
AMONIFICACION, NITRIFICACION Y FIJACION DE NITROGENO EN LOS SUELOS DE TEXCOCO

A. SÁNCHEZ MARROQUIN, V. CARRETO y
R. GARCÍA
Laboratorio de Microbiología Experimental,
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I. P.
N.

La considerable extensión de terreno correspondiente al ex Lago de Texcoco (8,840 Km², aproximadamente) y su cercanía a la ciudad de México explican por sí solas la extraordinaria importancia que representa su aprovechamiento agrícola. Por esta razón, las Secretarías de Agricultura y de Recursos Hidráulicos de México han emprendido extensos estudios en dicha región, desde diversos puntos de vista. Gracias a esto, la parte externa del ex Lago ya ha sido cultivada con cierto tipo de plantas: alfalfa, maíz, cebada, frijol, con resultados más o menos alentadores, y otras porciones están siendo objeto de bonificación (en virtud de su alta concentración salina) mediante percolación superficial con agua dulce.

El presente trabajo intenta contribuir al conocimiento de la calidad de esos suelos alcalinos mediante el estudio de algunas pruebas microbiológicas que pueden tomarse como índice de la fertilidad: amonificación, nitrificación y fijación de N, procesos biológicos que figuran entre los más importantes que acontecen en el suelo.

Para complementar los resultados obtenidos se estudia, asimismo, el contenido de algunos elementos químicos importantes (K, P, Ca y Mg), materia orgánica y sales solubles.

Las pruebas microbiológicas no habían sido aplicadas con anterioridad a la estimación del valor agrícola en dichos suelos. Los estudios químicos, por el contrario, han sido realizados por diversos investigadores (Larios, Gerstol, Orozco y Madinaveitia, Río de la Loza).

El valor de los métodos microbiológicos aquí ensayados ha sido objeto de diversas opiniones. Unos investigadores (Remy, Ashby, Lipman, Stevens, Kellerman y otros) reconocen su gran validez respecto a la estimación de la fertilidad de los suelos.

Otros no encontraron resultados concordantes y dudan de su eficacia, pero refiriéndose casi exclusivamente a las pruebas de amonificación (Lipman, Greaves, Gainey, Burgess, Waksman), reconociendo, en cambio, la validez de los métodos de nitrificación y fijación de N como los que se ensayan en el presente trabajo.

MATERIALES Y METODOS

Procedencia y preparación de las muestras. —Los suelos estudiados corresponden a los sitios marcados, aproximadamente, en el mapa adjunto (Lám. I). Puede indicarse que provienen, en general, de cuatro tipos de suelos: abonados y sembrados; barbechados; suelos sin sembrar y sin barbecho, pero con algo de vegetación, y suelos prácticamente yermos que constituyen la mayor parte del ex Lago. Las muestras se tomaron de las capas superficiales (15-20 cm.). De cada lugar se colectaron 7 porciones distribuidas regularmente, se mezclaron y homogeneizaron y constituyeron la muestra respectiva, que se preparó conforme a las técnicas ordinarias y se pasó por tamiz con mallas de 2 milímetros de separación, homogeneizándose perfectamente y tomando de allí las porciones necesarias para los análisis mecánico y químico y el estudio microbiológico.

En cada una de las muestras se determinó además la humedad, desecando a 110° C. durante 16-24 horas, pues los resultados se dan en por ciento de suelo seco. Se procuró que dichas muestras fueran representativas de los suelos que rodean a lo que ahora constituye el vaso regulador y el sistema de evaporación solar conocido con el nombre de "El Caracol", para lo cual se tomaron a diferentes niveles y del centro a la periferia como se indica en la misma Lám. I.

Análisis mecánico. —Se efectuó conforme al método de Bouyoucos (1928).

pH. —Las determinaciones se realizaron por el método potenciométrico.

Estudio microbiológico. —a) Amonificación.—Se siguió el método de Waksman (1923), cuantificando el amoníaco formado según la técnica recomendada por Prince (1945). b) Nitrificación.—Se aplicaron 2 métodos, el primero utilizando como medio el propio suelo adicionado de sulfato de amonio y CaCO_3 (método de Vogel modificado por Waksman, 1923) y el segundo empleando arena de cuarzo, añadida de sustancias minerales e inoculada con el suelo por estudiar. (Waksman, 1923) Para la determinación de los nitratos se siguieron las instrucciones de Prince (1945), empleando fotocolorímetro según Berge (1941). c) Fijación de nitrógeno.—Se practicaron 2 métodos: uno utilizando una solución rica de manitol (Waksman, 1924) y el otro usando el mismo suelo como medio, adicionado de una fuente de energía (Waksman, 1924). Las determinaciones de nitrógeno se efectuaron por el método de Kjeldahl modificado para nitrógeno total por Pepkowitz y colaboradores (1942).

Estudio químico.—Para las determinaciones cuantitativas de potasio, fósforo, calcio y magnesio, se siguieron las pruebas rápidas de Peech (1944). La materia orgánica se determinó por los métodos de Schollenberger (1945) y de Walkley y Black (1935), paralelamente, y las sales solubles según Harris (1920) mediante el procedimiento del puente eléctrico y aplicación de las tablas respectivas del Boletín Núm. 61 del Depto. de Agricultura de los EE.UU.

RESULTADOS

Las principales características de los suelos estudiados se dan en la tabla I. Muchas de las muestras procedieron de suelos prácticamente estériles en apariencia. La mayoría correspondió al tipo de los migajones arenosos o migajones arcillo-arenosos y unas pocas a arcillas o arenas. El pH en todos los casos indicó la extraordinaria naturaleza alcalina de dichos suelos, a consecuencia de su riqueza en "tequesquite", formado principalmente de carbonatos (Villegas, 1946).

En la tabla II se muestran los resultados de las pruebas de amonificación que indican una clara diferencia entre la cantidad de amoníaco producida por los suelos carentes de vegetación y la de los cultivados, variando las cantidades de menos de 1 mg a 40 y 70 mg de N-NH_3 por 100 gr de suelo.

En la tabla III se expresan los resultados obtenidos con las pruebas de nitrificación biológica conforme a los dos métodos seguidos. Los resultados variaron también desde "huellas" hasta 28-50 mg de N-NO_3 por cada 100 gr de suelo, coincidiendo asimismo, las cifras altas y las bajas, con la aparente calidad agrológica según que hubiera o no cultivos, respectivamente. El pH determinado después de las pruebas efectuadas (primer método), no mostró variación en la mayoría de las muestras y cuando la hubo fue muy pequeña y aparentemente independiente de la cantidad de N nitrificado. La mayoría de los suelos mostró una buena capacidad nitrificante, excepto las muestras 6, 7, 17, 18 y 23. En general, los resultados obtenidos con ambos métodos correspondieron, ya que no aparecieron discrepancias ostensibles.

Las pruebas biológicas de fijación de nitrógeno empleando solución de manitol como fuente de energía para el crecimiento de *Azotobacter* arrojaron los resultados que aparecen en la tabla IV. Como se ve, los resultados más altos correspondieron a cifras superiores a 100 mg de N por cada 100 gr de suelo (aumento en la muestra incubada 30 días a 28° C.). Las mismas pruebas de fijación de N pero empleando el segundo método, o sea el propio suelo adicionado de manitol, dieron los resultados mostrados en la tabla V, correspondiendo las cifras más altas a más de 10 mg de aumento de N por cada 100 gr de suelo. Generalmente, coincidieron los resultados estimativos obtenidos con los dos métodos respecto al aumento de N por fijación biológica, aunque, como en el caso de la nitrificación, hubo algunas pocas excepciones. Las cifras alcanzadas con este procedimiento fueron desde luego inferiores a las del anterior.

Por último, en la tabla VI se presentan los resultados de los análisis químicos de algunos elementos, sales solubles y materia orgánica.

En general, los suelos no fueron deficientes en algunos de los elementos estudiados (K, Ca, Mg) pero sí en materia orgánica en cuyo caso las cifras fueron demasiado bajas. Las muestras 3, 5, 10, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 22, 23 y 25 presentaron cantidades muy elevadas de calcio, magnesio y potasio, y el resto de las muestras, aunque sin alcanzar las cifras de éstas, también presentaron valores altos. Respecto al contenido en fósforo se pueden distinguir tres categorías: contenido bajo: muestras 20, 25, 26, 27, 29 y 30; contenido mediano: 3, 5, 13, 16, 18 y 33 y contenido alto: 8, 10, 12, 15, 19, 22, 23 y 32.

El subsuelo presentó, en general, cantidades menores de cada elemento, sales y materia orgánica, pero no se tabulan los resultados.

Asimismo, deseamos indicar que el estudio de la estimación de deficiencias de potasio y fósforo por métodos microbiológicos con las mismas técnicas que hemos empleado en trabajos previos (Sánchez Marroquín y Tamayo, 1946) arrojó resultados similares a los obtenidos con las pruebas químicas rápidas, es decir, los suelos en general aparecieron no deficientes en dichos elementos, con excepción de las muestras 3, 5, 13, 18, 20, 25, 26, 27, 29, 30 y 33 que aparecieron deficientes en fósforo, resultados que concuerdan, más o menos, con los obtenidos con las pruebas rápidas de Peech.

Por último, respecto al contenido de sales solubles, podemos señalar que todos los suelos no cultivados, exhibieron concentraciones salinas superiores a 1%, que no permiten el desarrollo de plantas. El resto de suelos presentó concentraciones bajas.

DISCUSION

Las muestras procedentes de los contornos del Lago (Tulpetlac, el Rosario, Atenco y Texquiltán) tienen pH más o menos bajos, son prácticamente las más fértiles y se usan en la agricultura. Las muestras de Xalostoc, Tepalcates, Xicotécatl y Chimalhuacán corresponden a terrenos no sembrados y tienen pH muy alto. Los valores más altos de pH correspondieron a los suelos carentes de vegetación y situados más a la orilla del Lago. Los suelos considerados como fértiles tuvieron un pH de 7.3. a 8.8.

La eficacia de los métodos para estudiar la amonificación ha sido discutida. Remy (1902) encontró que por medio de esa prueba es posible estimar la capacidad del suelo para descomponer la materia orgánica y por consiguiente su fertilidad. Lipman (1905), Gainey (1917), y Greaves (1914), por su parte, no pudieron relacionar ningún resultado del laboratorio con los del campo o la amonificación de un suelo y su actividad. Lipman y Burgess (1917) pudieron apreciar una producción de amoníaco más o menos uniforme en suelos de diferente calidad agrícola. Gutzeit (1906) no encontró diferencias entre el amoníaco formado por 2 suelos de diferente fertilidad. Burgess (1918) señala que sólo es posible diferenciar suelos muy pobres y muy buenos, y Waksman (1923) indica que esta prueba no tiene relación alguna con la productividad, concediéndole poco valor. Brown (1915), en cambio, sí halló una relación muy estrecha. Como se ve, la prueba no ha sido muy aceptada en lo general como índice de fertilidad.

Los resultados obtenidos del estudio de las 33 muestras en nuestro caso, sólo indican que dichas muestras pueden dividirse en dos grupos: unas con gran poder amonificante y otras que sólo producen cantidades insignificantes de amoníaco. Las comprendidas en este último grupo corresponden generalmente a las que por diversas causas no son aptas para el cultivo. Puede hacerse notar que la diversidad de los resultados correspondió también a casi idéntica diversidad en la procedencia y condiciones de las muestras.

Para el estudio de la nitrificación biológica se han experimentado 2 métodos que han mostrado un paralelismo definido entre la nitrificación y la productividad, aunque la mayoría de investigadores está de acuerdo en que el método que utiliza suelo es más preciso debido a que en las condiciones en que se efectúa son más semejantes a las del campo. Burgess (1918), Ashby (1904), Stevens y Withers (1909), Gainey (1917) y Kellerman y Allen (1911) observaron una estrecha relación entre alto poder de nitrificación y alta productividad. Sin embargo, algunas veces tal relación es dudosa, como lo han indicado Allen y Bonazzi (1915) a consecuencia tal vez, de la excesiva acidez de los suelos que estudiaron ya que, como lo señala Waksman (1923), cuando se emplea sulfato de amonio en estos métodos tratándose de suelos ácidos, el pH baja tanto que puede inhibir el crecimiento de las bacterias nitrificantes, habiendo en estos casos nitrificación escasa. Por lo expuesto se comprende la importancia de los estudios de la nitrificación biológica en los suelos.

Según los datos de la tabla III puede verse que ambos métodos arrojaron resultados similares, correspondiendo las cifras altas a las muestras que por sus características generales son aparentemente las más aptas para el cultivo. En algunos casos las cifras obtenidas por el método que utiliza arena fueron más elevadas debido quizá a la presencia de minerales nutritivos y a la mayor aereación condicionada por la arena. Es de hacerse notar, además, que las muestras que en la prueba de amonificación resultaron en el grupo de baja producción, en esta prueba también quedaron en ese grupo, y el resto de los suelos en los dos inmediatos superiores.

El valor de las pruebas de fijación de nitrógeno, en relación a la fertilidad, ha sido aceptado por diversos investigadores, prefiriendo la mayoría el método que utiliza solución de manitol, y concordando todos ellos en que

los resultados más altos corresponden a los suelos más fértiles. Según los resultados consignados en el presente trabajo se encuentra que las cifras más altas corresponden al método de la solución de manitol, pero que comparando las muestras entre sí y con respecto a la fertilidad estimada por otros datos, se observa una correspondencia marcada, ya que para los suelos sin cultivo la fijación es más baja, en tanto que para los cultivados y con cierto valor agrícola, es más elevada. Con el segundo método o sea el que utiliza el propio suelo, se observó también, salvo pocas excepciones, la misma correspondencia aunque con cifras más bajas.

En resumen, los valores alcanzados en el presente trabajo respecto a las pruebas de amonificación, nitrificación y fijación de nitrógeno aplicadas a las 33 muestras estudiadas, coincidieron, en términos generales, con la calidad agrícola o la fertilidad ya que, por ejemplo, las muestras procedentes de regiones cercanas a "El Caracol", es decir, consideradas como muy pobres o estériles, arrojaron las cifras más bajas en las tres pruebas microbiológicas, en tanto que los valores más altos corresponden a las zonas cultivadas o que están en condiciones agrológicas aceptables. En tal virtud, el valor de los métodos en este caso es digno de tomarse en consideración como índice de la fertilidad o calidad agrícola de los suelos estudiados, si los resultados se interpretan correctamente y si sólo se desean estimar los grados extremos (fertilidad o deficiencia) y no los intermedios. No obstante, los resultados de las pruebas de amonificación pueden interpretarse como dudosos ya que podrían estar influidos por los abonos que se han venido usando para el enriquecimiento de tales suelos.

Respecto al análisis químico, los suelos que mostraron cantidades considerables de calcio, magnesio y potasio fueron los estériles que antiguamente constituían el vaso del Lago. En cambio, en los suelos cultivables las cifras fueron menores aunque indicando todavía valores altos. El contenido de fósforo fue variable en todas ellas encontrándose varias muestras deficientes en ese elemento. En algunos casos las cifras demasiado altas pueden considerarse dudosas debido a la interferencia mutua entre el alto contenido de dichos elementos y las sales solubles o a que su concentración haya rebasado el límite de tolerancia para cada uno de dichos elementos en las diversas pruebas. Desde luego es de indicarse que tales pruebas fueron establecidas para suelos ácidos y que es preciso adaptarlas o ajustarlas a suelos alcalinos como los que se han estudiado en esta comunicación.

La concentración salina en todos los suelos que no presentaron cultivos fue superior a 1%, cantidad que ninguna planta resiste. El resto de los suelos registró cifras moderadas o bajas que indican que pueden ser utilizados con propósitos agrícolas, mediante lavados como los que se están practicando.

Por último, la mayoría de los suelos resultó pobre en materia orgánica, ya que las cifras oscilaron de 0.67 a 3 %.

Relacionando los resultados de los estudios químico y bacteriológico puede apreciarse que ciertas muestras que presentaron valores bajos en las pruebas bacterianas, aparecieron con un enorme contenido de calcio, magnesio y potasio y, alta concentración de sales solubles, siendo considerados, por lo tanto, como impropios para la agricultura, hecho que aparece confirmado por su carencia de vegetación. En el resto de las muestras, cuando las pruebas bacterianas mostraron valores medios o altos, los análisis químicos indicaron cifras más o menos normales. Estos suelos pueden alcanzar un valor agrícola aceptable si se abonan con materia orgánica y en algunos casos con fósforo.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se presenta un estudio de los suelos de Texcoco respecto a la estimación de su valor agrícola mediante las pruebas bacterianas de la amonificación, nitrificación y fijación de nitrógeno, encontrando una aceptable correspondencia entre estas pruebas y la fertilidad.

Los resultados de los análisis químicos, según las pruebas microquímicas de Peech, indican que los suelos no cultivados presentan cantidades excesivas de potasio, calcio y magnesio, en tanto que el P se encontró deficiente en algunas de las muestras, hecho que pudo comprobarse, asimismo, mediante pruebas microbiológicas.

La concentración de sales solubles totales fue superior a 1%, en los suelos que dieron resultados bajos en las pruebas bacterianas y que mostraron un exceso en el contenido de Ca, Mg y K.

La mayoría de los suelos fue deficiente en materia orgánica.

Los suelos correspondientes a las muestras 6, 7, 9, 10, 12, 15, 16, 18, 21, 23 y 25 no tienen aparentemente valor agrícola (según las pruebas efectuadas) por ser terrenos estériles que no permiten el desarrollo de plantas. Los demás suelos son susceptibles de ser cultivados o están ya bajo cultivo, y sus rendimientos pueden ser

satisfactorios si se abonan convenientemente con materia orgánica, fósforo, o ambos, según los casos.

Se consignan, asimismo, los resultados del análisis mecánico de las muestras estudiadas, así como su procedencia, aspecto general y pH.

Se indica que el valor de los métodos estudiados respecto a la estimación de la fertilidad en tales suelos es digno de tomarse en consideración si los resultados se interpretan correctamente y si sólo se desean apreciar los grandes extremos y no los intermedios.

Se recomiendan como métodos bacterianos adecuados para estimar la fertilidad, el de la nitrificación, utilizando como medio de cultivo el mismo suelo y no soluciones, y los 2 para la fijación de nitrógeno, empleados en el presente trabajo.

TABLA I
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SUELOS ESTUDIADOS

Número de la muestra	Aspecto del terreno	Procedencia	Textura	pH
1	Sin cultivo (vegetación alta)	Tulpetlac, Méx.	Migajón arcillo-arenoso	8.6
2	Sin cultivo (vegetación alta)	Tulpetlac, Méx.	Migajón arenoso	9.3
3	Alfalfa.	Tulpetlac, Méx.	Migajón arenoso.	8.4
4	Barbechado	Tulpetlac, Méx.	Arena.	8.6
5	Sin cultivo	Tulpetlac, Méx.	Migajón arenoso.	9.7
6	Sin cultivo	Tulpetlac, Méx.	Migajón arenoso.	10.1
7	Sin cultivo	Xalostoc, Méx.	Migajón arenoso.	10.2
8	Sin cultivo	Xalostoc, Méx.	Migajón arenoso.	9.8
9	Sin cultivo	Xalostoc, Méx.	Migajón arcillo-arenoso.	10.6
10	Sin cultivo	Xalostoc, Méx.	Arcilla.	10.5
11	Suelos pastables	Tepalcates, Méx.	Arcilla.	10.4
12	Sin cultivo	Pantitlán, D. F.	Migajón acillo-arenoso.	10.6
13	Sin cultivo	Pantitlán, D. F.	Migajón arcilloso.	9.8
14	Suelos pastables	Xicoténcatl, Méx.	Arcilla.	10.5
15	Sin cultivo	Xicoténcatl, Méx.	Migajón arcilloso.	10.5
16	Sin cultivo	Xicoténcatl, Méx.	Arcilla.	10.2
17	Sin cultivo	Los Reyes, Méx.	Arcillo-arenoso.	10.7
18	Sin cultivo	Los Reyes, Méx.	Arcilla.	10.4
19	Sin cultivo	Los Reyes, Méx.	Migajón arenoso.	10.6
20	Maíz	Atlipa, Méx.	Migajón arenoso.	8.0
21	Sin cultivo	Chimalhuacán, Méx.	Migajón arenoso.	10.7
22	Restos de maíz	Chimalhuacán, Méx.	Migajón arenoso.	9.6
23	Sin cultivo	Chimalhuacán, Méx.	Migajón arenoso.	10.7
24	Barbechado	El Rosario, Méx.	Migajón arenoso.	7.25
25	Sin cultivo	El Rosario, Méx.	Arcilla.	10.2
26	Maíz	El Rosario, Méx.	Migajón arenoso.	8.8

27	Maíz	Chapingo, Méx.	Migajón arcilloso.	7.3
28	Maíz y alfalfa	Atenco, Méx.	Migajón arcilloso.	8.4
29	Maíz	Nexquipayac, Méx.	Arcilla.	8.3
30	Maíz	Nexquipayac, Méx.	Arcilla.	8.4
31	Alfalfa	Tequistlán, Méx.	Migajón arcillo-arenoso.	8.6
32	Alfalfa	Ixtapam, Méx.	Migajón arcilloso.	8.7
33	Maíz	Ixtapam, Méx.	Migajón arcillo-arenoso.	8.7

TABLA II

AMONIFICACION.—FORMACION DE AMONIACO EN 100 GRS. DE SUELO, ADICIONADO DE CASEINA, DURANTE 10 DIAS DE INCUBACION A 28°C.

Número de la muestra	NH ₃ -N después de 10 días	Número de la muestra	NH ₃ -N después de 10 días
1	27.032	18	0.840
2	17.696	19	0.280
3	42.294	20	67.832
4	30.016	21	0.118
5	1.792	22	10.850
6	0.896	23	0.700
7	0.224	24	62.832
8	0.672	25	7.000
9	0.336	26	70.120
10	0.224	27	39.620
11	0.112	28	51.632
12	2.380	29	15.140
13	1.896	30	36.680
14	0.112	31	43.344
15	0.280	32	55.790
16	1.120	33	61.530
17	0.896		

Las cifras se refieren a mg. de N-NH₃ por 100 g. de suelo.

TABLA III

NITRIFICACION.—FORMACION DE NITRATOS EN 100 GRS. DE SUELO A PARTIR DE 30 MGS. DE N. COMO (NH₄)₂S₄. INCUBACION 30 DIAS A 28°C.

Número de la muestra	N-NO ₃ en muestra original	Aumento de N-NO ₃ en la muestra tratada e incubada		pH	
		1r. Método (suelo)	2 ° Método (arena)	Inicial	Final
1	3.720	13.480	8.320	8.6	8.5
2	1.628	12.772	9.172	9.3	8.9
3	4.760	9.240	6.484	8.4	8.2
4	1.720	8.680	7.490	8.6	8.5
5	2.700	1.700	0.500	9.7	9.2
6	0.960	0.240	Huellas	10.1	10.0
7	0.180	1.060	Huellas	10.2	9.8
8	1.760	3.100	5.040	9.8	9.7
9	1.704	0.876	1.356	10.6	10.3
10	1.596	0.084	3.354	10.5	10.3
11	2.500	3.740	2.940	10.4	10.3
12	0.765	1.485	0.365	10.6	10.6
13	0.970	1.387	2.028	10.7	10.6
14	2.888	2.632	5.912	10.5	10.5
15	0.850	3.540	3.150	10.5	10.5
16	0.623	2.483	4.187	10.2	10.2
17	2.340	1.580	Huellas	10.7	10.2
18	0.328	0.184	0.576	10.4	10.4
19	0.450	1.550	2.274	10.6	10.6
20	0.150	12.300	19.975	8.0	7.8
21	2.388	2.612	4.012	10.7	10.5
22	0.440	4.360	6.025	9.6	9.6
23	1.204	0.871	1.206	10.7	10.6
24	1.800	18.900	18.650	7.25	7.25
25	0.316	2.464	2.223	10.2	10.1
26	0.240	21.910	24.385	8.8	8.5
27	0.380	9.840	11.220	7.3	7.2
28	1.200	18.100	19.250	8.55	8.25
29	1.720	10.580	27.780	8.3	8.1
30	1.820	8.900	13.880	8.4	8.4
31	1.500	19.000	21.300	8.6	8.25
32	4.750	28.660	38.760	8.7	8.5
33	1.320	28.790	50.830	8.7	8.6

Las cifras se refieren a mg. de N-NO₃ por cada 100 g. de suelo.

TABLA IV

FIJACION DE NITROGENO.— N TOTAL FIJADO EN 100 G. DE SUELO SEGÚN PRUEBAS LLEVADAS A CABO CON EL 1ER. METODO, UTILIZANDO SOLUCION DE MANITOL.

Núm. de la muestra	Control	Muestra incubada 30 días a 28 ° C.	Aumento de N en la muestra incubada 30 días a 28°C.	Crecimiento de Azotobacter
1	120.6	142.8	22.8	Abundante
2	11.2	72.8	61.6	Abundante
3	179.9	214.2	16.3	Abundante
4	90.6	149.8	59.2	Abundante
5	57.0	68.0	11.0	Regular
6	55.5	57.4	1.9	Ligero
7	35.8	39.5	3.7	Ligero
8	42.6	69.4	22.8	Ligero
9	28.4	38.3	9.9	Regular
10	45.8	57.8	12.0	Ligero
11	200.3	214.2	13.9	Ligero
12	129.4	172.8	43.4	Ligero
13	109.8	127.9	18.1	Regular
14	125.6	122.8	...	Ligero
15	126.2	208.0	82.2	Ligero
16	84.6	235.2	150.6	Regular
17	122.8	118.2	...	Ligero
18	101.4	184.0	82.6	Ligero
19	79.0	138.0	59.0	Ligero
20	57.6	299.6	242.0	Abundante
21	87.5	86.9	...	Ligero
22	102.0	314.0	212.0	Abundante
23	89.2	160.4	71.2	Ligero
24	74.2	111.2	37.0	Abundante
25	182.6	252.0	169.4	Regular
26	100.8	424.0	323.2	Abundante
27	100.2	236.0	135.8	Abundante
28	91.0	110.6	19.6	Regular
29	83.1	390.8	307.7	Abundante
30	90.5	381.6	291.1	Abundante
31	115.4	125.8	10.4	Abundante
32	170.0	453.6	283.6	Abundante
33	142.8	446.4	303.6	Abundante

Las cifras anotadas corresponden a miligramos de N por cada 100 g. de suelo.

TABLA V

FIJACION DE NITROGENO. N TOTAL FIJADO EN 100 G. DE SUELO SEGUN PRUEBAS REALIZADAS CON EL SEGUNDO METODO, UTILIZANDO SUELO COMO MEDIO.

Número de la muestra	N total en la muestra original	N total en suelo tratado e incubado 30 días a 28°C.	Aumento de Nitrógeno
1	120.6	121.8	1.2
2	11.2	15.2	4.0
3	197.9	203.0	5.1
4	90.6	100.8	10.2
5	97.0	58.8	1.8
6	55.5	56.7	1.2
7	35.8	39.6	3.8
8	42.6	50.0	7.4
9	28.4	36.4	8.0
10	45.8	46.0	0.2
11	200.3	201.0	0.7
12	129.4	123.2	. . .
13	118.4	119.7	1.3
14	125.6	127.4	1.8
15	126.2	128.8	2.6
16	84.6	87.3	2.7
17	122.8	128.2	5.4
18	101.4	100.8	. . .
19	79.0	81.0	2.0
20	57.6	62.4	4.8
21	87.5	95.2	7.7
22	102.0	107.0	5.0
23	89.2	90.0	0.8
24	74.2	89.6	15.4
25	182.6	186.4	3.8
26	100.8	109.4	8.6
27	100.2	105.4	5.2
28	91.0	103.0	12.6
29	83.1	92.8	9.7
30	90.5	103.7	13.2
31	115.4	128.8	13.4
32	170.0	186.0	16.0
33	142.8	152.0	9.2

Las cifras corresponden a mg. de N por cada 100 g. de suelo.

TABLA VI

ANÁLISIS QUÍMICOS. — ELEMENTOS APROVECHABLES PRESENTES EN EL SUELO DETERMINADOS SEGUN LAS PRUEBAS RÁPIDAS DE PEECH.

Número de la muestra	K Kg/Ha	P Kg/Ha	Ca Kg/Ha	Mg Kg/Ha	Sales saludables por ciento	Materia Orgánica %
----------------------	------------	------------	-------------	-------------	--------------------------------	-----------------------

3	1 250	40	20 000	2 500	0.9	1.25
5	1 250	40	20 000	2 500	2.0	1.68
8	725	80	35 000	2 800	1.2	1.80
10	1 375	80	30 000	3 500	2.1	1.65
12	4 000	100	50 000	3 750	2.8	1.29
13	1 500	40	40 000	3 400	2.7	1.35
15	6 000	80	50 000	2 625	+ 3.0	1.76
16	6 000	50	70 000	4 500	1.9	1.20
18	6 000	45	35 000	2 250	1.2	1.26
19	4 500	100	60 000	1 875	2.2	1.20
20	450	20	4 000	1 500	..	0.67
22	2 000	150	30 000	2 250	0.8	1.24
23	6 000	150	20 000	1 500	2.0	1.22
25	3 500	18	12 000	2 250	2.2	3.00
26	375	10	9 000	2 500	..	1.60
27	400	20	3 500	1 500	..	1.40
29	525	10	4 500	2 000	..	1.40
30	525	10	4 500	2 500	..	1.30
32	800	110	8 000	2 000	0.2	2.24
33	800	50	8 000	2 500	..	2.58

En la columna de sales solubles, los espacios marcados con (..), significan que la cantidad de sales encontradas, es menor de 0.2%.

SUMMARY

Microbial tests (ammonification, nitrification and nitrogen fixation) as an index of fertility in Lake Texcoco soils and some rapid microchemical soil tests are studied in this paper.

The chemical analysis indicated that the non-cultivated soils showed excessive amounts of K, Ca and Mg, whereas P was found deficient in some of the samples.

The concentration of total soluble salts was higher than 1 % in those samples which showed lower results by the bacterial test and high concentrations of Ca, Mg, and K.

Most of the soils were found deficient in organic matter.

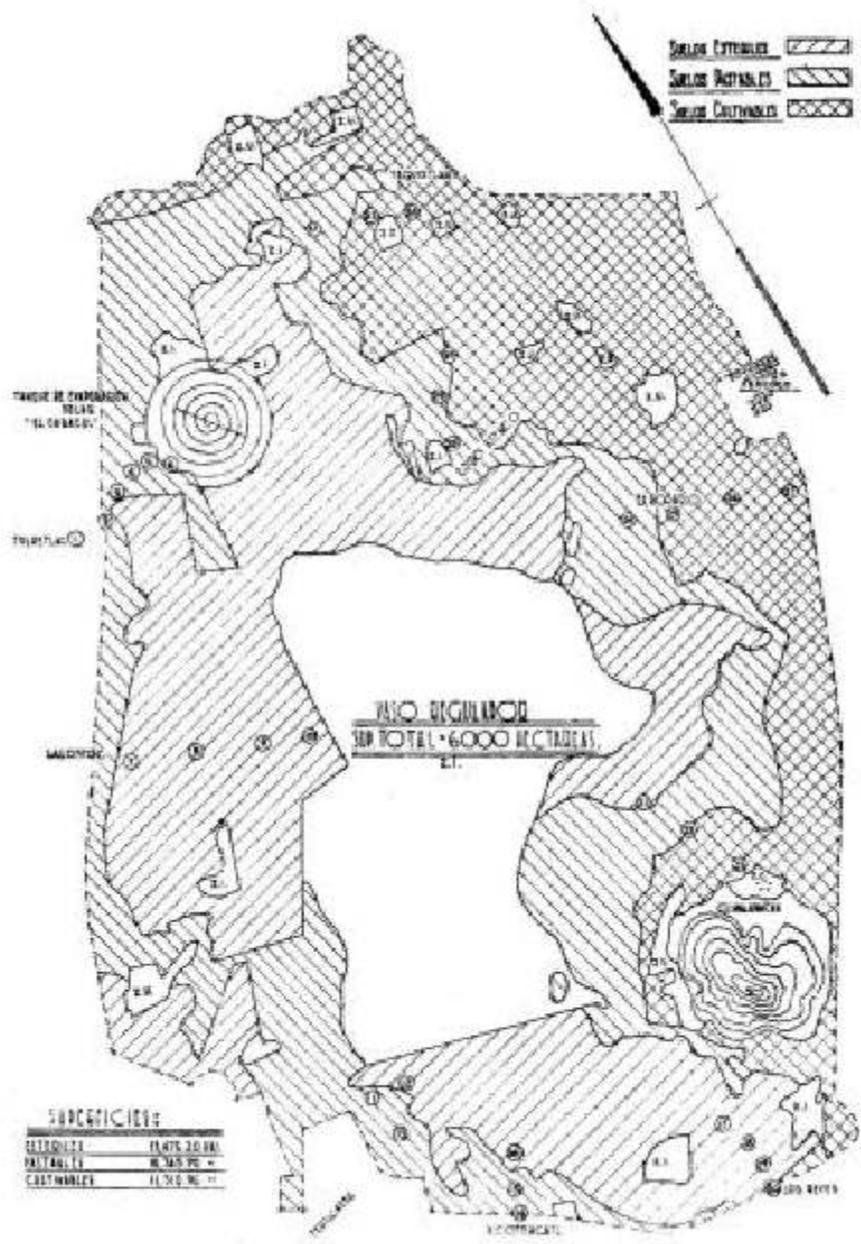
The value of the microbiological methods to estimate soil fertility in these alkaline soils was considered satisfactory.

BIBLIOGRAFIA

- ALLEN, E. R. and H. BONAZZI. 1915. On nitrification. *Ohio Agr. Expt. Sta. Tech. Bull.*, 7.
- ASHBY, S. F. 1904. The comparative nitrifying power of soils. In *Our Chem. Soc.*, (London) 85:1158-1170. Citado por Waksman, S. A.
- BEIJERINCK, M. W. 1921 *Azotobacter chroococcum* as an indicator of the fertility of the soil. In *Akad. Wettenshapp. Amsterdam*, 30:431-438. Citado por Waksman, S. A. and P. D. Karunakar.
- BERGE, T. O. 1941. Determination of nitrate nitrogen with a photoelectric colorimeter. *Soil Sci.*, 52:185-191.

- BOUYUOCOS, G. J. 1928. The hydrometer method for studying Soils., *Soil Sci.*, 25:365-369.
- BROWN, P.E. 1915. Bacterial activities and crop production. *Iowa Agr. Expt. Sta. Res. Bull.*, 25.
- 1916. Relation between certain bacterial activities in soils and their crop-production power. *Jour Agr. Res.*, 5:855-869.
- BURGES, P. A. 1918. Can we predict probable fertility from soil biological data? *Soil Sci.*, 6:449-462.
- CHRISTENSEN, H. R. 1923. Influence of soils conditions on bacterial life and changes in the soil. II. Ability of soil to breakdown mannite. *Soil Sci.*, 15:329-361.
- GAINNEY, P. L. 1917. The significance of nitrification as a factor in soil fertility. *Soil Sci.*, 3:399-416.
- GERSTEL, A. R. 1942. Development in Lake Texcoco. *Chem. News*, 20: 1 300.
- GIVEN, G. C., G. J. KUHLMAN, and C. A. KERN. 1916. Velocity of non-symbiotic nitrogen fixation of soils of the general fertilizer plots. *Pa. Agr. Expt. Sta. Ann. Rpt.*, 1: 405-409.
- GREAVES, J. E. 1914. A study of bacterial activity in virgin and cultivated soils. *Centrbl. Bakt.*, 41:444.
- GUTZEIT, E. 1906. *Centrbl Bakt. Abt.*, 2 (16):358. Cit. por Waksman.
- HEINZE, B. 1910. Bodenbakteriologische Untersuchungen. *Landw. Bd. 39 Ergänzungsbd.*, 3:515-543.
- HARRIS, F. S. 1920. Soil Alkali. John Wiley and Sons. Inc. N.Y.
- KELLERMAN, K. F. and E. R. ALLEN. 1911. Bacteriological studies of the soil of the Truckee Carson irrigation project. *U. S. Dept. Agr. Bur. Plant. Studies Bull.*, 211:1-33.
- KELLEY, W. P. 1916. Nitrification in semi-arid soils. *Jour. Agr. Res.*, 7:417-438.
- LIPMAN, C. B. 1914. The nitrifying power of soils as indices to their fertility. *Cal. Bul.*, 260:107-127.
- and P. S. BURGEES. 1917. Ammonifiability versus nitrifiability as a test for the relative availability of nitrogen fertilizers. *Soil. Sci.*, 3:63-75.
- LIPMAN, J. G. 1905. The measure of soil fertility from the nitrogen stand point. *N. J. Agr. Exp. Sta.*, 25:225-253.
- OROZCO, F. y A. MADINAVEITIA. 1941. Estudio químico de los lagos alcalinos. Origen del carbonato sódico. *Boletín del Instituto de Biología* de 1941, pág. 429.
- OROZCO, F., y A. MADINAVEITIA. 1945. Estudio del yacimiento de salmueras alcalinas del Valle de México. *Bol. del Inst. de Quím.*, (Univ. Nal. de Méx.) 1 (1):6-25.
- PEECH, M. and L. ENGLISH. 1944. Rapid microchemical soil tests. *Soil Sci.*, 57:167-196.
- PEPKOWITZ, L., A. L. PRICE and F. E. BEAR. 1942. A rapid Kjeldahl digestion method using perchloric acid. *Ind. Eng. Chem.*, 14:816.
- PRINCE, A. L. 1945. Determination of total nitrogen, ammonia, nitrates and nitrites in soils. *Soil Sci.*, 59:47-51.
- REMY, TH. 1902. Bodenbakteriologische Studien. *Centrbl. Bakt. Abt.* 2 (8):657-761. Citado por Waksman, S. A.
- SÁNCHEZ MARROQUIN A. y R. TAMAYO. 1946. Azotobacter chroococcum como índice de las deficiencias de K y P en suelos de México. *Ciencia* 6 (10-12):354-363.
- SÁNCHEZ MARROQUIN A. y R. TAMAYO. 1946. Aspergillus niger como índice del contenido de K y P en los suelos. *An. Esc. Nal. C. Biol.* 4 (2-3): 199-212.
- SCHOLLENBERGER, C. J. 1945. Determination of soil organic matter. *Soil Sci.*, 59: 53-56.

- STEVENS, F. L. and W. A. WITHERS. 1909. Studies in Soil Bacteriology. I. Nitrification in Soils and in Solutions. *Centrbl. Bakr.* 23:355-373.
- VILLEGAS, M. 1946. The alkali Nature of the soils of Lake Texcoco and the possibility of reclamation. Thesis. Cornell. Univ., Ithaca, N: Y:
- WAKSMAN, S. A. 1923. Microbiological analysis of soil as an index of soil fertility. IV: Ammonia accumulation (ammonification). *Soil Sci.* 15:49-65.
- WAKSMAN, S.A. 1923. Microbiological analysis of soil as an-index of soil fertility. V: Methods for the study of nitrification. *Soil, Sci.* 15:241-260.
- 1923. Microbiological analysis of soil as an index of soil fertility. VI. Nitrification. *Soil. Sci.* 16:55-67.
- WAKSMAN, S. A. and P. D. KARUNAKAR. 1924. Microbiological analysis of soil as an index of soil fertility. IX. Nitrogen fixation and mannite decomposition. *Soil Sci.* 17:379-393.
- WALKLEY, A. and I. A. BLACK. 1935. Rapid Determination of soil organic matter. *Jour. Agr. Sci.* 25:598.



Lám. I. Distribución de las muestras estudiadas. Zona del ex Lago de Texcoco (Los datos agrológicos están basados en el plano correspondiente elaborado por la Comisión Nacional de Irrigación, Dirección de Agrología, en mayo de 1943). Z.U. = zonas o de los campos de aviación; Z.I. = zonas inundadas.