6333	1.0700	1.02170	1.0800	1.0519	1.4943	
Capacidad de campo (%)	28.06	35.83	37.12	40.84	30.71	34.70	
Punto de marchitamiento permanente (%)	15.00	19.69	19.85	21.83	16.42	18.55	
Agua aprovechable (%)	13.06	17.14	17.27	19.01	14.29	16.15	
CACIONES INTERCAMBIABLES	Arena (%)	42.36	34.36	32.36	40.36	48.36	42.36
	Arcilla (%)	40.36	54.36	52.36	48.36	46.36	50.36
	Limo (%)	17.28	11.28	15.28	11.28	5.28	7.28
	Clasificación textural	R	R	R	R	Ra	R
Capacidad de intercambio catiónico (me/100g)	37.80	36.00	37.00	40.00	32.80	26.60	
Calcio (me/100g)	5.75	5.75	12.65	12.65	10.35	5.75	
Magnesio "	8.05	6.90	0.00	2.30	0.00	3.45	
Sodio "	0.82	1.01	1.10	1.40	0.87	0.78	
Potasio "	0.66	0.25	0.50	0.66	0.66	0.13	
Materia orgánica (%)	1.93	1.72	0.07	0.07	1.79	0.55	
Conduct. elect. en el extracto de saturación.	0.26	0.28	0.26	0.19	0.20	0.10	
Cantidad de agua en el suelo a saturación. (%)							
pH en agua rel. (1:2)	5.70	6.30	6.10	6.40	5.80	6.00	
SALINIDAD	Calcio (me/litro)	1.60	1.00	1.00	1.00	0.80	0.20
	Magnesio "	0.80	1.40	0.60	0.40	0.60	0.20
	Sodio "	0.20	0.40	1.00	0.50	0.60	0.60
	Potasio "						
	Carbonatos "	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Bicarbonatos "	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.40
	Cloruros "	0.60	1.00	0.90	0.90	1.20	0.40
	Sulfatos "	1.40	1.20	1.10	0.40	0.20	0.20
	Sodio P.S.I. ppm	0.10	0.10	0.20	0.10	0.20	0.20
	pH (Extracto de sat)	7.50	7.20	7.40	7.70	7.60	7.30
SARFOS-PRO	Fósforo aprovechable (ppm)						
	Carbonato de calcio (%)						
	Nitrógeno total (%)	0.176	0.078	0.044	0.039	0.131	0.072

CLASIFICACION POR SALINIDAD NORMAL NORMAL NORMAL NORMAL NORMAL NORMAL
 Y SICCIDAD
 EL ENCARGADO DEL LABORATORIO DE SUELOS. EL RESIDENTE DEL LABORATORIO.

Ing. LILIAN VILLARINO M.

1.eav.

Ing. Rafael Ortiz Monasterio.

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS



SUB-SECRETARIA DE PLANEACION
DIRECCION GENERAL DE PLANEACION
REPRESENTACION JALISCO
LABORATORIO DE SUELOS Y APOYO TECNICO
DE LA CUENCA LERMA-CHAPALA SANTIAGO

Guadalajara Jal. 16 MARZO de 19 81

Nombre: MARCIANO ARGOTE OLIVERA Localidad: PRESA LA RED

Estado: JALISCO Municipio: TEPATITLAN

FERTILIDAD

DETERMINACION	UNIDADES	METODO	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	54-112 Pozo #2
			0-38 cm Pozo #1	38-104cm Pozo # 1	104-159 Pozo # 1	159-190 Pozo # 1	0-54 cm Pozo #2	
Materia Orgánica	%	Walkley Black	1.93	1.72	0.07	0.07	1.79	0.55

NUTRIENTES		Morgan	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6
			Calcio	ppm	MEDIO	BAJO	MEDIO	MED ALTO
Potasio	"	RICO	BAJO	ABUND.	MUY RICO	MUY RICO	BAJO	
Magnesio	"	MED ALTO	MED ALTO	MED ALTO	MED ALTO	MED ALTO	MED ALT	
Manganeso	"	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	
Fósforo	"	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
Nitrogeno Nítrico	"	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	
Nitrogeno Amoniacal	"	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	
pH 1:2		Potenciómetro	5.7	6.3	6.1	6.4	5.8	6.0

COMPLETO 196

ENCARGADO DEL LABORATORIO DE SUELOS.

EL RESIDENTE DEL LABORATORIO.

QUIM. LILIAN VILLARINO M.

leav.

Ing. Rafael Ortiz Monasterio.



SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS
LABORATORIO REGIONAL DE SUELOS Y APOYO TECNICO
LABORATORIO DE ANALISIS ESPECIALES DE SUELOS

DETERMINACION DE COLOR CON TABLA MUNSELL

ORDEN No. 196

NOMBRE: MARCIANO ARGOTE OLIVERA

PROYECTO: PRESA LA PED.

MPIO.: TEPATITLAN

ESTADO: JALISCO

No.	COLOR EN SECO	COLOR EN HUMEDO
No. 1	1.- 2.5 YR 3/4 CAFE ROJIZO OBSCURO	1.- 2.5 YR 2/4 CAFE ROJIZO MUY OBSCURO
"	2.- 2.5 YR 4/6 CAFE ROJIZO	2.- 10 R 3/4 ROJO OBSCURO
"	3.- 2.5 YR 5/5 CAFE ROJIZO OBSCURO	3.- 10 R 3/4 ROJO OBSCURO
"	4.- 2.5 YR 5/6 CAFE ROJIZO	4.- 10 R 4/4 CAFE ROJIZO
No # 2	5.- 2.5 YR 3/5 CAFE ROJIZO OBSCURO	5.- 10 R 3/4 ROJO OBSCURO
"	6.- 2.5 YR 3/5 CAFE ROJIZO OBSCURO	6.- 7.5 R 3/6 ROJO OBSCURO

Guadalajara Jal., ABRIL 30 de 198 1

EL ENCARGADO

EL RESIDENTE

Lilian Villarino M.
CUTM. LILIAN VILLARINO M. leav.

Ing. Rafael Ortiz Monasterio

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS



SUB-SECRETARIA DE PLANEACION
 DIRECCION GENERAL DE PLANEACION
 REPRESENTACION JALISCO
 COMITE TECNICO ASESOR DE LA CUENCA
 DEL LERMA-CHAPALA-SANTIAGO
 LABORATORIO REGIONAL DE SUELOS
 Y APOYO TECNICO

Guadalajara, Jal. ABRIL ____ de 1981__

Nº DE ORDEN 126

Nombre MARTIANO ARGOTE O. Localidad PRESA DE LA RED

POZO 1 0-30 M-1

" " 30-104 M-2

" " 104-159 M-3

" " 159-190 M-4

Estado JALISCO Municipio TEPATITLAN DE MORELOS

ANALISIS POR FUSION

DETERMINACION	M-1	M-2	M-3	M-4
Si O ₂	41.44	36.44	36.00	33.76
Fe ₂ O ₃	11.20	11.06	12.25	12.95
Al ₂ O ₃	27.84	31.96	33.71	34.99
Ca O				
SO ₃				
Perdida a 1000 °C	16.25	18.40	13.90	14.80
Total	96.73	97.86	95.75	95.90

OBSERVACIONES ANALISIS POR FUSION DEL SUELO TOTAL.

EL ENCARGADO DEL LABORATORIO

EL RESIDENTE

[Signature]
 LIC. LILIAN VILLARINO MIRANDA
 E.S.P.

[Signature]
 Ing. Rafael Ortiz Monasterio

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS



SUB-SECRETARIA DE PLANEACION
DIRECCION GENERAL DE PLANEACION

REPRESENTACION JALISCO
COMITE TECNICO ASESOR DE LA CUENCA
DEL LERMA-CHAPALA-SANTIAGO

LABORATORIO REGIONAL DE SUELOS
Y APOYO TECNICO

Guadalajara, Jal. Abril _____ de 19__81

Nº DE ORDEN _____

Nombre MARCIANO ARGOTE O. Localidad PRESA LA RED.

Pozo No. 1 0-38 M-1

" " 38-104 M-2

" " 104-159

" " 159-190

Estado JALISCO Municipio TEPATITLAN.

ANALISIS POR FUSION

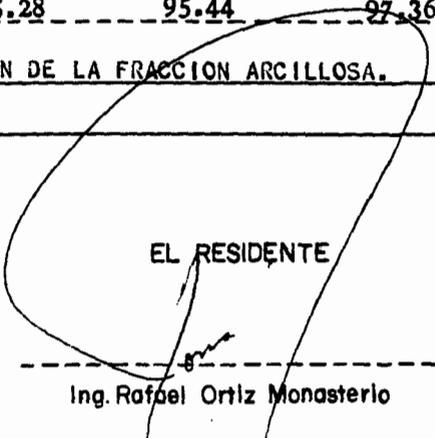
DETERMINACION	M-1	M-2	M-3	M-4
Si O ₂	37.98	± 38.62	38.74	38.38
Fe ₂ O ₃	10.90	10.64	12.10	10.35
Al ₂ O ₃	39.00	36.12	34.90	39.13
Ca O				
SO ₃				
Perdida a 1000 °C	9.80	9.90	9.70	9.50
Total	97.68	95.28	95.44	97.36

OBSERVACIONES ANALISIS POR FUSION DE LA FRACCION ARCILLOSA.

EL ENCARGADO DEL LABORATORIO


GUIM. LILIAN VILLARINOMIRANDA.

EL RESIDENTE


Ing. Rafael Ortiz Monasterio

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS



SUB-SECRETARIA DE PLANEACION
DIRECCION GENERAL DE PLANEACION
REPRESENTACION JALISCO
COMITE TECNICO ASESOR DE LA CUENCA
DEL LERMA-CHAPALA-SANTIAGO
LABORATORIO REGIONAL DE SUELOS
Y APOYO TECNICO

Guadalajara, Jal. ABRIL de 19 81.

Nº DE ORDEN 126

Nombre MARCIANO ARGOTE Localidad PRESA LA RED
POZO 2 0-54 cms. M-5
" " 54-112 cms. M-6

Estado JALISCO Municipio JEPATITLAN DE MORELOS

ANALISIS POR FUSION

DETERMINACION	M-K 5	M-2 6	M-3	M-4
Si O ₂	38.52	31.88		
Fe ₂ O ₃	9.45	12.95		
Al ₂ O ₃	31.17	30.83		
Ca O				
SO ₃				
Perdida a 1000 °C	16.25	18.80		
Total	95.39	94.46		

OBSERVACIONES ANALISIS POR FUSION DEL SUELO TOTAL

EL ENCARGADO DEL LABORATORIO

EL RESIDENTE

Lilian Villanino Miranda
CILL. LILIAN VILLANINO MIRANDA

Ing. Rafael Ortiz Monasterio

b.g.

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS



SUB-SECRETARIA DE PLANEACION
 DIRECCION GENERAL DE PLANEACION
 REPRESENTACION JALISCO
 COMITE TECNICO ASESOR DE LA CUENCA
 DEL LERMA-CHAPALA-SANTIAGO
 LABORATORIO REGIONAL DE SUELOS
 Y APOYO TECNICO

Guadalajara, Jal. Abril de 19 81

Nº DE ORDEN 196

Nombre MARCIANO ARGOTE Localidad PRESA LA RED.
POZO No. 2 Q-54
" 54-112

 Estado JALISCO Municipio TEPATITLAN.

ANALISIS POR FUSION Fracción Arcillosa

DETERMINACION	M- \bar{X} 5	M- \bar{X} 6	M- \bar{X} 7	M- \bar{X} 8
Si O ₂	38.18	37.78		
Fe ₂ O ₃	8.26	10.18		
Al ₂ O ₃	32.62	38.02		
Ca O				
SO ₃				
Perdida a 1000 °C	9.60	9.40		
Total	95.66	95.44		

OBSERVACIONES ANALISIS POR FUSION DE LA FRACCION ARCILLOSA.

EL ENCARGADO DEL LABORATORIO

EL RESIDENTE


 QUIM. LILLIAN VILLARINO MIRANDA.


 Ing. Rafael Ortiz Monasterio

VI SUELOS ROJOS DE TEPATITLAN

Los suelos rojos característicos del municipio de Tepatitlán de Morelos, Jalisco provienen de material basáltico del terciario, principalmente, y presentan un alto grado de meteorización y de erosión; presentan buen avenamiento y no se observan grietas de consideración. La profundidad de éstos suelos, la cual depende de la topografía y erosión que presenten los terrenos, es muy variable, y se encuentran desde suelos delgados hasta suelos profundos. El suelo descansa sobre basalto intemperizado y éste sobre la roca madre (basalto sin alterar). El contenido de arcilla es elevado en todo el perfil; el horizonte superficial (muestra 1) muestra un relativamente bajo contenido de arcillas y el contenido de limos aumenta debido a la formación de "limos falsos". El color del suelo es rojo con diferentes tonalidades, debiéndose esto a las diferentes cantidades de óxidos de hierro (y sus grados de hidratación), de aluminio y de silicio; en el perfil los horizontes no se diferencian fácilmente. El pH aumenta con la profundidad acentuándose un poco en el horizonte iluvial (de 38 a 104 cm) y va desde 5.7 en la superficie hasta 6.4 en lo más profundo del perfil.

Las temperaturas registradas en la zona no representan peligro alguno para los cultivos de temporal; la tempera-

tura media anual es de 18.18 °C, siendo mayo y junio los meses más cálidos y diciembre y enero los más fríos. La precipitación media anual es de 947.3 mm de los cuales el 89.7 por ciento se precipitan en el período húmedo (de junio a octubre; cuadro I). Aunque los suelos de Tepatitlán presentan buen drenaje, sufren fuertes erosiones cuando se precipitan grandes volúmenes en períodos cortos (cuadro I-B). Los puntos negros de manganeso es muy posible que se formen en el período seco y que se vean parcialmente disueltos en el período húmedo.

Las condiciones climáticas actuales no encajan del todo con las requeridas para el desarrollo del tipo de suelos que se encuentran en la zona estudiada por lo que, muy probablemente, en la antigüedad el clima fué diferente siendo la temperatura y la precipitación mayores que las actuales.

El proceso de ferralitización probablemente todavía se presenta en los suelos de Tepatitlán, aunque su mayor influencia fué en la alteración de los minerales anteriores a los presentes. El resultado es la completa, o casi completa alteración de los minerales intemperizables lo que se refleja en las bajas relaciones moleculares $\text{SiO}_2:\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$ y $\text{SiO}_2:\text{R}_2\text{O}_3$ (relaciones A, B y C respectivamente)

Las arenas y limos son, mejor dicho, "pseudoarenas" y "limos falsos", que son partículas (arcillas y limos finos) cementadas por óxidos de hierro y probablemente hidróxidos de aluminio y de silicio.

La transformación de la masa mineral abarca también a la fracción arena-limo, como se ha mencionado ya, y exhiben juntas un carácter ferráltico en la relación C (ver cuadro 3) que es en promedio de 1.42 para la mencionada fracción. En el suelo total y en la arena-limo, el contenido de sílice dismi-

RELACIONES MOLECULARES DEL SUELO TOTAL

	M-1	M-2	M-3	M-4	\bar{X}	M-5	M-6	\bar{X}
(A)	9.84	8.76	7.82	6.93	8.33	10.84	6.55	8.69
(B)	2.53	1.94	1.82	1.64	1.98	2.10	1.76	1.93
(C)	2.01	1.59	1.47	1.33	1.60	1.76	1.39	1.57

RELACIONES MOLECULARES DE LA FRACCION ARCILLA

(A)	9.27	9.65	8.52	9.86	9.32	12.30	9.87	11.08
(B)	1.66	1.82	1.89	1.67	1.76	1.64	1.69	1.66
(C)	1.40	1.53	1.54	1.43	1.47	1.45	1.44	1.44

RELACIONES MOLECULARES DE LAS ARENAS Y LIMOS*

(A)	10.20	7.78	7.06	5.08	7.53	9.85	4.36	7.10
(B)	3.62	2.10	1.70	1.58	2.25	2.72	1.84	2.28
(C)	2.67	1.65	1.37	1.21	1.72	2.13	1.29	1.71

(A) $\text{SiO}_2:\text{Fe}_2\text{O}_3$ (B) $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$ (C) $\text{SiO}_2:\text{R}_2\text{O}_3$

CUADRO 3. RELACIONES MOLECULARES DE LAS MUESTRAS,

* Relaciones estimadas a partir de los análisis de fusión del suelo total, de la fracción arcillosa y de los análisis de textura.

nuye y los sesquióxidos aumentan con la profundidad, lo que es debido a que la zona superior es rica en cuarzo y pobre en silicatos y sesquióxidos, lo que está determinado por la lixiviación. Esto es muy notorio en el suelo total, cuya rel. C en la superficie es de 2 y con la profundidad disminuye hasta 1.33 en la parte baja del perfil; en la arena-limo dicha relación es de 2.67 en la superficie y desciende hasta 1.21 en la base del perfil. Esto puede ser determinado directamente por la roca madre que, como es básica, su primer producto de meteorización es ferralítico principalmente. La diferencia del contenido de SiO_2 entre el suelo total y la arcilla recae sobre el cuarzo libre, naturaleza de los coloides y sobre las arenas y limos falsos. En la fracción arcilla el contenido de SiO_2 es homogéneo en todo el perfil; el contenido de Fe_2O_3 debilmente tiende a acumularse en la zona media del perfil permaneciendo mas o menos constante en la parte superior e inferior del perfil, mientras que el contenido de Al_2O_3 ligeramente tiende a ser menor en la zona media.

Las relaciones moleculares (cuadro 3) nos reflejan también la erosión que se está llevando a cabo en los suelos. La lixiviación en un suelo implica el aumento relativo de dióxido de silicio en el estrato superior y el consiguiente aumento de las relaciones moleculares. Siendo, probablemente, el Fe_2O_3 un compuesto que se lixivía más facilmente, es de esperarse una relación A alta en el horizonte superficial con respecto al que lo subyace, es decir, tenderán a diferenciarse los valores de la rel. A siendo mayor en el estrato superficial que en el inmediato inferior, lo que denota una mayor cantidad de trióxido de hierro en éste último. Por otro lado, al perderse por la erosión la capa superficial, la capa que era la subyacente será entonces la superficial, y la rel. A tenderá a ser igual entre los dos nuevos estratos superficiales.

Si se considera lo anterior, al observar la rel. A se puede concluir que el suelo cultivado está más erosionado que el suelo virgen dada la homogeneidad existente entre los valores de la relación A de los dos estratos superiores del terreno cultivado y la diferencia de los mismos valores en el suelo sin cultivar.

Existen otras razones por las cuales se presentan diferencias en los contenidos de SiO_2 , Fe_2O_3 y Al_2O_3 a través del perfil, y serán tratadas posteriormente.

6.1 DESCRIPCION DEL PERFIL REPRESENTATIVO DE LOS SUELOS CULTIVADOS.

LOCALIZACION. El pozo representativo del suelo cultivado se encuentra a unos 200 m al NW de la presa "La Red" para cuyo acceso se encuentra una desviación, debidamente señalada, aproximadamente a 6 Km de Tepatitlán por la carretera Guadalajara-Tepatitlán. El lugar presenta una inclinación de NW a SE de aproximadamente un 10 por ciento en dirección a la presa.

CULTIVO. Este suelo se ha estado cultivando con maíz (*Zea mays*).

MATERIAL PARENTAL. El material madre es basalto (roca color de oscuro a negro, con textura de grano fino cuyos minerales principales son piroxeno, olivino, labradotita, hornblenda y óxidos de hierro), se observa también el basalto intemperizado y algo de riolita (roca de textura de grano grueso compuesta principalmente por cuarzo, feldespato, ortoclasa y micas). El basalto se encontró a 1.90 m de profundidad. Los resultados del análisis de fusión realizado en las rocas es el siguiente:

DETERMINACION	RIOLITA (%)	BASALTO (%)
SiO ₂	67.24	49.10
Fe ₂ O ₃	4.90	8.75
Al ₂ O ₃	13.50	19.45
CaO	-	12.50
Pérdida a 1000 °C	3.94	2.07

6.1.1 INTERPRETACION DE LOS ANALISIS DE LAS MUESTRAS. En todos los horizontes del perfil representativo de los suelos cultivados, la textura es arcillosa. Se tiene en promedio una capacidad de campo de 35 %, la cual aumenta ligeramente con la profundidad. La capacidad de intercambio catiónico es en promedio de 37 meq/100 g de suelo y aumenta ligeramente en la base del perfil. El pH varía verticalmente tomando valores desde 5.7 en la superficie, hasta 6.4 en el estrato más profundo, lo que se debe al lavado de bases. El contenido de materia orgánica decrece con la profundidad desde 1.93 hasta 0.07 % (vease reporte de análisis físicos y químicos). La diferenciación de horizontes se determinó principalmente por el color.

MUESTRA 4

Profundidad : De 159 a 190 cm.

Textura : Arcillosa.

Estructura : Granular.

Color en seco : 2.5 YR 5/6 café rojizo.

Color en húmedo : 10 R 4/4 café rojizo.

pH : 6.4

Se presentan incrustaciones de la roca madre y una gran cantidad de puntos negros de manganeso. El suelo está muy compactado y contiene bastante humedad.

En la fracción arcilla, observada en el microscopio electrónico, dominó la caolinita seguida de un contenido medio de óxidos de hierro y muy poca ilita. Las relaciones moleculares A,B y C para el suelo total son de 6.93, 1.64 y 1.33; para la arcilla, en idéntico orden, las relaciones son de 9.68, 1.67 y 1.43.

El contenido de caolinita es propio de éstos suelos dado su origen, una parte proviene del intemperismo de los minerales originales y probablemente otra parte provenga de la existencia del proceso de neoformación (caolinización o sialitización). La caolinita ha sido observada en suelos derivados de rocas básicas bajo condiciones que permitan la ferralitización. Aunque no ha sido muy esclarecido el hecho de que el primer producto de meteorización de las rocas básicas sea de carácter ferralítico, el contenido medio de óxidos de hierro puede deberse a la pérdidas fuera del perfil por lavado, o bien, a migraciones "*per ascensum*" y su consiguiente acumulación en el estrato superior. También puede deberse al medio de reducción, por el exceso de humedad, que promueve el movimiento del hierro. Las ilitas observadas pueden deberse a que el lavado de bases no es tan severo a ésta profundidad y a que el drenaje se obstaculiza parcialmente por la presencia de la roca madre. La sílice, para la probable neosíntesis de arcillas, puede proceder de horizontes superiores o de posibles aguas subterráneas.

MUESTRA 3

Profundidad : De 104 a 159 cm.

Textura : Arcillosa.

Estructura : Granular.

Color en seco : 2.5 YR 5/5 café rojizo oscuro

Color en húmedo : 10 R 3/4 rojo oscuro.

pH : 6.1

Presenta incrustaciones de la roca madre y gran cantidad de puntos negros de manganeso. El suelo está bastante compactado y presenta mucha humedad.

Vista la fracción arcilla al microscopio dominó la caolinita, se observó haloisita, abundantes óxidos de hierro e hidróxidos de aluminio (*hidrargilita*). Las relaciones moleculares A, B y C son: 7.82, 1.82 y 1.47 para el suelo total y 8.52, 1.89 y 1.54 para la arcilla. Probablemente en estos suelos se efectúe cierta sialitización y en alguna medida equilibre o retarde el proceso de ferralitización, de tal manera que el suelo no pierda todo su sílice y se convierta en una laterita. A lo anterior se puede deber el alto contenido de caolinita, que es un producto del intemperismo y sobre la cual actúa la ferralitización (destruyendola) y la sialitización (formandola). Los óxidos de hierro e hidróxidos de aluminio son producto de la meteorización de la roca madre, o bien, por el proceso de ferralitización. Se han acumulado en éste horizonte por el pH, la poca materia orgánica y el calcio existente. Su presencia puede obedecer, también, a migraciones de estratos superiores e inferiores hacia éste horizonte.

MUESTRA 2

Profundidad : De 38 a 104 cm.
Textura : Arcillosa.
Estructura : Granular.
Color en seco : 2.5 YR 4/6 café rojizo.
Color en húmedo : 10 R 3/4 rojo oscuro.
pH : 6.3

Presenta incrustaciones de la roca madre y puntos de manganeso color negro en gran cantidad. Hay presencia de raíces, está compactado y el contenido de humedad es moderado.

La fracción arcilla vista al microscopio mostró un dominio de caolinita, se observaron bastantes óxidos de hierro y cuarzo. Las relaciones A, B y C para el suelo total son: 8.76, 1.94 y 1.59; en la arcilla éstas relaciones toman valores de 9.65, 1.82 y 1.53. La caolinita, como en casos anteriores, una parte procede de migraciones "*per descensum*" del horizonte superior, y el origen de resto se trató en muestras anteriores.

Este es propiamente el horizonte iluvial. La gran cantidad de óxidos de hierro se debe principalmente a las migraciones de éste compuesto procedente de las capas superior e inferior hacia el horizonte en descripción y al proceso propio de la ferralitización. Algunos autores mencionan que las rocas básicas no contienen cuarzo en estado libre, por lo que el cuarzo observado muy probablemente provenga de la recristalización de la sílice que aparece durante la hidrólisis de los silicatos.

MUESTRA 1

Profundidad : De 0 a 58 cm.

Textura : Arcillosa

Estructura : Granular

Color en seco : 2.5 YR 3/4 café rojizo oscuro.

Color en húmedo : 2.5 YR 2/4 café rojizo muy oscuro.

pH : 5.7

Las incertaciones de la roca madre se presentan en menor cantidad y se observa gran cantidad de puntos negros de manganeso. El contenido de raíces es mayor. El suelo está bastante compactado y contiene muy poca humedad.

En la fracción arcilla, vista al microscópio, abundó la caolinita, se observó haloisita, poca ilita, óxidos de hierro y abundante cuarzo. Las relaciones moleculares A, B y C son de 9.84, 2.53 y 2.01 para el suelo total y de 9.27, 1.66 y 1.40 para la fracción arcilla.

El caolín es, como ya se hizo mención, propio de éstos suelos. Es posible que por las aportaciones superficiales la escasez de bases no sea tan marcada y de ésta manera se propicien condiciones para la formación de ilita. Existe la posibilidad que entre los minerales originarios hubo algunos que de su meteorización resultó la ilita.. Los óxidos obedecen al proceso de ferralitización y el cuarzo a la recristalización de la sílice (aunque puede ser un remanente de algún mineral original) y a la lixiviación de sesquióxidos. Este es entonces, un horizonte rico en cuarzo y pobre en silicatos y sesquióxidos. En éste estrato coinciden el poco hierro observado con la relación A relativamente alta, que mientras mayor sea el valor de dicha relación, menor será la can-

tividad de trióxido de hierro. En la muestra 2, sin embargo, dicha relación es relativamente alta y los óxidos de hierro observados fueron abundantes. Lo anterior puede deberse a la forma en que en que dichos óxidos se encuentren en el suelo, ya sea en estado libre, cristalino, con las arcillas y como cementante en las estructuras falsas de arenas y limos principalmente. Esto último es difícil detectarse al microscopio.

6.2 DESCRIPCION DEL PERFIL REPRESENTATIVO DE LOS SUELOS SIN CULTIVAR.

LOCALIZACION. El pozo se realizó aproximadamente a 100 al N del Km. 1 de la desviación a la presa "La Red"; dicha desviación se encuentra a unos 6 Km. de Tepatitlán por la carretera Guadalajara-Tepatitlán y está correctamente señalada.

CULTIVO. El terreno se encuentra cubierto con la vegetación natural descrita en el tema 3.7 .

MATERIAL PARENTAL. El material madre es basalto, el cual se encontró a 1.15 m de profundidad. También se observaron afloraciones superficiales de éste material. También se observaron riolitas, en menor escala.

6.2.1 INTERPRETACION DE LOS ANALISIS DE LAS MUESTRAS. En el horizonte superior la textura es arcillo arenosa, no obstante su rel. C de 1.76 para el suelo total y 1.45 para la arcilla que expresan un caracter ferralítico en la masa mineral y la lógica presencia de pseudoarenas. Por lo anterior es muy posible que la labranza destruya en cierta medida los agregados, por lo que ésta textura no se presenta en suelos abiertos al cultivo; el estrato inferior es arcilloso. La capacidad de campo es, en promedio, de 32.75 y aumenta con la pro -

fundidad. La CIC es, en promedio de 30.2. El pH fué de 5.8 en la superficie y 6.0 en el fondo. Los horizontes se distinguieron por compactación.

MUESTRA 6

Profundidad : De 54 a 112 cm.

Textura : Arcillosa.

Estructura : Terronuda.

Color en seco : 2.5 YR 3/5 café rojizo oscuro.

Color en húmedo : 7.5 R 3/6 rojo oscuro.

pH : 6.0

Presenta incrustaciones de la roca madre y está bastante compactado el suelo con muy poca humedad. Las raíces son poco abundantes.

En la fracción arcilla, vista al microscopio, dominó la caolinita, bastantes óxidos de hierro y presencia de haloisita. Las relaciones moleculares A, B y C para el suelo total fueron de 6.55, 1.76 y 1.39; y para la arcilla de 9.87, 1.69 y 1.44. La presencia de óxidos obedece al intemperismo de la roca madre como un primer producto de meteorización, a migraciones procedentes de un estrato superior y por las condiciones de humedad existente, las cuales forman un medio de oxidación.

Las caolinitas provienen del intemperismo del material original y de la probable neosíntesis o sialitización.

MUESTRA 5

Profundidad : De 0 a 54 cm.

Textura : Arcillo arenosa.

Estructura : Terronuda granular.

Color en seco : 2.5 YR 3/5 café rojizo oscuro.

Color en húmedo : 7.5 R 3/6 rojo oscuro.

pH : 5.80

En ésta profundidad se encuentra gran cantidad de raices, está bastante compactado el suelo y tiene muy poca humedad.

Esta muestra no se observó al microscopio, pero dadas las condiciones de oxidación y las relaciones moleculares A, B y C que son de 10.48, 2.10 y 1.76 para el suelo total y 12.30, 1.64 y 1.45 para la fracción arcilla, es posible que el contenido de óxidos de hierro libres sea medio. Por un lado la rel. A de 12.3 que indica que el contenido de trióxido de hierro no es tan alto como en otros estratos y por otro el probable aumento del CO₂ que favorece las migraciones de hierro. La caolinita debe abundar, probablemente exista haloisita, el cuarzo puede ser abundante (aunque en menor cantidad que en la muestra 1) y podrían encontrarse hidróxidos de aluminio, los cuales, si existe sílice disponible, pueden participar en la sialitización.

La erosión y la lixiviación no son tan fuertes en los suelos virgenes como en los cultivados, debido a que los cultivados se ven desprovistos de vegetación fuera del temporal y su horizonte superficial es alterado por la labranza, la cual altera en cierta medida la estructura, o parte de ella, y están más expuestos a la erosión y lixiviación.

VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES. Algunos autores mencionan que, en su totalidad, los suelos ferralíticos están formados por productos de meteorización y que las arenas y limos son producto de la unión de pequeñas partículas (arcillas y limos finos) cementadas por óxidos de hierro y probablemente hidróxidos de aluminio y de silicio que suelen llamarse "pseudoarenas" y "limos falsos" ya que se comportan como tales. Por ejemplo en muestras de suelo de Zapopan, Jal. las fracciones arena y limo, juntas, presentan relaciones moleculares A, B y C, en promedio, de 78.96, 10.05 y 8.01 respectivamente, por lo que se observa un muy alto contenido de sílice y un claro carácter de éstas fracciones. En la zona que nos ocupa, dichas relaciones toman los siguientes valores: 7.36, 2.26 y 1.72 en el mismo orden, lo que demuestra el carácter ferralítico de las fracciones arena y limo. Por lo anterior, muy probablemente la mayor parte, o la totalidad, de las arenas y limos no son tales sino pseudoarenas y limos falsos, sobre todo en estratos inferiores donde no se observó el cuarzo.

En el cuadro 3 se puede observar que el carácter ferralítico de las fracciones arena y limo es más marcado conforme aumenta la profundidad en ambos terrenos (cultivado y virgen). En la muestra 4, por ejemplo, el análisis de fusión

del suelo total presenta la mayor cantidad de Fe_2O_3 en el perfil, sin embargo al microscopio no fué tan abundante. La explicación podría ser que mientras en la arcilla la rel. A es de 9.86, en la arena-limo es de solo 5.08, o sea que los óxidos de hierro a ésta profundidad se encuentran mayormente formando las pseudoarenas y limos falsos.

Si observamos los promedios (cuadro 3), en general, hay más óxidos de hierro en la arena-limo. Esto no ocurre en lo que respecta al contenido de alúmina dado el carácter de la arcilla predominante (caolinita).

En éstos suelos la erosión es muy severa principalmente en los suelos cultivados. A lo anterior se debe que el contenido de arenas, que son propias del estrato superior, es mayor en la superficie sin cultivar que en el cultivado; aunque esto también se puede deber a los implementos que se utilicen para su manejo, ya que la labranza destruye, en cierta medida, la estructura del suelo.

Dado el carácter de la masa mineral del suelo, las características del perfil y las arcillas predominantes (caolinitas, óxidos de hierro, hidróxidos de aluminio y haloisita), los suelos rojos característicos de Tepatitlán pueden denominarse "SUELOS ROJOS FERRALITICOS" o bien "FERRALITAS".

7.2 RECOMENDACIONES GENERALES. De manera general, para el manejo de éstos suelos se recomiendan implementos que alteren lo menos posible la estructura del suelo, como son: Rastra de dientes, cultivadora de campo, rastras niveladoras y rodillos de campo. Los anteriores implementos rompen el terreno en sus ranuras naturales. Es importante cuidar éste aspecto dado que en Los Suelos Ferralíticos de Tepatitlán las arenas y

limos son estructuras falsas, como ya se hizo mención, y la labranza destruye en cierta medida éstas estructuras. Son importantes los implementos, formas y épocas que se utilicen en las labores para una menor alteración de la estructura del suelo, protección contra la erosión y mejor granulación del suelo, respectivamente, para mejorar el movimiento de agua y aire en los suelos.

El terreno labrado es más permeable y tiene un mayor poder de imbibición que el compacto (los contenidos de humedad fueron mayores en el perfil cultivado que en el perfil virgen —puntos 6.1 y 6.2—, lo que puede deberse también a la topografía y a la profundidad del suelo); de ello resulta que se deja atravesar más fácilmente por el agua y retiene una mayor cantidad de ella constituyendo una preciosa reserva para los períodos de sequía y para los malos temporales.

En octubre (ver cuadro I) es cuando empiezan los movimientos de humedad negativos (pérdidas de humedad almacenada), por lo que en la segunda quincena de éste mes se debe impedir que la humedad siga escapándose del suelo. Por ejemplo, en el caso del maíz para ensilaje, se puede cosechar antes de que su ciclo termine y pasar 2 veces la rastra rompiendo la capilaridad para reducir la evaporación reteniendo mayor cantidad de agua e incorporar los residuos vegetales (malas hierbas y raíces del cultivo anterior); y si es para grano, se amona y se pasa 2 veces la rastra con el mismo propósito. De ésta forma se evita que las plantas sigan extrayendo la humedad del suelo. Es recomendable aplicar algún fertilizante nitrogenado al incorporar los residuos para una mejor descomposición de los mismos.

Los residuos incorporados toman aproximadamente cuatro meses en descomponerse. A fines de febrero (preferente-

mente ya que por lo general hay más humedad que en el siguiente mes) o a principios de marzo se debe efectuar el barbecho, para dar tiempo a que los residuos se descompongan y para que el suelo esté más tiempo expuesto a la lluvia y a los cambios de temperatura antes de la siembra, produciendo una mejor granulación; además, éste es el tiempo cuando las deficiencias de humedad (d) empiezan a tomar valores altos (cuadro I) y ésta labor reduce la evaporación del suelo. Debe tenerse en cuenta que mientras mayor sea la profundidad del barbecho, menor será la resistencia del suelo a que el agua se infiltre y el desarrollo radicular será mejor. El barbecho se puede hacer con un arado de cinceles a una profundidad no menor de 35 centímetros y un paso de rastra. En lugares donde el suelo esté muy compactado o que presente una capa impermeable bajo la superficie, se recomienda subsuelo cruzado y rastra. Se recomienda también amarrar un tablón a la rastra para emparejar el suelo y "sellarlo". En ésta labor se recomienda la incorporación de los mejoradores orgánicos e inorgánicos. Un aumento de materia orgánica en los suelos estudiados contribuye a mejorar propiedades del suelo tales como la agregación de partículas, retención de humedad, protección contra la erosión y eleva la fertilidad en general. Las aportaciones de materia orgánica para el manejo de éstos suelos son básicas, ya que las labores profundas hacen que las bacterias aerobias consuman rápidamente la materia orgánica y los encalados propician condiciones favorables para el desarrollo de los microorganismos del suelo, los cuales, consumen la materia orgánica. El contenido de materia orgánica que presentan Los Suelos Rojos Ferralíticos de Tepatitlán es, en general, bajo; por lo que las aportaciones de estiércoles, de residuos vegetales y de abonos verdes son indispensables.

La adición de cal se recomienda en suelos mediana o fuertemente ácidos (pH menor de 5.7) y en aquellos que ten-

gan un alto contenido de materia orgánica. La cal agota a los suelos y los buenos efectos que pueda desempeñar los hace a costa de consumir su humus, activando su descomposición. Por ésto no deben realizarse encalados en suelos con poca materia orgánica, a menos que ésta se añada. Otro efecto negativo de la cal es la inmovilización de algunos elementos como el hierro, boro y manganeso.

Al hacer un encalado no se recomienda provocar un cambio brusco en el valor del pH de los suelos (una unidad, o menos, de pH por año) y no rebasar un pH de 6.5, ya que la gran mayoría de los cultivos prosperan bien en éste nivel. Los encalados para valores cercanos a 6.5 pueden reducir el fosforo aprovechable en suelos con alto contenido de aluminio intercambiable y desestabiliza la estructura de la caolinita.

En éstos suelos es preferible utilizar carbonato de calcio (CaCO_3) en lugar de cal viva (CaO) y si se agrega ésta última se puede apagar antes de aplicarla. Un sobreencalado destruye la estructura granular porosa y se reprime la absorción de magnesio a causa del antagonismo Ca/Mg . Un encalado correcto puede traer beneficios al suelo tales como mayor agregación de partículas, mayor movimiento de agua y aire, disminución de los iones H^+ y aumento de iones OH^- , disminución de la toxicidad del aluminio, hierro y manganeso, aumento del porcentaje de saturación, mejora las condiciones para el desarrollo de los microorganismos y en las leguminosas ayuda a una mejor nodulación.

La siembra puede hacerse desde el inicio del temporal hasta el 30 de junio. Después de ésta fecha se sembrarán solo variedades precoces. Los cultivos que prosperan bien en éstos suelos principalmente son: Maíz, trigo, linaza, frijol, algunas hortalizas, pastos en terrenos con pendientes

y sorgo forrajero. El sorgo para grano solo en terrenos con altitud menor a los 1800 msnm. Existen cultivos en experimentación con posibilidades de éxito como son: Girasol, cebada, avena y triticale. En la siembra se aplica una parte del nitrógeno ($1/3$ o $1/2$ de la dosis total), todo el fósforo y, si es necesario, todo el potasio. El resto del nitrógeno se debe aplicar durante el primer tercio del ciclo de desarrollo del cultivo que coincide generalmente con la primera o segunda escarda. Los fertilizantes recomendados aparecen en el cuadro 4 por orden de prioridad. Las operaciones que se deben realizar y su secuencia, se presentan a continuación:

ENE.

FEB.

MAR.

ABR.

MAY.

JUN.

JUL.

AGO.

SEP.

OCT.

NOV.

DIC.

BARBECHO. Incorporación de mejoradores orgánicos e inorgánicos; rompimiento de la capilaridad. Arado de cincelos profundo seguido de un paso de rastra con tablón. Subsuelo cruzado y rastra donde se requiera.

SIEMBRA. Aplicación de fertilizantes: N una parte y todo el P y K.

ESCARDAS. Aplicación del N restante. Control de plagas; control de maleza en forma mecánica preferentemente.

COSECHA. Ensilado de maíz a máximo de peso; amonado de maíz para grano una vez fisiológicamente maduro. Dos pasos de rastra para incorporar residuos, arropar humedad y aplicar nitrógeno.

No se puede decir que a corto o a mediano plazo, mediante las prácticas de labranza descritas, se puedan tener terrenos de humedad; pero si se puede hablar de suelos cada vez más "*resistentes a la sequía*" para que, en un mal temporal (corto y/o con pocas lluvias), las posibilidades de éxito aumenten.

El manejo de suelos antes descrito, permite que la cantidad de agua almacenada sea mayor que con el manejo hasta hoy realizado en la zona estudiada. El agua almacenada se suma al agua precipitada, y de ésta forma el cultivo dispone de ambas.

Como en otros suelos, en Los Suelos Rojos Ferralíticos de Tepatitlán, se recomienda la rotación racional de cultivos para no agotar al suelo con uno solo e incluir leguminosas para enriquecerlo.

CUADRO 4. FERTILIZANTES RECOMENDADOS.

NOMBRE	FORMULA	CONCENTRACION	REACCIONES EN EL SUELO	EFECTO A CORTO PLAZO	EFECTO A LARGO PLAZO	RECOMENDACIONES PARA LOS SUELOS ROJOS DE TEPATITLAN
UREA	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	46 % N	El NH_2 en pocos dias se transforma en NH_3 , luego en NH_4 y entonces se comporta igual que otras fuentes de amonio.	Levemente básico	Moderadamente ácido	De preferencia en suelos altos en materia orgánica. Cubrirla para evitar la volatilización. Debe evitarse el contacto con la semilla.
NITRATO DE AMONIO	NO_3NH_4	35.5 % N	El NH_4 se adhiere a los sitios de intercambio. NO_3 permanece en el suelo hasta que se absorbe, desnitrifica o lixivia.	Ninguno	Moderadamente ácido.	Libera rápidamente el NO_3 y puede lixivarse con alta precipitación al inicio del ciclo. No aplicas en siembra; sí en segunda aplicación.
AMONIACO ANHIDRO	NH_3	82 % N	NH_3 reacciona con el agua. Se transforma en NH_4 y es retenido por los coloides. Una parte del NH_3 reacciona con la materia orgánica.	Fuertemente básico	Moderadamente ácido	Debe aplicarse de 10 a 15 cm de profundidad y a 15 cm de las semillas o plantas, o bien, aplicaslo de 10 a 15 dias antes de la siembra.
AGUA AMONIACAL	NH_4OH en agua	21 % N	El NH_4 se adhiere a los sitios de intercambio de la arcilla y materia orgánica.	Fuertemente básico	Moderadamente ácido	Aplicuese directamente a la planta con un chorro pequeño; no pulverizarlo.
FOSFATO DIAMONICO	$\text{HPO}_4(\text{NH}_4)_2$	18 % N 46 % P_2O_5	En suelos casi neutros se libera NH_3 .	Básico, pues se libera una molécula de NH_4	Moderadamente ácido.	En la siembra puede causar baja germinación por la liberación de NH_3 . Debe de existir una porción de suelo que separe la semilla del fertilizante.
SUPERFOSFATO TRIPLE	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	46 % P_2O_5				Los fertilizantes fosforados se deben colocar en bandas o procurar que sean de grano grueso para que exista menor superficie de contacto entre el fertilizante y el suelo y asiminimizar la fijación de P por el suelo.
CLORURO DE POTASIO	ClK	60 % K_2O				

NITROGENADOS.

FOSFORADOS

BIBLIOGRAFIA

- AGUILERA H.N. *Estudio preliminar del contenido arcilloso de un perfil de Tepatitlán.* México, 1955.
- AGUIRRE ANDRES J. *Suelos abonos y enmiendas.* 1 ed. Madrid, DOSSAT 1963.
- ALDRICH, SCOTT AND LENG. *Modern Corn Production.* 2 ed. USA, A & L Publications, 1975.
- BEUTELSPACHER H. AND H.W. VANDERMAREL. *Atlas of electron microscopy of clay minerals and their admixtures.* Amsterdam-London- New York, Elsevier Publishing Company, 1968.
- BUOL S., F. HOLE AND R. McCRAKEN. *Soil, Genesis and Clasification.* 2 ed. Ames. Iowa State Univerisy Press, 1980.
- CENDERO CURIEL. *Geología.* México, Porrúa Hunos, 1965.
- ESCOBAR R. *Enciclopedia agrícola y de conocimientos afines.* Cd. Juárez, Chih.
- FARREL PATRICIO TH. *Enciclopedia práctica del agricultor. Vol. IV "Labores Agrícolas".* Barcelona, Sintes, 1963.
- FASSBENDER H.W. *Química de suelos.* 1 ed. San José de Costa Rica, IICA, 1980.
- GAUCHER G. *El suelo y sus características agrónomicas.* Barcelona, Omega, 1971.
- GUTIERREZ VAZQUEZ M.T. *Geología Física de Jalisco.* Tesis, México, D.F. 1959.

- LEET Y JUDSON. *Geología física*. 1 ed. México, Limusa, 1980.
- MARTINEZ MAXIMINO. *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas*. 1 ed. México, Fondo de Cultura Económica, 1979.
- MELA MELA P. *Tratado de Edafología*. 2 ed. Zaragoza, Agrociencia, 1963.
- ORTIZ MONASTERIO R. *El Plan Jalisco*. Guadalajara, Jal. 1968.
- ORTIZ VILLANUEVA B. *Edafología*. Chapingo México, Patena, 1977.
- PEÑA RODRIGUEZ F. *Notas sobre clasificación de suelos*. Guadalajara, Jal. 1968.
- RANKAMA K. Y TH. SAHAMA. *Geoquímica*. 2 ed. España, Aguilar, 1962.
- POBINSON G.W. *Los suelos; su origen, constitución y clasificación. Introducción a la Edafología*. 2 ed. Barcelona, Omega, 1967.
- RUSSEL E.J. Y E.W. RUSSELL. *Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas*. 4 ed. Madrid, Aguilar 1968.
- RZEDOWSKY J. AND R. McVAUGH. *La vegetación de la Nueva Galicia*. Michigan, Prensa de la Universidad de Michigan, 1966.
- SAMPAT A.G. *Física de suelos. "principios y aplicaciones"*. 1 ed. Mexico, Limusa, 1976
- SAUCHELLI V. *Química y tecnología de los fertilizantes*. 1 ed. México D.F., Continental, 1966.
- SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO. *Síntesis Geográfica de Jalisco*. México, SPP, 1981.

- TISDALE S.L. Y W.L. NELSON. *Fertilidad de los suelos y fertilizantes*. Barcelona, Montaner y Simon S.A. 1970.
- WHITE R.E. *Introduction to the principles and practice of soil science*. 1 ed. New York, John Wiley and Sons, 1979.
- ZONN S.V. *Formación de los suelos y los suelos del tropico y subtropico*. Moscu, traducción del Ing. N. Villagrana S. 1974.