
ESTUDIO FISICOQUIMICO Y ELECTRONMICROSCOPICO DE LA FRACCION ARCILLA DE DOS MICRONES DE ALGUNOS SUELOS DE XOCHIMILCO

NICOLAS AGUILERA H. y ESROM FUENTES C.
Depto. de Microscopía
Electrónica de la Escuela
Nacional de Ciencias
Biológicas. I.P.N.

El presente trabajo intenta contribuir al conocimiento del contenido arcilloso y material coloide en los suelos de Xochimilco mediante algunos estudios fisicoquimicos y electronmicroscopicos.

Las muestras que aqui se estudian proceden de la region sur del valle de México, de suelos que primitivamente constituían un sistema lacustre amplio y que ha ido reduciendo con el transcurso del tiempo. Los suelos han sido modificados por el hombre adaptándolos al cultivo, organizando las zonas cultivables en forma de chinampas, utilizando para ello el material limoso que arrastraban los grandes canales y manantiales que existian, permitiendo una fácil y util irrigacion.

Esta zona, que actualmente carece de los sistemas de riego primitivo, se abastece con el agua de lluvia de la serranía del Ajusco, pues sus manantiales se encuentran agotados en la actualidad (28).

La zona estudiada se encuentra a orillas del lago de Xochimilco, a 25 Kms. al sureste de la capital, con una extensión aproximada de 13,140 Ha. y tiene por límites: al oriente el clique de Tláhuac, al norte la delegación de Ixtapalapa, al este el Estado de México, al oeste la delegación de Tlalpan, y al sur la delegacion de Milpa Alta (13).

Las muestras se tomaron de diferentes lugares de los suelos vecinos al lago, la situación exacta de las zonas muestreadas se señalan en el mapa 1, las letras mayúsculas permiten identificar la zona, y los numeros corresponden a las muestras tomadas.

MATERIALES Y METODOS

A) *Separación de la fracción arcilla de 2 micrones.* Las muestras colectadas se sometieron a desecación al aire por 24 hs., se homogeneizan y hacen pasar por malla de dos milímetros, se tomaron 100 gs. de suelo para separar la fracción arcillosa. El método seguido se basa en la ley de Stokes para la separación de partículas menores de 0.002 mm. de diámetro (4). Las muestras se agitaron con H₂O destilada y neutra en un agitador eléctrico para el método de Bouyocos, se suspenden en H₂O destilada neutra formando una columna de 30 cms. de alto arriba de la superficie libre del suelo, se deja reposar por 24 hs. previos cálculos (32). Se sifonean las muestras asi obtenidas y se colocan en baño de María, hasta casi evaporar todo el líquido, las arcillas se dializaron para la eliminación de las sales solubles e iones no absorbidos.

B) *Análisis por el método de fusión.* Para el análisis total de la fracción arcilla, se siguieron los métodos que ordinariamente se siguen en los laboratorios (1), (10), (25), (33). La fusión se hizo en crisol de platino, usando como fundente una mezcla de carbonato de sodio y carbonato de potasio, el material se diluyó en ácido clorhídrico diluido, se efectuaron las siguientes determinaciones.

Sílice. Se empleó la técnica de doble evaporación y purificando el precipitado separado y calcinado en ácido fluorhídrico.

Aluminio. Se precipitó como hidróxido de aluminio con una solución de hidróxido de amonio, separado por la filtración y calcinado a óxido.

Fierro. Se determinó por reducción a ion ferroso usando corriente de ácido sulfhídrico y titulado con solución valorada de dicromato de potasio.

Titanio. Se cuantificó colorimétricamente, por comparación en una gráfica obtenida previamente con una solución valorada de óxido de titanio, la determinación se verificó, en fotocolorímetro Klett-Summerson.

Calcio. Se precipitó como oxalato de calcio y se determinó permanganométricamente.

Magnesio. Precipitado como fosfato amónico magnésico y calcinado a pirofosfato.

Sodio. La determinación del sodio como la del potasio, el método seguido para lograr la muestra en solución consiste en tratar la muestra de arcilla libre de materia orgánica, con 10 ml. de ácido clorhídrico concentrado, evaporando a sequedad y coagulando por el método del ácido acético, por filtración se separa la muestra en solución, aforando a 100 ml. permite tomando alícuotas, y efectuar las determinaciones de sodio y potasio. El sodio se determinó precipitándolo con una solución de acetato de uranilmagnesio, pesando el precipitado refiriéndolo como óxido de sodio.

Potasio. Se determinó precipitándolo como cloroplatinato de potasio, refiriéndolo como óxido de potasio.

C) *Materia orgánica.* Para determinar la materia orgánica se empleó el método de Walkley y Black (25) tomando 1 g. de muestra arcillosa.

D) *Determinación de las distintas formas de fósforo.* No han sido bien estudiadas las diferentes formas en que el fósforo se encuentra en los suelos, se han propuesto algunos conceptos para designar estas distintas formas (26) y son: fósforo absorbido, fósforo ácido soluble, pudiendo incluir el contenido en la materia orgánica.

Los métodos ácidos empleados usualmente extraen fácilmente la forma ácida soluble con exactitud relativa siendo menos efectivos para las formas absorbidas, excepto cuando estas últimas se encuentran en gran cantidad. La forma absorbida es mejor aprovechada cuando el suelo contiene cantidades adecuadas (26).

La forma orgánica del fósforo en los suelos es importante, pues constituyen una fuente indirecta del fósforo que se encuentra en forma soluble; en consecuencia, es conveniente determinar estas formas del fósforo para relacionar la fertilidad del suelo (24).

Siendo la fracción arcilla una de las partes más activas del suelo es de importancia determinar estas formas. El método ha sido aplicado a la fracción arcilla, la cantidad de muestra empleada es la misma que se recomienda en el método para análisis en suelo total. Se aplicaron las técnicas del método de Peech, los datos se refieren como P_2O_5 (ver tabla IV).

E) *Determinación de la capacidad de intercambio total de bases. Método.* Se pesaron de 250 a 500 mg de arcilla, se colocaron en una probeta de 1000 ml., se agregó agua hasta 500 ml. e hidróxido de amonio en tal cantidad para formar una solución al 12%; agitar por 10 minutos, agregar de 100 a 150 ml. de una solución 0.2 y neutra de $CaCl_2$; dejar reposar por una noche (12 hs.), sifonear y centrifugar para separar la porción sólida, tirar el líquido separado. Lavar el sólido separado, una vez con agua destilada y con alcohol de 96° hasta eliminación de exceso de iones calcio y cloro probando cualitativamente con una solución de nitrato de plata y una de oxalato de amonio.

Agregar a la arcilla 100 ml. de una solución 1 N y neutra de acetato de amonio, dejar a 70°C. por una noche (12 hs.) pasar el contenido del fresco a un tubo de centrifuga limpio y separar por centrifugación la porción líquida, pasándola en un vaso de precipitados, lavar la parte sólida arcillosa con acetato de amonio empleando agitadores de hule para romper los agregados, centrifugar y recoger el líquido sobrenadante, así se lava por varias veces hasta eliminar del sólido la presencia de iones calcio.

En el líquido separado se precipita el calcio como oxalato de calcio y se determina permanganométricamente con una solución de permanganato de potasio 0.05 N.

F) *Determinación cuantitativa de los cationes intercambiables.* Para estas determinaciones se usó el método microquímico propuesto por Peech (22) que consiste principalmente en la separación de los cationes intercambiables de la fracción arcilla libre de materia orgánica por tratamiento con solución normal y neutra de acetato de amonio.

Calcio. Precipitado como oxalato y titulado con solución valorada de permanganato de potasio.

Magnesio. Precipitado con 8 hidroxiquinolina y valorado colorimétricamente.

Potasio. Precipitado con cobaltinitrito de sodio y valorado colorimétricamente.

G) *Estudio morfológico de la fracción arcilla.* Para su estudio se empleó el microscopio electrónico EMC-1 de la R. C. A. Víctor Corporation, con un aumento de 5000 X y un poder resolutivo de 100 UA.

Todas las electronmicrografías tienen un aumento de 5000 X, figs. 1-24.

Técnica. Las técnicas de estudios electronmicroscópicos son las que recomiendan Humbert y Shaw (14) (20).

Resultados. En la tabla N° 1 se expresan los resultados obtenidos en las determinaciones de análisis de método de fusión; se expresa además el contenido de materia orgánica en la fracción arcilla, también se incluyen los resultados de la pérdida de calcinación. Todos los resultados se expresan con la relación de material secado al aire.

En la determinación de análisis por el método de fusión se emplearon veinte muestras correspondientes a suelos y cuatro a subsuelos. El contenido de sodio y potasio no fue determinado por el método de fusión sino por el método de solubilidad en ácido clorhídrico.

El resultado obtenido en las determinaciones colorimétricas de fósforo en sus distintas formas: adsorbido, ácido soluble y orgánica, se expresa en la tabla IV. Los resultados se expresan en partes por millón.

La capacidad total de intercambio de bases se presenta en la tabla IV. El resultado obtenido en miliequivalentes de los cationes intercambiables en la fracción de arcilla, se presenta en la tabla IV.

Los resultados obtenidos en el estudio morfológico de la arcilla empleando el microscopio electrónico se expresan en las laminas I a IV.

Discusión. El material arcilloso se separó del suelo total aplicando el método de decantación, aplicando la ley de Stokes.

Para las determinaciones de los elementos que se encuentran en la tabla I, se siguieron los métodos ordinarios de laboratorio, en los resultados obtenidos en el análisis por fusión se observa la relación del óxido de silicio sesquióxido un poco alta. El contenido de materia orgánica es alto ya que todas las muestras de suelo estudiado presentan un contenido mayor de 2% habiendo unas muestras con un contenido hasta de 7%, como se observan las muestras 12 y 16 de las zonas C y D.

En algunas zonas el suelo presenta una granulación compacta debido a la presencia de un alto contenido en materia orgánica, esto puede ocasionar una situación desfavorable sobre todo en los suelos que carecen de la irrigación adecuada, dificultando la aereación, de vital importancia en los suelos. La presencia de alto contenido de materia orgánica no solo favorece el contenido de nitrógeno y fósforo sino que también se presenta un aumento en la capacidad retentiva de agua y un aumento en la capacidad de intercambio iónico. La materia orgánica tiene una influencia que corresponde a más de un tercio de la capacidad de intercambio total (23). En las muestras de subsuelo estudiadas el contenido de materia orgánica es menor que en los suelos.

El contenido de sílice corresponde en promedio a un 50% del contenido total, encontrándose los resultados más bajos en las muestras 2, 11, y 19 de suelo, y en la N° 1 de subsuelo.

El contenido de aluminio en las arcillas estudiadas es bastante uniforme, las zonas UZ y C son las que presentan muestras más pobres en aluminio según los resultados de las muestras 4 y 11.

El contenido de hierro es variable en las muestras 1-4, 2, 6 y 13. Es alto.

El contenido de magnesio es más constante, sin embargo, algunas muestras como las 11 y 17 de las zonas C y D, presentan un contenido bastante alto.

Los resultados obtenidos en el contenido de calcio son más bien altos; obsérvense los resultados en las muestras 1, 2, 3, 4, 6, 9, 10, 11, 13, 15, 17 y 18.

En las determinaciones de sodio se encuentra que en la fracción arcillosa de los suelos estudiados se presenta un mayor contenido en potasio correspondiendo los valores más altos a las muestras 1, 2, 4, 7, 11, 12, 13, 14 y 17, siendo las zonas más pobres las DU y U.

Los resultados obtenidos en las determinaciones de fósforo demuestran el contenido de la forma ácida-soluble bastante uniforme, sin embargo es mayor en las muestras 1, 4, 6, 11, 12, 14, 16 y 19 de suelos, correspondiendo las muestras mas pobres a las zonas UZ y Q.

Las determinaciones de fósforo adsorbido, los resultados demuestran menos uniformidad siendo la zona UN la mas pobre.

El contenido en fósforo orgánico es mayor, esto se explica tomando en consideración los resultados obtenidos en las determinaciones de materia orgánica. En los subsuelos los resultados son más bajos que en los suelos.

De los resultados obtenidos en la determinación de intercambio total se puede establecer que la actividad de los suelos estudiados no es pobre, ya que el valor mínimo obtenido en la fracción arcilla es de 26 m. e/100 g. correspondiendo la mayor parte a valores de 30-60 m. e/100 g.

En las determinaciones de intercambio parcial, el resultado obtenido de calcio intercambiable demuestra una capacidad promedio relativamente elevada de intercambio iónico total.

La capacidad de intercambio del ion potasio varía del 0.76 a 2.30 m. e/100 g. El sodio y el manganeso presentaron resultados más bajos en la determinación de la capacidad de intercambio, ya que los valores más altos que se obtuvieron corresponden a 1.92 m. e/100 g. para el sodio y 0.60 m. e/100 g. para el manganeso.

Los datos analíticos obtenidos permiten expresar, en la tabla III, las relaciones moleculares de los principales elementos.

En la relación sílice-sesquióxidos encontramos diferencia en los valores obtenidos; sin embargo, las zonas; DU, C, D y UZ, presentan valores mas o menos uniformes; se observa lo mismo en las zonas U y UG.

Las variaciones son mayores en las relaciones Fe_2O_3/Al_2O_3 es mas constante.

De los estudios hechos se puede observar que predominan dos grupos de minerales arcillosos y son: montmorillonita y kaolinita.

La montmorillonita predomina en la fracción arcilla separada de suelos, observándose que solamente en una muestra, el suelo N° 10. Zona DU, se presentan cristales del tipo kaolínico, no encontrándose del tipo montmorillonítico (figs. 7 y 8).

Las muestras 9, 11, 14 y 15, que corresponden a las zonas UO, C y T presentan dos tipos de arcilla, montmorillonita y kaolinita (figs. 6-9-10, 14-15, 16).

La muestra N° 5 zona UZ, presenta dos tipos de arcillas montmorillonita e illita, fig. 3.

La muestra Nc 1, zona UN, presenta una relación sílice-sesquióxido que corresponde al grupo montmorillonita y el intercambio total de bases es alto lo cual verifica el resultado obtenido en las electronmicrografías.

Algunas muestras presentan cristales de cuarzo, como se observan en las micrografías que corresponden a los suelos 1, 4, 5, 9, 12 y 16 de las zonas UN, UO, C y D, además la muestra correspondiente al suelo N° 4 presenta una forma cristalina que parece ser Al_2O_3 .

En las muestras de subsuelo que se estudian puede observarse que solamente la zona UN, muestra N° 1, presenta arcillas de tipo montmorillonítico, habiendo incluido las muestras 2, 3, 4 dentro del grupo de la kaolinita.

En la tabla IV se expresan los resultados totales obtenidos en las determinaciones químicas, incluyendo la clasificación electrónmicroscópica.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

1. Se presenta un estudio, químico electromicroscópico de la fracción arcilla de dos micrones y arcilla coloide de los suelos de Xochimilco.

La separación se efectuó empleando el método de decantación, basándose en la ley de Stokes. Las muestras

separadas se dializaron para eliminar sales solubles y iones no adsorbidos.

2. Se reportan los resultados obtenidos en las determinaciones de análisis por fusión, incluyendo también el contenido de materia orgánica en la fracción arcilla, el contenido de materia orgánica es alto ya que en las muestras de suelos, el dato más bajo corresponde al 2%.

El resultado de las determinaciones efectuadas por el método de fusión demuestra valores promedios de: sílice 50%, aluminio 13%, óxido férrico 5%, óxido de titanio 0.30%, óxido de calcio 4%, óxido de magnesio 2.5%, óxido de sodio 0.6% y óxido de potasio 1.7%

El resultado de las determinaciones efectuadas por el método de fusión demuestra un alto contenido de sílice y aluminio que integran la estructura molecular de las arcillas.

3. Los resultados obtenidos en las determinaciones de las distintas formas de fósforo demuestran que el contenido más alto corresponde a la forma orgánica, sin embargo, la forma soluble presenta cierta uniformidad.

4. Se efectuaron determinaciones de intercambio de cationes usando el método basado en la transformación de la arcilla total en arcilla cálcica y valorando el calcio con solución valorada de permanganato de potasio, 0.05 N, encontrándose una capacidad de intercambio medio y que checa con los resultados de intercambio de bases parciales, con la relación sílice sesquióxido y morfología en el microscopio electrónico con el tipo de arcilla estudiado.

5. Se presenta un estudio al microscopio electrónico de la arcilla separada de los suelos y subsuelos estudiados. Las electromicrografías demuestran que el contenido arcilloso corresponde a dos grupos: montmorillonita y kaolinita. La montmorillonita es el tipo de arcilla que predomina en los suelos y la kaolinita predomina en los subsuelos estudiados.

En la tabla IV se expresa la clasificación electrónmicroscópica de las arcillas estudiadas, así como los resultados de bases y la relación sílice-sesquióxidos.

MAPA 1.



TABLA I
ANALISIS QUIMICO DE LA FRACCION ARCILLA

Arcilla separada de suelos

Muestra			Materia orgánica %	Pérdida al rojo %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	TiO ₂ %	CaO %	MgO %	Na ₂ O %	K ₂ O %
Nº	Profundidad en cm.	Zona										
1	0-25	UN	2.79	20.36	56.70	9.88	1.76	0.24	5.45	2.59	0.32	2.97
2	0-25	UN	2.40	23.04	42.70	16.88	7.56	0.36	3.64	2.76	0.29	2.87
3	0-25	UZ	3.67	23.52	52.84	11.54	3.36	0.26	3.84	2.75	0.68	0.75
4	0-25	UZ	3.12	23.42	56.34	6.46	2.08	0.22	4.95	2.74	0.95	2.94

5	0-25	UZ	2.16	25.94	50.70	10.87	3.68	0.25	2.63	2.06	0.93	0.61
6	0-25	UO	3.36	18.36	45.50	15.36	8.48	0.56	3.74	2.68	1.83	1.18
7	0-25	UO	3.60	17.08	54.20	14.04	4.00	0.44	2.73	2.53	1.83	1.97
8	0-25	UO	3.00	26.86	49.30	11.56	3.52	0.32	1.72	2.62	1.00	0.57
9	0-25	UO	3.12	24.72	50.62	11.37	4.32	0.38	3.74	2.70	1.18	1.23
10	0-25	DU	4.80	24.52	47.40	15.72	3.84	0.40	3.74	2.90	0.75	0.81
11	0-25	C	3.60	25.44	41.68	9.52	3.72	0.20	9.29	4.64	2.11	2.25
12	0-25	C	6.96	26.16	48.44	11.56	5.12	0.28	3.01	1.44	0.42	2.14
13	0-25	Q	3.00	15.64	47.64	16.60	8.96	0.44	3.81	2.46	0.91	2.34
14	0-25	T	3.24	20.36	50.62	12.34	5.22	0.46	2.63	3.47	0.72	2.57
15	0-25	T	5.76	19.56	47.16	14.00	8.00	0.44	4.12	2.10	0.81	0.93
16	0-25	D	6.72	25.70	50.26	13.12	4.52	0.32	2.83	1.02	0.76	1.83
17	0-25	D	2.16	14.32	48.72	14.95	3.84	0.25	6.67	6.37	0.64	2.87
18	0-25	U	3.00	23.36	45.54	16.38	5.36	0.22	3.53	1.17	1.01	0.72
19	0-25	UG	2.28	25.28	43.02	22.12	4.48	0.32	2.42	0.98	0.94	1.02
20	0-25	UG	6.00	24.16	50.62	14.80	3.88	0.28	2.42	1.43	0.94	0.74

Arcilla separada de subsuelos

1	25-50	UN	2.16	25.31	40.37	17.00	7.00	0.29	2.17	2.50	0.30	1.18
2	30-60	UN	1.08	19.50	47.18	18.12	6.97	0.32	3.00	2.37	2.81	0.92
3	30-60	UZ	1.32	25.00	44.25	17.22	2.15	0.25	3.90	2.62	0.80	1.79
4	30-60	UZ	1.18	27.18	45.18	12.92	3.70	0.22	2.50	2.00	0.76	0.70

TABLA II

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO PARCIAL DE CATIONES

Arcilla separada de suelos

Nº de la muestra	Calcio me/100 g.	Manganeso me/100 g.	Magnesio me/100 g.	Potasio me/100 g.	Sodio me/100 g.
1	36.61	0.50	4.70	1.82	0.52
2	18.34	0.44	3.29	1.37	0.47
3	33.37	0.51	3.84	1.00	0.98
4	43.31	0.58	2.12	1.82	1.03
5	28.64	0.38	3.14	0.97	1.00
6	28.31	0.40	3.75	1.08	0.87
7	19.65	0.38	2.68	2.01	0.72
8	36.64	0.41	4.02	0.76	1.23
9	26.62	0.40	4.18	1.00	1.62
10	23.10	0.41	3.97	0.97	1.00
11	40.30	0.60	3.15	1.89	1.92
12	34.95	0.40	2.24	2.17	1.77
13	39.16	0.39	3.09	2.01	1.09

14	33.37	0.38	4.69	2.30	1.00
15	23.00	0.59	4.17	1.00	1.21
16	40.30	0.60	5.14	1.50	1.13
17	19.00	0.37	5.23	2.15	0.98
18	38.44	0.51	3.97	1.00	1.27
19	46.82	0.56	1.02	1.75	1.08
20	42.40	0.60	2.10	1.07	1.00

Arcilla separada de subsuelos

1	18.91	0.38	2.10	1.24	0.37
2	17.78	0.39	1.98	1.07	1.00
3	19.48	0.40	2.24	2.09	0.73
4	18.91	0.38	1.58	1.00	0.64

TABLA III

COCIENTES MOLECULARES DE LA FRACCION ARCILLA

Arcilla separada de suelos

Nº de la muestra	Zona	SiO ₂ /R ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ /Al ₂ O ₃
1	UN	2.100	2.344	20.000	0.117
2	UN	4.152	4.260	14.771	0.289
3	UZ	4.946	4.272	16.437	0.430
4	UZ	5.998	14.783	29.808	0.371
5	UZ	6.126	7.787	36.759	0.212
6	UO	3.678	5.036	13.637	0.369
7	UO	5.335	6.324	24.113	0.185
8	UO	6.045	7.267	35.964	0.202
9	UO	5.913	7.587	31.279	0.243
10	DU	5.048	5.130	21.491	0.163
11	C	5.958	7.463	29.923	0.249
12	C	5.569	7.141	25.301	0.282
13	Q	4.680	4.845	13.744	0.352
14	T	5.506	6.992	25.887	0.271
15	T	5.604	5.734	15.256	0.376
16	D	5.356	6.533	33.643	0.219
17	D	4.773	5.556	33.874	0.164
18	U	3.921	4.738	22.707	0.209
19	UG	3.258	3.301	25.232	0.131
20	UG	4.997	5.832	34.937	0.167

Arcilla separada de subsuelos

1	UN	3.162	4.005	15.018	0.267
2	UN	3.458	4.312	17.473	0.247
3	UZ	4.056	4.379	55.044	0.079
4	UZ	4.805	5.961	32.578	0.183

TABLA IV

RESULTADOS TOTALES EN LA FRACCION ARCILLA

Arcilla separada de suelos

Muestra N°	Zona	Profundidad en cm.	Fósforo en p.p.m.			Capacidad. Intercambio total m.e./100 g.	SiO ₂ -F	Clasificación electrónmicroscopica
			Adsorbido	Acido soluble	Orgánico			
1	UN	0.25	16.4	36.0	33.0	49.72	2.100	Montmorillonita.
2	UN	0.25	6.0	24.0	30.0	27.41	4.152	Montmorillonita.
3	UZ	0.30	15.0	21.0	29.5	43.25	4.946	Montmorillonita.
4	UZ	0.25	18.0	32.0	20.0	56.12	5.998	Montmorillonita.
5	UZ	0.25	16.3	17.6	24.6	38.87	6.126	Montmorillonita Illita.
6	UO	0.25	17.0	32.5	15.6	41.05	3.678	Montmorillonita.
7	UO	0.25	15.3	22.9	25.1	30.26	5.335	Montmorillonita.
8	UO	0.30	17.5	22.5	17.5	48.93	6.045	Montmorillonita.
9	UO	0.25	22.4	28.5	14.7	40.75	5.913	Montmorillonita, Kaolinita.
10	DU	0.25	14.2	36.1	21.7	34.63	5.048	Kaolinita.
11	C	0.25	22.4	28.4	16.7	58.21	5.958	Montmorillonita, Kaolinita.
12	C	0.25	15.3	34.1	17.5	47.22	5.569	Montmorillonita.
13	Q	0.25	14.7	18.0	29.2	51.14	4.680	Montmorillonita.
14	T	0.25	24.1	30.5	23.8	49.29	5.506	Montmorillonita, Kaolinita.
15	T	0.30	18.0	22.5	26.2	37.42	5.604	Montmorillonita, Kaolinita.
16	D	0.30	24.6	34.1	28.9	53.19	5.356	Montmorillonita.
17	D	0.25	14.7	25.8	20.3	32.97	4.773	Montmorillonita.
18	U	0.25	16.9	21.3	30.1	53.26	3.921	Montmorillonita.
19	UG	0.25	21.8	30.8	11.6	61.24	3.258	Montmorillonita.
20	UG	0.25	13.9	25.1	21.8	53.29	4.997	Montmorillonita.

Arcilla separada de subsuelos

1	UN	25-50	6.0	20.5	1.4	28.42	3.162	Montmorillonita, Kaolinita.
2	UN	30-60	8.0	14.0	1.0	27.13	3.458	Kaolinita.
3	UZ	30-60	5.4	16.4	1.0	30.78	4.056	Kaolinita.
4	UZ	30-60	7.0	15.7	1.0	25.59	4.805	Kaolinita.

NOTA: Los valores obtenidos para el fósforo se expresan en P₂O₅.

BIBLIOGRAFIA

1. A. O. A. C. Official and tentative methods of analysis. 1945.
2. AGUILERA, N. Estudio morfológico de arcillas tipo y algunos suelos de México en el microscopio electrónico. Tesis E.N.C.B., I. P. N., págs. 1 -80, 1949.
3. ARDENNE, M. VON, ENDELL, K. and HOFFMANN, U. Untersuchungen feinsten Fraktion con Bentoniten und Tonböden mit den Universal-Electro mikroskop. Ber. deut. keram. Ges. 21, 209 (1940) .
4. BABER, L. D. Soil physics., pp. 10-102, 1940.
5. BRADFIELD, R. G. and J. G. STEELE. Factors affecting the retention of phosphates by clay. Trans. 3rd. Internat. Cong. Soil Sci. I: 74-75, 1935.
6. BRADFIELD, R. The chemical nature of a colloidal clay. Univ. Missouri Agr. expt. Sta. Research Bull. 60 (1923) .
7. CALDWELL., O. G. and MARSHALL, C. E. A study of some chemical and physical proterties of the clay minerals montronite, attapulgite, and saponite. 354 (1942) .
8. CLINE, C. M. Methods of collection and preparaing soil samples. Soil Sci. 59: 3-5, 1945.
9. EITEL, W., MÜLLER, H. O. and RADCZEWSKI, O. E. Investigation of clay mineral with an electron microscope. Ber. deut. keram. Ges. 20, 165 (1939).
10. F. P. TREADWELL y W. D. TREADWELL. Tratado de Química Analítica. Edición Española, Págs. 93-156, 1933.
11. FRAPS, G. S. Active phosphoric acid and its relation to needs of the soil for phosphoric acid in pot experiments. Tex Agr. Expt. Bull 126:72 (1909).
12. GONZÁLEZ, G. A. Introducción al estudio de los suelos. Edición Banco de Crédito Agrícola, México. D. F., 1941.
13. GRANADOS, CH. F. Estudio físico, químico y microbiológico de los suelos de Xochimilco, D. F. Tesis E.N.C.B., I.P.N., págs. 1 - 15, 1948.
14. HUMBERT, R. P. and SHAW, B. T. Studies of clay particles with the electron microscope. I Shapes of clay particles. Soil Sci. 52,481 `1941).
15. JENNY, H. and R. OVERSTREET. Cation interchange between plant roots and soil colloids. soil Sci. 47: 25 7 - 272, 1939.
16. KELLEY, P. W. Cation exchange in soils. Reinhold Publishing Corp. p.p. 19-112 (1948) .
17. KELLEY, O. J. and SHAW, B. T. Studies of clay particles with the electron microscope. III Hydrodynamic considerations in relation to shape of particles. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 7, 58, 1942.
18. MARSHALL, C. E. Studies in the degree of diapersion of the clay. I Notes of the technique and accuracy of mechanical analysis using the centrifuge. J. Soc. Chem. Ind. (Trans.) 50, 444 t, 1931: II The influence of cation on the degree of dispersion. ibid. 457 t, 1931.
19. MARSHALL, C. E. The colloids chemistry of the silicate minerals, Academic Press Inc. Pub. N. Y. p.p. 14-71. 1949.
20. MARSHALL, C. E., HUMBERT, R. P., SHAW, B. T., and CALDWELL, O. G. Studies of clay particles with the electron microscope. II The fractionation of beidellite, nontronite, magnesium bentonite and attapulgite. Soil Sci. 54, 149. 1942.
21. Mc. GEORGE, W. T. The retention of potencial alkalinity to the availability of phosphate. Soil Sci. 39: 443-452. 1935.

22. MICHAEL PEECH, L. T. ALEXANDER, L. A. DEAN and J. F. REED. Methods of soil analysis for fertility investigations. U. S. Dept. Agr. Bull 757: 16-24. 1947.
23. OLSON, L. C. and R. H. BRAY. The determination of the organic base exchange capacity of soils. Soil Sci. 45: 483-496. 1938.
24. PIERRE, W. H. and F. W. PARKER. The concentration of organic phosphorus in the soil solution and soil extracts and the availability of the organic phosphorus to plants. Soil Sci. 26: 119 - 128. 1927.
25. PIPER, C. S. Soil and plant analysis. Interscience Pub. Inc. N. Y. p.p. 18-80. 1947.
26. ROGER, H. B. and L. T. KURTZ. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Sci. 59: 39-45. 1945.
27. RUSSELL, E. J. Soil conditions and plant growth., Longmans Green and Co. N. Y. Chap. II, p.p. 99-123. 1937.
28. SANTAMARÍA, M. Chinampas del Distrito Federal. Sec. Agr. y Fomento, 1-40, 1942.
29. SCARSATH, G. D. The mechanism of phosphate retention by natural aluminosilicate colloids. Jour Amer. Soc. Agron. 27: 596. 1935.
30. SHAW, B. T. and HUMBERT, R. P. Electron micrographs of clay mineral. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 6, 146. 1941.
31. SHAW, B. T. The nature of colloidal clay as revealed by the electron microscope. J. Phys. Chem. 46, 1032. 1942.
32. VILLEGAS, M. Prácticas de química y física agrícolas. E. N. Agr. Chapingo, Méx., págs. 5-22.
33. ROBINSON, W. O. The fusion analysis. Soil Sci. 59:-7-11. 1945.

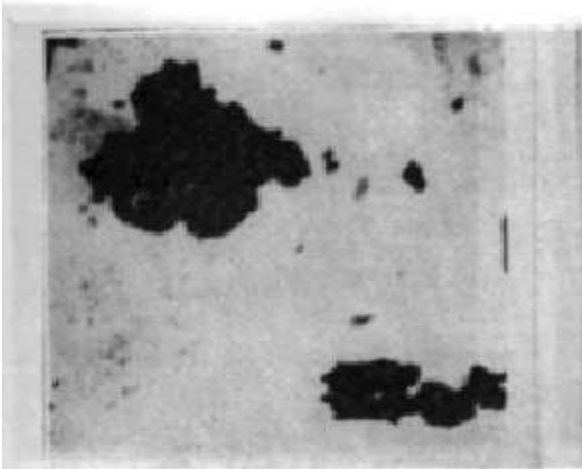


Fig. 1

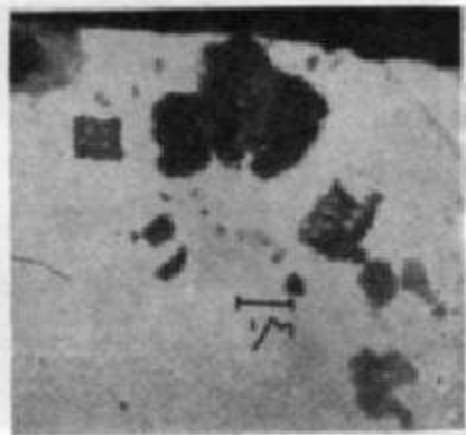


Fig. 4

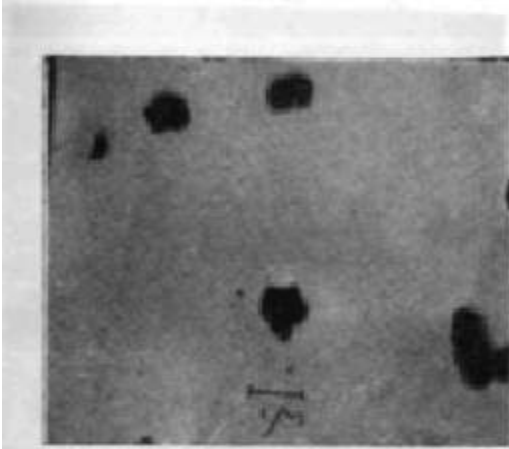


Fig. 2

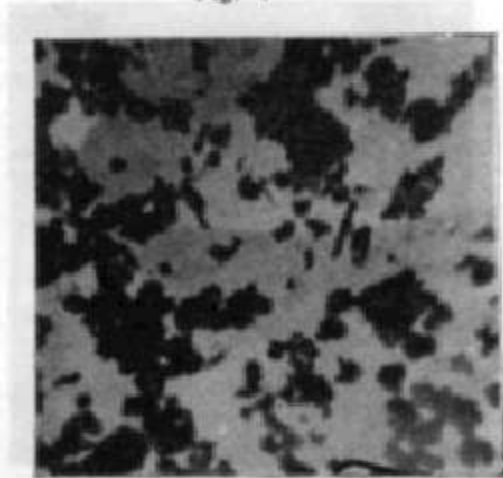


Fig. 5



Fig. 3

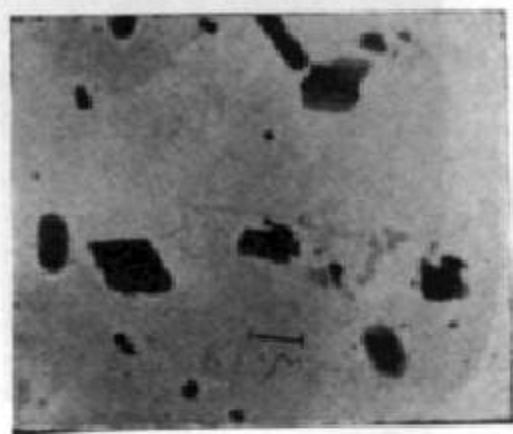


Fig. 6

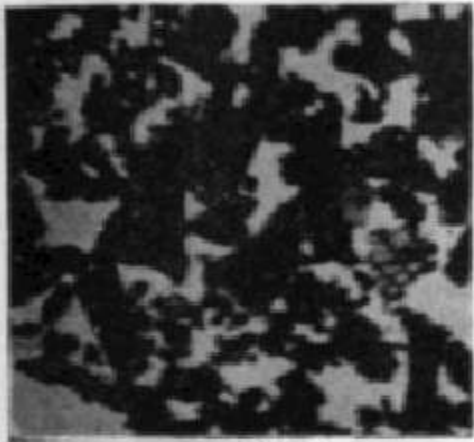


Fig. 7

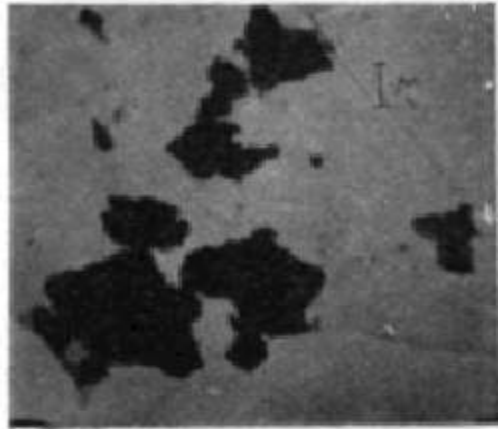


Fig. 10

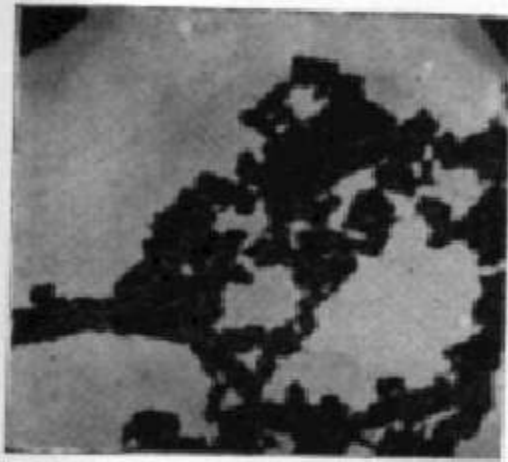


Fig. 8

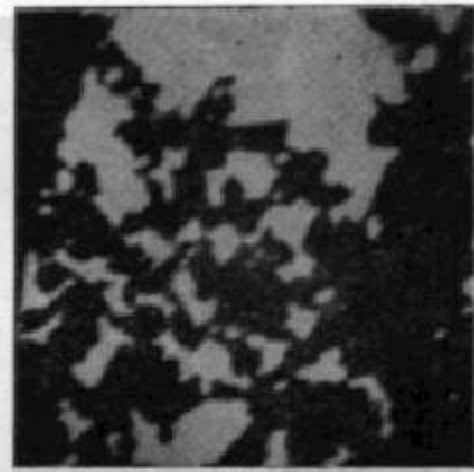


Fig. 11

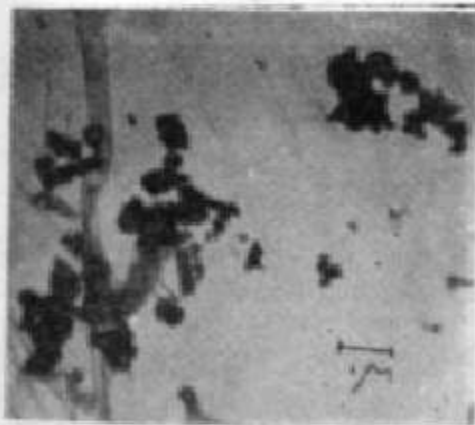


Fig. 9

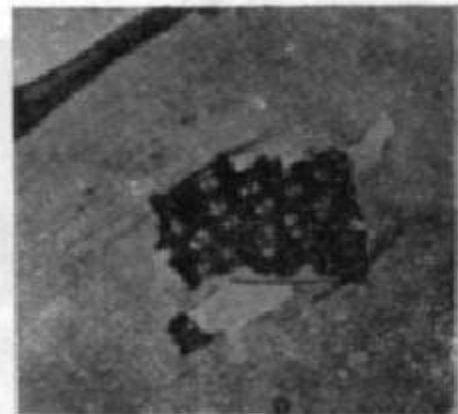


Fig. 12

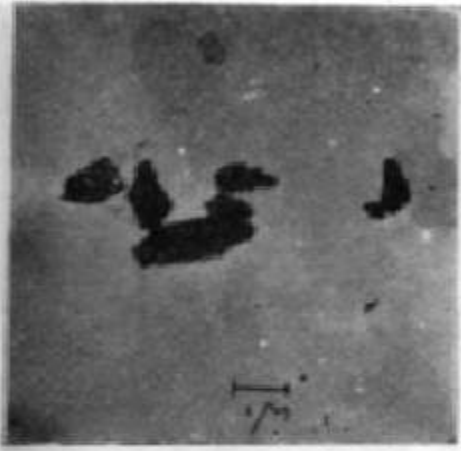


Fig. 13

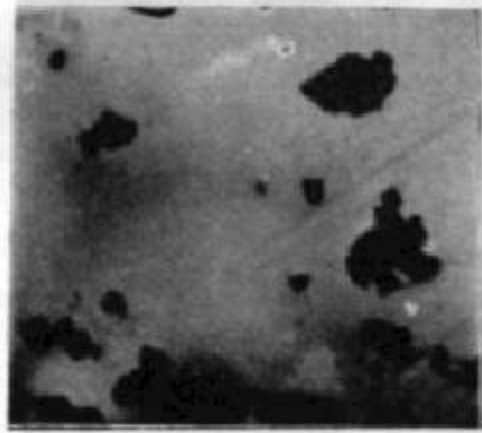


Fig. 16

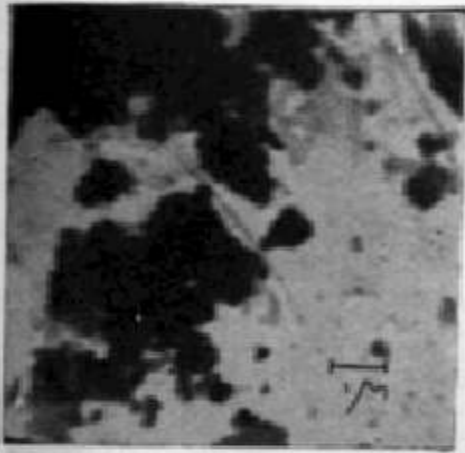


Fig. 14

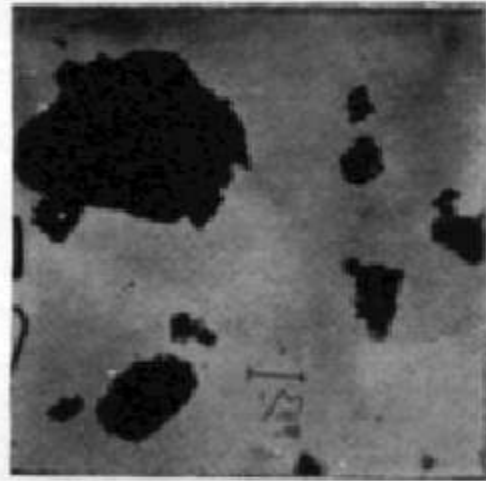


Fig. 17

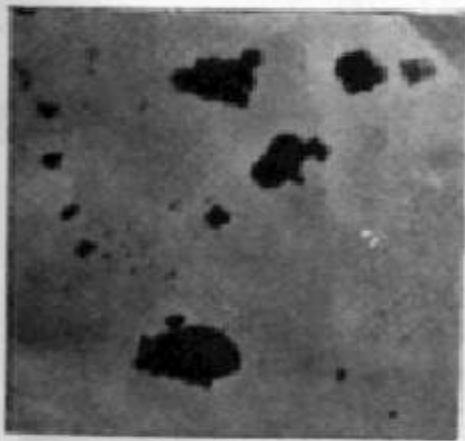


Fig. 15

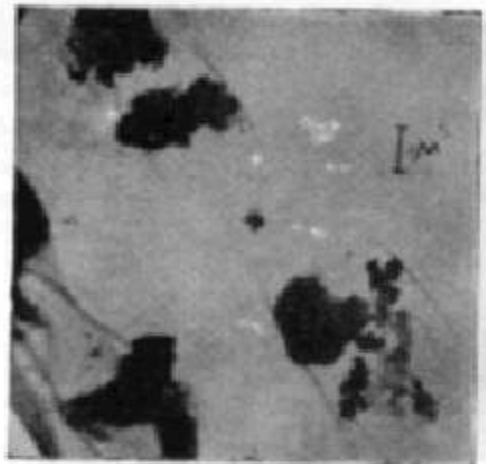


Fig. 18

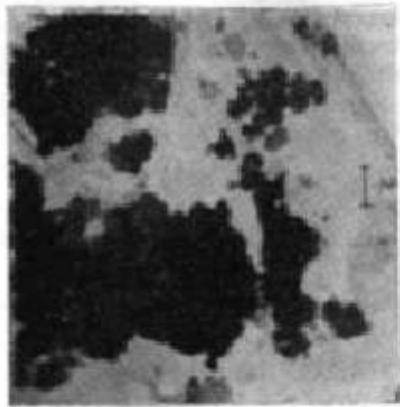


Fig. 19

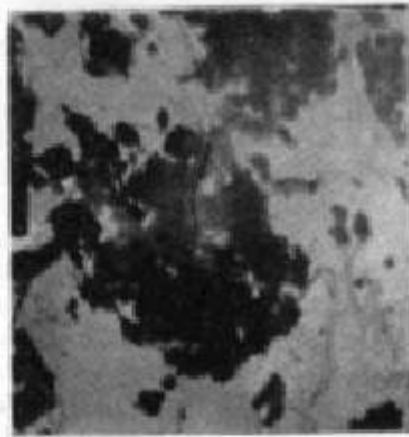


Fig. 22



Fig. 20

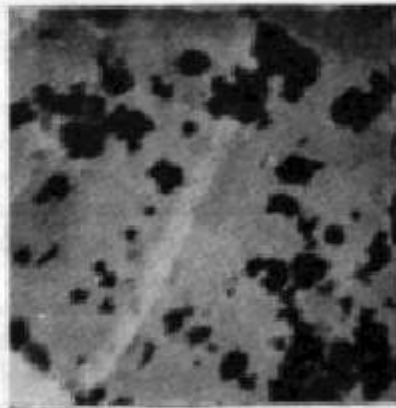


Fig. 23

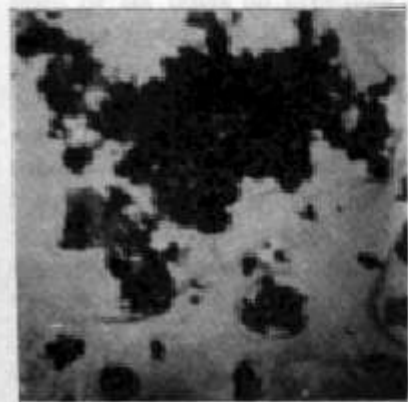


Fig. 21

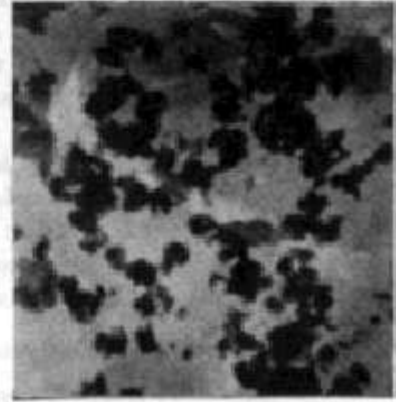


Fig. 24