



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Química

EFFECTO DE LA COMPOSTA EN CULTIVOS HIDROPONICOS

TESIS MANCOMUNADA

Que para obtener el título de:
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

P r e s e n t a n :

Irene Estrada Miranda

Blanca Ramírez Duarte

Jorge Vivaldo Lima



México, D. F.

1983



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

	Pág.
I.- INTRODUCCION	1
II.- OBJETIVOS	6
III.- GENERALIDADES	7
IV.- MATERIALES Y METODOS	51
V.- RESULTADOS	71
VI.- DISCUSION DE LOS RESULTADOS	111
VII.- RESUMEN Y CONCLUSIONES	119
VIII.- BIBLIOGRAFIA	122
IX.- APENDICE	125

I.- INTRODUCCION

El agua y la temperatura son dos de los elementos del clima que impactan más fuertemente a las actividades agrícolas. El potencial productivo de una planta no puede llegar a manifestarse si la disponibilidad de agua es relativamente pequeña, y si su período de crecimiento se ve contreñido por las temperaturas bajas, sobre todo por aquellas que causan heladas.

Como resultado particular de la acción e interacción compleja y dinámica de los factores latitud, orografía, - distribución de las masas terrestres con respecto a las marinas, corrientes marítimas y la circulación atmosférica, el territorio nacional se ve sometido a un clima predomi - nantemente desfavorable para la producción agrícola, lo - cual explica que el 65% de las pérdidas en las cosechas se deba a causas meteorológicas básicamente relacionadas con agua y temperatura. (Tamayo, 1975).

Es conveniente resaltar algunas características especiales del clima en México:

1. La precipitación se presenta en la mayoría del territorio como lluvias torrenciales.
2. La precipitación se concentra en dos períodos del año, siendo la más importante la de verano y la otra la de invierno.
3. El promedio de precipitación en el país es ligeramente superior a los 700 mm anuales, contra 811 mm promedio mundial, sin embargo seis estados reciben cerca del 40% de - las precipitaciones: Veracruz, Tabasco, Chiapas, Campeche, Oaxaca y la sierra de Chihuahua. (Bassols, 1969).
4. Dieciséis estados presentan precipitaciones promedio superiores a 800 mm, que puede considerarse el mínimo apre -

viado para la agricultura, mientras que el resto del país, sobre todo el Norte, Noreste, Centro y Noroeste presentan promedios muy inferiores a los 800 mm, por lo que la agricultura se restringe a la posibilidad de riego o a un temporal con escaso rendimiento.

En resumen, la mayor extensión territorial presenta características de aridez o de semiaridez.

5. De particular importancia resulta el hecho de que en la altiplanicie mexicana el inicio tardío de la temporada de lluvias, reduzca el lapso aprovechable para el cultivo de las plantas, que de por sí ya es limitado por las heladas.

Después del clima el segundo factor limitante para la actividad agrícola lo constituye el suelo, pues como señala Bassels, del total de 36.9 millones de hectáreas aprovechables para la agricultura, 20.7 millones son de buenos suelos, 10.5 de calidad regular y 5.7 de calidad deficiente. Además, 14.4 millones de los suelos de buena calidad se localizan en regiones con lluvia deficiente.

Por otro lado México es uno de los países más montañosos de la Tierra, pues como señala Benassine, de sus 196.7 millones de hectáreas, sólo 71 millones, o sea el 36%, presenta pendientes inferiores a 25%, de donde resulta que el 64% del territorio presenta pendientes que limitan severamente la agricultura.

Por si esto fuera poco, se añade que el fenómeno de erosión, según la Dirección de Conservación del Suelo y Agua, el 64.12% del territorio presentaba desde erosión moderada hasta completa, siendo más notable en los estados de Tlaxcala, México, Puebla, Zacatecas, San Luis Potosí, -

Guanajuato, Nuevo León, Coahuila, Oaxaca y Sonora.

Aunado a lo anterior, existen suelos, en diversas regiones del país, que presentan los problemas siguientes: - salinidad, drenaje deficiente, pedregosidad y hasta cana a rable somera.

Con los datos anteriores no se ha pretendido hacer un análisis detallado de las limitaciones impuestas a la agricultura de nuestro país, sino solamente demostrar que en el territorio nacional se encuentran regiones donde el clima y el suelo hacen de la agricultura una actividad incosteable y peligrosa, a menos que se encuentren alternativas tecnológicas que permitan jugar de una manera menos aleatoria con los recursos del medio ambiente.

Entre las alternativas usadas en otras partes del mundo, destaca la "hidroponia", pues es un sistema de producción agrícola que utiliza de manera más eficiente el recurso agua y menosprecia los limitantes impuestos por el suelo. Paralelamente a lo anterior se plantea que la hidroponia es un sistema cuya utilización racional permitirá indirectamente evitar la erosión y agotamiento de los recursos naturales (agua, suelo, vegetación) en esas regiones marginales.

Thomas Malthus en su ensayo publicado en 1798 sobre el principio del aumento de la población en relación al mejoramiento futuro de la sociedad, dice que la reproducción del hombre sigue una progresión geométrica, mientras que la producción de alimento es de tipo aritmético.

La raza humana se duplicó desde el principio de nues-

tra era al año de 1600, de 250 a 500 millones, y se duplicó de nuevo a 1000 millones para el año de 1850; necesitándose 70 años para que se duplicara otra vez, hacia 1920.

En la actualidad, 60 años después, se acerca a los 7000 millones, y está creciendo más rápidamente que nunca.

Actualmente su índice de crecimiento es de 2.2% anual, siendo que durante el primer milenio de nuestra era, el aumento fué de 2.2% cada siglo.

En México el aumento demográfico es de 3.5%, el más grande del mundo junto con Argelia, Marruecos y Venezuela.

En cambio, en 1965, la disponibilidad de alimento por persona en el mundo hambriento descendió más del 2%. El tercer estudio sobre la alimentación mundial, dirigido por la FAO indicó que el 60% de la población tenía dietas de calidad nutritiva inadecuada y el 20% estaba subalimentada. Sólo 1300 millones de hectáreas son realmente cultivables en la Tierra, o sea el 10% de la superficie del Planeta; y se asegura que el suelo cultivable ha disminuido 3 millones de kilómetros cuadrados desde principios del presente siglo; esto representa el 24% de la superficie de la branza. Por desgracia ésto no es todo, ya que el 25% de los alimentos que el hombre produce para su consumo, es devorado por diversas plagas. (Sánchez del Castillo, 1983).

Tomando en cuenta lo anterior, creemos que el cultivo hidroónico, puede representar una ayuda eficaz para proveer de alimento a una población cada vez más desnutrida.

En este trabajo se efectúa una investigación inicial, a nivel de nequeño invernadero, con el objeto de saber si la adición de materia orgánica en forma de compost, a cul

tivos hidrónicos de dos plantas de hortaliza: lechuga y rábano, tiene el efecto de aumentar el rendimiento de la cosecha de cada una de esas plantas.

II.- OBJETIVOS

- 1.- Observar el efecto de diferentes cantidades de una composta fabricada con basura de ciudad en cultivos hidrónicos de dos plantas de hortalizas: lechuga y rábano; determinando la concentración óptima de la composta en caso de ser positivo su efecto.

- 2.- Investigar si la microflora presente en la composta favorece o perjudica a los cultivos hidrónicos.

- 3.- Determinar si los metales pesados contenidos en esta - composta están en cantidades tales que pudieran interferir con el buen desarrollo de las plantas en estudio.

III.- GENERALIDADES

COMPOSTA

Biológicamente la composta se define como el producto resultante de la degradación inducida de la materia animal o vegetal de desecho.

En el sentido moderno, el composteo, o producción de composta, consiste de una serie de procedimientos; los cuales se mencionan a continuación: recepción, dosificación, separación manual de subproductos, trituración primaria, - separación magnética del material ferroso, digestión, maduración (comprende prefermentación y fermentación), vulverización y venta del producto terminado como acondicionador de suelos.

Los microorganismos que toman parte en el proceso de degradación pueden dividirse en dos grandes grupos: la microflora zimógena, que abarca a todos los microorganismos - saprofiticos y parásitos; cuyo número en calidad y cantidad de especies fluctúa enormemente cuando las condiciones del medio son favorables; y la microflora autóctona que abarca a todos los microorganismos heterótrofos y autótrofos, cuyo papel es fundamental para que queden completados los dos - grandes ciclos biológicos del carbono y nitrógeno.

Estos microorganismos utilizan la materia orgánica presente de origen animal, vegetal o microbiológico como fuente de energía y la degradan a veces rápidamente, como ocurre con los carbohidratos o las proteínas, o bien pueden - ser degradadas lentamente, como pasa con ligninas, fenoles, parafinas, etcétera.

El material en sí, tiene valor como: acondicionador de

suelos, su efecto consiste en favorecer la aereación; aumenta la retención del agua y de los nutrimentos, disminuyendo la lixiviación de éstos últimos.

Una propiedad muy importante de la composta, es la de incorporar al suelo millones de microorganismos, que producen acciones benéficas al suelo y a las plantas.

(Sánchez, M. A., 1974)

HIDROPONIA

Historia.

La hidroponia se desarrolló debido a una serie de investigaciones llevadas a cabo para determinar que sustancias - hacen crecer a las plantas. Los trabajos sobre cultivos de plantas sin suelo se iniciaron desde el año de 1600, sin em bargo se sabe que se hicieron cultivos sin suelo de plantas antes de este tiempo y como ejemplos se pueden citar: los - jardines colgantes de Babilonia, los jardines flotantes de los aztecas en México, los jardines flotantes en China y - los jeroglíficos egipcios de varios cientos de años antes - de Cristo que describen el crecimiento de plantas sin sue - lo. En el año 1600 el belga Jan Van Helmont demostró que - las plantas obtienen sustancias del agua; en 1699 el inglés John Woodward encontró que el crecimiento de las plantas e - ra resultado de ciertas sustancias en el agua derivadas del suelo, aparte de las sustancias que el agua contiene en sí misma; en 1804 de Saussure propuso que las plantas están - constituidas por elementos químicos obtenidos del agua, sue

lo y aire; en 1851 el francés Boussingault verificó lo propuesto por de Saussure; y en 1860 los alemanes Sach y Knop demostraron que las plantas podían crecer en un medio inerte tratado con agua que contenía los minerales requeridos por las plantas. El siguiente punto fué eliminar totalmente el medio inerte y hacer crecer las plantas exclusivamente en el agua con minerales.

Estas investigaciones tempranas sobre la nutrición de plantas demostraron que el crecimiento normal de éstas puede ser efectuado por inmersión de las raíces de la planta en una solución de minerales conteniendo sales de nitrógeno, fósforo, azufre, potasio, calcio y magnesio que ahora se definen como macronutrientes, elementos requeridos en cantidades relativamente mayores.

Con el refinamiento de las técnicas de laboratorio de química, los científicos descubrieron que siete elementos son requeridos por las plantas en cantidades relativamente menores o micronutrientes, los cuales son: hierro, cloro, manganeso, boro, zinc, cobre y molibdeno.

En años posteriores se desarrollaron diversas fórmulas básicas para el estudio de la nutrición de las plantas: como las indicadas en 1882 por Tollens; en 1914 por Tottin-gham; en 1915 por Shive; en 1919 por Hoagland; en 1933 por Trelease; en 1938 por Arnold y en 1946 por Robbins.

El interés en la aplicación práctica de este "nutricul-tivo" no se desarrolló sino hasta aproximadamente 1925, cuando la industria de los invernaderos mostró interés en estos trabajos; de 1925 a 1935 se produjo un trabajo exten-sivo en la modificación de las técnicas de laboratorio de nutricultivos hacia una producción a gran escala; de 1930 a

1939 W. F. Gericke, de la Universidad de California llevó los experimentos del laboratorio en la nutrición de plantas a una escala comercial. Hizo crecer varios tipos de vegetales como el maíz, el haba, la zanahoria, los tomates, los rábanos, diversas frutas y plantas ornamentales en cultivos hidropónicos.

Las aplicaciones hidropónicas de Gericke fueron de utilidad para la alimentación de las tropas americanas durante la segunda guerra mundial. El uso comercial de la hidroponía se expandió en los años cincuentas a varios países como Italia, España, Inglaterra, Alemania, Suecia, Rusia, Israel y Japón. Con el desarrollo de los plásticos, la hidroponía dio un paso hacia adelante, desarrollándose diversos equipos como: válvulas, bombas, tuberías, etcétera. En la actualidad el sistema hidropónico completo puede funcionar en forma automática, reduciendo tanto el capital de inversión como los costos operacionales.

La hidroponía ha llegado a ser una realidad para los invernaderos en todas las áreas climáticas. Existen a través del mundo grandes instalaciones hidropónicas para el crecimiento tanto de flores como de vegetales; largos complejos de invernaderos hidropónicos funcionan en E.U.A., Canadá, en algunas regiones áridas del mundo como Venezuela y el Medio Oriente donde la provisión de agua fresca está limitada, por lo que los complejos hidropónicos, combinados con unidades desalinizadoras, están siendo desarrollados para utilizar agua de mar como una fuente de agua fresca.

Estos complejos están localizados cerca del océano y las plantas son cultivadas en las playas arenosas.

Otros países que cuentan con invernaderos hidropónicos son: Australia, Sudáfrica, Bahamas, Centroáfrica y África del Este, Kuwait, Brasil, Polonia, Singapur, Malasia e Irán.

La hidroponía es una ciencia joven (aproximadamente tiene 40 años de aplicación comercial) y su aplicación puede abarcar áreas dentro o fuera de los campos de cultivo, invernaderos, cultivos altamente especializados en submarinos atómicos, zonas petroleras y plantas atómicas.

Se le considera como una ciencia de la "edad espacial" pero al mismo tiempo puede ser usada en países del tercer mundo para obtener una producción intensiva de alimentos en un área reducida.

Sus limitantes solamente son: agua fresca y nutrientes, en áreas donde se carece de agua fresca la hidroponía puede utilizar agua de mar desalinizada.

Las características de los sitios de cultivo son, en términos generales, las siguientes:

- 1) Deben estar expuestos a la luz solar.
- 2) En áreas planas o en sitios que puedan ser fácilmente nivelados.
- 3) Deben tener un buen drenaje interno con un valor de percolación de 2.5 cm por hora.
- 4) Deben existir instalaciones de gas natural, electricidad, teléfono y además suficiente cantidad de agua para abastecer al cultivo por lo menos con dos litros de agua por planta por día.
- 5) Deben estar situados de tal forma que queden cerca de

los mercados de las ciudades.

- 6) La orientación de los invernaderos debe ser de norte a sur para que se tenga una mayor cantidad de luz solar.
- 7) Se deben evitar las áreas que tengan vientos fuertes.

Huterwall en 1956, dió la siguiente definición de la hidroponia: "Se entiende por cultivo en ausencia de suelo al método que consiste en proveer a las plantas de los nutrientes que requieren para su crecimiento no por medio de su hábitat natural, el suelo, sino por medio de agua y de sales minerales".

Se menciona a continuación la comparación dada por Bentley en 1959 de las ventajas y desventajas de los cultivos hidropónicos en relación con los métodos tradicionales.

Ventajas:

- 1.- Suelo.- Cualquier suelo, por infértil que sea, puede hacerse fértil al traer suelo y materia orgánica de otra parte, aunque esto sería muy costoso. Pero si se dispone del agua necesaria, pueden establecerse cultivos hidropónicos, aún en el caso de que el suelo sea desértico, árido o pantanoso.
- 2.- Agua.- Cuando se emplea vermiculita como agente retentivo de agua se requiere menos agua 20 veces por unidad, que en un sistema de cultivo normal. Frecuentemente, aún cuando el agua sea completamente inadecuada para cultivos en el campo, puede ajustarse y emplearse para cultivos sin suelo. El ajuste del agua para cultivos en el cam-

no es completamente antieconómico, ya que en el suelo el agua se pierde por infiltración, mientras que en cultivos sin suelo puede retenerse.

- 3.- Cultivos.- Los tanques para cultivos en ausencia de suelo, se conservan libres de malas hierbas, roedores, gusanos y aún cuando es posible que los gusanos portadores infecten las plantaciones, son fácilmente eliminados cuando se inundan los campos. No se requieren las labores de fertiliza - ción, deshierbes, etcétera; propias de cultivos de campo.
- 4.- Mecanización.- Los arados, los tractores u otros imple - mentos agrícolas no son necesarios en estos sistemas. El único equipo mecánico que se requiere son las bombas que hacen circular la solución - nutritiva en los tanques.
- 5.- Calidad de las cosechas.- La calidad de las cosechas en el campo es semejante a las de éste sistema, pero en promedio, son superiores a las producidas en el campo.
- 6.- Plantaciones.- La distancia entre plantas es mucho me - nor y consecuentemente es natural la obtención de mayores cosechas por unidad de superficie.
- 7.- Fertilización.- En las instalaciones a gran escala pue - de establecerse un sistema automático para efec - tuar los riegos y la fertilización, lo cual re - ducirá la mano de obra y los costos.

Desventajas:

- 1.- Costo.- El costo de la construcción de los bancales, los agregados empleados y la adquisición de las bombas y demás equipo necesario, es razonablemente alto. Por supuesto, esto puede ser que carezca de importancia, si se compara con el costo de la maquinaria agrícola, como tractores, que se requieren cuando se establece un negocio agrícola ordinario.
- 2.- Control técnico.- Se necesita un mayor control técnico que en el caso de la agricultura ordinaria.

Diferencias entre los cultivos con suelo y los cultivos hidrónicos

1.- Esterilización del medio de crecimiento.

Con suelo: Por calentamiento, fumigación química intensiva, el tiempo requerido es largo, mínimo de 2 a 3 semanas.

Hidrónicos: Calentamiento, fumigación química con algunos sistemas, pueden utilizarse simplemente blanqueadores o ácido clorhídrico, tiempo de esterilización corto.

2.- Nutrición de las plantas.

Con suelo: Altamente variable, de condiciones inestables, dificultad para muestrear, probar y ajustar, seguido hay deficiencias en el crecimiento de las plantas debido al poco control del pH del suelo.

Hidronónicos: completamente controlada, relativamente estable, homogénea para todas las plantas, buen control del pH, fácil muestreo y ajuste de las condiciones nutritivas.

3.- Espacio de las plantas.

Con suelo: Limitado por los nutrientes del suelo y la cantidad de luz.

Hidropónicos: Limitado solamente por la cantidad de luz

4.- Control de la maleza en los cultivos.

Con suelo: Presente regularmente en los cultivos.

Hidronónicos: Ausente en los cultivos.

5.- Enfermedades y habitantes del suelo.

Con suelo: Muchas enfermedades; presencia de nemátodos, insectos que pueden atacar las cosechas; se necesita con frecuencia de las prácticas de rotación de cosechas para disminuir la infestación y las enfermedades.

Hidropónicos: No hay enfermedades ni animales ni insectos en el medio y no se necesita la rotación de cosechas.

6.- Calidad del fruto.

Con suelo: Frecuentemente es de mala calidad debido a deficiencias de calcio, nitrógeno y otros elementos químicos.

Hidronónicos: Generalmente son de buena calidad, ya que hay un mayor control en los nutrimentos químicos para la planta.

7.- Fertilizantes.

Con suelo: se requieren en grandes cantidades en el suelo, distribución no uniforme en las raíces de las plantas y su uso es deficiente.

Hidronónicos: utiliza pequeñas cantidades, uniformemente distribuido en todas las plantas y no hay lixiviación sobre la zona radicular, por lo que su uso es eficiente.

8.- Saneamiento.

Con suelo: restos orgánicos contaminados con microorganismos patógenos usados como fertilizantes en la planta, pueden causar enfermedades al hombre.

Hidronónicos: no hay organismos patógenos al hombre presentes en la planta.

9.- Maduración de la planta.

Hidronónicos: con luz adecuada la planta madura más rápido bajo este sistema que bajo en cultivos en suelo.

10.- Permanencia del medio.

Con suelo: el suelo en un invernadero debe cambiarse regularmente.

Hidronónicos: No necesita cambio del medio y sustrato en cultivos de grava y arena.

(Harris, D., 1980)

La solución nutritiva en el cultivo hidropónico

Toda planta constituye por sí misma un laboratorio químico-biológico. En condiciones naturales sus raíces obtienen del suelo, mediante un proceso de ósmosis, agua y sustancias alimenticias; las raíces segregan ácidos que ayudan a la disolución de los minerales antes existentes en el suelo; también sirven las raíces como depósitos de productos asimilados, especialmente almidones, como en las papas y bulbos. El tallo y las ramas actúan como un sistema interior de transporte de los líquidos, los cuales contienen las sales absorbidas por las raíces.

Los conjuntos fibro-vasculares que obran como pequeños canales conductores, están formados principalmente de celulosa; el xilema facilita el ascenso de las materias alimenticias provenientes de las raíces, mientras que el floema, región entre el cambium y la corteza, transporta sustancias químicas obtenidas del aire y que la planta envía desde las hojas hacia las partes restantes de la planta. La solución circulante en el interior de las plantas es conocida con el nombre de savia. Es en las hojas donde la sustancia alimenticia absorbida por las raíces y convertida en savia, son utilizadas por un proceso llamado de síntesis clorofílica, por medio del cual, mediante la luz solar, el agua y el bióxido de carbono la planta obtiene la energía indispensable para su subsistencia y reproducción.

Tal es, en lo esencial y someramente explicado, el ciclo vital que cumplen las plantas al desarrollarse en las condiciones naturales que les ofrece la tierra. Con el método hidronómico la planta debe encontrar las mismas condiciones ambientales que le ofrece la naturaleza, y si es posible, superarlas, como de hecho así ocurre, con lo cual las reacciones químicas en el interior del tejido vegetal serán efectuadas en forma óptima.

De ahí la importancia de las soluciones nutritivas artificiales, las cuales son esenciales en la hidronomía.

Con el método hidronómico se superan, pues, las condiciones que ofrece el suelo a los vegetales; ya que, en efecto, éste resulta ser un medio complejo que incluye materias minerales más o menos solubles, según el grado de acidez y humedad ambiente, sustancias orgánicas, microorganismos, et cétera; pero de las cuales no todas sirven a la vida vegetal.

Además, estos elementos no están en proporciones adecuadas y esto suele ser inconveniente. Por el contrario, es siempre posible establecer la composición de una solución artificial con un rigorismo tan grande como lo exigen las condiciones ideales de alimentación y desarrollo de las plantas. Estudiado científicamente que es lo que más y mejor conviene a las plantas, fácil ha resultado ofrecerles, prescindiendo de la tierra, la ración alimenticia que en un ambiente hidronómico absorberán con un mínimo de esfuerzo, sin necesidad de que sus raíces se extiendan como lo hacen en el suelo, cuando, agotado el contenido de sustancias alimenti-

cias de un área inmediata, deben esforzarse en penetrar en áreas cada vez más alejadas, todo lo cual implica un gasto de energía que en este caso la planta economiza y que podrá destinar a superar su desarrollo si se le ofrece el hábitat hidronómico. Establecida así la importancia de la solución nutritiva: se tendrá en cuenta que se compone tan solo de agua y de sales minerales.

Sales minerales.

La ciencia de la botánica ha demostrado que de las varias docenas de elementos químicos existentes en la Naturaleza, las plantas utilizan algunos pocos. En efecto, la germinación, desarrollo, floración y fructificación, es decir, la totalidad del ciclo evolutivo de las plantas, exige de la Naturaleza únicamente 14 elementos. Estos son, con sus símbolos, los siguientes: nitrógeno (N), potasio (K), calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg), boro (B), carbono (C) cobre (Cu), hierro (Fe), hidrógeno (H), oxígeno (O), manganeso (Mn), azufre (S) y zinc (Zn); casi todos ellos se encuentran en el suelo en forma de sales minerales y las sales de estos elementos son también utilizadas en la hidronomía para la preparación de las soluciones nutritivas. (Hüterwall, G. O., 1981)

Existe una gran diversidad de fórmulas de soluciones nutritivas, y hacen dudar la posibilidad de encontrar una solución patrón que en las diferentes condiciones climáticas sea efectiva con cualquiera de las plantas cultivadas, y aunque parece posible una esquematización, debe de existir una relación en la composición de las soluciones con el sustrato utilizado y las condiciones climáticas del lugar,

así como con las necesidades específicas de cada una de las plantas, pues esta será la única forma de obtener los mejores resultados en los cultivos deseados.

Control de las soluciones y de su aplicación

Al iniciarse el crecimiento de las plantas, se utilizan soluciones al 0.1%, posteriormente deberán usarse con concentraciones de 0.15 a 0.2% para los cultivos más sensibles a las sales, y de 0.2 a 0.4% para los más resistentes.

Las mismas recomendaciones dan Kiplinger en 1948, Laurie en 1949, Hasek en 1946 y Alexander en 1950. En la práctica, si se utiliza la subirrigación o riego por inundación de las bancadas desde el fondo de éstas, conviene diluir la solución, absorbida por el sustrato, por una cantidad de agua equivalente que se añade en el tanque en forma continua.

Con éste método se evita de forma efectiva una repentina subida en la concentración de las sales, lo cual ocurre con facilidad, pues el consumo de agua por evaporación es relativamente mayor al de las sales.

Según las experiencias efectuadas en Weinhenstevhan, puede prescindirse de un control continuo de las soluciones en las instalaciones de cultivo hidrónico cuando se sustituyen dichas soluciones cada 3 a 4 semanas, por otras nuevas. Esto no es válido para el contenido en hierro, ni para el valor del pH, que debe controlarse semanalmente de ser necesario y ajustarse si es necesario, e incluso se recomienda vigilar regularmente la concentración de sales por si fuera preciso corregirla.

Valor del pH

Es necesario un frecuente control del valor del pH, debido a que con los cambios bruscos en la concentración de iones H^+ , existe la posibilidad de que se produzcan fuertes daños en las plantas. En los pH neutros o ligeramente alcalinos, suele inmovilizarse el fósforo, el hierro y el manganeso; lo cual puede dar motivo a las carencias correspondientes. Para el control del pH se utilizan medidas electrométricas, obteniéndose valores muy exactos; en las producciones hortícolas pueden usarse diversos sistemas colorimétricos con resultados bastante aceptables; se puede citar aquí, entre otros, el papel indicador especial de Merck y el papel Lyphan de Kloz.

El pH debe estar comprendido entre 5.5 y 5.7 como el más adecuado, y como es frecuente que se eleve ligeramente el valor del pH a lo largo del cultivo, se deberá aplicar un ajuste las veces que sea necesario, pudiendo utilizarse el ácido sulfúrico por ser el más efectivo desde el punto de vista económico. Para corregir el pH puede utilizarse también el ácido nítrico o el fosfórico, aunque esto puede motivar un cambio importante en el contenido de macroelementos de la solución, lo cual presenta una desventaja.

Para soluciones muy ácidas pueden usarse: hidróxido de potasio, hidróxido de sodio o hidróxido de calcio para neutralizar el ácido en exceso.

Concentración de las soluciones

Como han demostrado numerosos ensayos de nutrición, la

sensibilidad de las plantas hortícolas más importantes es muy variable con relación a las diferentes sales. Pennin - feld diferenció las plantas ornamentales en 3 grupos: uno - muy sensible a las sales, otro tolerante, y por último, o - tro relativamente resistente y con elevadas exigencias nu - tritivas. Esta clasificación puede ser empleada también pa - ra las hortalizas, en la cual las lechugas y pepinos perte - necerían al primer grupo, mientras que tomates y colirrába - nos se situarían entre los más resistentes a la salinidad. (Pennin - feld y Forchthammer, 1957).

Como en el cultivo hidrónico no existe el poder amor - tiguador de los suelos naturales, debe de adaptarse la con - centración de la solución al estado de desarrollo y a las - necesidades de cada una de las especies vegetales. Según - las experiencias americanas, deben también acoplarse a la - estación del año y a las condiciones climatológicas; así, - pues, en invierno las concentraciones podrían ser mayores - que en verano. Ellis y Swaney recomiendan para la época - del año más pobre en luz y fría, una concentración de las - soluciones del 0.15-0.20%, y para los meses de verano del - 0.05-0.10%. Meir-Schwarz elevan la concentración de las so - luciones aún más, es decir, en el valor de 0.12% en verano hasta 0.5% en invierno.

Otros elementos

Aún no está clarado si es posible mejorar en general - los resultados en un cultivo hidrónico por medio de la a - dición de soluciones de vitaminas, sustancias de crecimien -

to u otras combinaciones orgánicas. Ya que en la bibliografía se han encontrado muy pocos datos, y estos no son concluyentes. Shive hace referencia a la posibilidad de forzar el crecimiento vegetativo por medio de aportes de vitamina B; Brusa y Haas indican que por medio de la adición de 0.01 a 0.02 gramos de vitamina B₆, o bien 0.02 gramos de vitamina B₁₂ por planta, se mejora sensiblemente el crecimiento de los cítricos en el cultivo en arena. Semejantes aplicaciones pueden favorecer o al menos facilitar el relativamente difícil cultivo de algunas orquideas.

Plaguicidas

Recientes ensayos han demostrado que la adición de plaguicidas en las soluciones nutritivas suelen tener efectos positivos en la protección de las plantas.

Según las experiencias holandesas, se puede mantener durante 3 meses libre de araña roja y pulgones un cultivo de claveles por medio de la adición en la solución de 40 ml de Cystox por metro cúbico de ésta.

Esta forma de protección vegetal exige menos trabajo en su aplicación y es muy efectiva. No obstante, mientras no existan productos sistémicos inofensivos para el hombre, deberá permanecer el uso de este sistema, sólo aplicable, en las plantas no comestibles, y aún así, proceder con todas las precauciones posibles.

(Penninfield, E., 1976)

Los catorce elementos de la química hidrónica simples

En los cultivos de plantas con soluciones químicas nutritivas intervienen catorce elementos químicos. Es posible que al analizar e investigar los componentes que integran la composición de una planta en su totalidad (raíces, tallo, hojas, flores y frutos) se constata la presencia de otros elementos, pero es dudoso que estos desempeñen algún papel en la vida vegetal. Circunstancialmente pueden encontrarse en el suelo juntamente con aquellos que son esenciales a la planta y ser incorporados a la planta por las corrientes de absorción de las raíces. No se conoce aún en su totalidad la función que desempeñan cada uno de los catorce elementos útiles. Es un estudio que científicamente no ha sido agotado y que es motivo de gran interés para los investigadores.

Pero sí se conocen muchas de las funciones más importantes y ese conocimiento constituye la base para la práctica de la hidroponía. De los catorce elementos indispensables, trece se incluyen en las fórmulas de las soluciones nutritivas; el décimo cuarto (carbono), procede del bióxido carbónico del aire, que es respirado por ciertas partes celulares de las hojas.

A continuación se explica el papel de cada uno.

NITROGENO (factor de composición)

El nitrógeno entra en la composición de la clorofila y el protoplasma vegetal, y resulta ser uno de los constituyentes de las proteínas y aminoras. Las proteínas a su vez, forman parte del protoplasma.

El nitrógeno es también muy importante porque a él le está asignado principalmente el rol de crecimiento y de formación del follaje, frenando asimismo los procesos de maduración para dar tiempo a que la planta se fortalezca creciendo. Sin embargo, un exceso de nitrógeno produce en abundancia órganos débiles que por su tamaño anormal no han tenido tiempo de fortalecerse. Sin embargo, el déficit de nitrógeno origina hojas amarillentas e imperfectas.

POTASIO (factor de crecimiento)

Se sabe que los hidratos de carbono, de capital importancia en el metabolismo de la planta, solo pueden formarse con la presencia de suficiente cantidad de potasio.

Cuando en la solución nutritiva existe déficit de potasio, la planta no puede elaborar el almidón y, aunque se le proporcione algún hidrato de carbono, no se forman las proteínas correspondientes. Cuando las plantas se desarrollan con un nivel bajo de potasio producen mucho menos materia seca. Normalmente se encuentra gran concentración de potasio en los brotes de crecimiento y, el déficit de este elemento vuelve precaria la división de las células.

Sin embargo, en estos casos, el crecimiento prosigue; haciéndose a expensas del alargamiento de las células, de lo que resultan ramas débiles. El potasio puede ser sustituido eventualmente por el sodio. La eficiencia de éste último es menor que la del potasio en la formación del aceite vegetal y de algunas proteínas.

FOSFORO (factor de reproducción)

Se ha comprobado que el fósforo emigra siempre de las partes viejas de la planta hacia los brotes de crecimiento y las semillas en formación. Es un importante constituyente de las nucleoproteínas y a su vez participa en la división celular y en el crecimiento. El déficit de fósforo da lugar a que se acumulen grasas en las células; también dificulta la hidrólisis de los almidones en hidratos de carbono solubles en agua, y da lugar a espesamientos en los tabiques de separación de las células, dificultando el crecimiento.

El fósforo se localiza preferentemente en el núcleo de las células, especialmente en los frutos y semillas.

CALCIO (factor de neutralización)

Existe una relación bien definida entre la cantidad de calcio y la cantidad de nitrógeno que necesita una planta.

Cuando ésta consume gran cantidad de nitrógeno, forma también gran cantidad de proteínas, lo cual entraña mayor producción de ácido oxálico y otros ácidos que a su vez requieren mayor cantidad de calcio para neutralizar el exceso de acidez. Además, en ausencia de calcio se produce elevada acumulación de almidón, dando lugar a que las paredes celulares se formen de manera imperfecta. El calcio evita la toxicidad por exceso de sodio y de magnesio.

MAGNESIO (factor clorofílico)

Es uno de los principales constituyentes de la clorofila, cuya importancia es capital en la vida vegetal. El déficit de magnesio dificulta la formación del pigmento clorofílico. En este caso las hojas aparecen pálidas, aunque se reserva el nombre de clorosis para señalar el tinte amarillento

to propio de hojas marchitadas prematuramente.

El magnesio actúa como vehículo del fósforo; por esta causa abunda, como el primero, particularmente en los brotes. Contribuye a la formación de aceites vegetales, abundando en las semillas y en las hojas más que en el resto de la planta.

AZUFRE (factor de asociación)

El azufre se encuentra distribuido casi uniformemente en la totalidad de la planta. Es esencial para la formación de las proteínas; su déficit reduce fundamentalmente el crecimiento, aunque aumenta el desarrollo de las raíces.

Si bien es cierto que no integra directamente la clorofila, su ausencia impide la formación de la misma, es decir, que actúa por acción de presencia o catalítica. Aunque no se ha podido comprobar estrictamente la relación directa que pueda existir entre el azufre y el nitrógeno, resulta siempre evidente que los sulfatos aumentan el contenido de nitrógeno de las plantas.

HIERRO (factor catalítico)

Como factor de crecimiento, el hierro es insustituible.

Sin hierro las plantas no crecen. No obstante las pequeñas proporciones que éstas absorben, el hierro se distribuye uniformemente en raíces, tallos, hojas, frutos y flores, con la particularidad de que no todo él se encuentra al estado soluble. Sin hierro tampoco hay clorofila, pero lo curioso es que ésta no lo contiene, como en el caso del azufre. Cabe pues admitir que este metal actúa también por acción de presencia, como importante elemento catalítico en

el proceso de la formación clorofílica.

Las plantas que disponen de suficiente hierro y son privadas de él, repentinamente muestran clorosis solo en las hojas nuevas y presentan un marcado contraste entre el follaje nuevo y el antiguo, lo que indicaría que el hierro se encuentra fijo sin poder movilizarse de un sitio a otro en el interior de la planta. Las hojas privadas de hierro comienzan a marchitarse por el extremo, en lugar de hacerlo por la base, como las que carecen de nitrógeno, potasio o fósforo.

MANGANESO (factor de resistencia)

El manganeso está distribuido en toda la planta. Muy a menudo las semillas acumulan suficiente cantidad de este elemento como para abastecerse durante el periodo de germinación. Cuando las plantas están privadas de manganeso, no producen clorofila ni semillas. Es un elemento de resistencia contra las enfermedades más comunes que afectan a los vegetales.

BORO (factor fijador de nitrógeno)

Es indispensable para el crecimiento vegetal, pero debe emplearse en cantidades ínfimas para que no resulte tóxico. Las leguminosas necesitan mayor cantidad de boro que otras plantas porque este elemento parece ayudar al proceso de fijación de nitrógeno y es insustituible durante toda la vida de la planta. El déficit de boro motiva que las células de los brotes en crecimiento dejen de dividirse y que las hojas jóvenes mueran desde su implantación.

ZINC (factor catalítico)

No se conoce bien su función, pero se admite que contribuye al proceso de fijación de nitrógeno. Cuando está en déficit, las plantas crecen con algunas deficiencias. Parece ser un elemento que actúa por acción de presencia a la manera del hierro, acelerando las diversas reacciones biológicas. En niveles ligeramente superiores al óptimo, puede ser tóxico para las plantas.

COBRE (factor catalítico)

Pueden hacerse extensivas a éste elemento las consideraciones referidas al zinc, con el agregado de que sirve como vehículo para el oxígeno, contribuyendo a acelerar la respiración de la planta.

CARBONO, HIDROGENO y OXIGENO

El carbono, el hidrógeno y el oxígeno entran en la composición de todos los elementos orgánicos de las plantas y en esta condición forman aproximadamente el 95% de su materia seca. Ya se ha dicho que el carbono procede del anhídrido carbónico del aire, siendo absorbido por las hojas; el hidrógeno y el oxígeno proceden en su mayor parte del agua, pero también el segundo es obtenido en cierta proporción del aire atmosférico.

(Huterwall, G. O., 1981)

SINTOMAS DE LAS PLANTAS QUE PERMITEN RECONOCER LOS EXCESOS Y DEFICIENCIAS NUTRITIVOS DE LA SOLUCION

Es muy importante aprender a reconocer las deficiencias y excesos de la solución nutritiva en uso. Una cuidadosa observación permitirá apreciar, por la apariencia de las plantas, cuales elementos deben disminuirse y cuales deben aumentarse.

Este será el resultado de la experiencia en base a la adquirida ya por las personas que se dedican a la hidronomía. En el cultivo con soluciones nutritivas se observan los mismos síntomas que con los cultivos efectuados en suelo, cuando ellos son originados por el exceso o ausencia de los elementos químicos; pero la diferencia fundamental es que en el cultivo en soluciones hidropónicas se pueden utilizar medidas correctivas que obran sobre las plantas mucho más rápidamente que en los cultivos en suelo, de tal modo que, por ejemplo, cuando varían súbitamente las condiciones del tiempo, se puede reajustar la solución casi instantáneamente, mientras que en el cultivo en el suelo el proceso es mucho más costoso y puede requerir de varias semanas. De ahí la importancia de los datos que a continuación se presentan.

Efectos producidos por las deficiencias de elementos químicos:

deficiencia de nitrógeno.

1. Mal desarrollo. Plantas de menor altura. Hojas nequeñas y raquíticas.
2. Las hojas se vuelven de color verde amarillento y más tarde completamente amarillas.

3. Las nervaduras toman con frecuencia un color púrpura.
4. Las flores son más pequeñas de lo normal.
5. Las raíces con frecuencia se desarrollan más que la parte aérea.
6. La deficiencia se manifiesta primeramente en las hojas inferiores.

deficiencia de fósforo.

1. En las hojas se pueden apreciar dos periodos debidos a la falta de este elemento: a) primer periodo; las hojas se amarillean en los márgenes, b) periodo avanzado; muerte y caída gradual de las hojas de la parte inferior de la planta.
2. Desarrollo imperfecto de la planta.
3. Sistema radicular deficiente en tamaño y desarrollo.

deficiencia de potasio.

1. En la planta se presenta amarillez de los márgenes en las hojas durante el primer periodo, seguida de color castaño y la muerte de esas zonas amarillas. Esto dá la apariencia de una planta chamuscada.
2. Más tarde aparecen manchas en las nervaduras.
3. Las plantas son más susceptibles a los insectos y enfermedades.
4. La deficiencia se presenta en las hojas inferiores.

deficiencia de hierro.

1. Se presenta una clorosis o amarillez del follaje.
2. Aparece primero en la parte superior de la planta.
3. Retraso del crecimiento.
4. En las últimas fases las hojas cloróticas se queman intensamente. Esto empieza en la punta y los márgenes, y

se extiende hacia el centro de la hoja.

deficiencia de magnesio.

1. Se observa una clorosis, las nervaduras permanecen verdes, en tanto que las áreas inmediatas se vuelven amarillas.
2. Las hojas se arrugan.
3. Esta deficiencia se manifiesta primero en las hojas de la parte inferior de la planta.
4. Hojas pequeñas. El pecíolo de las hojas es más corto.
5. En las últimas fases aparecen porciones necróticas entre las nervaduras de las hojas. La aparición de estas necrosis es casi repentina (dentro de un periodo de 24 horas)
6. La floración se retrasa. Las flores tienen un color anormal.

deficiencia de calcio.

1. Las raíces alimenticias se necrosan en gran proporción.
2. El extremo de la planta y los extremos de las hojas superiores mueren.

deficiencia de manganeso.

1. Hay presencia de clorosis. Se observa un color verde amarillento entre las nervaduras, siendo el resto de color verde oscuro. Esta deficiencia se distingue de la del magnesio en que la clorosis aparece primero en la parte superior de la planta, mientras que en la falta de magnesio aparece primero en las hojas inferiores.
2. Se producen plantas raquíticas.
3. Las hojas tienden a abarquillarse en los márgenes, volteándose hacia el envés.

deficiencia de azufre.

1. La deficiencia se manifiesta primero en la parte superior de la planta.
2. Clorosis, que difiere de los otros tipos en que las nervaduras toman un color amarillo, mientras que el resto de las hojas permanece verde.
3. La planta crece a menor altura.
4. En la base de las hojas aparecen manchas purpúreas, de tejido muerto.

Para corregir las deficiencias no es necesario emplear gran número de sales, son suficientes cuatro, y estas son: el nitrato de calcio, nitrato de potasio, fosfato monocálcico y el sulfato de magnesio. Estas cuatro sales suministran el nitrógeno, el potasio, el fósforo y el magnesio; además del calcio y azufre requeridos.

(Ellis, C., 1963)

CULTIVO EN SOTORTES INERTES (Agregados)

Características generales.- De acuerdo con Harris y Schwarz (1975), este sistema de cultivo hidrónico comprende todos aquellos métodos en los que las plantas crecen en un sustrato con propiedades de retención de humedad (arena, vermiculita, perlita, aserrín, etcétera).

Cabe aclarar que el nombre de cultivo en agregado es convencional y que sólo tiene por objeto simplificar el estudio de los métodos hidrónicos que utilizan sustratos absorbentes.

El cultivo en agregado es el sistema más simple de cultivo hidrónico. Las raíces se desarrollan y crecen en un medio inerte, generalmente con partículas de tamaño pequeño y capacidad de retención de humedad.

El sustrato en el que las raíces crecen debe ser lo suficientemente fino para mantener un adecuado nivel de humedad; pero a la vez no tan fino que interfiera con una eficiente aereación. La circulación del aire tiene lugar a través de las partículas del agregado en forma semejante al suelo.

Problemas técnicos.

Generalmente los problemas técnicos relativos al cultivo en agregado son más fáciles de resolver que aquellos relativos al cultivo en solución o al cultivo en grava. Las características físicas difieren notablemente del cultivo en solución, teniendo cierta similitud a las de cultivo en grava.

A continuación se discuten brevemente los principales problemas técnicos del cultivo en agregado.

Características nutricionales.

Acidez de la solución.— Bajo condiciones experimentales y en la práctica comercial se ha observado un crecimiento adecuado de las plantas en agregado (principalmente arena) irrigados con soluciones que oscilan desde fuertemente ácidas hasta ligeramente alcalinas. Sin embargo, la mejor producción para la mayoría de los cultivos, se sitúa bajo condiciones de pH que van desde mediana hasta ligeramente ácidas. Si el agregado no es exageradamente ácido o alcali-

no y si la solución esta bien balanceada la acidez permanecerá dentro de los límites correctos durante un periodo de tiempo relativamente largo. En cualquier caso el pH se puede ajustar añadiendo a una solución alcalina, ácido sulfúrico diluido ó ácido fosfórico. Si se dá el caso de tener una solución muy ácida se puede corregir añadiendo un poco de hidróxido de potasio o una sustancia con propiedades similares.

Nivel de fosfatos.- Las plantas que crecen en arena y posiblemente en verlita toleran altos niveles de fosfato en la solución nutritiva, en comparación a los sistemas de cultivo en agua y grava. Esto se debe a que en la arena el exceso de fosfato se precipita en forma de compuestos insolubles. Sin embargo, no hay ninguna razón para mantener un nivel mayor a los 5 milimoles. Es posible tratar a la arena con una solución concentrada de fosfatos antes de plantar y luego omitir aplicaciones subsecuentes de este radical durante una buena parte o la totalidad del ciclo de vida del cultivo.

Nivel de hierro.- Generalmente el mantener un abastecimiento correcto de este elemento en este sistema de cultivo no ofrece ningún problema. La adición de una a cinco partes por millón a la solución nutritiva parece ser suficiente. Ellis y Swaney (1963) mencionan que se puede añadir hierro en forma de magnetita a la arena antes de sembrar las plantas (del 1 al 10% del volumen de magnetita).

Características físicas.- Los problemas relativos a las características físicas comprenden principalmente: tipo

de agregado, aereación, drenaje, aplicación de la solución, lavados y lluvia.

Tipo de agregado.— Los sustratos que más comunmente se usan en el cultivo en agregado son: arena, perlita, vermiculita y aserrín.

ARENA

Es éste un material muy variable en tamaño, forma, composición y color; se considera como arena todo material inorgánico natural de cierta composición química cuyo diámetro quede comprendido entre 0.2 y 2.5 mm. Las partículas pueden ser redondas o anguladas. La arena que se usa en hidroponía no debe contener sustancias tóxicas para las plantas. Una manera rápida de comprobar esto, consiste en hacer germinar unas cuantas semillas en una pequeña muestra de la arena húmeda con agua; si las plántulas se ven saludables la arena es adecuada. Se deben evitar también las arenas contaminadas con materia orgánica o fango, ya que esto favorece la incidencia de enfermedades.

La mejor arena a utilizar es quizá la de río, aunque se pueden emplear con éxito otro tipo de arenas. Existen sin embargo, arenas con alto contenido de cal (más de 20%), situación que presenta la desventaja de fijar el fósforo y elevar el pH de la solución nutritiva afectando el desarrollo de las plantas.

Una prueba simple para determinar si una arena posee ó no material calcáreo consiste en colocar una cucharada de arena en un vaso y añadir un volumen suficiente de ácido clor

hídrico 0.1N como para cubrirla. Si cuando se añade el ácido se produce una efervescencia, la arena tendrá material calizo, y entre más violenta es la reacción más calcárea es la arena; si no hay reacción la arena no tiene material calcáreo alguno.

Si no se cuenta más que con arena caliza y si el material calcáreo no excede del 50%, la arena puede ser utilizada después de aplicar el siguiente tratamiento: se lava la arena con una solución concentrada de superfosfato (aproximadamente 200 ppm de fósforo) durante 24 horas con el objeto de inactivar la caliza para evitar que reaccione con la solución nutritiva durante algunos meses. Después de las 24 horas se llena una jarra hasta la mitad con muestra de la arena y se añade agua destilada hasta llenar la jarra: se deja así varias horas y luego se toma el pH del agua. Si el valor del pH es de 7 o menos, no hay necesidad de otro lavado, pero si es alcalino, es necesario aplicar superfosfato nuevamente. Este procedimiento se repite hasta lograr que la arena quede ligeramente ácida.

El diámetro óptimo de las partículas de arena para la hidroponia depende de varios factores como: el clima, método de cultivo, etcétera; pero en general está entre 0.5 y 2.5 mm, ya que una arena más fina interfiere con la aereación y drenaje adecuados y más gruesa pasaría a la categoría de cultivo en grava.

MEZCLAS.— Se pueden también utilizar como sustrato una mezcla de agregados (vermiculita con arena, perlita con vermiculita, etcétera).

AEREACION.- Para la arena, la perlita y el aserrín - la aereación depende del tamaño de sus partículas y la frecuencia de irrigación; partículas muy finas o riegos muy - frecuentes conducen a una pobre aereación. La vermiculita i nicialmente proporciona excelente aereación debido al aire almacenado entre sus estructuras laminares, pero posteriormente se comporta como la arena.

DRENAJE.- El drenaje está estrechamente relacionado - con la aereación, si el drenaje no es adecuado la aereación de las raíces es pobre. Para permitir un drenaje eficiente se debe proveer a las tinajas o macetas de perforaciones o sa lidas del tamaño adecuado.

APLICACION DE LA SOLUCION.- La experiencia práctica es el mejor juez para determinar la periodicidad de aplicación de la solución nutritiva. El tamaño y la clase de planta y las condiciones climáticas son los principales factores involucrados. Las plantas grandes requieren, por lo general, menos nutrientes que las pequeñas; un tiempo frío y nublado reduce el consumo de agua y nutrientes. También se debe tener en cuenta el tipo y la concentración de la solución; soluciones con bajos niveles de nitratos se deben aplicar - mas seguido que las que tienen niveles altos; las solucio - nes diluidas deben aplicarse más frecuentemente que las con centradas, etcétera.

LAVADO.- La idea de lavar periódicamente el agregado - es la de proveer el agua necesaria para prevenir la excesi-

va acumulación de sales en el mismo y en la base del tallo de las plantas. Se ha sugerido que el agregado sea lavado con abundante agua una vez a la semana o al menos cada quince días; sin embargo, esta práctica conduce a un injustificado desperdicio de agua, nutrientes y labor. El análisis regular del agregado mediante técnicas comunes de análisis de suelo es el mejor sistema de checar la acumulación de sales.

LLUVIA.- Cuando se cultiva a cielo abierto, se debe proporcionar un drenaje rápido a las tinas. En el caso de lluvia continua se pueden fertilizar las plantas haciendo una mezcla de los fertilizantes en seco y esparciéndola uniformemente en el agregado. La vermiculita y el aserrín no son muy recomendables en regiones lluviosas, cuando se trabaja a cielo abierto, ya que sus propiedades de alta absorbencia dificultan el drenaje y la adecuada aereación de las raíces

OPERACIONES GENERALES.- Una de las razones por las que el cultivo en agregado se recomienda a las personas que se inician en el sistema hidropónico de producción, es que la mayoría de las operaciones que se realizan son similares a las ejecutadas en un sistema de cultivo en suelo. Como muchas operaciones ya se han mencionado al discutir los diferentes métodos de cultivo, sólo se hará referencia a las operaciones de siembra y transplante.

SIEMBRA.- Las semillas se siembran en el agregado tal como en el suelo. Dado que no hay competencia por nutrien-

tes en las raíces, las plantas deseadas se pueden sembrar, hablando en términos generales, a un 20% más cerca que bajo el cultivo en suelo y la profundidad es la misma o quizá ligeramente mayor que en el suelo. Se considera que la arena, perlita, vermiculita y aserrín son ideales como enraizadores y para semilleros debido a un mejor control de la humedad y de la nutrición. El "damping-off" y otras enfermedades fungosas de las plántulas casi no se presentan porque la superficie del agregado puede mantenerse seca.

Generalmente las semillas son forzadas a germinar con agua, aunque la mayoría de las especies germinan igualmente con solución nutritiva.

TRANSPLANTE.- Las plantas transplantadas de un agregado a otro de su misma clase son tan mucho mejor el transplante que de suelo a suelo; esto se debe principalmente a que lo suelto del agregado permite que se pueda transferir una mayor cantidad de raíces y pelos radiculares por planta. No es muy recomendable la práctica de transplantar del suelo al agregado debido a que éste último se puede infectar; pero el transplante de agregado a suelo es perfectamente factible.

EVALUACION DEL CULTIVO EN AGREGADO EN RELACION A OTRAS CATEGORIAS DE CULTIVO HIDROPONICO

Ventajas.-

Es el sistema que menos conocimiento técnico y experiencia previa requiere para poder ser practicado con éxito; si se siguen correctamente unas cuantas instrucciones

la mayoría de las plantas responden bien. Los resultados son iguales en promedio a los obtenidos con otros sistemas de cultivo hidropónico. El cultivo en agregado se sugiere como base para ganar experiencia antes de intentar abordar otros sistemas hidropónicos.

Gran ahorro en la inversión inicial: aunque hay métodos de cultivo en agregado cuyos costos de instalación son elevados, en general es el sistema hidropónico más barato, ya que requiere equipo menos caro y menos instalaciones.

La arena es uno de los sustratos más fáciles de conseguir. La absorción de los agregados permite métodos de riego a base de capilaridad.

Desventajas.-

En regiones lluviosas hay tendencia al anegamiento cuando se trabaja al aire libre debido a la absorbencia de los agregados: no obstante, si el drenaje es eficiente y se controla adecuadamente el suministro de la solución el problema no es muy serio.

En aquellos métodos en que no se recircula la solución hay un mayor gasto de sales y agua.

Algunos métodos requieren de más mano de obra que para otras categorías de cultivo hidropónico.

No existe un control tan estricto de los elementos nutritivos debido a que ocurre una paulatina acumulación de los mismos en el agregado.

La vermiculita y la perlita se van desintegrando con el tiempo, lo que va en detrimento de una aereación eficiente. Para evitar esta situación se debe cambiar el agregado periódicamente dependiendo de la condición en que se encuentre. (Sánchez del Castillo, 1983).

LECHUGA (Lactuca sp.)

Para cosechar mejores lechugas, no hay nada como un suelo suave, blando, bien triturado y fértil, que además tenga buena circulación de agua y suficiente abono.

Aunque hay muchas variedades de este vegetal, en México se cultivan principalmente tres; la lechuga orejona, que es la más conocida y popular, resistente al calor, crece de 25 a 30 cm. y es bastante pesada, sus hojas son largas y gruesas, las de afuera son verdes y las de adentro blanco amarillentas. Otra variedad conocida es la romanita, lechuga revollada, ya que sus hojas forman una col apretada. El otro tipo de lechuga que ya se consume mucho es la francesa, de hojas más oscuras que la romanita, más suaves y redondeadas en los bordes, la bola o cabeza que se forma en el centro tiene las hojas de color mantequilla, ésta lechuga es la más tierna, de sabor suave y tarda menos en cosecharse. Para que se desarrolle bien, es mejor no sembrar ésta planta a menos de 900 m sobre el nivel del mar.

Entre una y otras variedades, la lechuga puede sembrarse todo el año según la región; aunque hay que protegerlas un poco del clima extremo. La semilla de la lechuga es chica, un poco alargada y tarda en germinar de 4 a 10 días, según la variedad. Se necesitan dos meses y medio para cosechar la lechuga francesa; de tres a tres meses y medio para cosechar la romanita y un poco más de tiempo para la lechuga orejona.

Siembra en almácigo.-

La mejor forma de cultivar la lechuga es haciendo la -

siembra en almácigo o semillero, donde las plántulas se cuidan mejor y se emplea menos agua, a veces se cubren con techos de paja, varas, ramas, cartones o plástico para protegerlas del clima extremoso. Las plantas que se van a utilizar en una hectárea se preparan en 60 metros cuadrados de almácigo. Los almácigos a cielo abierto o cubiertos se pueden preparar poniendo la tierra en cajones.

En el exterior el almácigo se hace en forma de camellón, sobre el terreno, o en una zanja, según lo que más convenga. La tierra del almácigo o semillero debe estar suelta, desmenuzada y revuelta con estiércol podrido y con arena de río en partes iguales.

Sobre la tierra nivelada y húmeda se rocía la semilla al voleo, cuidando que quede bien repartida; las semillas se cubren con una capa delgada de la misma tierra bien cerneada, se riega luego con aspersion fina para evitar descubrir la semilla. Se puede cubrir el almácigo o semillero echándole encima paja un poco picada para que se conserve la humedad y la semilla germine en menor tiempo.

El trasplante a la tierra de cultivo se hace cuando la planta joven haya crecido y tenga de 4 a 5 hojas: para esto se ponen en surcos que estén a 60 ó 70 cm. de distancia entre uno y otro, según la variedad de la lechuga: se plantan en hilera doble dejando un espacio de 25 a 40 cm. entre cada una. Los surcos se preparan con la tierra bien regada y con los agujeros para cada planta hechos con una estaca.

Al trasplantarlas se toman con los dedos y se sacan de la tierra utilizando un trasplantador, para no lastimar las raíces; para evitar que las plantas se maltraten al sacarlas, debe hacerse un previo aclareo dejando las plantas más

fuertes y vigorosas. Al poner la plantita en su lugar, se aprieta un poco la tierra contra la raíz. El cuello de la raíz debe quedar sobresaliendo ligeramente de la superficie del suelo. Terminada la plantación se dá un riego de fondo para que las plantitas no se marchiten.

Riego.-

Las lechugas necesitan bastante humedad, pero igual que la mayoría de las hortalizas se pudren si tienen agua de más. El riego que hace falta depende de las lluvias y de la humedad del ambiente. En tierras de riego, por lo general hay que darles agua cinco o seis veces entre el trasplante y la cosecha; el primero se hace con el trasplante, el segundo ocho días después y los siguientes cada veinte días. Si no hay lluvias o si el tiempo está seco y caluroso hay que cuidar que los riegos se hagan como se indicó. Es necesario que al nivelar la tierra se obtenga un buen drenaje para evitar el exceso de humedad.

Labores de cultivo.-

Las principales son el desyerbe, los arrones, los amarras y la fertilización. Los desyerbes sirven para eliminar la maleza que le quita luz, agua y nutrimentos a la planta; esto se hace quitando las hierbas con la mano o con azadón.

Tanto el desyerbe como el aclareo deben hacerse cuidando las raíces de la planta sin dejarlas al descubierto. Si hace falta, se debe de arrimar tierra a las raíces y apretar un poco. Los arrones son para cubrir la tierra alrededor de las lechugas, de modo que conserven la humedad más tiempo. Por lo general se hacen con raja ó con ramas que estén libres de insectos.

Cuando la lechuga orejona empezara a madurar o arrenollar, se le hace un amarre con una tira de hule sujetándole las hojas cerradas. La lechuga francesa también se amarra.

La romanita se arrenolla y blanquea sola. El amarre se hace para que las hojas de adentro se decoloren y tengan mejor sabor. En lugares calurosos, el amarre es muy importante para evitar que el cogollo de la lechuga floree y produzca semilla por madurar antes de tiempo. Cuando el amarre se hace temprano, va un poco más abajo. Una semana después se hace otro más arriba.

Cosecha y mercado.-

La recolección de la lechuga se hace en forma escalonada, cortando primero las plantas más desarrolladas; se deben cosechar temprano por la mañana para que las plantas estén frescas y duren más. La lechuga estará lista para cosecharla cuando al agarrar el cogollo o la cabeza se sienta apretada. En la lechuga orejona esto sucede cuando tiene unos 25 cm. de altura.

Después de cortada se conserva fresca de 4 a 8 días, - si se guarda en un lugar fresco y obscuro.

La lechuga romanita está lista para la cosecha cuando la cabeza tiene de 12 a 15 cm. de diámetro. Se corta por la raíz, donde empiezan las hojas, con un cuchillo afilado, y después se quitan las hojas amarillas o maltratadas. Luego se seleccionan para ponerlas en cajas de madera según su calidad y tamaño. Las romanitas refrigeradas duran de 3 a 4 - semanas, lo que es conveniente para la exportación.

Para conservar las lechugas en casa, conviene ponerlas una bolsa de plástico para taparlas y dejarlas en un lugar

fresco y ventilado.

Plagas y enfermedades.-

Como todas las hortalizas, la lechuga es también atacada por plagas y enfermedades, aunque son controlables.

La lechuga es atacada principalmente por tres clases de orugas, conocidas como: a) el gusano bellotero (Heliothis zea); b) el gusano soldado (Spodóntera sp.); c) el gusano de la col (Trichoplusia ni).

Los tres se comen las hojas tiernas y destruyen parte de la planta, dejando contaminada la hortaliza en las hojas. Cuando estas plagas no son fuertes, pueden destruirse los huevecillos que las palomillas ponen en el envés de las hojas fumigando con Tamarón o Lannate.

Hay varias enfermedades que dañan a la lechuga, entre las más comunes están la pudrición de las hojas y la cenicilla, producidas por la bacteria Pseudomonas chichorri y por el hongo Eysinhe chichoracearum respectivamente.

La pudrición se combate con aspersiones de Agrimycin - 100 ó 500 y se evita manteniendo los cultivos con buen drenaje y poca humedad.

La cenicilla polvorienta se combate con Zineb ó Maneb y se evita también manteniendo un drenaje adecuado y poca humedad.

(García, P. A., 1975; pp 65-76).

RABANITO (*Raphanus sativus minor*)

Características y variedades

Forma: planta herbácea anual, de la familia de las Crucíferas, con tallo ramoso y velludo de 6 a 8 decímetros de altura; hojas ásperas, grandes, partidas en lóbulos dentados las radicales y casi enteras las superiores; flores blancas, amarillas o púrpuras, en racimos terminales; fruto seco en vainilla estriada, con muchas semillas menudas, y raíz carnosa, casi redonda o fusiforme, blanca, roja, amarillenta o negra, según las variedades, de sabor picante y que suele comerse como entremés.

Duración del crecimiento: precoz (20 días o menos) y tardío (45 a 50 días).

El rabanito es una hortaliza muy difundida, pero no de primordial importancia, porque la cantidad producida es bastante modesta. Se consumen sus raíces, las cuales son carnosas, tiernas, aromáticas, un poco picantes y de sabor apreciado. Entre las hortalizas de raíz, es sin duda la que asegura mejores resultados con menor esfuerzo y con mínimos conocimientos técnicos acerca de las exigencias y modalidades de su cultivo.

Las variedades son muchas y su enumeración podría llenar muchas páginas; es conveniente, por tanto, identificar las principales características distintivas de esta planta, remitiendo al lector a los catálogos de las firmas vendedoras de semillas para una descripción detallada.

Según el tiempo empleado en alcanzar su desarrollo, -

los rabanitos se dividen en variedades precoces, capaces de desarrollarse en 20 días o incluso menos y variedades tardías, que tardan de 45 a 60 días en completar su desarrollo.

Según la forma de las raíces, los rabanitos se dividen en variedades de raíz redonda, semilarga ó alargada.

Según el color pueden dividirse en: raíces rojas, rojas con punta blanca, completamente blanca, amarillenta o negra. Generalmente las variedades de color totalmente rojo, de forma redonda y medianas dimensiones son las más apreciadas para el consumo.

Clima y suelo.

El pH óptimo de crecimiento es de 5.5 a 6.7

Exigencias: gran adaptabilidad, enemigo del calor

El rabanito crece en todas las épocas del año, durante los períodos más calidos es preciso sembrarlos en un sitio fresco, de lo contrario las raíces se deforman y tienen mal sabor. Durante los meses invernales se pueden sembrar en semilleros protegidos ó en una cama caliente, con magníficos resultados. En cuanto al suelo, los mejores resultados se obtienen en terrenos medianamente compactos, frescos y ricos en humus. En los suelos demasiado ligeros y en aquellos donde las plantas no reciben los riegos adecuados producen raíces duras, fibrosas y de sabor amargo.

Abonos.-

En líneas generales no se administra a los rabanitos ningún abono, puesto que dada la rapidez de su ciclo de cultivo, no se obtendrá con ello una ventaja considerable.

Asociación.-

El rabanito, debido a la brevedad de su ciclo vegetativo, entra como cultivo de aprovechamiento en muchísimas combinaciones. Las labores y abonos son los mismos aplicados - al cultivo principal.

Siembra

Epoca: todo el año, en semilleros protegidos de diciembre a marzo.

Cantidad de semilla: 3 g por metro cuadrado.

Tarda en germinar 3 a 5 días.

La siembra se puede efectuar en pleno campo y en semilleros protegidos de diciembre a marzo. Durante los meses - invernales, de diciembre a marzo, se siembra en un tunel de plástico o en cajoneras, generalmente a voleo, cubriendo la semilla con una ligera capa de tierra, pasando superficialmente un rodillo y regando bien el suelo, las primeras siembras se hacen sólo con rabanitos; más tarde se asocian con escarolas, lechugas y otros cultivos.

Son suficientes de 10 a 15^oC de temperatura para que - el cultivo se desarrolle normalmente. Como es natural, en - estas condiciones el ciclo de cultivo se alarga y las variedades más precoces no se desarrollan antes de los 40 días.

Las siembras en pleno campo pueden efectuarse a voleo o formando hileras, con una distancia aproximadamente de - 20 cm. entre una y otra planta. Conviene que la siembra se efectúe de forma escalonada para obtener una recolección - continuada, sembrando porciones reducidas con intervalos - regulares de unos 15 días.

Labores.-

Durante el ciclo de cultivo, es necesario escardar el suelo repetidas veces a fin de romper la costra y mantener la humedad necesaria. Es preciso realizar estos trabajos - con mucho cuidado dada la superficialidad de las raíces.

Si la temperatura tiene tendencia a elevarse es necesario aumentar los riegos con soluciones fertilizantes, para lo cual se disuelven 100 g de nitrato potásico por cada 10 litros de agua; en esta forma la producción resulta más abundante y de calidad superior.

Enfermedades.-

El único grave ataque es el del insecto conocido como la haltica, nequeño coleóptero que ataca a las hojas, llegando a destruirlas. Con tratamientos preventivos con Linda no se evita esta plaga.

Recolección y comercialización.-

La recolección se efectúa en el espacio de 10 días.

Se inicia cuando las raíces son bastante grandes, con un diámetro de 1 a 3 cm. según las variedades; revisándolas con un intervalo de pocos días una, dos o tres veces.

Al practicar la primera recolección, esta se hace en forma de aclareo para que las raíces más pequeñas puedan alcanzar las dimensiones suficientes para el consumo.

La recolección debe efectuarse con cuidado, ya que los rabanitos demasiado grandes tienen que descartarse por ser agrios, duros y esponjosos.

Deben tener las raíces limpias, sanas, sin grietas ni hendiduras, y ser de forma regular. Se preparan atándolos - en manojos formados de 6, 8 ó 10 raíces de igual tamaño.

(Leñano, F., 1972)

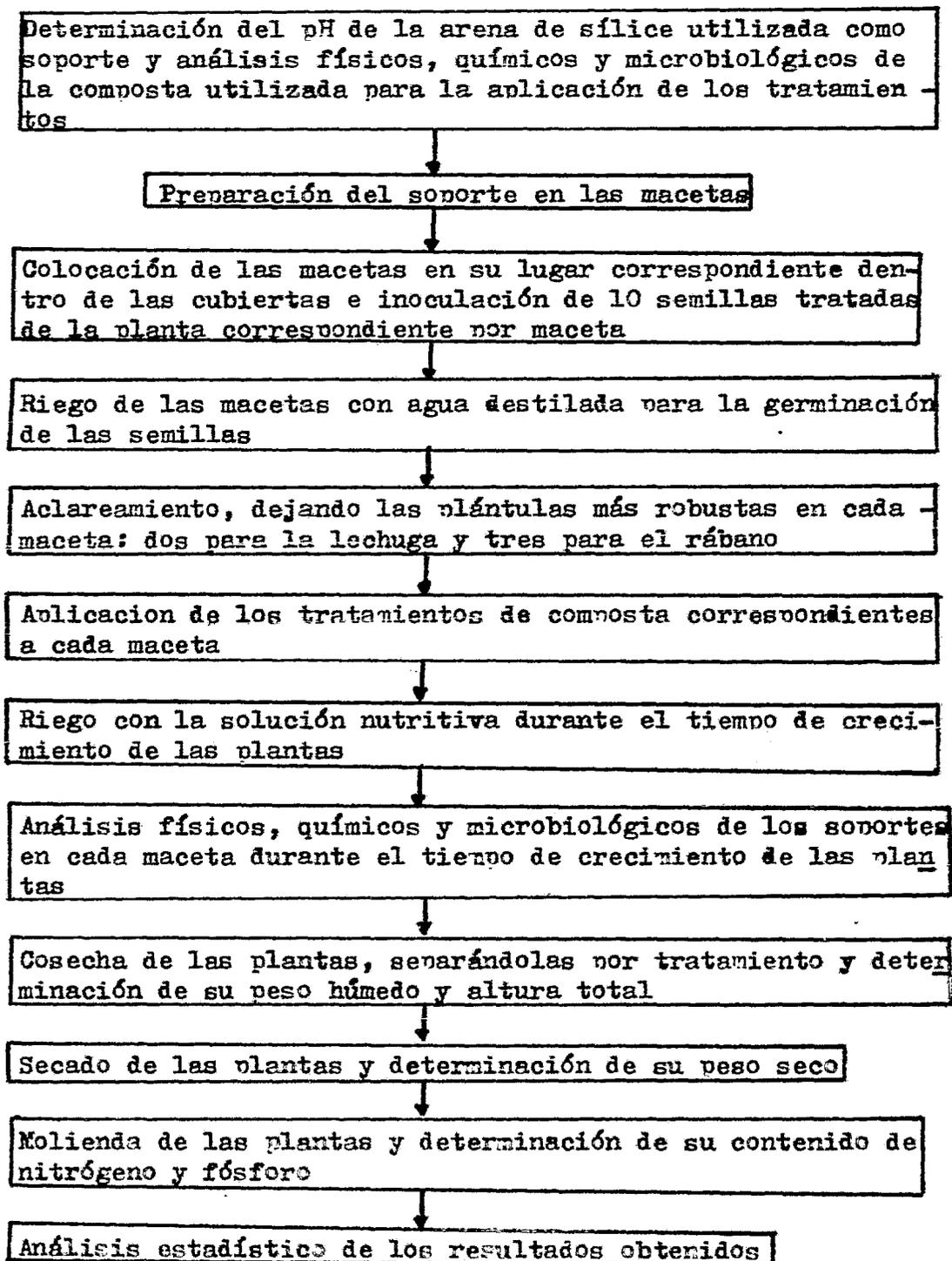
IV.- MATERIALES Y METODOS

Materiales utilizados para el cultivo de las plantas:

- para la construcción de las cubiertas:
 - tiras de madera de las siguientes medidas:
 - 4 m, 2.10 m y 0.5 m.
 - tela de plástico para mosquitero con una malla del # 20 de color verde.
- 50 macetas de plástico con una capacidad de 2 kg, con las siguientes medidas: altura de 20 cm, diámetro superior de 15 cm y diámetro inferior de 10 cm.
- soporte inerte: arena de sílice.
- muestra de composta proporcionada en la Planta Industrializadora de Desechos Sólidos de San Juan de Aragón.
- Semillas de lechuga y rábano obtenidas en la "Seed Exportation Corporation":
 - lechuga Parris Island Cos; germinación: 90%; pureza de 99%, fecha de cosecha: junio de 1980
 - rábano International Plant Breeders (Seeds); germinación: 85% mínima; pureza; 99% mínima; fecha de cosecha: junio de 1980
- solución nutritiva de Hoagland
 - 0.540 g de nitrato potásico
 - 0.090 g de nitrato cálcico
 - 0.140 g de fosfato monocálcico
 - 0.130 g de sulfato de magnesio
 - 0.014 g de sulfato de hierro
 - 0.002 g de sulfato de manganeso
 - 0.0017 g de bórax
 - 0.0008 g de sulfato de zinc

0.0006 g de sulfato de cobre .
solución en 1000 ml. de agua
concentración aproximada: 0.1%

- Tubo horador especial con una longitud de 15 cm y un -
diámetro de 2.5 cm.
- Material de vidrio en general.

DIAGRAMA DEL PLAN DE TRABAJO REALIZADO

METODOLOGIA

Determinación del pH del soporte.-

Esta determinación se hizo siguiendo la técnica para la determinación del pH en el suelo, concluyéndose que la arena de sílice sí era un soporte adecuado para el cultivo hidropónico de la lechuga y el rábano, ya que el valor obtenido fué aproximadamente neutro.

Análisis efectuados en la composta utilizada para la aplicación de los tratamientos.-

Las determinaciones efectuadas en la composta fueron las siguientes:

análisis físicos: determinación del pH, % de humedad y % de peso seco.

análisis químicos: determinación de materia orgánica, nitrógeno total, nitrógeno soluble, fósforo, calcio, potasio, metales pesados y C.I.C.

análisis microbiológicos: cuantificación de la microflora total, azotobacter, amonificantes, nitrificantes y desnitrificantes.

Construcción de las cubiertas protectoras.-

Por carecer de un invernadero en donde cultivar las plantas, se procedió a la construcción de 2 cubiertas protectoras cuya finalidad fué la de no permitir el paso de aves o roedores que pudiesen dañar las plantas, manteniéndolas aisladas de tal forma que la temperatura dentro de las cubiertas no variara notablemente con respecto a la temperatura

tura externa. Una de las cubiertas se destinó para el cultivo de las lechugas y la otra para el cultivo de los rábanos.

La construcción de las cubiertas se hizo de modo que - tuvieran cada una las siguientes dimensiones: 4 m. de largo, 2.10 m. de ancho y 0.5 m. de altura, utilizando para ésto - las tiras de madera.

Se cubrió cada estructura con la tela de nástico para mosquitero, excepto en la base, de manera que quedasen como "tapas" que se pudieran abrir y cerrar sin necesidad de estarlas moviendo de lugar.

La construcción de estas cubiertas se realizó en la azotea del edificio "A" de la Facultad de Química; escogiéndose se este sitio debido a que presentaba las dimensiones necesarias: además de que estaba relativamente cerca del Laboratorio de Microbiología Experimental, lo cual facilitó el - trabajo a realizarse.

Tratamiento de las semillas para su desinfección.-

Las semillas de lechuga y rábano empleadas se trataron brevemente a la siembra con una solución de hipoclorito de sodio al 10%, ya que se observó que no fueron afectadas al hacérseles las pruebas de germinación y de pureza con este tratamiento.

Tratamientos efectuados en las plantas de lechuga y de rábano, y su codificación.-

Tratamiento 1: Clave C₀. No lleva composta. Testigo. Macetas 1 a 5.

Tratamiento 2: Clave C_1 . 5 toneladas de composta/Ha. Macetas 6 a 10.

Tratamiento 3: clave C_2 . 10 toneladas de composta/Ha. Macetas 11 a 15.

Tratamiento 4: clave C_3 . 20 toneladas de composta/Ha. Macetas 16 a 20.

Tratamiento 5: clave C_4 . 50 toneladas de composta/Ha. Macetas 21 a 25.

Nota: Los tratamientos y la numeración de las macetas fueron los mismos para las dos plantas.

Una vez numeradas las macetas, se colocaron en su lugar correspondiente dentro de las cubiertas, de acuerdo al diseño de "bloques al azar" proporcionado por el Departamento de Estadística de la Facultad de ciencias de la U.N.A.M.

A continuación se pesaron 1600 g. de arena en cada maceta y se colocaron 10 semillas de la planta correspondiente en cada una de ellas, se cubrieron las semillas ligeramente con la arena y se regaron con agua destilada para que germinaran.

Riego.- El riego se hizo utilizando botes de plástico con pequeños orificios en la base, de tal manera que fuera fino y no dañara a las plantas.

Aclareamiento.- A las 2 semanas de que germinaron las semillas se realizó un aclareamiento, dejando las plántulas más robustas en cada maceta; 2 para la lechuga y 3 para el rábano.

Aplicación de los tratamientos.- A continuación se procedió a la aplicación de la composta en las macetas correspondientes, procurando que la composta quedara uniformemente distribuida en la superficie del sonorte, formando una capa y procediendo a mezclarla ligeramente con la arena.

Riego con la solución nutritiva.- A partir del momento en que se aplicaron los tratamientos de composta se procedió al riego de las plantas con la solución nutritiva de Hoagland al 0.1% durante un mes aproximadamente; posteriormente se hicieron los riegos con la solución a una concentración del 0.2% hasta el final del tiempo de cultivo.

(Penninfield, E., 1976)

Los riegos se hicieron de tal manera que las plantas no tuvieran exceso ni deficiencia de humedad, por observación visual directa.

Muestreo de los sonortes.- Durante el periodo de cultivo de las plantas se tomaron 4 muestras de cada maceta: la primera a los 14 días de haber aplicado los tratamientos, la segunda a los 30 días, la tercera a los 44 y la última a los 75 días (2 semanas después de haber cosechado). Estos muestreos se hicieron siempre en el mismo sitio, de tal manera que no se dañaran las raíces de las plantas al momento de muestrear.

Análisis efectuados en el material de sonorte.- Las determinaciones que se efectuaron en los sonortes fueron las siguientes: análisis físicos, análisis químicos (excepto la C.I.C.) y análisis microbiológicos.

Nota: estas determinaciones fueron las mismas que las reali

zadas en la composta.

Cosecha.- Una vez que las plantas alcanzaron su desarrollo óptimo; aproximadamente a los 3 meses de haberse sembrado, se procedió a cosecharlas, de tal forma que al sacarlas de las macetas no fueran a ser dañadas sus raíces. Las raíces se lavaron con agua destilada para eliminar la arena que pudieran tener. Posteriormente se procedió a distribuir las plantas cosechadas en su lote correspondiente. El primer lote se asignó a los tratamientos testigo (C_0); el segundo para los tratamientos de 5 toneladas de composta/Ha (C_1); el tercero para los tratamientos de 10 toneladas de composta/Ha (C_2); el cuarto para los tratamientos de 20 toneladas de composta/Ha (C_3) y el quinto para los tratamientos de 50 toneladas de composta/Ha (C_4) respectivamente, para ambas plantas.

Determinaciones efectuadas en las plantas húmedas.- Se procedió a determinar el peso húmedo de cada planta y a realizarles las siguientes mediciones; en la lechuga: altura total y altura de las hojas; en el rábano: altura total, diámetro y longitud del bulbo.

Posteriormente se procedió a secar las plantas para la eliminación de agua y determinar el peso seco de las mismas

Molienda de las plantas.- Cada una de las plantas se molió en su totalidad en 2 etapas: la primera en un molino manual y la segunda en un molino eléctrico, hasta obtenerse la planta finamente molida.

Para la segunda molienda se utilizó un cernidor de una malla del número 60. La muestra finamente molienda de cada planta fué guardada en bolsitas de plástico rotuladas con el número correspondiente a cada planta.

Análisis efectuados en las plantas secas.- En cada una de las plantas secas se realizó la determinación de nitrógeno y de fósforo.

Análisis estadístico.- Con los resultados obtenidos de las determinaciones efectuadas en las plantas, se procedió al análisis estadístico de éstos, en el Departamento de Estadística de la Facultad de ciencias de la U.N.A.M.

METODOLOGIA DE LOS ANALISIS FISICOS EFECTUADOS EN LA COMPOSTA Y EN LAS MUESTRAS DE LOS SOPORTES

4.1.- Determinación del pH.- Se pesaron 10 g. de muestra húmeda y se añadieron 90 ml. de agua destilada hervida, se mezcló perfectamente por agitación durante 10 minutos a temperatura ambiente. Se sumergieron los electrodos en la solución muestra y se hizo la medición del pH.
(García, T. A., 1981. p. 16)

4.2.- Determinación de humedad.- Este método se basa en la determinación de la pérdida de agua que sufre la muestra cuando se somete a cierto nivel de temperatura durante un tiempo determinado, si se considera que dicha pérdida se debe a la eliminación de agua. Para calcular el % de humedad de la muestra se utiliza la siguiente fórmula:

$$\% \text{ humedad} = \frac{G - G_1}{G} \times 100$$

donde: G = peso en g de la muestra húmeda

G₁ = peso en g de la muestra seca

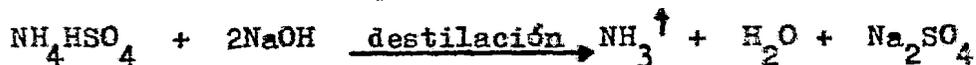
Procedimiento: se realizó de acuerdo al método de García, T. A., 1981. p. 14.

METODOLOGIA DE LOS ANALISIS QUIMICOS EFECTUADOS EN LA COMPOSTA Y EN LAS MUESTRAS DE LOS SOPORTES

4.3.- Determinación de nitrógeno total (Método de Kjeldahl modificado).- Fundamento: éste método se basa en que la materia orgánica se oxida por calentamiento con ácido sulfúrico a reflujo, usando como catalizador una mezcla digestora formada por sulfato de potasio y sulfato de cobre, más la adición de óxido de selenio para acelerar las reacciones de oxidación, al elevarse el punto de ebullición -

del ácido sulfúrico. El sulfato ácido de amonio formado, por adición de un álcali en exceso (sosa), da amoníaco, el cual se destila y se recoge en un matraz con ácido bórico - al 4% para su posterior titulación con ácido clorhídrico.

Las reacciones que se efectúan son las siguientes:



Procedimiento: se realizó de acuerdo al método indicado en la siguiente bibliografía: (Jackson, M. L., 1970. - p.p. 255-259)

4.4.- Determinación de potasio por el método del cobaltinitrito.- Fundamento: El nitrito reacciona con el ión cobalto para formar un complejo cobáltico $(\text{Co}(\text{NO}_2)_6)^{3-}$. La oxidación de Co^{2+} a Co^{3+} va acompañada de la reducción de un ión nitrito. El sodio es comúnmente usado como el catión de este complejo y como reactivo para precipitar el potasio.

La precipitación del potasio en presencia de grandes excesos de sales de sodio no es una desventaja para el método.

Procedimiento: se realizó de acuerdo al método indicado en la siguiente bibliografía: (Jackson, M. L., 1970. - p.p. 166-169)

4.5.- Determinación del calcio por titulación con E.D.T.A. (Método del Versenato).- Fundamento: El método del verseno se puede emplear para la determinación del calcio,

ya que su rapidez y simplicidad hacen que sea un método semejante al de emisión en llama, por sus ventajas. El verseno presenta gran capacidad para la formación de complejos - con varios cationes polivalentes.

Procedimiento: se realizó de acuerdo a la técnica citada en la siguiente bibliografía: (Richards, L. A., 1977. - p.p. 100-101).

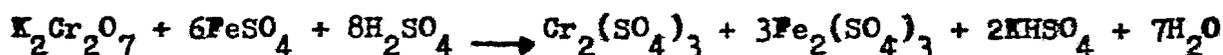
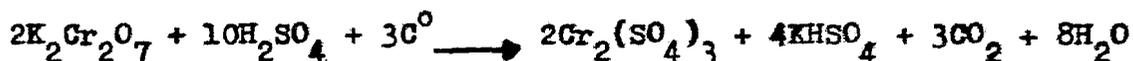
4.6.- Determinación de fósforo.- Fundamento: la reacción azul del molibdato es producida cuando se reducen los molibdatos o cuando su complejo heterófilo es parcialmente reducido. Algunos de los iones molibdato son reducidos de valencia VI a una valencia menor, probablemente III y/o V, involucrando electrones no apareados, de los cuales la resonancia magnética puede ser medida. Las curvas de absorción electromagnética para el color azul de molibdeno en presencia o ausencia de los complejos heterófilos de fósforo muestran 2 longitudes de onda para la absorción de la luz característica: 660 y 830 nm, expresados como fuente de extinción E donde: $E = \log(t \text{ blanco}/t \text{ muestra})$.

$t \text{ blanco} = \% \text{ de transmitancia del blanco.}$

$t \text{ muestra} = \% \text{ de transmitancia de la muestra.}$

Procedimiento: se realizó de acuerdo a la técnica citada en la siguiente bibliografía: (Jackson, M. L., 1970. - p.p. 203-205).

4.7.- Determinación de la materia orgánica. (Método de Walkley y Black).- Fundamento: éste método se basa en la oxidación del material orgánico con una mezcla de agentes fuertemente oxidantes. Primero se oxida la muestra orgánica con ácido sulfúrico; posteriormente es tratada con exceso de agente oxidante que en este caso es el dicromato de potasio. El exceso de agente oxidante que no se utilizó en la reacción se determina por titulación con una solución valorada de sulfato ferroso. Las reacciones que se llevan a cabo son las siguientes:



Procedimiento: se realizó de acuerdo a la técnica citada en la siguiente bibliografía: (Manual de Operaciones de Laboratorio de la Planta Industrializadora de Desechos Sólidos de San Juan de Aragón, 1976. p. 12).

4.8.- Determinación de la capacidad de intercambio catiónico. (sólo se realizó en la composta).

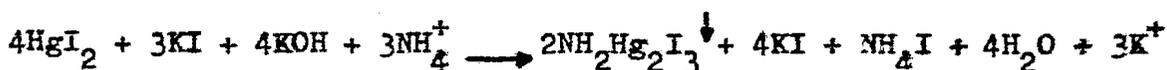
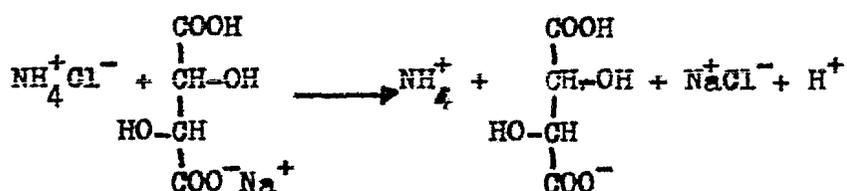
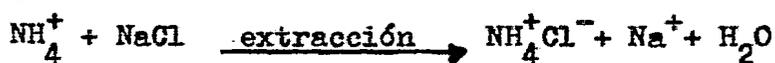
Fundamento: el intercambio catiónico es un proceso físicoquímico que se verifica en forma constante en la fracción mineral y orgánica del suelo (en las arcillas y humus respectivamente). La importancia del intercambio catiónico es fundamental cuando se considera la fertilidad del suelo, ya que la solución del mismo contiene aniones y cationes disueltos en su fase líquida que posteriormente serán absorbidos por los cultivos. La capacidad de intercambio catiónico se define como la suma de los cationes intercambiables que

puede absorber un suelo y se expresa en miliequivalentes - por 100 g. de suelo.

Procedimiento: se realizó de acuerdo a la técnica citada en la siguiente bibliografía: (García, T. A., 1981 - p.p. 31-35).

4.9.- Determinación del ión amonio. (Método de Nessler)

Fundamento: éste método se basa en la extracción del ión amonio con una solución de cloruro de sodio al 10%, formando cloruro de amonio, que en la solución acuosa se encuentra en forma iónica: el cuál, en presencia de un álcali libera amoníaco; éste último, con el reactivo de Nessler - forma un complejo de color amarillo cuya intensidad es proporcional a la cantidad del ión amonio presente en la muestra. El compuesto colorido se lee en el espectrofotómetro - a 420 nm. Las reacciones que se llevan a cabo son las siguientes:



Procedimiento: se realizó de acuerdo a la técnica citada en la siguiente bibliografía: (Jackson, M. L., 1970 - p.p. 270-272).

METODOLOGIA DE LOS ANALISIS MICROBIOLOGICOS EFECTUADOS EN -
LA COMPOSTA Y EN LAS MUESTRAS DE LOS SOPORTES

Diluciones.- Se pesaron 10 g. de la muestra y se colocaron en frascos de vidrio que contenían 90 ml. de agua destilada estéril, se agitó vigorosamente durante 5 minutos, - se dejó reposar por 10 minutos; obteniéndose una dilución 1:10. De ésta dilución se tomaron 10 ml. y se transfirieron a un frasco que contenía 90 ml. de agua destilada estéril - para obtener una dilución 1:100 y se continuó de ésta manera hasta obtener una dilución de 1:10⁷.

Inoculaciones.- De las diluciones adecuadas se inoculó 1 ml. en cada uno de 2 tubos que contenían 9 ml. de medio de cultivo estéril, para cuantificación de bacterias por el método del número más probable. Para los microorganismos amonificantes, se usó el medio de cultivo No. 1; para nitrosomonas, el medio No. 2; para nitrobacter el medio No. 3; y para los desnitrificantes, el medio No. 4. Se utilizaron como testigos, 2 tubos de cada medio, por cada dilución.

Para cuantificar Azotobacter sp se inoculó 1 ml. de cada dilución en cajas petri con el medio de cultivo No. 5, - homogeneizando perfectamente bien el medio con la dilución.

Para la cuenta total de bacterias se utilizó el medio No. 6; para los actinomicetos, el medio No. 7; y para los hongos, el medio No. 8.

Como testigos se utilizaron 2 cajas de cada medio de cultivo, por cada dilución.

Incubación.- Los tubos y cajas ya inoculados se incuba

ron de la siguiente manera:

Microorganismos	Tiempo (días)	Temperatura (°C)
Amonificantes	15	28
Desnitrificantes	7	28
Nitrosomonas	28	28
Nitrobacter	28	28
Actinomicetos	7-10	28
Azotobacter	7-8	28
Bacterias	3-5	28
Hongos	7	28

Lecturas y observaciones.- Para los tubos; al final de cada período de incubación se procedió del siguiente modo:

- a) Amonificantes.- Se llevó a cabo la determinación de amonio, para lo cual se adicionaron 2 gotas de cada una de las soluciones A y B del reactivo de Nessler en cada uno de los tubos que contenían las diferentes diluciones. La aparición de una coloración amarilla se tomó como positiva.
- b) Nitrificantes.- Para detectar los nitritos se adicionaron 2 gotas de la solución A y solución B del reactivo de Griess, en cada uno de los tubos de cultivo del medio para Nitrosomonas sp., la aparición de una coloración rosa indicó la presencia de nitritos. Para detectar los nitratos se adicionaron 2 gotas de las soluciones A y B del reactivo de Griess, en cada uno de los tubos de cultivo del medio para Nitrobacter sp., la ausencia de color se interpretó como reacción positiva para nitratos.
- c) Desnitrificantes.- Se observó la producción de gas y el vire de color del medio de verde a azul.

d) Para actinomicetos, azotobacter, bacterias, actinomicetos y hongos; se contaron las colonias características desarrolladas sobre los correspondientes medios de cultivo.

(Agronomy No. 9, 1965).

MEDIOS DE CULTIVO Y REACTIVOS UTILIZADOS PARA LOS ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

Medio No. 1.- Amonificantes

K_2HPO_4	-----	3.0 g	NaCl	-----	0.2 g
KCl	-----	0.2 g	$CaSO_4$	-----	0.01 g
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	-----	0.2 g	Gelatina	-----	10.0 g
Agua destilada	-----	1000 ml.			

Medio No. 2.- Nitrificantes

Medio basal:	Sol. de micronutrientos:		
$MgCl_2$ -----	0.3 g	$MnSO_4 \cdot H_2O$ -----	0.554 g
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$ -----	0.14 g	H_3BO_3 -----	0.630 g
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$ -----	0.13 g	$CaSO_4 \cdot 5H_2O$ -----	0.330 g
Sol. micronutrim. -----	0.2 ml.	$ZnSO_4 \cdot 5H_2O$ -----	0.343 g
Sol. 0.1M de KH_2PO_4 --	10 ml.	$Co(NO_3)_2 \cdot H_2O$ --	0.256 g
Agua destilada -----	1000 ml	Agua destilada --	1000 ml

Medio para Nitrosomonas sp.

$(NH_4)_2SO_4$ -----	0.66 g	$CaCO_3$ -----	10.0 g
Medio basal -----	1000 ml.		

Medio No. 3.- Nitrobacter sp

$NaNO_2$ -----	0.5 g	$CaCO_3$ -----	10.0 g
Medio basal -----	1000 ml.		

Medio 4.- Desnitrificantes

Solución A:

KNO_3 ----- 1.0 g
 Asparagina ----- 1.0 g
 Sol. alcohólica de azul de
 bromotimol al 0.5% ----- 5 ml.
 Agua destilada ----- 500 ml

Solución B:

KH_2PO_4 ----- 1.0 g
 MgSO_4 ----- 1.0 g
 $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ----- 0.2 g
 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ----- 0.2 g
 Agua destilada ----- 500 ml

Mezclar ambas soluciones y ajustar el pH a 7.0. Se introduce un pequeño tubo invertido en los tubos con el medio.

Medio 5.- Azotobacter sp.

K_2HPO_4 ----- 0.1 g KH_2PO_4 ----- 0.4 g
 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ----- 0.2 g CaCl_2 ----- 0.02 g
 $\text{NaMoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ----- 0.002 g FeCl_2 ----- 0.01 g
 Sacarosa ----- 10.0 g CaCO_3 ----- 1.0 g
 Agar ----- 20.0 g Sol. alc. de azul de
 Agua destilada ----- 1000 ml bromotimol ----- 5.0 ml.
 Ajustar el pH a 6.7-7.0

(Prácticas de Microbiología Agrícola, Fac. de Química, U.N.A.M., 1978.)

Medio 6.- Bacterias

Glucosa ----- 1.5 g Pentona ----- 0.5 g
 K_2KPO_4 ----- 0.5 g $\text{MgSO}_4 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ----- 0.2 g
 $\text{FeSO}_4 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ----- 0.01 g Agar ----- 20 g
 Agua destilada ----- 1000 ml.

Medio 7.- Actinomicetos

Glucosa ----- 1.0 g Pentona ----- 5.0 g
 Extracto levadura ----- 2.5 g Agar ----- 14.0 g
 Agua destilada ----- 1000 ml.

Medio 8.- Hongos

Glucosa -----	10.0 g	Pentona -----	5.0 g
KH_2PO_4 -----	1.0 g	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ -----	0.5 g
Sulfato de dihidroestreptomicina -----			30 microg/ml
Agar -----	20.0 g	Rosa de Bengala -----	1:30000
Agua destilada -----	1000 ml.		

(García, T. A., 1981. n.n. 45-49)

Reactivos utilizadosReactivo de Griess:

Solución A:

Solución B:

Naftilamina -----	0.05 g	Acido sulfanílico -----	0.8 g
Ac. acético al 30% -----	100 ml	Ac. acético al 30% -----	250 ml

En el momento de su utilización, mezclar las soluciones A y B en partes iguales.

Reactivo de Nessler:

Solución A:

Solución B:

Yoduro mercuríco -----	50.0 g	Acido sulfanílico -----	0.8 g
Yoduro de potasio -----	36.4 g	Ac. acético al 30% -----	100 ml

Añadir un poco de agua destilada, triturar en el mortero y completar hasta 1000 ml. para la solución A.

Mezclar en el momento de su empleo las soluciones A y B en partes iguales. (Girard R., 1979. p.n. 260-261)

DETERMINACIONES QUIMICAS EFECTUADAS EN LAS PLANTAS

4.10.- Microdeterminación de nitrógeno.- Fundamento: en el método semimicro para nitrógeno, la muestra de la planta es digerida con sulfato de cobre ó HgO como catalizador en un medio ácido, el E.D.T.A. es adicionado para prevenir la interferencia de metales y la solución restante es neutralizada a un pH de 7.

El nitroprusiato de sodio es adicionado y el color desarrolla en una hora; la absorbancia es medida a 625 nm.

Este método es aplicable a tejido de plantas frescas ó secas. (Mitchell, H. L., 1972. p.p. 1-3)

4.11.- Determinación de fósforo total en plantas.- (Obtención de cenizas con nitrato de magnesio).

Fundamento: El material vegetal se incinera en seco - con nitrato de magnesio en exceso para evitar las pérdidas de fósforo por volatilización. Las cenizas se disuelven con ácido nítrico y se determinan los fosfatos por el método - del amarillo de vanadato-molibdato, en donde los vanadatos, molibdatos y ortofosfatos reaccionan para dar un complejo a amarillo en soluciones ácidas.

(Chapman, D. H., 1973. p.p. 111-113).

V.- RESULTADOS

RESULTADOS DE LOS ANALISIS EFECTUADOS EN LA COMPOSTAFísicos.- 1) pH = 7.25 2) % de humedad = 37.15

3) % de peso seco = 62.85

Químicos.- 1) Materia orgánica = 22.9% 2) Nitrógeno total = 0.44%

3) Potasio = 1034.2 ppm

4) Fósforo = 14.6 ppm

5) Calcio = 4.33 mEq/l

6) C.I.C. = 51 mEq/100 g.
de compostaMicrobiológicos.-

1) Azotobacter.- No se detectó.

2) Amonificantes.- 2784.5×10^6 /g de muestra seca

3) Nitrificantes.-

Nitrosomonas.- 27.8×10^6 /g de muestra secaNitrobacter.- 27.8×10^6 /g de muestra seca4) Desnitrificantes.- 278.4×10^6 /g de muestra seca

5) Población microbiana total.-

Bacterias.- 7.1×10^6 /g de muestra secaActinomicetos.- 0.73×10^6 /g de muestra secaHongos.- 7.4×10^6 /g de muestra seca

DETERMINACION DE METALES PESADOS EN LA COMPOSTA.- Esta de -
terminación fué efectuada por el personal del Laboratorio -
de la Planta Industrializadora de Desechos Sólidos de San -
Juan de Aragón. Para esta determinación se utilizó un espec -
trofotómetro de absorción atómica, marca Perkin-Elmer, mode -
lo 413. Los resultados encontrados fueron los siguientes:
Pb = 0.81 ppm; Cd = 0.46 ppm; Hg = no se detectó

RESULTADO DE LA DETERMINACION DEL pH EN LA ARENA UTILIZADA

pH de la arena de sílice = 6.85

Interpretación de los símbolos y abreviaturas
utilizados en las gráficas de nublación micro-
biana y determinaciones físicas y químicas

$C_0 = \text{—————}$

$C_1 = \text{—} \square \text{—} \square \text{—} \square \text{—} \square \text{—} \square \text{—}$

$C_2 = \text{—} \blacktriangleright \text{—} \blacktriangleright \text{—} \blacktriangleright \text{—} \blacktriangleright \text{—} \blacktriangleright \text{—}$

$C_3 = \text{—} \circ \text{—} \circ \text{—} \circ \text{—} \circ \text{—} \circ \text{—}$

$C_4 = \text{—} \times \text{—} \times \text{—} \times \text{—} \times \text{—} \times \text{—}$

donde:

$C_0 =$ testigo sin composta

$C_1 =$ trat. de 5 toneladas de comp./Ha

$C_2 =$ trat. de 10 toneladas de comp./Ha

$C_3 =$ trat. de 20 toneladas de comp./Ha

$C_4 =$ trat. de 50 toneladas de comp./Ha

RESULTADOS DE LAS DETERMINACIONES FISICAS EFECTUADAS
EN LAS MUESTRAS DEL SOPORTE EN LAS PLANTAS DE LECHUGA

Tabla No. 1.- pH

TRATAMIENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
C ₀	7.95	8.45	8.0	7.6
C ₁	7.8	8.05	8.6	7.4
C ₂	8.1	8.45	8.2	7.0
C ₃	7.8	8.45	8.1	7.0
C ₄	7.85	8.65	8.6	7.1

Tabla No. 2.- % de humedad

TRATAMIENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
C ₀	10.43	8.05	23.9	18.62
C ₁	8.88	22.33	24.34	18.84
C ₂	7.16	17.5	22.4	21.17
C ₃	4.5	13.06	18.5	14.91
C ₄	16.14	14.02	24.15	18.49

Tabla No. 3.- % de peso seco

TRATAMIENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
C ₀	89.57	91.95	76.1	81.38
C ₁	91.12	77.67	75.66	81.16
C ₂	92.84	82.5	77.6	78.83
C ₃	95.5	86.94	81.5	85.09
C ₄	83.66	85.98	75.85	81.51

RESULTADOS DE LAS DETERMINACIONES QUIMICAS EFECTUADAS
EN LAS MUESTRAS DEL SOPORTE EN LAS PLANTAS DE LECHUGA

Tabla No. 4.- % de nitrógeno total

TRATAMIENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
C ₀	0.187	0.121	0.147	0.14
C ₁	0.15	1.08	0.037	0.137
C ₂	0.068	0.67	0.036	0.0071
C ₃	0.322	0.225	0.137	0.016
C ₄	0.534	0.48	0.18	0.024

Tabla No. 5.- % de materia orgánica

TRATAMIENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
C ₀	1.54	1.20	1.72	0.28
C ₁	0.454	0.88	1.459	0.56
C ₂	3.03	0.752	1.68	0.641
C ₃	1.083	3.17	2.45	0.54
C ₄	6.08	10.43	2.63	0.959

Tabla No. 6.- N soluble (mEq/100 g. muestra)

TRATAMIENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
C ₀	0.017	0.073	0.063	0.181
C ₁	0.017	0.061	0.103	0.11
C ₂	0.077	0.150	0.203	0.114
C ₃	0.071	0.128	0.1166	0.131
C ₄	0.181	0.16	0.203	0.174

Tabla No. 7.- Potasio (ppm)

TRATAMIENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
C ₀	1133.1	114.1	229.9	3.6
C ₁	1240.1	106.2	99.1	4.0
C ₂	1217.1	548.4	882.0	4.4
C ₃	1026.1	287.5	358.8	5.58
C ₄	1621.7	63.9	171.3	8.5

Tabla No. 8.- Fósforo (ppm)

TRATAMIENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
C ₀	12.7	15.8	4.7	21.1
C ₁	23.7	11.0	8.8	32.0
C ₂	20.2	4.3	12.1	34.8
C ₃	21.7	20.8	7.6	20.4
C ₄	19.7	7.2	23.9	28.9

Tabla No. 9.- Calcio (mEq/l)

TRATAMIENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
C ₀	2.1	3.7	2.8	1.4
C ₁	3.0	3.3	2.9	1.2
C ₂	1.5	1.2	1.2	0.7
C ₃	5.3	3.1	1.7	1.4
C ₄	0.8	1.2	1.8	1.1

RESULTADOS DE LOS ANALISIS MICROBIOLÓGICOS EFECTUADOS EN
LAS MUESTRAS DEL SOPORTE EN LAS PLANTAS DE LECHUGA

Tabla No. 10.- Bacterias/g de soporte ($\times 10^6$)

TRATAMIENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
C ₀	2.6	0.43	3.2	15.8
C ₁	0.005	0.03	1.1	4.0
C ₂	0.39	12.2	0.25	10.2
C ₃	32.7	1.0	125.4	11.3
C ₄	1.4	1.4	17.3	7.0

Tabla No. 11.- Actinomicetos/g de soporte ($\times 10^6$)

TRATAMIENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
C ₀	6.6	0.20	0.31	0.13
C ₁	0.005	0.08	0.39	0.26
C ₂	5.6	0.88	0.21	0.25
C ₃	24.0	5.8	0.7	0.37
C ₄	9.3	0.96	0.88	0.13

Tabla No. 12.- Hongos/g de soporte ($\times 10^6$)

TRATAMIENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
C ₀	4.4	0.04	0.15	0.007
C ₁	0.009	0.02	0.20	0.11
C ₂	1.5	0.17	0.21	0.36
C ₃	9.7	0.39	0.33	0.45
C ₄	0.20	0.31	0.51	0.46

Tabla No. 13.- Azotobacter/g de sonorte ($\times 10^6$)

TRATAMIENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
C ₀	0.002	0.001	0.04	0.009
C ₁	0.001	0.004	0.03	0.005
C ₂	0.007	0.004	0.07	0.01
C ₃	0.0066	0.002	0.01	0.01
C ₄	0.0003	0.007	0.009	0.01

Tabla No. 14.- Amonificantes/g de sonorte ($\times 10^6$)

TRATAMIENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
C ₀	0.78	7.6	1445.4	0.073
C ₁	0.027	0.32	1453.8	0.3
C ₂	0.26	0.30	1417.5	0.31
C ₃	1151.8	2.8	1349.6	0.29
C ₄	1311.7	2.9	145.0	0.30

Tabla No. 15.- Desnitrificantes/g de sonorte ($\times 10^6$)

TRATAMIENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
C ₀	122.8	119.6	144.5	135.1
C ₁	120.7	141.6	145.3	135.5
C ₂	118.4	133.3	141.7	139.5
C ₃	115.1	0.8	134.9	129.2
C ₄	0.071	0.029	145.0	0.0085

Tabla No. 16.- Nitrosomonas/g de sonorte ($\times 10^6$)

TRATAMIENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
C ₀	0.022	0.0021	14.4	13.5
C ₁	0.0002	0.0077	14.5	0.0073
C ₂	0.0064	0.0072	0.032	0.0076
C ₃	0.026	0.023	13.4	12.9
C ₄	0.0029	0.0006	14.5	13.5

Tabla No. 17.- Nitrobacter/g de sonorte ($\times 10^6$)

TRATAMIENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
C ₀	0.022	0.0014	0.0007	13.5
C ₁	0.0002	0.0077	0.0033	13.5
C ₂	0.0005	0.084	0.032	13.9
C ₃	0.0002	0.08	13.4	12.9
C ₄	0.029	0.029	14.5	13.4

RESULTADOS DE LAS DETERMINACIONES FISICAS EFECTUADAS EN LAS PLANTAS DE LECHUGA COSECHADAS

Tabla No. 18.- ALTURA TOTAL (cm)

REPETICIONES	TRATAMIENTOS				
	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
1	26.5	32.75	45.0	50.0	38.0
2	36.0	33.0	40.0	27.75	37.0
3	33.5	40.0	28.5	35.0	45.25
4	31.5	36.0	34.5	26.5	38.25
5	45.75	42.5	35.5	37.5	35.5
\bar{x}	34.65	36.85	36.7	35.35	38.8

Tabla No. 19.- % de humedad

REPETICIONES	TRATAMIENTOS				
	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
1	93.57	91.58	90.94	91.95	93.22
2	92.29	92.60	93.86	92.63	91.34
3	93.65	91.73	94.28	91.74	89.26
4	92.88	92.69	92.43	93.39	89.87
5	91.04	92.08	93.01	94.50	91.71
\bar{x}	92.68	92.13	92.90	92.84	91.08

Tabla No. 20.- % de peso seco

REPETICIONES	TRATAMIENTOS				
	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
1	6.43	8.42	9.06	8.05	6.78
2	7.71	7.4	6.14	7.37	8.66
3	6.35	8.27	5.72	8.26	10.74
4	7.12	7.31	7.57	6.61	10.31
5	8.96	7.92	6.99	5.5	8.29
\bar{x}	7.31	7.86	7.09	7.15	8.95

RESULTADOS DE LAS DETERMINACIONES QUÍMICAS EFECTUADAS EN LAS PLANTAS DE LECHUGA COSECHADAS

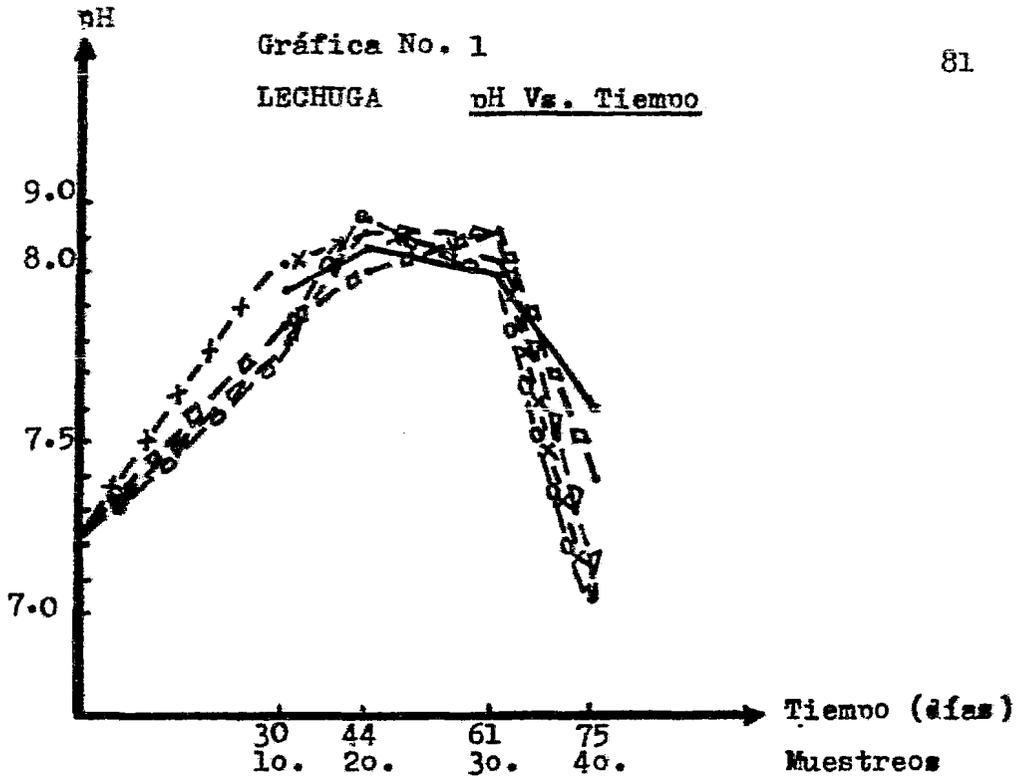
Tabla No. 21.- % de proteína

REPETICIONES	TRATAMIENTOS				
	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
1	0.34	0.32	0.26	0.32	0.16
2	0.30	0.40	0.41	0.29	0.30
3	0.34	0.40	0.34	0.31	0.28
4	0.30	0.40	0.37	0.27	0.21
5	0.38	0.34	0.36	0.28	0.28
\bar{X}	0.33	0.37	0.34	0.29	0.24

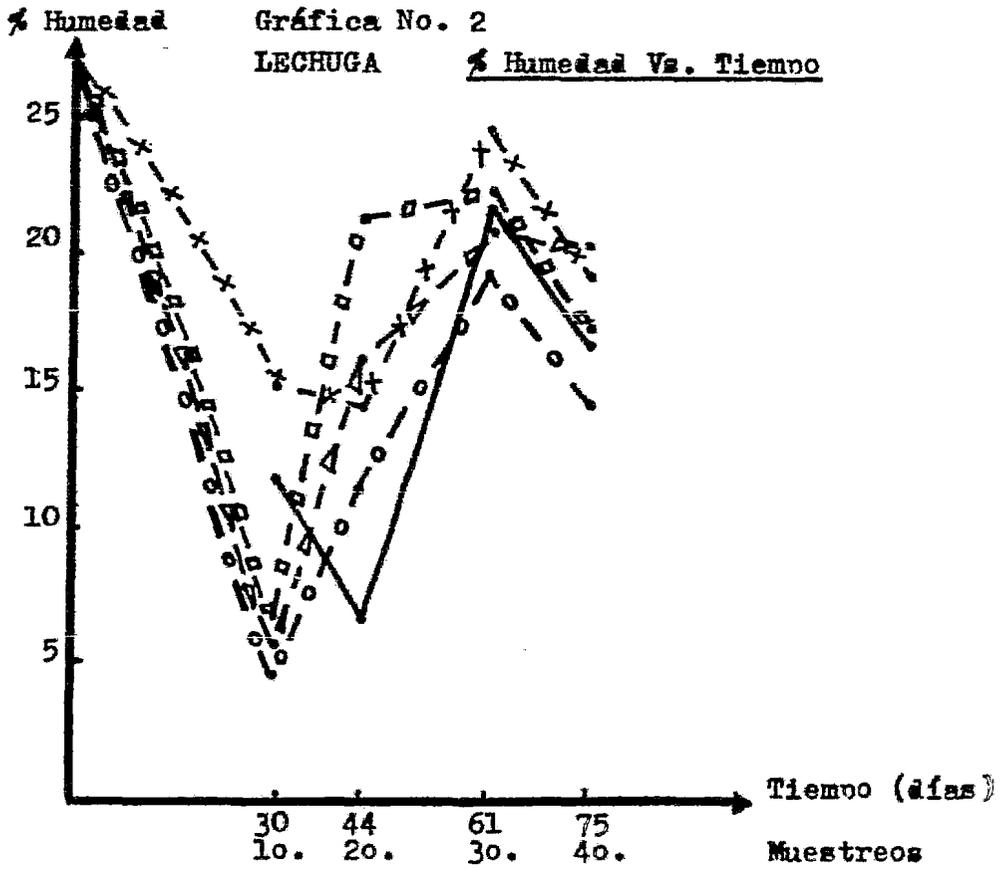
Tabla No. 22.- % de fósforo

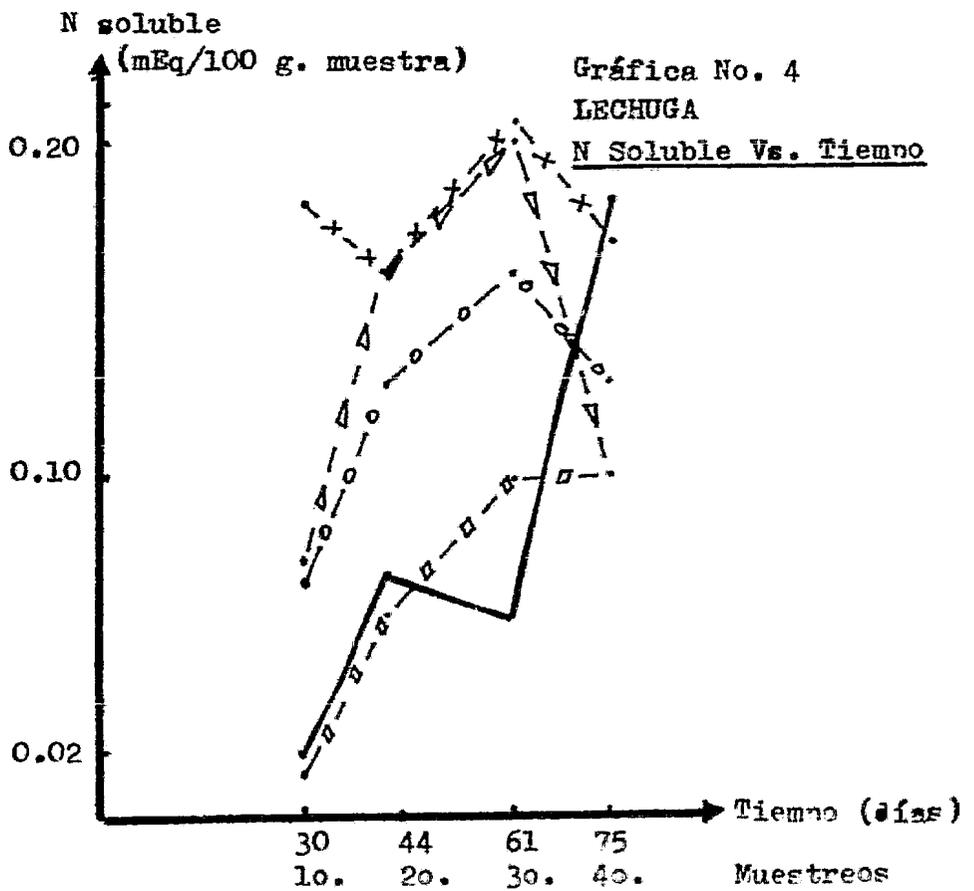
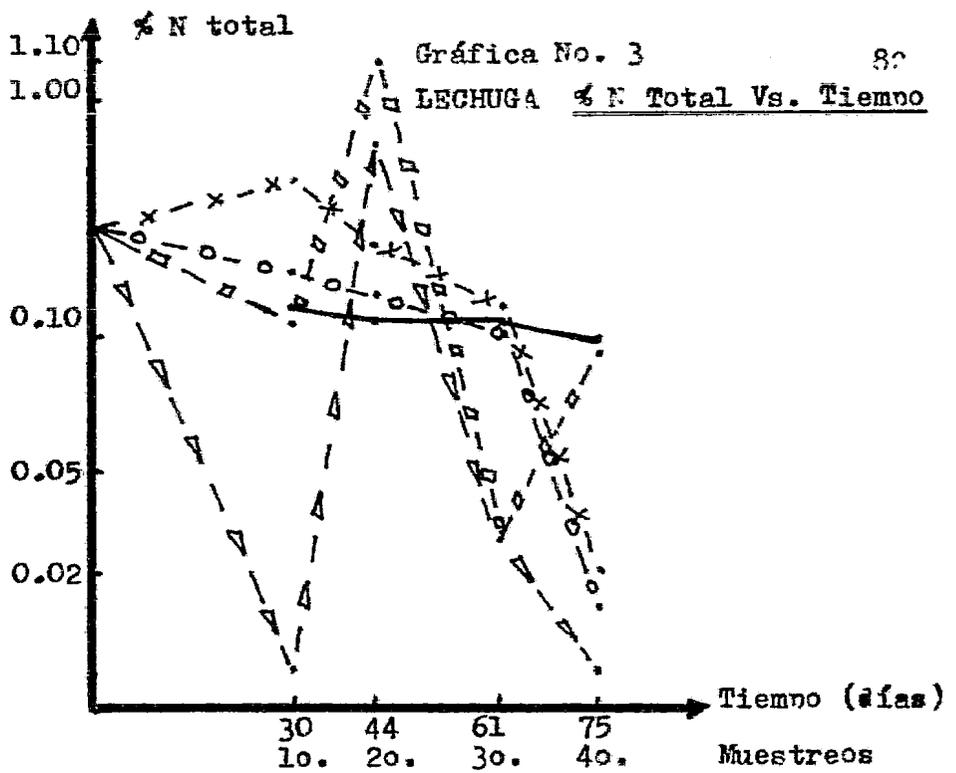
REPETICIONES	TRATAMIENTOS				
	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
1	0.047	0.046	0.047	0.029	0.043
2	0.052	0.052	0.039	0.062	0.050
3	0.067	0.050	0.059	0.055	0.035
4	0.052	0.044	0.063	0.050	0.042
5	0.059	0.039	0.044	0.051	0.044
\bar{X}	0.055	0.046	0.050	0.049	0.042

Gráfica No. 1
LECHUGA pH Vs. Tiempo



Gráfica No. 2
LECHUGA % Humedad Vs. Tiempo

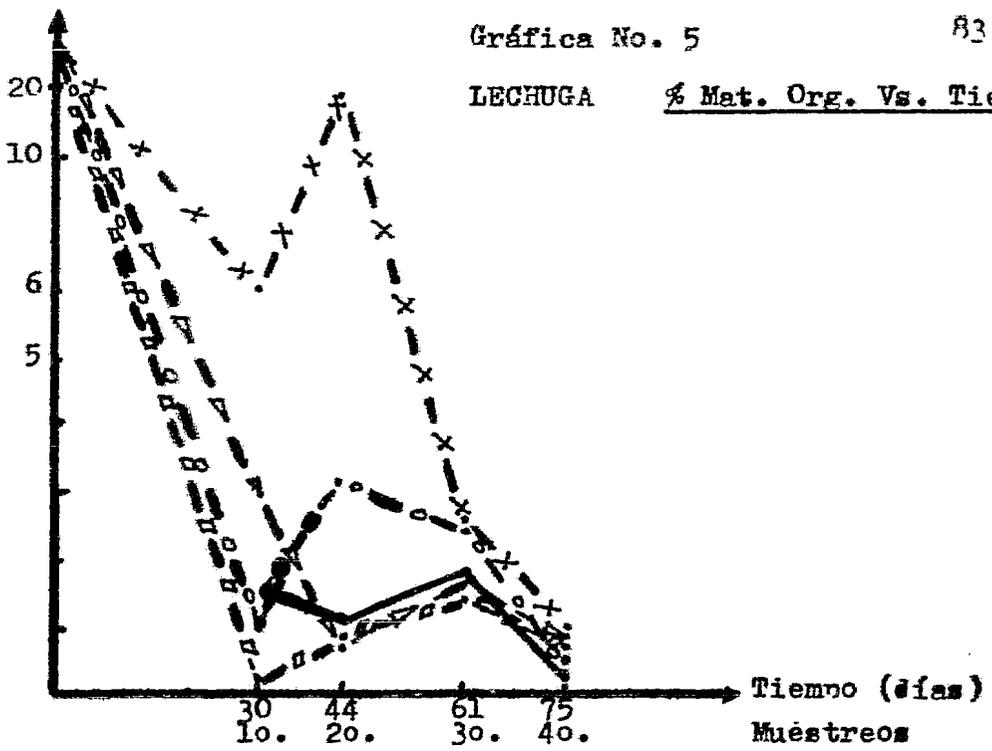




% Mat. org.

Gráfica No. 5

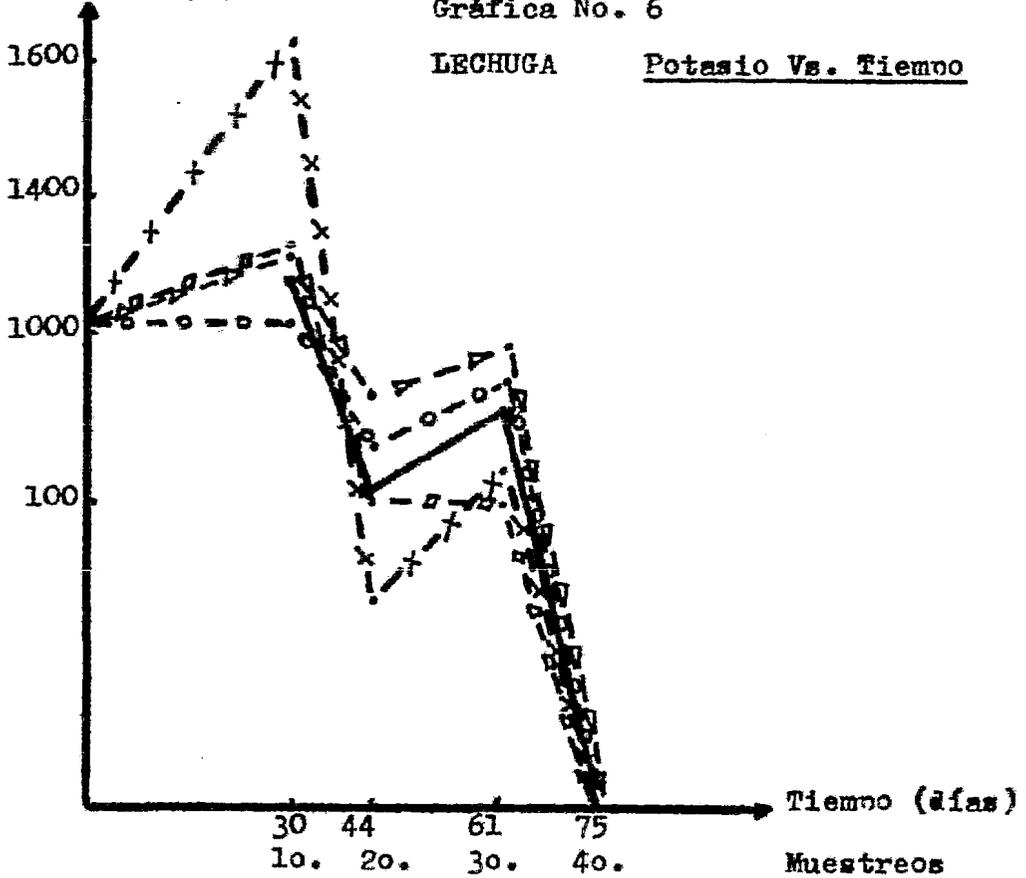
LECHUGA % Mat. Org. Vs. Tiempo

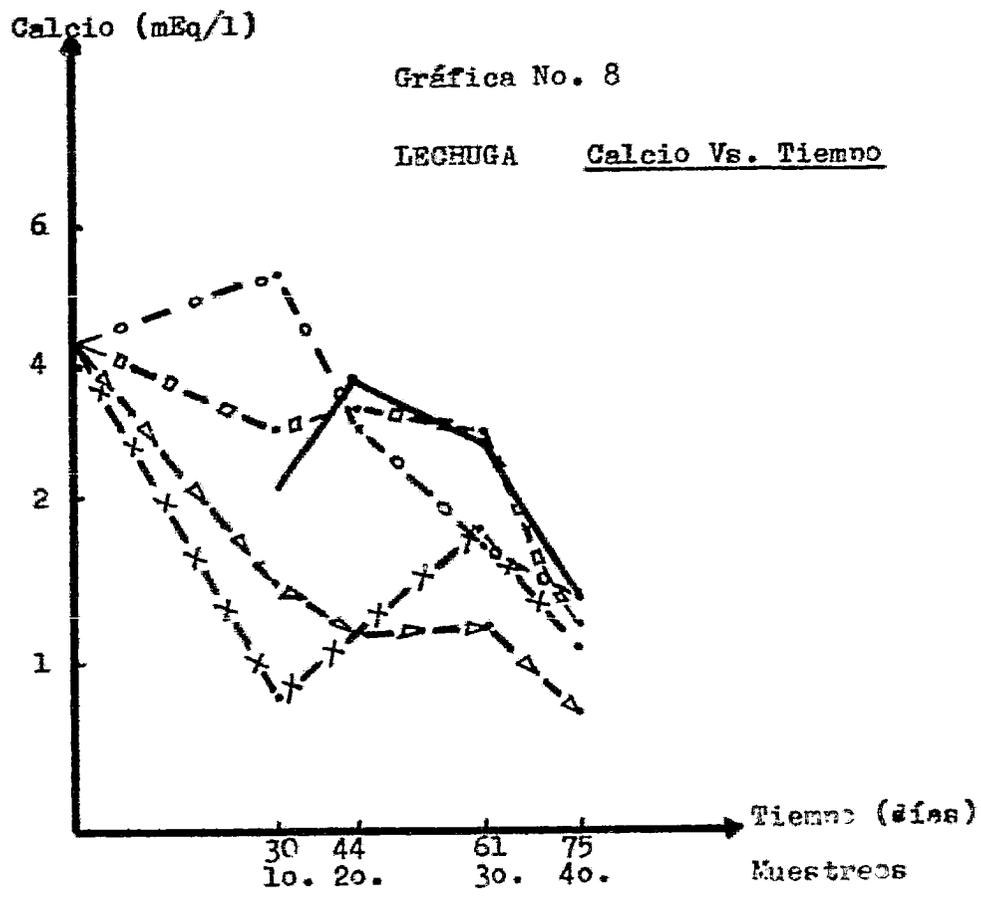
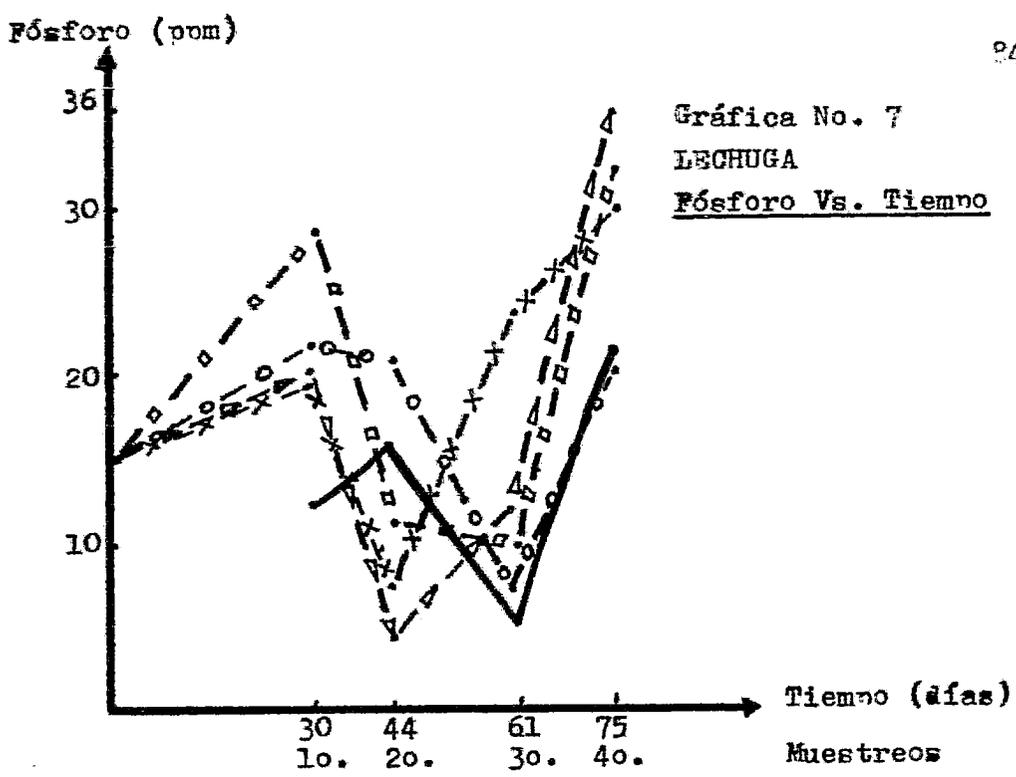


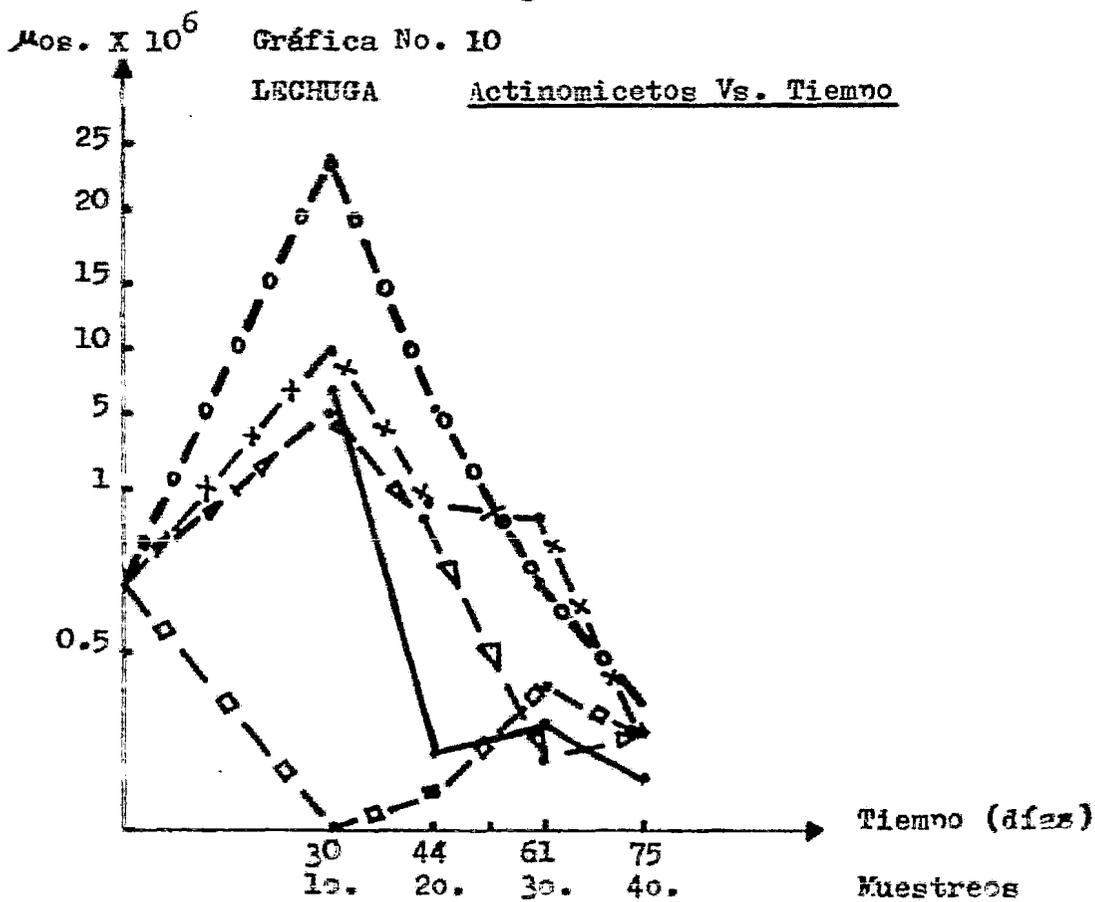
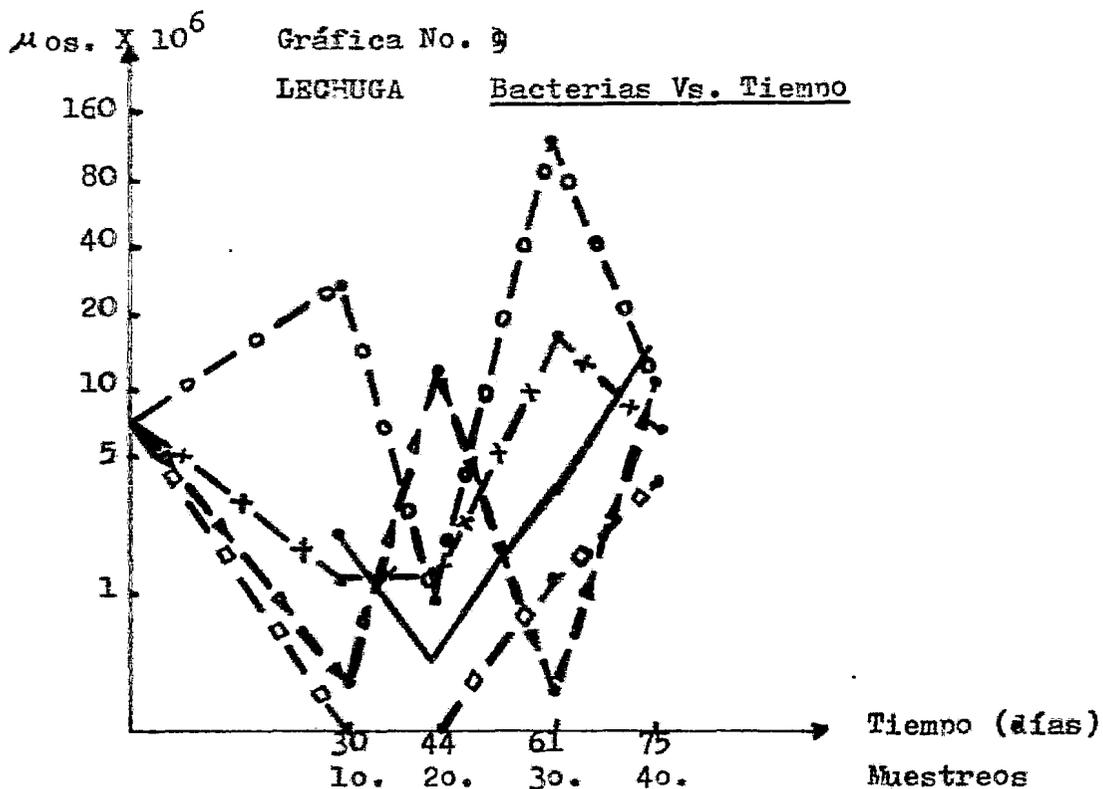
Potasio (ppm)

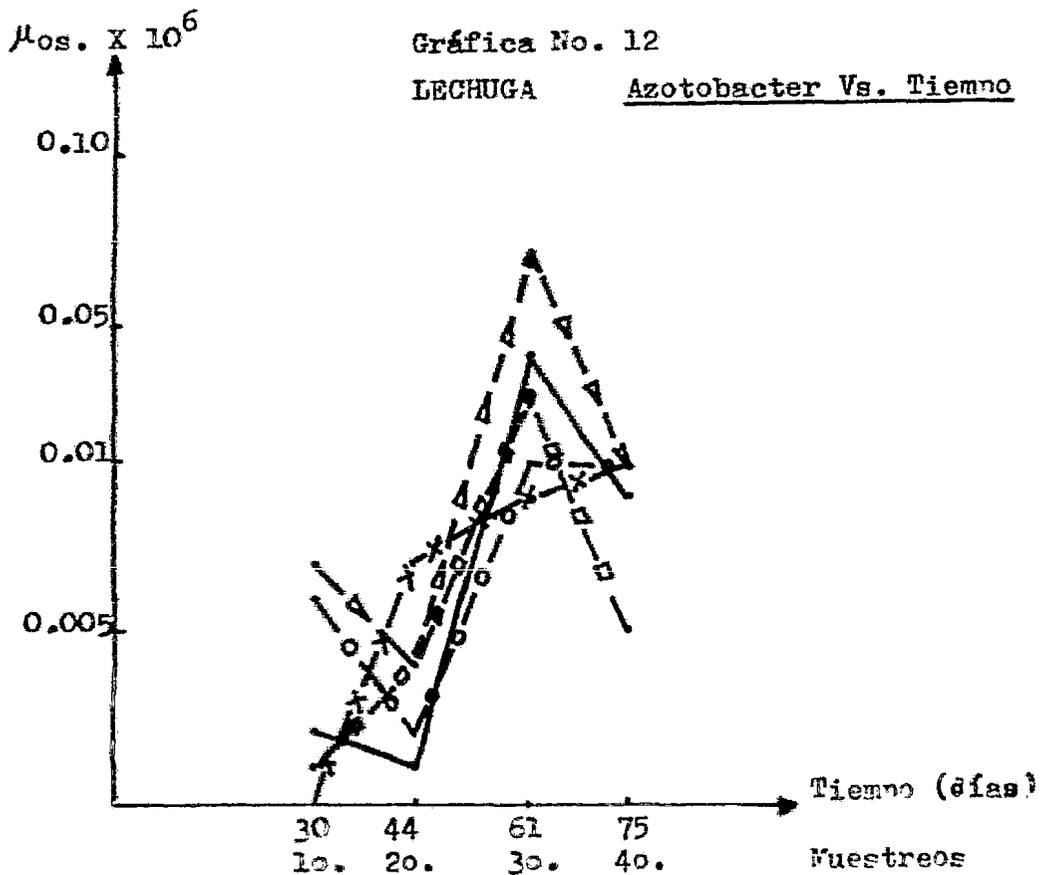
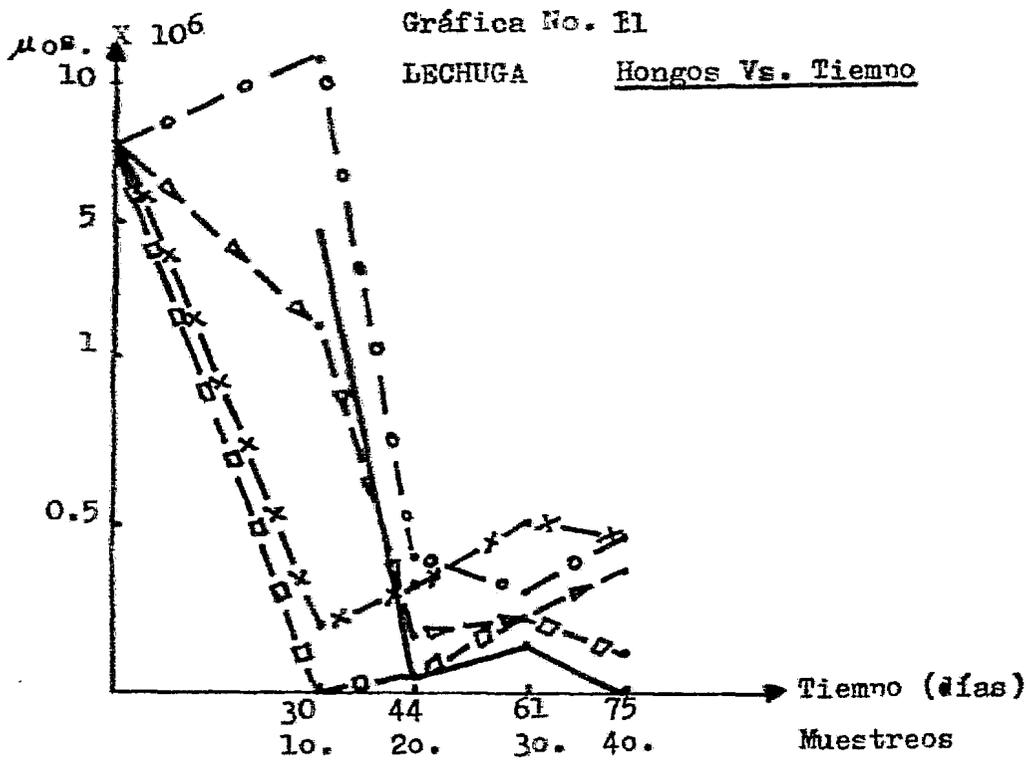
Gráfica No. 6

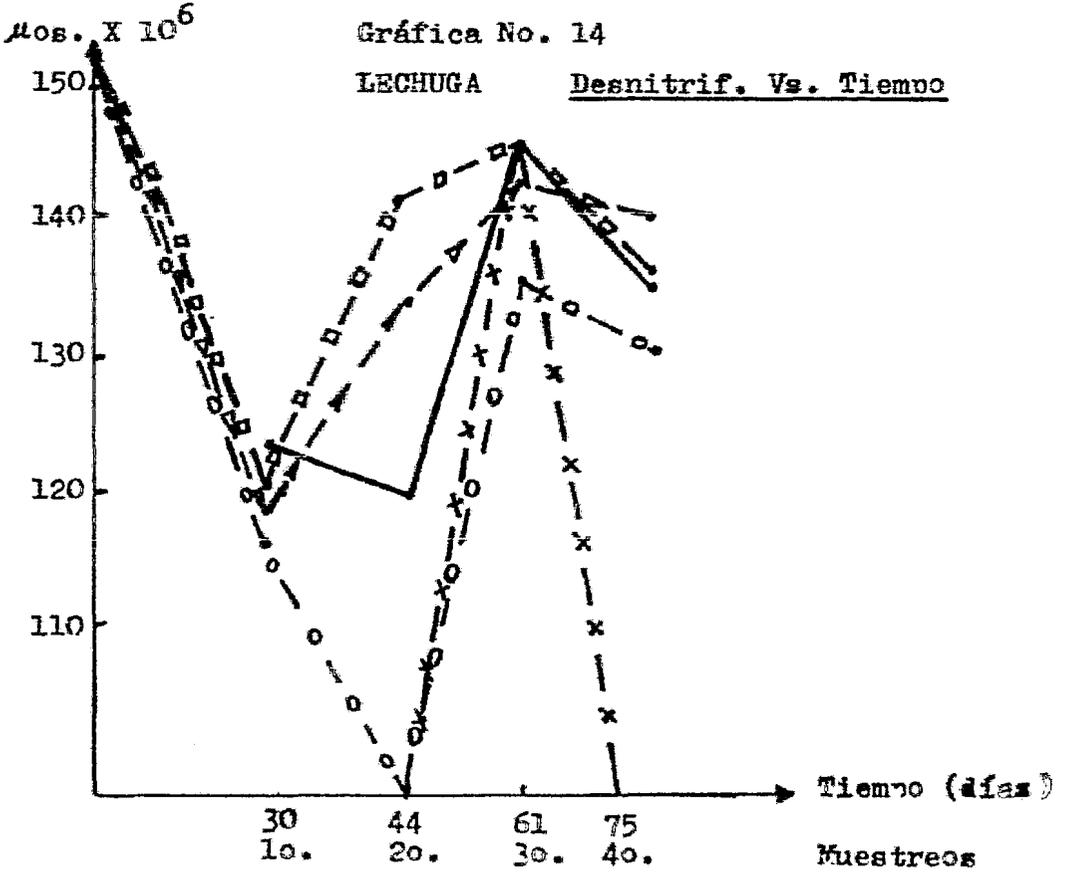
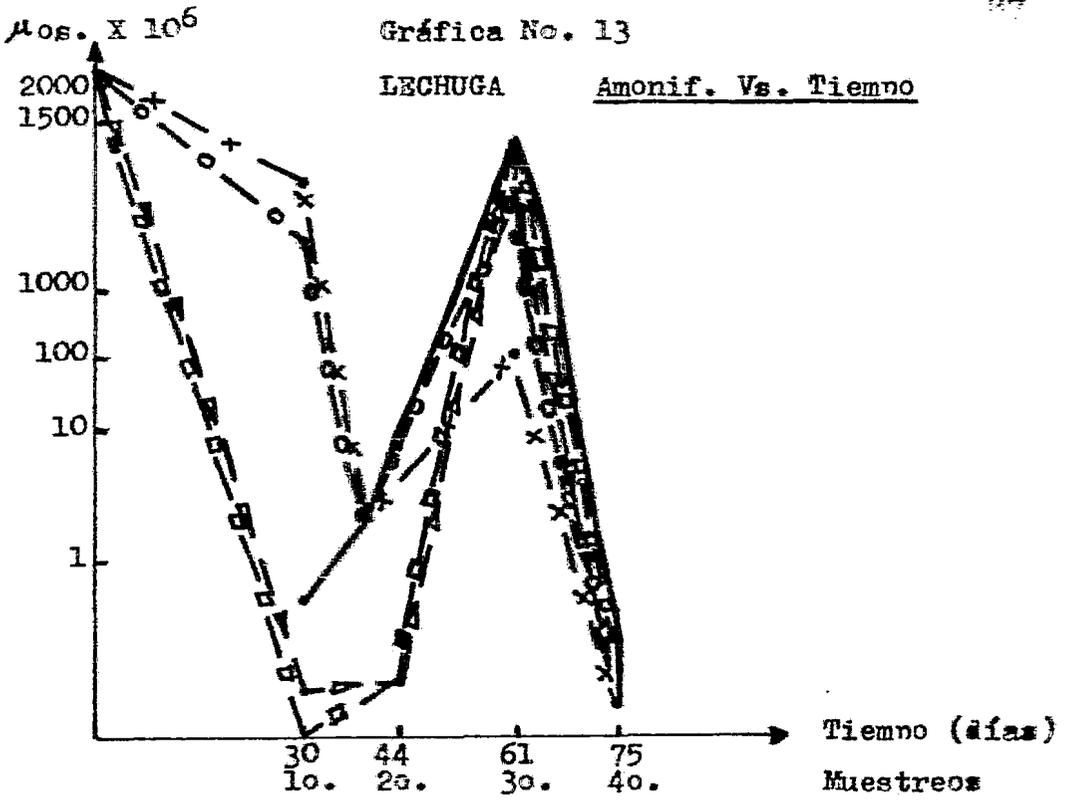
LECHUGA Potasio Vs. Tiempo

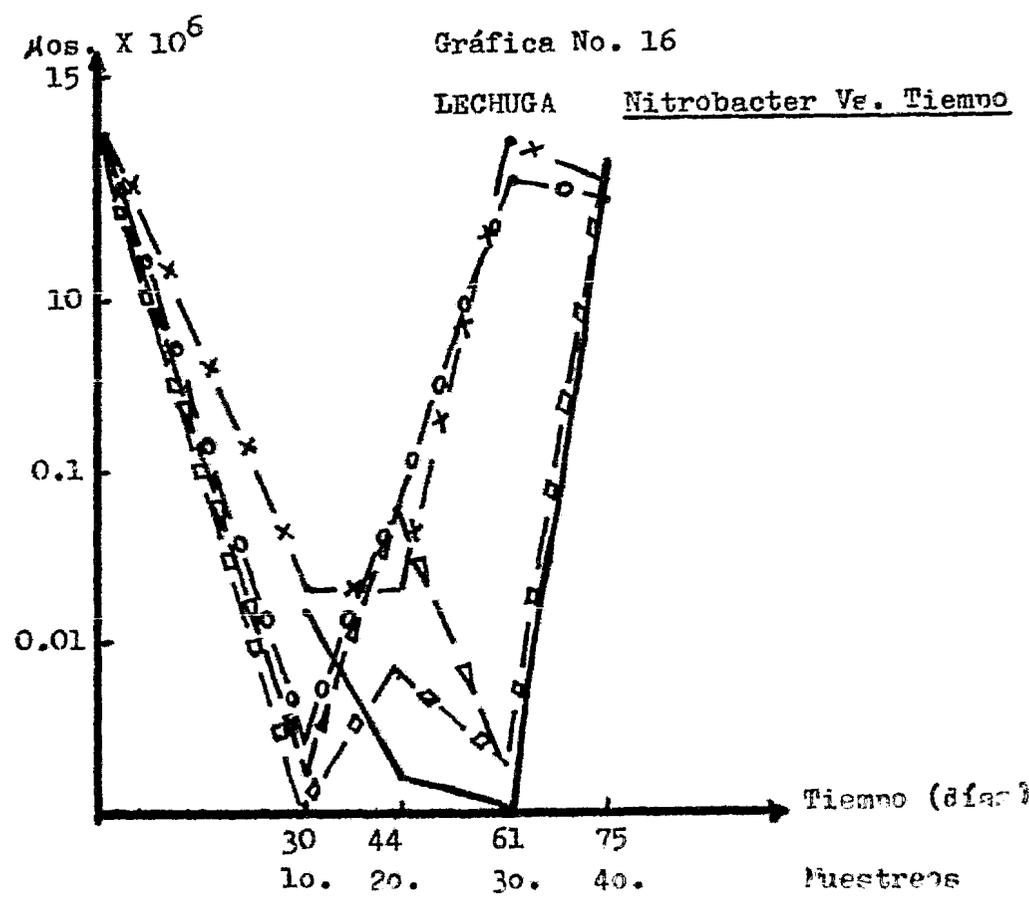
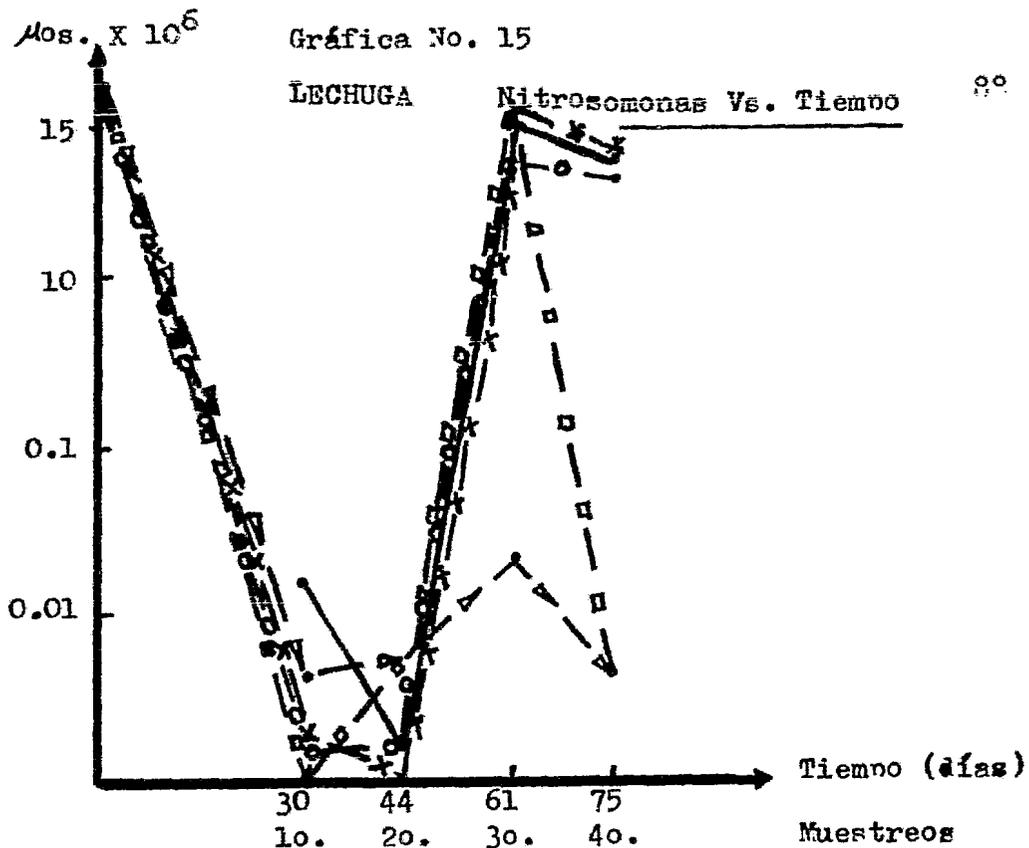


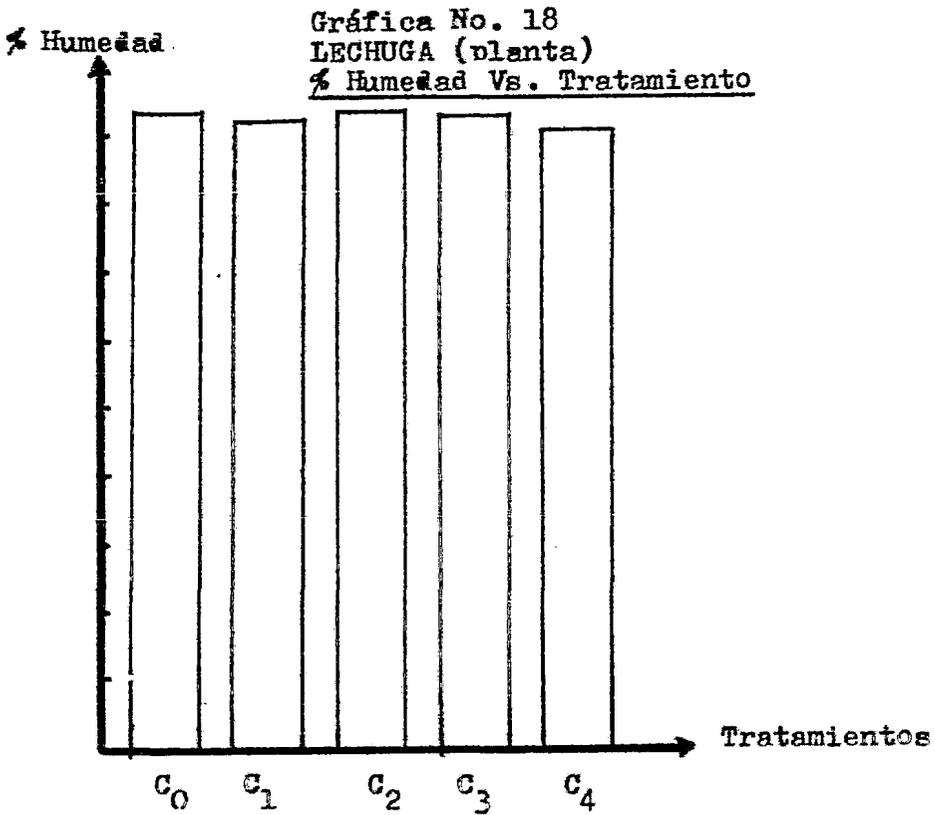
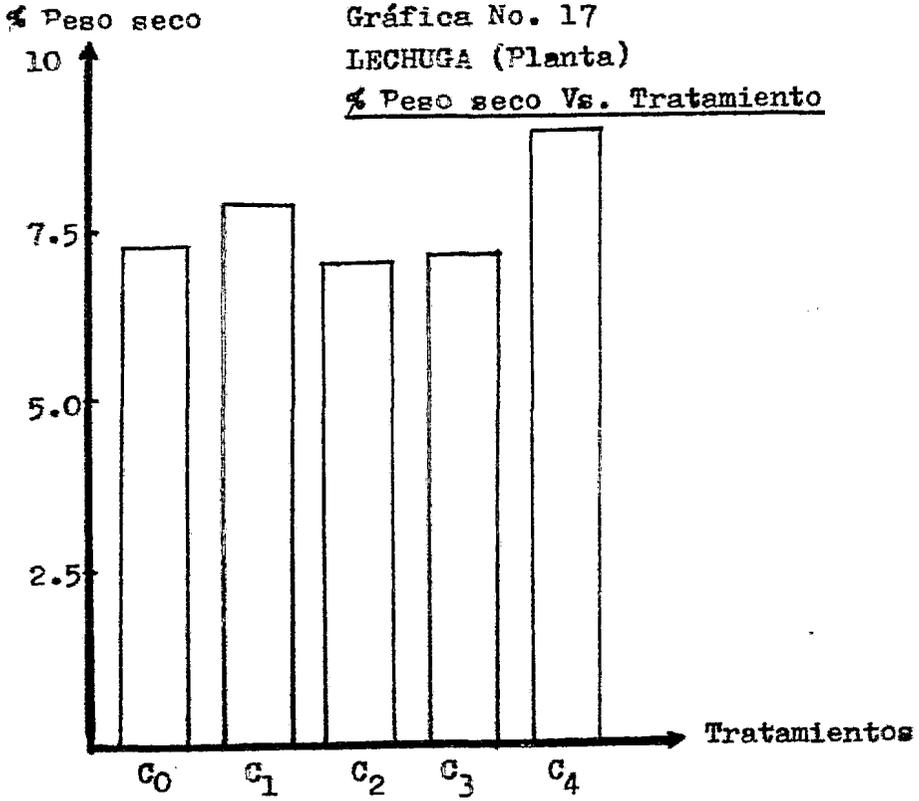


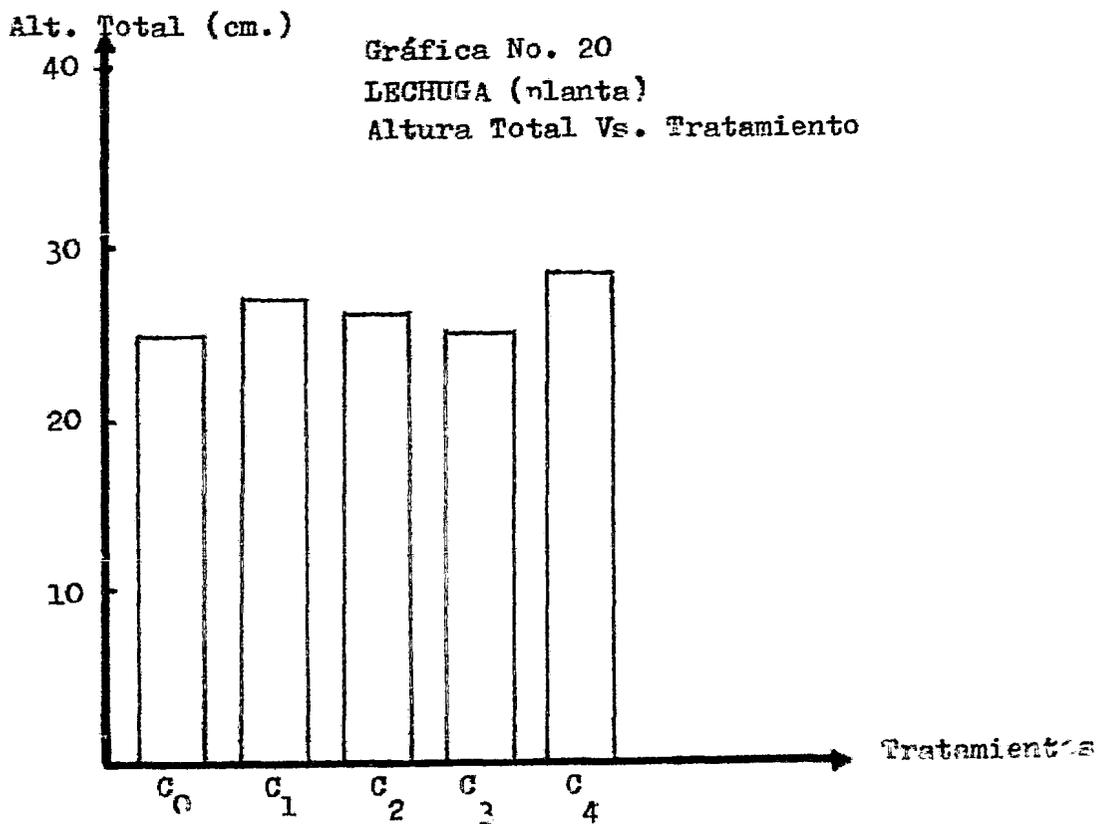
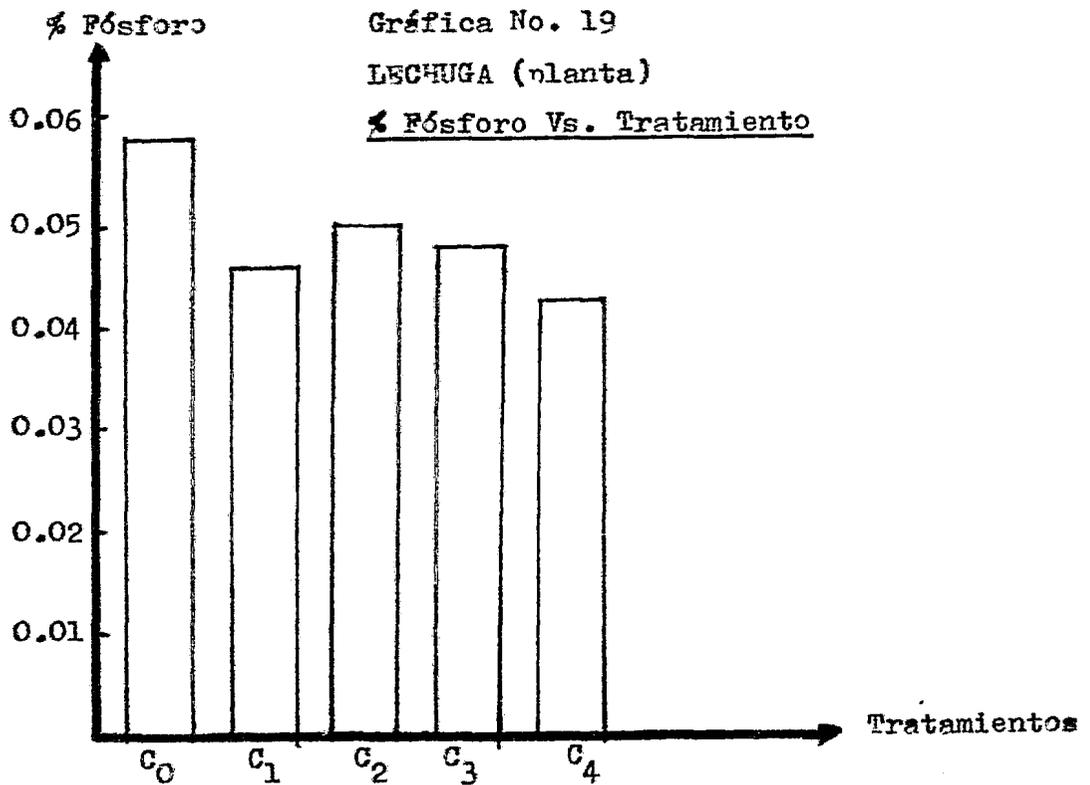


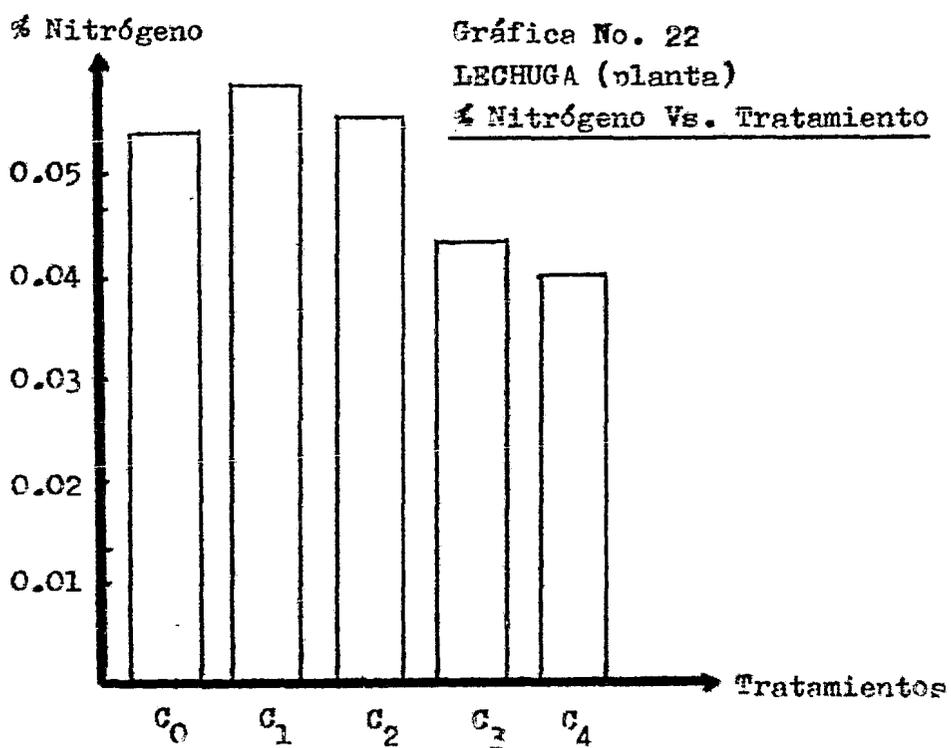
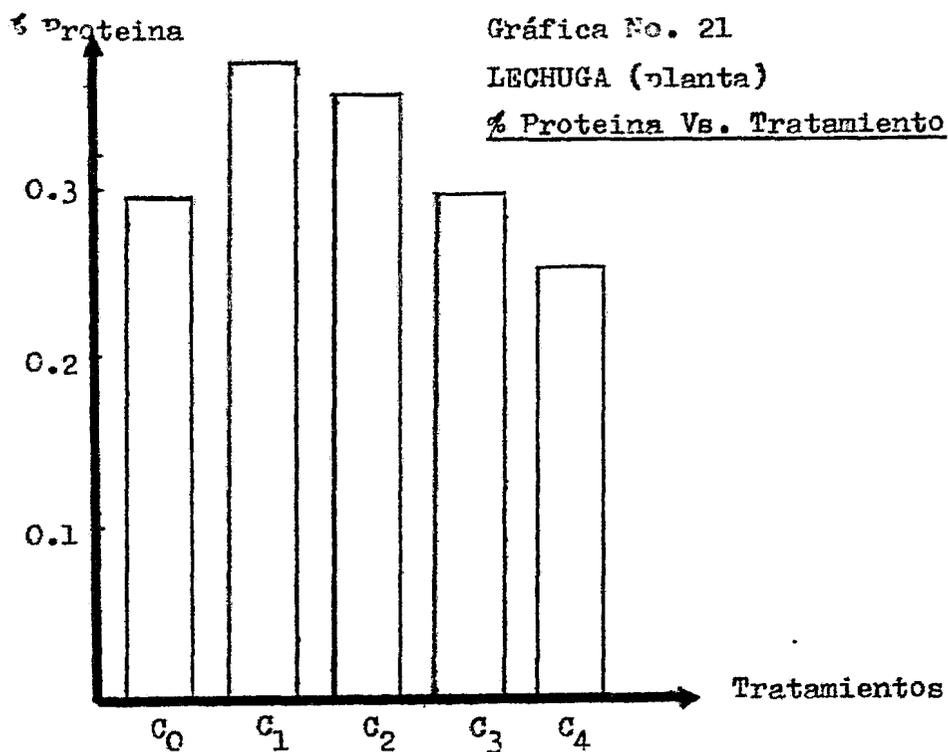












RESULTADOS DE LAS DETERMINACIONES FISICAS EFECTUADAS
EN LAS MUESTRAS DEL SOPORTE EN LAS PLANTAS DE RABANO

Tabla No. 23.- pH

TRATAMIENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
C ₀	7.7	8.35	7.85	7.35
C ₁	8.7	8.3	7.9	7.2
C ₂	8.5	7.7	8.1	7.4
C ₃	8.8	8.35	8.65	7.3
C ₄	8.85	8.05	8.3	7.35

Tabla No. 24.- % de humedad

TRATAMIENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
C ₀	10.18	19.88	20.08	14.24
C ₁	10.52	18.1	13.00	31.85
C ₂	19.86	10.03	20.31	15.55
C ₃	13.15	21.25	12.69	15.99
C ₄	12.71	17.35	11.20	34.04

Tabla No. 25.- % de peso seco

TRATAMIENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
C ₀	88.82	80.12	79.92	85.76
C ₁	85.48	81.9	87.00	68.15
C ₂	80.14	88.97	79.69	84.45
C ₃	86.85	78.75	87.31	84.01
C ₄	87.29	82.65	88.15	65.96

RESULTADOS DE LAS DETERMINACIONES QUIMICAS EFECTUADAS
EN LAS MUESTRAS DEL SOPORTE EN LAS PLANTAS DE RABANO

Tabla No. 26.- % de nitrógeno total

TRATAMIENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
C ₀	0.187	0.104	0.070	0.0032
C ₁	0.187	0.239	0.096	0.0082
C ₂	0.733	0.217	0.096	0.0070
C ₃	0.545	0.17	0.192	0.0133
C ₄	0.16	0.474	0.283	0.0254

Tabla No. 27.- % de materia orgánica

TRATAMIENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
C ₀	0.384	0.765	0.767	0.441
C ₁	0.308	1.01	1.665	1.518
C ₂	0.344	1.84	2.84	1.062
C ₃	0.238	2.53	2.449	1.929
C ₄	0.711	4.50	5.23	5.125

Tabla No. 28.- Nitrógeno soluble (mEq/100 g muestra)

TRATAMIENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
C ₀	---	0.144	0.080	0.102
C ₁	---	0.092	0.064	0.173
C ₂	---	0.115	0.10	0.10
C ₃	0.18	0.187	0.146	0.157
C ₄	---	0.188	0.144	0.163

Tabla No. 29.- Potasio (ppm)

TRATAMIENTO	MUESTRAS			
	1	2	3	4
C ₀	456	237.1	34.4	4.6
C ₁	223.5	1031.7	45.9	8.0
C ₂	1266.6	1305.9	34.5	7.99
C ₃	1439.2	1726.9	65.8	10.1
C ₄	681.6	1367.2	26.1	47.7

Tabla No. 30.- Fósforo (ppm)

TRATAMIENTO	MUESTRAS			
	1	2	3	4
C ₀	49.8	22.0	12.0	12.1
C ₁	34.3	18.9	10.1	37.8
C ₂	44.7	23.84	29.6	25.3
C ₃	18.1	20.4	13.7	19.1
C ₄	30.3	20.26	17.2	39.8

Tabla No. 31.- Calcio (mEq/l)

TRATAMIENTO	MUESTRAS			
	1	2	3	4
C ₀	11.31	3.8	0.8	0.8
C ₁	25.1	3.5	1.6	1.4
C ₂	17.88	1.2	1.8	0.9
C ₃	18.4	5.7	3.0	1.3
C ₄	21.67	3.6	2.4	2.2

RESULTADOS DE LOS ANALISIS MICROBIOLÓGICOS EFECTUADOS EN
LAS MUESTRAS DEL SOPORTE EN LAS PLANTAS DE RABANO

Tabla No. 32.- Bacterias/g de soporte ($\times 10^6$)

TRATAMIENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
C ₀	0.48	7.3	0.59	7.1
C ₁	0.47	0.96	2.8	5.4
C ₂	0.59	0.36	1.9	8.3
C ₃	1.09	0.24	4.6	18.9
C ₄	4.1	0.14	1.1	13.1

Tabla No. 33.- Actinomicetos/g de soporte ($\times 10^6$)

TRATAMIENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
C ₀	2.7	0.031	0.15	0.064
C ₁	4.8	5.4	1.04	0.16
C ₂	4.3	4.4	1.6	3.7
C ₃	2.8	2.1	1.6	1.5
C ₄	3.5	4.5	0.21	3.0

Tabla No. 34.- Hongos/g de soporte ($\times 10^6$)

TRATAMIENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
C ₀	0.0072	0.040	0.073	0.67
C ₁	0.48	0.45	1.1	0.99
C ₂	0.63	0.58	0.84	0.10
C ₃	0.85	1.3	0.83	1.3
C ₄	4.2	1.8	0.39	1.8

Tabla No. 35.- Azotobacter/g de sonorte ($\times 10^6$)

TRATAMIENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
C ₀	----	0.052	0.015	0.044
C ₁	----	0.007	0.012	0.0059
C ₂	----	0.35	0.011	0.01
C ₃	----	0.013	0.015	0.008
C ₄	----	0.013	0.015	0.01

Tabla No. 36.- Amonificantes/g de sonorte ($\times 10^6$)

TRATAMIENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
C ₀	0.66	2.4	1376.3	0.029
C ₁	1229.3	0.73	1264.3	0.036
C ₂	1372.5	2.7	1380.3	0.029
C ₃	0.069	1.6	1259.8	0.029
C ₄	0.28	8.4	1106.0	0.37

Tabla No. 37.- Desnitrificantes/g de sonorte ($\times 10^6$)

TRATAMIENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
C ₀	122.4	137.2	0.31	0.0006
C ₁	122.9	134.3	0.80	0.0008
C ₂	137.2	122.2	138.0	0.0002
C ₃	126.6	139.6	0.80	0.0002
C ₄	126.0	133.0	110.6	0.0090

Tabla No. 38.- Nitrosomonas/g de sonorte ($\times 10^6$)

TRATAMIENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
C ₀	0.077	0.0031	0.087	0.0069
C ₁	0.078	13.4	0.80	0.0088
C ₂	0.087	12.3	0.0075	0.029
C ₃	12.6	13.9	0.080	0.029
C ₄	12.6	13.3	0.006	0.037

Tabla No. 39.- Nitrobacter/g de sonorte ($\times 10^6$)

TRATAMIENTO	MUESTREOS			
	1	2	3	4
C ₀	0.077	0.00008	0.052	0.081
C ₁	0.078	13.4	12.6	0.10
C ₂	0.087	12.2	13.8	0.082
C ₃	0.0006	13.9	12.5	0.083
C ₄	0.0028	13.3	11.0	0.10

RESULTADOS DE LAS DETERMINACIONES FISICAS EFECTUADAS EN LAS PLANTAS DE RABANO COSECHADAS

Tabla No. 40.- Altura total (cm)

REPETICIONES	TRATAMIENTOS				
	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
1	31.33	25.66	34.16	30.33	49.0
2	35.5	31.66	32.0	34.5	42.33
3	36.66	24.0	22.5	35.5	37.0
4	33.66	36.0	27.33	37.33	38.66
5	23.66	40.0	51.33	30.33	44.66
\bar{x}	32.16	31.46	33.46	33.59	42.33

Tabla No. 41.- % de humedad

REPETICIONES	TRATAMIENTOS				
	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
1	89.02	92.20	90.14	92.96	88.91
2	75.55	90.08	89.26	89.61	90.06
3	71.56	89.03	90.79	90.02	91.12
4	90.00	89.05	89.35	95.9	86.71
5	94.60	86.34	87.79	89.19	88.98
\bar{x}	84.15	89.34	89.46	91.53	89.15

Tabla No. 42.- % de peso seco

REPETICIONES	TRATAMIENTOS				
	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
1	10.98	7.8	9.86	7.04	11.09
2	24.45	9.92	10.74	10.39	9.94
3	28.44	10.97	9.21	9.98	8.88
4	10.00	10.95	10.65	4.05	13.29
5	5.4	13.66	12.21	10.81	11.02
\bar{x}	15.85	10.66	10.53	8.45	10.84

RESULTADOS DE LAS DETERMINACIONES QUIMICAS EFECTUADAS EN LAS PLANTAS DE RABANO COSECHADAS

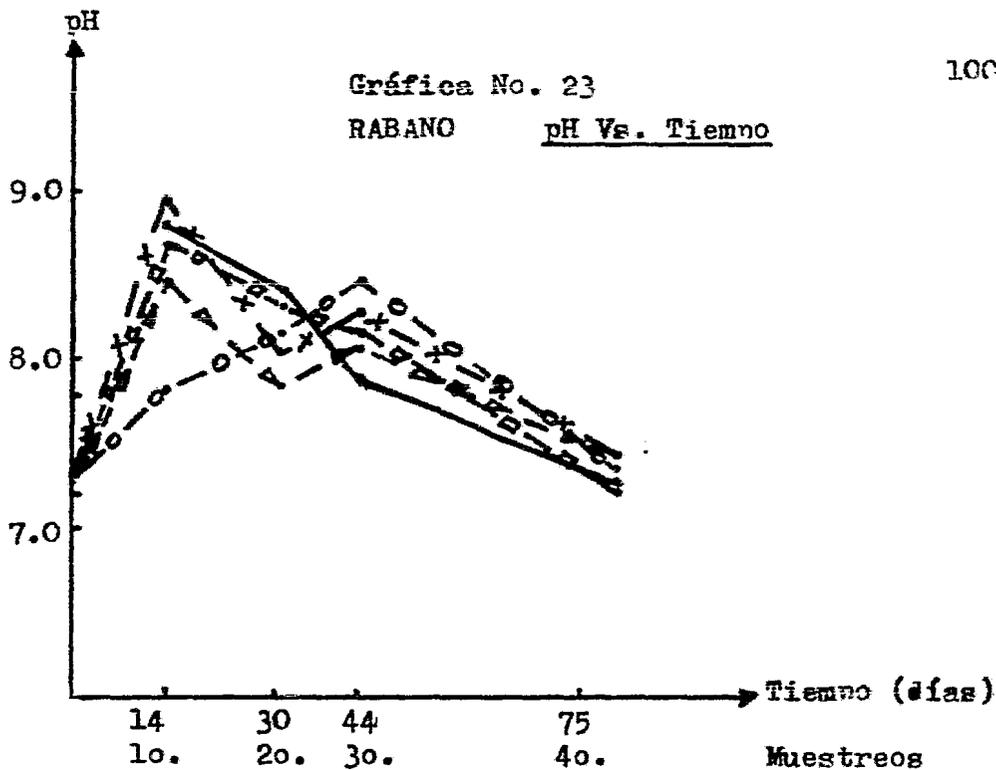
Tabla No. 43.- % de proteina

REPETICIONES	TRATAMIENTOS				
	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
1	0.29	0.27	0.21	0.2	0.19
2	0.27	0.29	0.21	0.32	0.28
3	0.27	0.30	0.27	0.31	0.29
4	0.31	0.19	0.27	0.35	0.24
5	0.34	0.11	0.24	0.28	0.28
\bar{x}	0.296	0.23	0.24	0.292	0.25

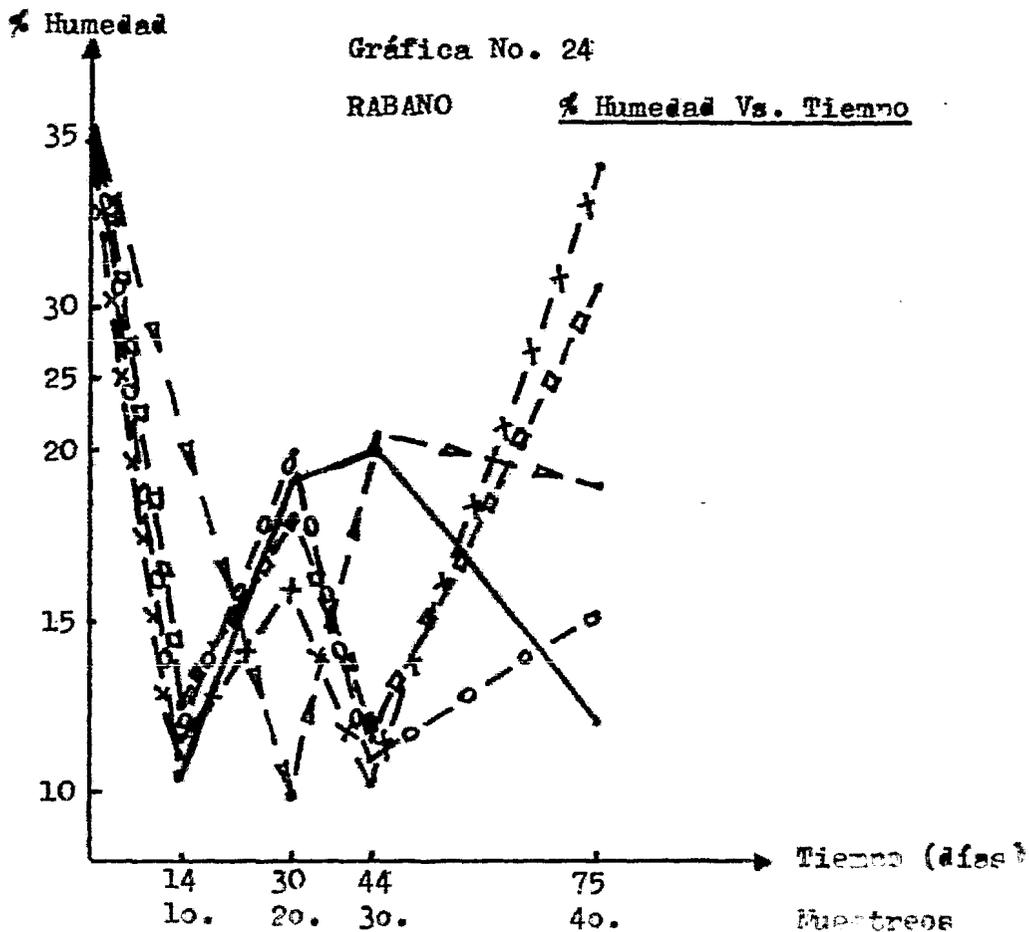
Tabla No. 44.- % de fósforo

REPETICIONES	TRATAMIENTOS				
	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
1	0.091	0.032	0.029	0.018	0.025
2	0.057	0.031	0.029	0.026	0.038
3	0.044	0.030	0.039	0.026	0.034
4	0.044	0.031	0.025	0.031	0.029
5	0.060	0.035	0.032	0.030	0.037
\bar{x}	0.059	0.031	0.030	0.026	0.032

Gráfica No. 23
RABANO pH Vs. Tiempo



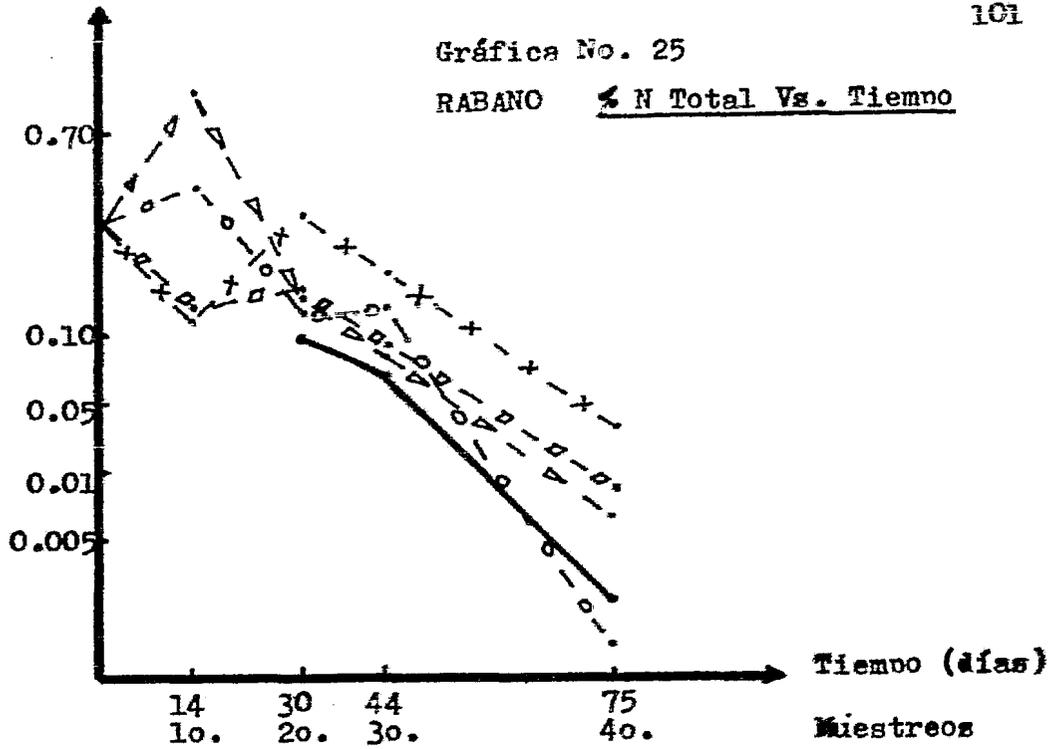
Gráfica No. 24
RABANO % Humedad Vs. Tiempo



% N Total

Gráfica No. 25

RABANO % N Total Vs. Tiempo

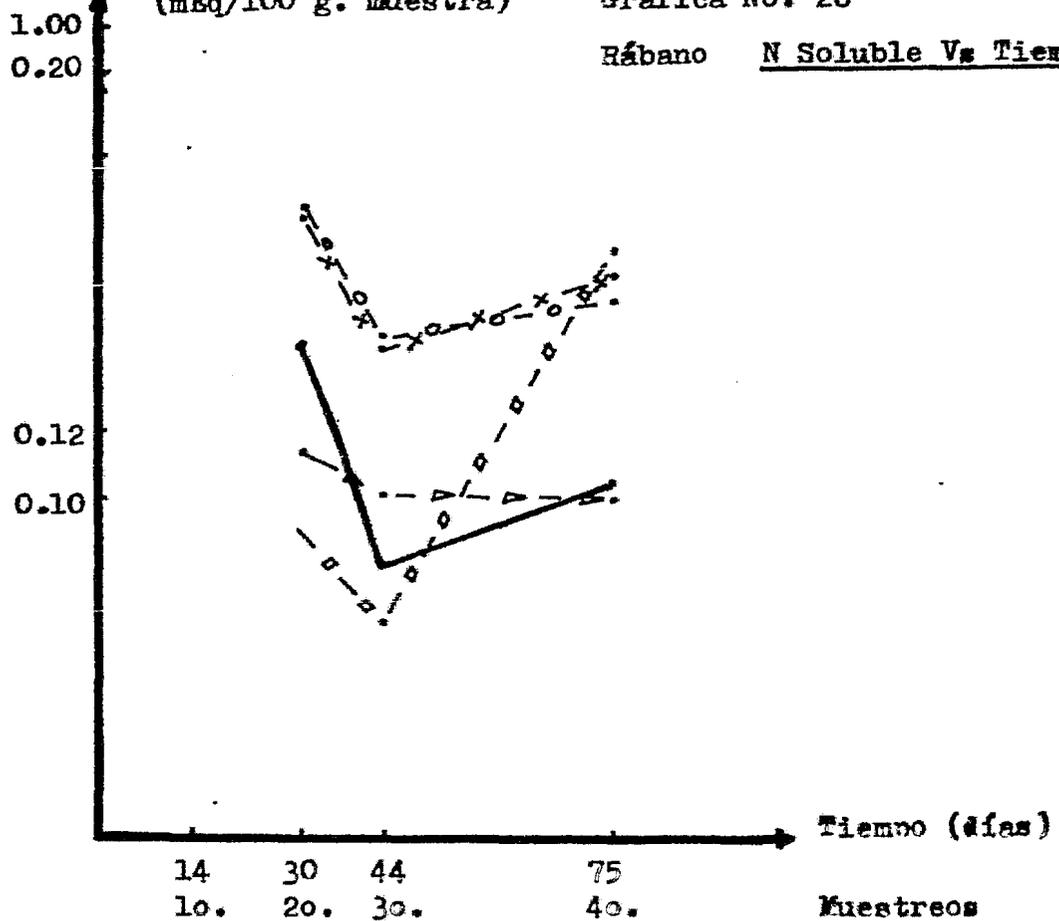


N soluble

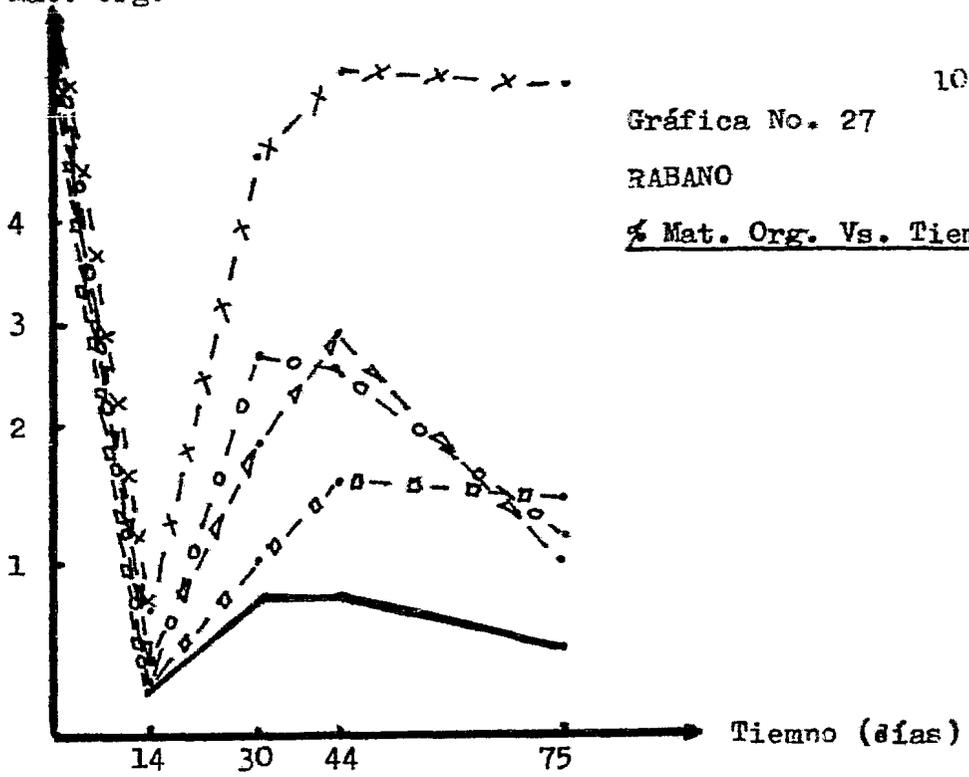
(mEq/100 g. muestra)

Gráfica No. 26

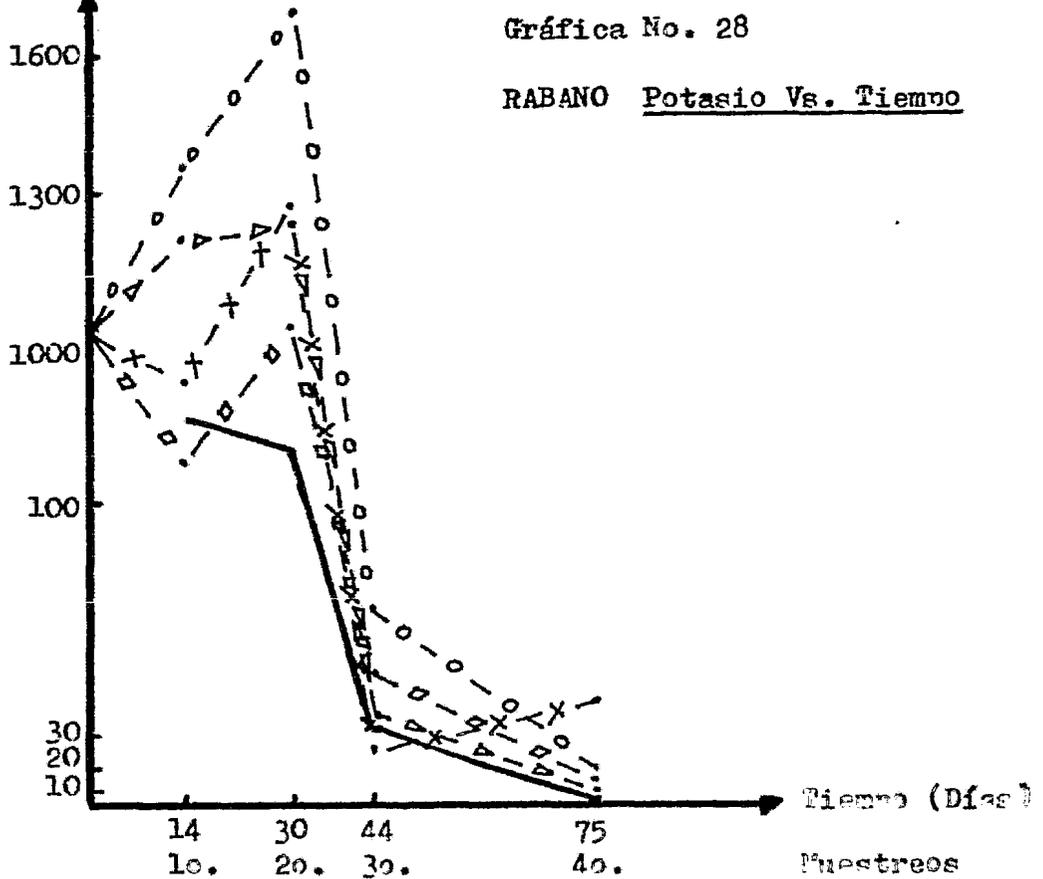
Rábano N Soluble Vs Tiempo



% Mat. org.



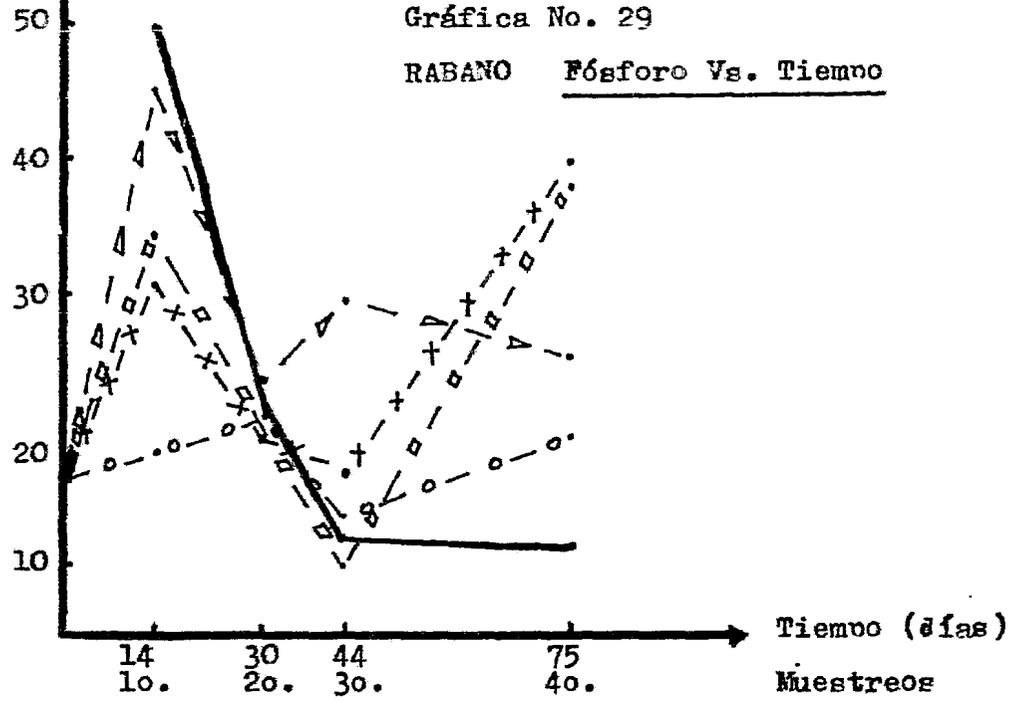
Potasio (ppm)



Fósforo (ppm)

Gráfica No. 29

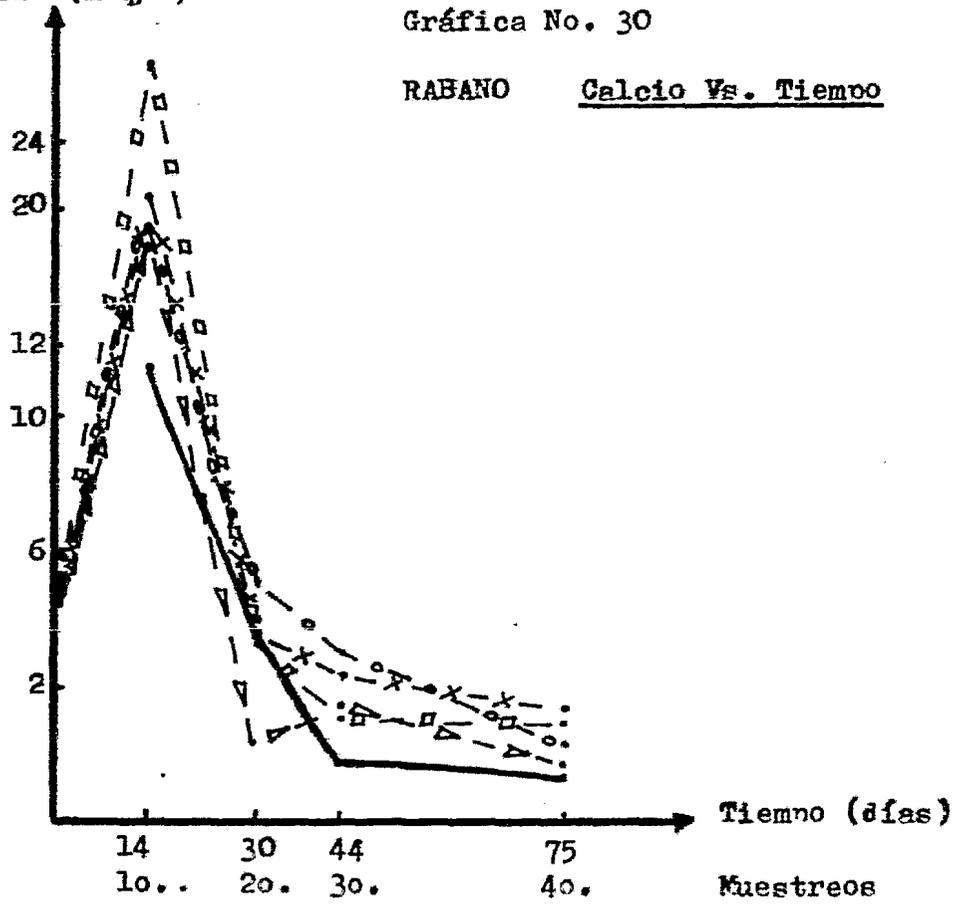
RABANO Fósforo Vs. Tiempo



Calcio (mEq/l)

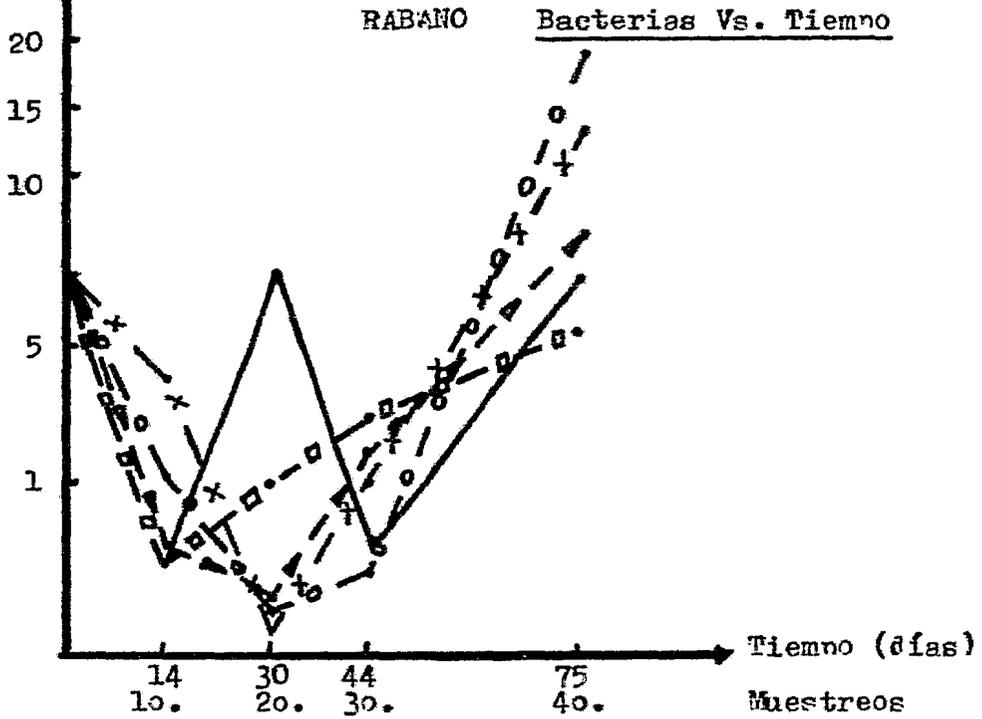
Gráfica No. 30

RABANO Calcio Vs. Tiempo



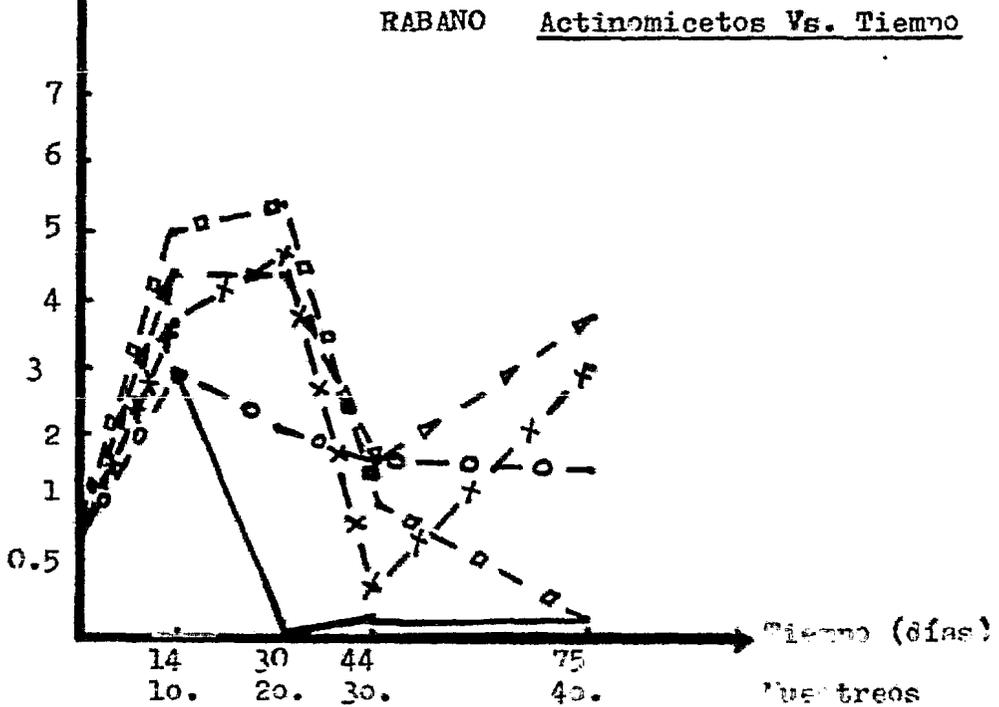
$\mu\text{os.} \times 10^6$

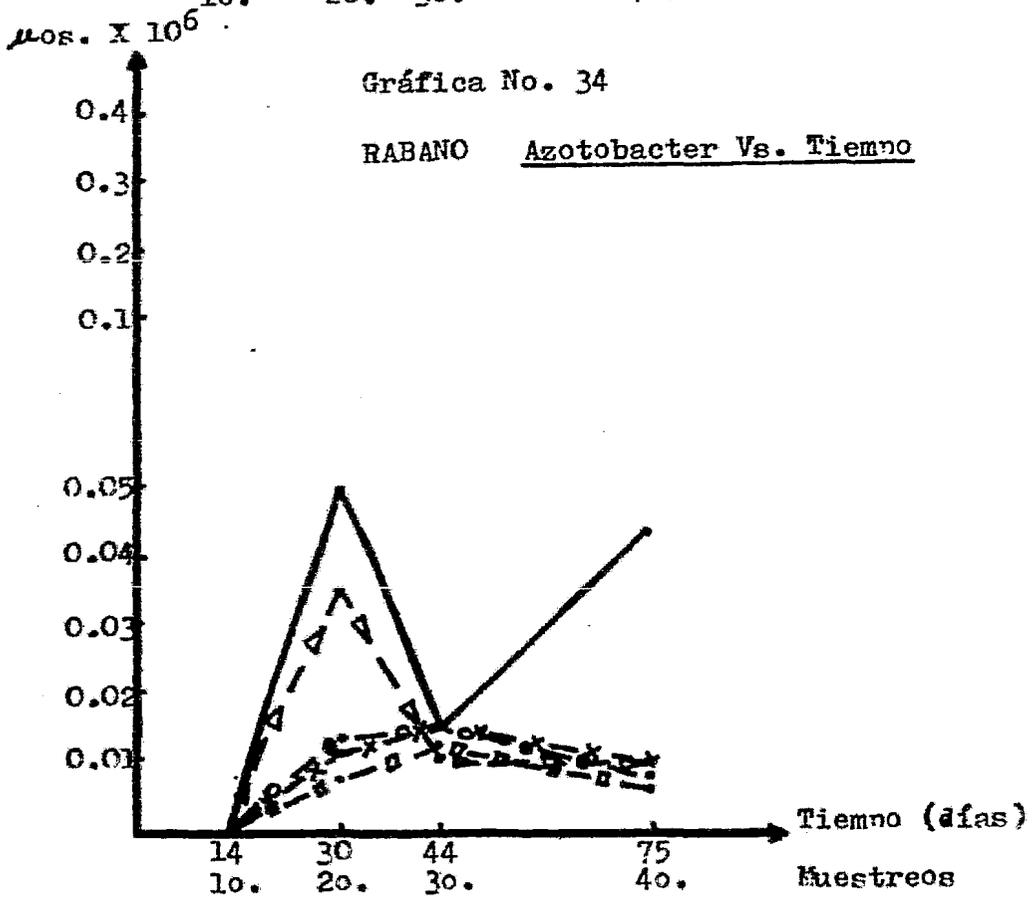
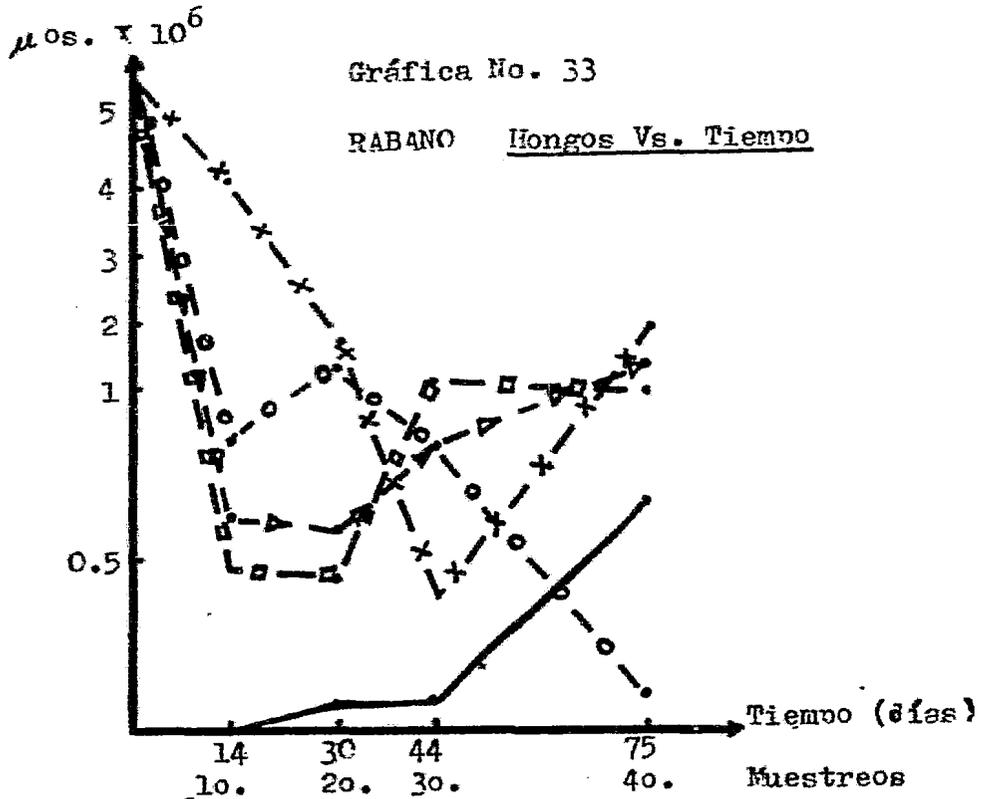
Gráfica No. 31



$\mu\text{os.} \times 10^6$

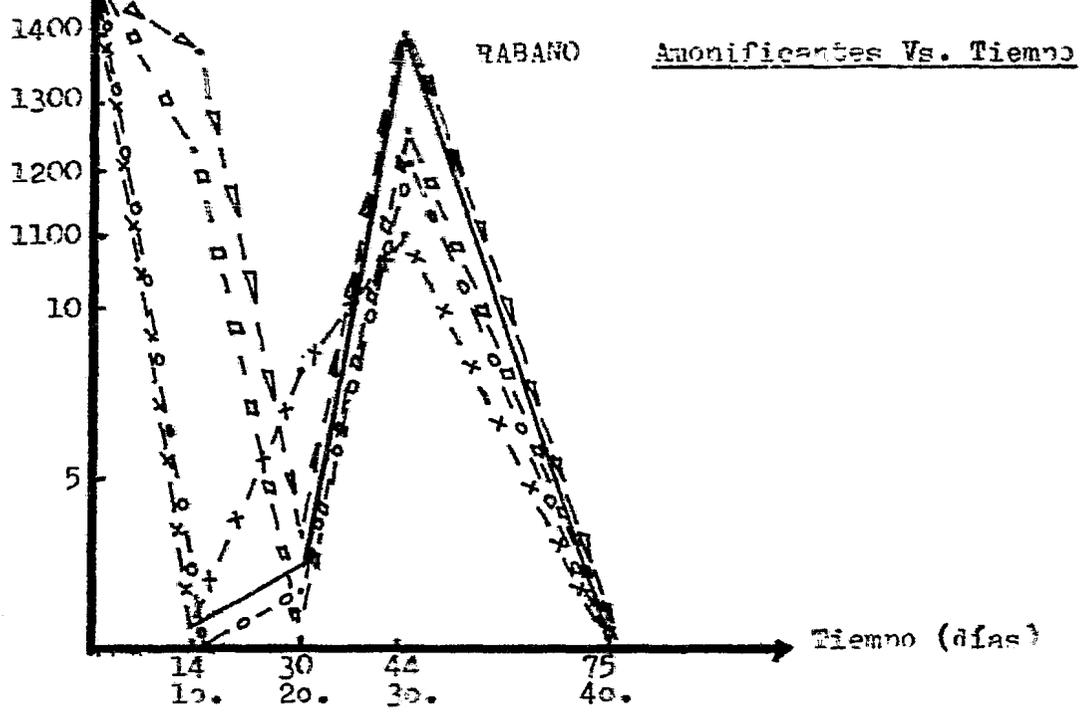
Gráfica No. 32





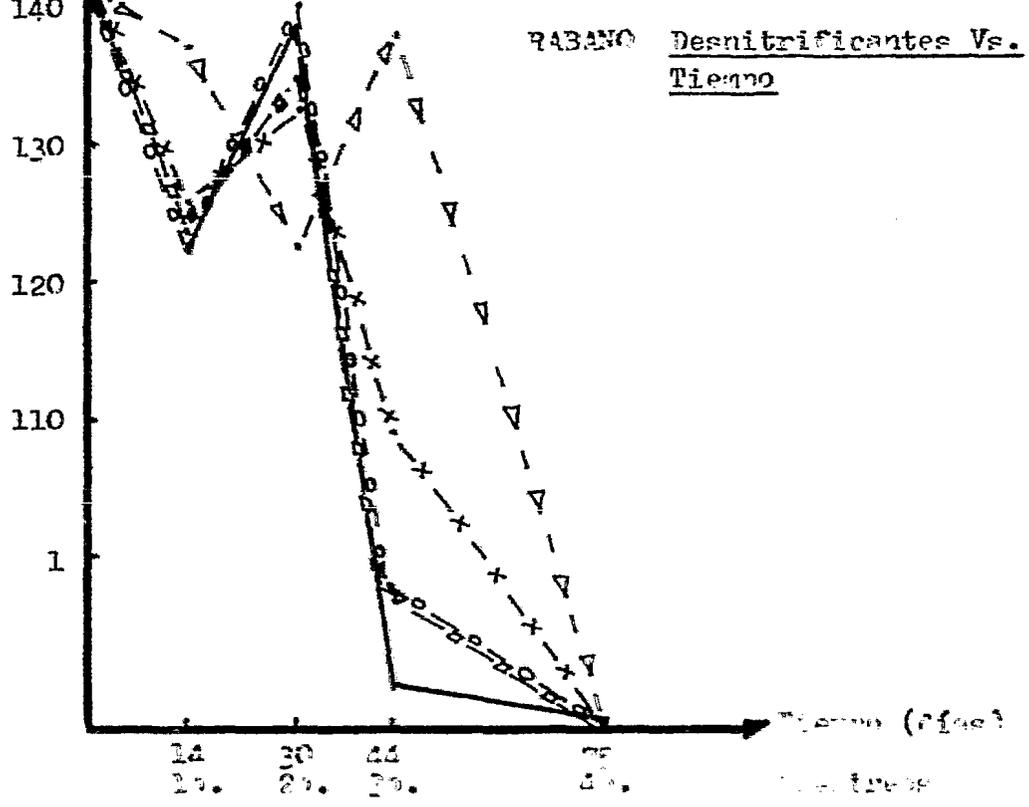
Mos. X 10⁶

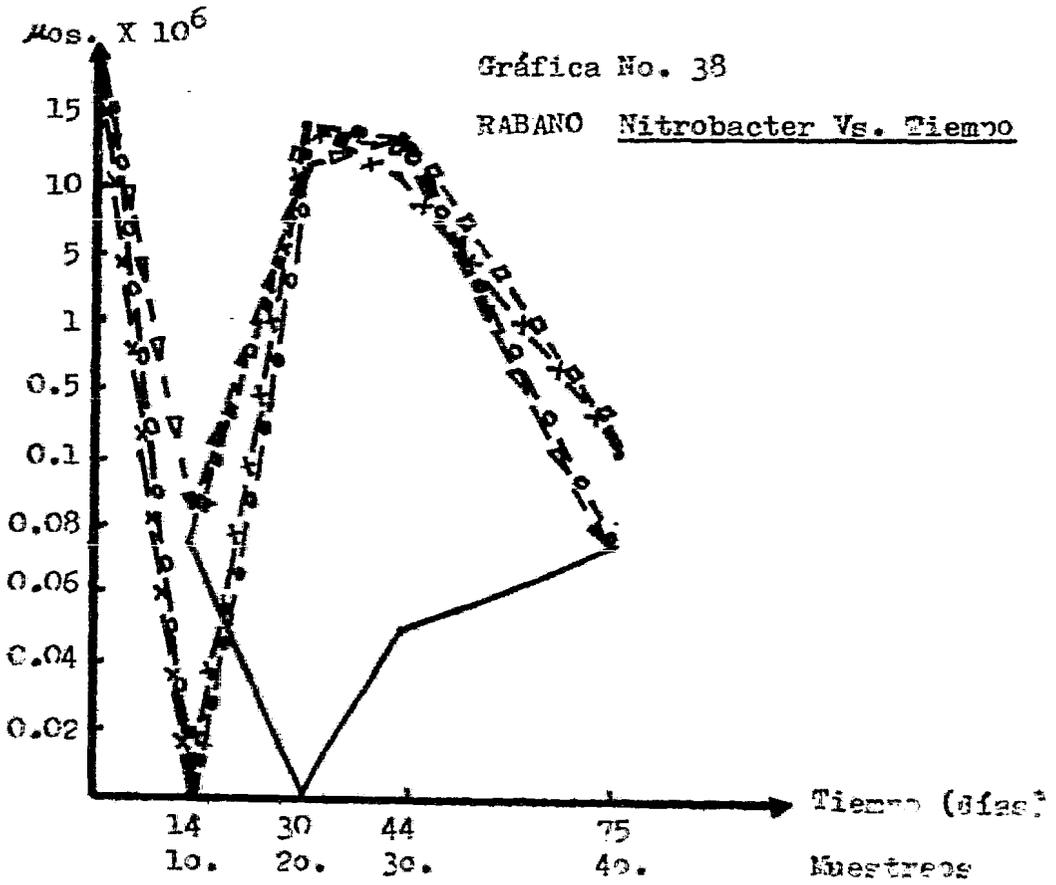
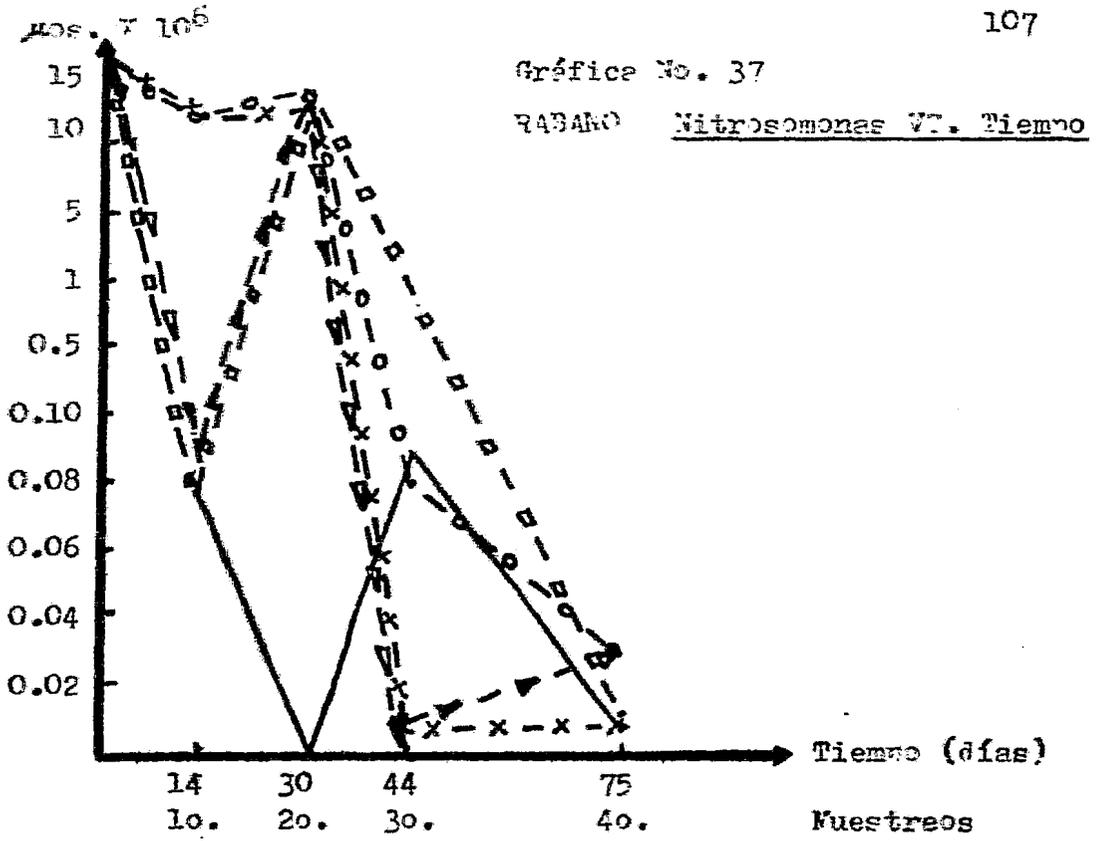
Gráfica No. 35



Mos. X 10⁶

Gráfica No. 36



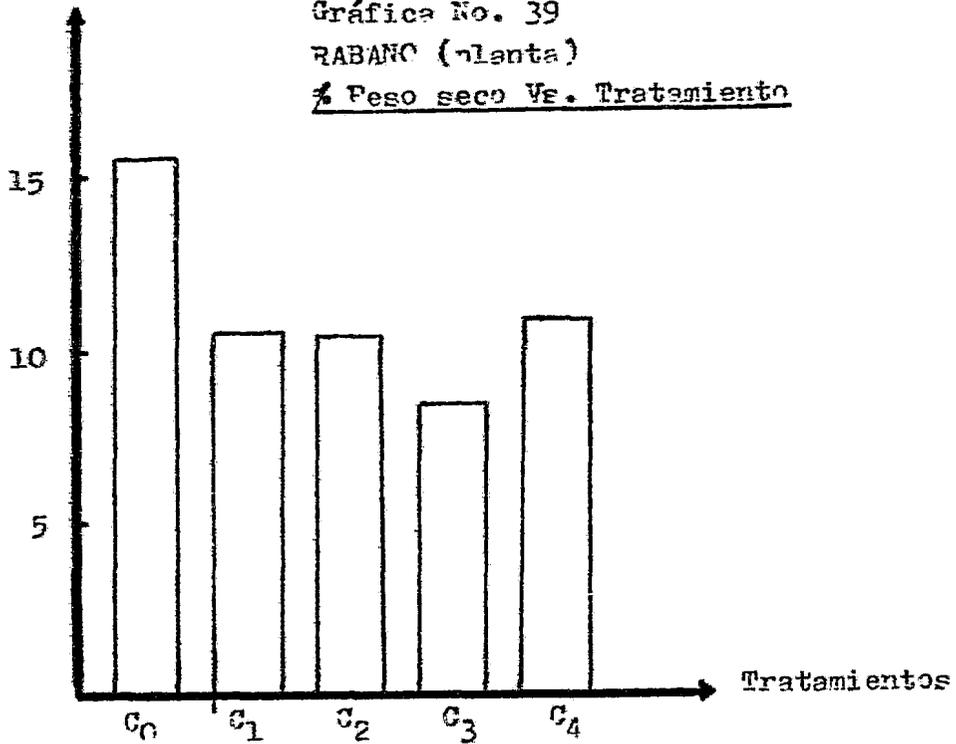


% Peso seco

Gráfica No. 39

RABANO (planta)

% Peso seco Vs. Tratamiento

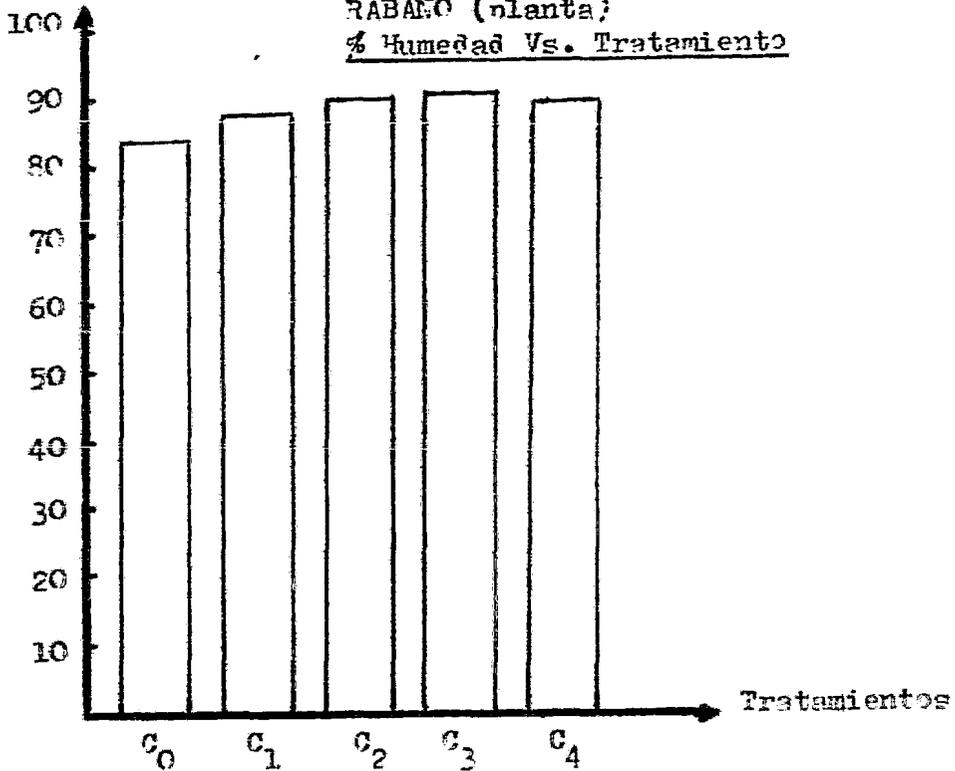


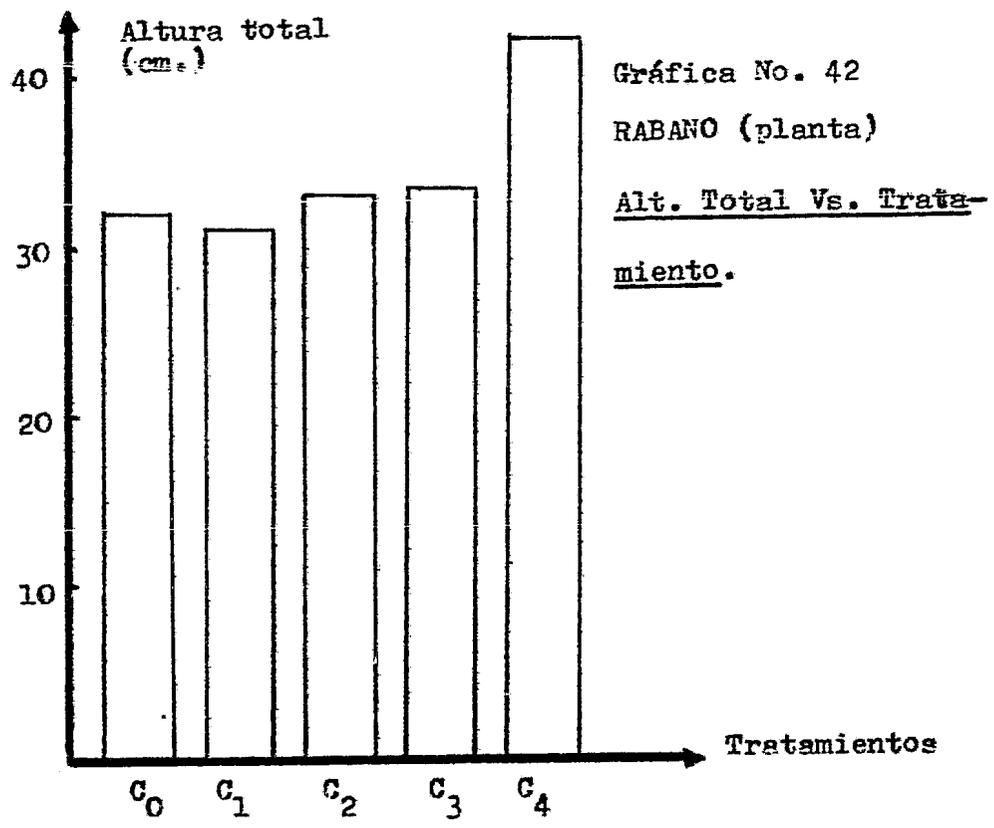
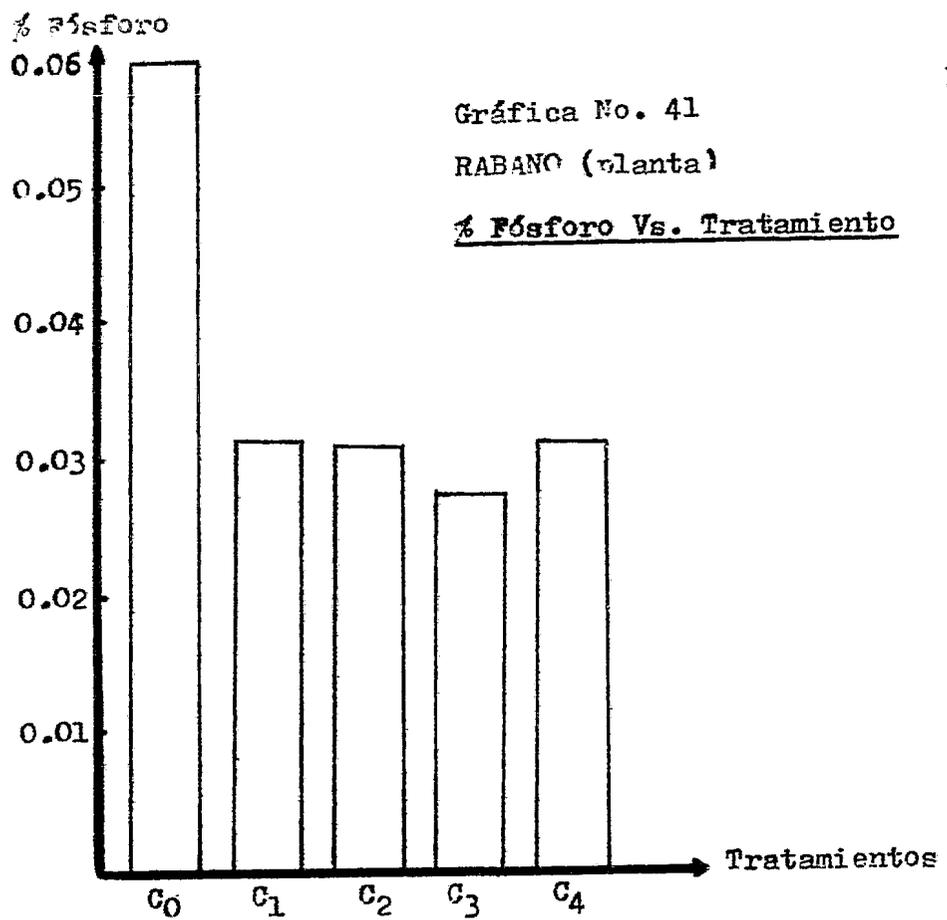
% Humedad

Gráfica No. 40

RABANO (planta)

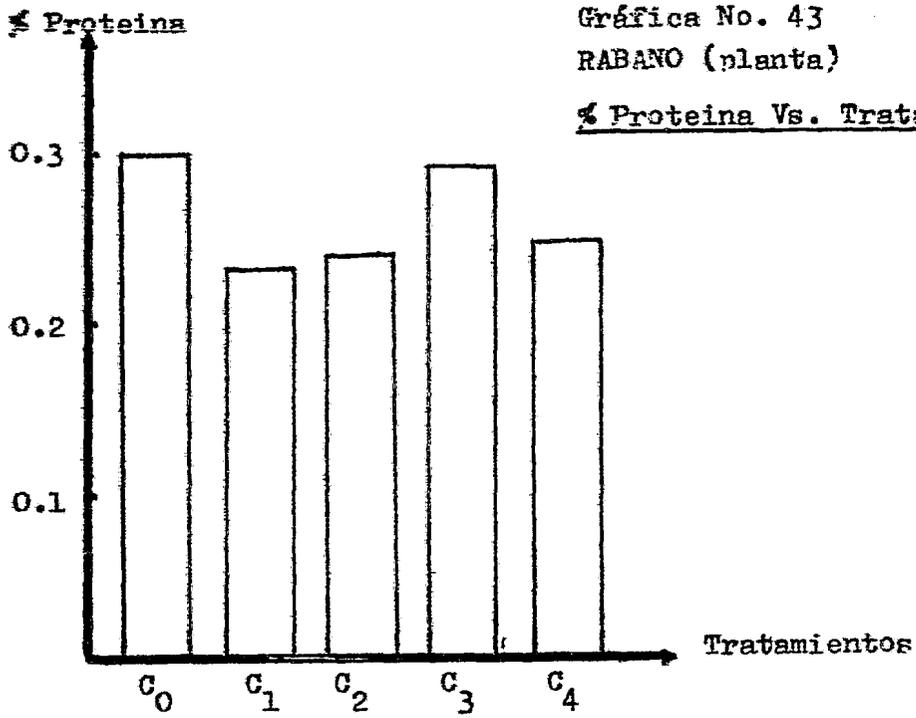
% Humedad Vs. Tratamiento





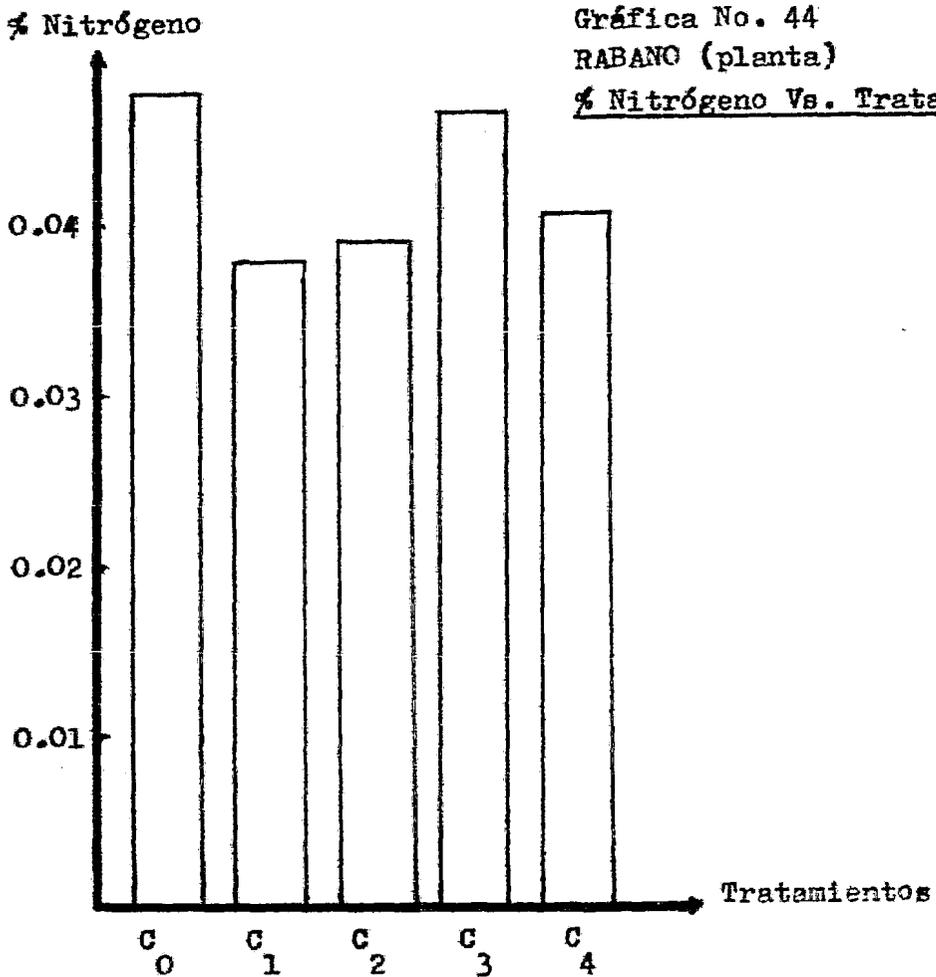
RABANO (planta)

% Proteína Vs. Tratamiento



RABANO (planta)

% Nitrógeno Vs. Tratamiento



VI.- DISCUSION DE LOS RESULTADOS

ANÁLISIS DE LAS GRÁFICAS DE LAS DETERMINACIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS CON LAS MUESTRAS DEL SOPORTE PARA LAS PLANTAS DE LECHUGA Y RABANO.

Se observó que los parámetros analizados tuvieron un comportamiento similar en ambas plantas.

El pH fué ligeramente alcalino en el primero y cuarto muestreos, mientras que en el segundo y tercero se tuvieron valores más altos, entre 8-8.5.

El porcentaje de humedad osciló entre el 6-20%, teniéndose los valores más bajos en el primer muestreo.

El porcentaje de nitrógeno total se mantuvo más o menos constante para todos los tratamientos hasta el tercer muestreo, con valores entre el 0.1-0.4%, disminuyendo considerablemente en el último muestreo.

Con respecto al nitrógeno soluble, se observó que su concentración fué aumentando para todos los tratamientos (excepto el testigo) hasta el tercer muestreo de valores de 0.02-0.05 a 0.15-0.20 mEq/100 g. de muestra, bajando ligeramente en el último muestreo.

El porcentaje de materia orgánica fué disminuyendo con respecto al tiempo de valores del 4-6% a valores menores del 1% para todos los tratamientos.

La concentración de fósforo no tuvo grandes variaciones, se mantuvo en valores entre 10-30 ppm, aumentando ligeramente en el último muestreo para todos los tratamientos.

En cuanto a la concentración de calcio y potasio, se observó una disminución con respecto al tiempo para ambos elementos, con todos los tratamientos.

Nota: Ver las gráficas 1-8 para lechuga y 23-30 para el rabano.

ANALISIS DE LAS GRAFICAS DE POBLACION MICROBIANA OBTENIDAS
CON LOS DIFERENTES MUESTREOS PARA LA PLANTA DE LECHUGA

1.- POBLACION BACTERIANA.- La población fué aumentando en forma moderada del primero al cuarto muestreo entre 5 y 15 millones de microorganismos. Se tuvieron dos valores marcadamente mayores con el tratamiento C_3 en los muestreos primero y tercero con poblaciones superiores a los 30 millones de microorganismos. Las condiciones en las que se encontraron las mayores poblaciones de bacterias fueron las siguientes: pH ligeramente alcalino, un alto contenido de humedad y bajas concentraciones de calcio, potasio, fósforo, materia orgánica, nitrógeno total y nitrógeno soluble; tratamientos C_3 y C_4 . (Gráfica No. 9)

2.- POBLACION DE ACTINOMICETOS.- Esta población fué disminuyendo notoriamente de 15 millones a poblaciones menores a un millón de microorganismos. La mayor población de actinomicetos se encontró bajo las siguientes condiciones: pH ligeramente alcalino, un contenido moderado de humedad y potasio; bajas concentraciones de calcio, fósforo, materia orgánica, nitrógeno total y nitrógeno soluble; tratamientos C_3 y C_4 . (Gráfica No. 10)

3.- POBLACION DE HONGOS.- Se observan resultados semejantes a los obtenidos para la población de actinomicetos, solo que aquí se notaron las mayores poblaciones con los tratamientos C_0 y C_3 . (Gráfica No. 11)

4.- POBLACION DE AZOTOBACTER.- Esta población fué au -

mentando del primero al tercer muestreo, entre 0.005 y 0.015 millones de microorganismos, para el cuarto muestreo hubo una disminución marcada de estos microorganismos. Las mayores poblaciones se encontraron bajo las siguientes condiciones: pH ligeramente alcalino, alto contenido de humedad y bajas concentraciones de potasio, fósforo, calcio, materia orgánica, nitrógeno total y nitrógeno soluble; tratamientos C_0 , C_1 y C_2 . (Gráfica No. 12)

5.- POBLACION DE AMONIFICANTES.— Se observó que las mayores poblaciones se presentaron en el primero y tercer muestreo con los tratamientos C_3 y C_4 : entre 1000 y 1500 millones de microorganismos, y decreció notoriamente en el segundo y cuarto muestreo a poblaciones menores de 500 millones de microorganismos. Las condiciones en las que se obtuvieron las mayores poblaciones de estos microorganismos fueron las siguientes: pH alcalino, alto contenido de humedad, concentraciones moderadas de potasio y bajas concentraciones de calcio, fósforo, materia orgánica, nitrógeno total y nitrógeno soluble. (Gráfica No. 13)

6.- POBLACION DE DESNITRIFICANTES.— Con estas bacterias se observó que la población se mantuvo más o menos constante, entre 120 y 130 millones de microorganismos, exceptuando los tratamientos C_3 y C_4 , en los que la población disminuyó significativamente en el segundo y cuarto muestreo, a poblaciones menores de 50 millones. Las mayores poblaciones de desnitrificantes se encontraron bajo las siguientes condiciones: pH alcalino, alto contenido de humedad y bajas concentraciones de potasio, fósforo, calcio, materia orgánica

ca, nitrógeno total y nitrógeno soluble; tratamientos C_0 , C_1 y C_2 . (Gráfica No. 14)

7.- POBLACION DE NITROSOMONAS.- Hasta el tercer muestreo fueron detectadas estas bacterias significativamente, y de aquí en adelante la población se mantuvo constante, entre 13 y 15 millones de microorganismos; con excepción del tratamiento C_1 , en el que hubo una disminución marcada de la población en el cuarto muestreo, menor de un millón de microorganismos. (Gráfica No. 15)

8.- POBLACION DE NITROBACTER.- Con esta población bacteriana se observaron resultados semejantes a los de la población de Nitrosomonas: se detectaron significativamente en el tercer muestreo con los tratamientos C_3 y C_4 , y en el cuarto muestreo con los tratamientos C_0 , C_1 y C_2 . (Gráfica No. 16)

ANÁLISIS DE LAS GRÁFICAS DE POBLACION MICROBIANA OBTENIDAS
CON LOS DIFERENTES MUESTREOS PARA LA PLANTA DE RABANO

1.- POBLACION BACTERIANA.-- La población fué aumentando del primero al cuarto muestreo entre 5 y 10 millones de microorganismos, solo se obtuvieron poblaciones marcadamente superiores con el tratamiento C_3 en el cuarto muestreo. Las condiciones que se presentaron con la mayor población bacteriana, aproximadamente de 10 millones de microorganismos, fueron las siguientes: pH aproximadamente neutro, un alto porcentaje de humedad y bajas concentraciones de potasio, fósforo, calcio, materia orgánica y nitrógeno total y soluble; tratamientos C_3 y C_4 . (Gráfica No. 31)

2.- POBLACION DE ACTINOMICETOS.-- La mayor población de actinomicetos se obtuvo en el primer muestreo, entre 3 y 5 millones de microorganismos, y bajó considerablemente del segundo al cuarto muestreo a poblaciones menores de un millón de microorganismos. Se observaron las siguientes condiciones con la mayor población de actinomicetos: pH alcalino, un alto contenido de humedad y bajas concentraciones de potasio, fósforo, calcio, materia orgánica y de nitrógeno total y soluble; tratamientos C_3 y C_4 . (Gráfica No. 32)

3.- POBLACION DE HONGOS.-- Esta población fué aumentando moderadamente del primero al cuarto muestreo, entre 0.5 y 2 millones de microorganismos, solo se obtuvo un valor muy elevado en el primer muestreo, de 5 millones de microog

ganismos aproximadamente con el tratamiento C_4 . Las condiciones en las que se encontraron las mayores poblaciones fueron las siguientes: pH aproximadamente neutro, un alto porcentaje de humedad y bajas concentraciones de potasio, fósforo, calcio, materia orgánica y nitrógeno total y soluble; tratamiento C_4 . (Gráfica No. 33)

4.- POBLACION DE AZOTOBACTER.- La población se mantuvo baja en general, menor de 0.1 millones de microorganismos, solo se observó un valor muy superior en el segundo muestreo con el tratamiento C_2 , de 0.35 millones de microorganismos; para todos los demás muestreos y tratamientos la población se mantuvo constante. Estas bacterias fueron detectadas a partir del segundo muestreo. (Gráfica No. 34)

5.- POBLACION DE AMONIFICANTES.- En el primer y tercer muestreos se observaron las mayores poblaciones de amonificantes, de 1000 a 1500 millones de microorganismos, mientras que en el segundo y cuarto muestreos la población disminuyó notoriamente a menos de 500 millones de microorganismos. Las condiciones en las que se notaron las mayores poblaciones fueron las siguientes: pH alcalino, bajas concentraciones de materia orgánica, potasio, fósforo, calcio, nitrógeno total y nitrógeno soluble y un alto contenido de humedad; tratamientos C_1 y C_2 . (Gráfica No. 35)

6.- POBLACION DE DENITRIFICANTES.- Se mantuvo más o menos constante en todos los tratamientos durante los 3 primeros muestreos, con poblaciones de 110 a 140 millones de -

microorganismos, y bajó considerablemente en el último muestreo a poblaciones menores de 50 millones. Las condiciones que se observaron con las mayores poblaciones de desnitrificantes fueron las siguientes: pH ligeramente alcalino, un alto contenido de humedad y bajas concentraciones de materia orgánica, potasio, fósforo, calcio y nitrógeno total y nitrógeno soluble. (Gráfica No. 36)

7.- POBLACION DE NITROSPONAS.- Para la mayoría de los tratamientos la población más alta se encontró en el segundo muestreo, de 13 a 15 millones de microorganismos aproximadamente, mientras que en los muestreos tercero y cuarto la población disminuyó considerablemente a poblaciones menores de un millón de microorganismos. Las condiciones que mantuvieron las mayores poblaciones fueron las siguientes: pH ligeramente alcalino, un alto contenido de humedad y bajas concentraciones de calcio, fósforo, potasio, materia orgánica, nitrógeno total y nitrógeno soluble; tratamientos C_3 y C_4 . (Gráfica No. 37)

8.- POBLACION DE NITROBACTER.- Las mayores poblaciones se observaron en los muestreos segundo y tercero, con poblaciones entre 12 y 15 millones de microorganismos con los tratamientos C_1 , C_2 y C_3 . Las condiciones que presentaban estos muestreos fueron las siguientes: pH alcalino, un alto contenido de humedad, concentración moderada de potasio y bajas concentraciones de calcio, fósforo, materia orgánica, nitrógeno total y nitrógeno soluble. (Gráfica No. 38)

ANALISIS DE LOS HISTOGRAMAS OBTENIDOS CON LAS PLANTAS DE
LECHUGA Y RABANO

1) LECHUGA.- Los resultados obtenidos con ésta planta no demuestran una diferencia notoria con alguno de los niveles de composta aplicados, excepto con el porcentaje de peso seco con el tratamiento C_4 , con el porcentaje de proteína con el tratamiento C_1 y el porcentaje de fósforo con el tratamiento C_0 ; que son ligeramente mayores que con los demás tratamientos.

2) RABANO.- Se observó que con el tratamiento C_0 se obtuvieron los mayores porcentajes en peso seco, proteínas y fósforo; mientras que los mayores porcentajes de humedad y altura total se obtuvieron con el tratamiento C_4 ; pero - al igual que con la planta de lechuga, estas diferencias - no son muy significativas.

VII.- RESUMEN Y CONCLUSIONES

El objetivo general del presente trabajo consistió en observar el efecto de la composta en cultivos hidrónicos.

Particularmente, se pretendió determinar la concentración óptima de composta en las plantas de lechuga y rábano.

Los tratamientos de composta aplicados en ambas plantas fueron de 0, 5, 10, 20 y 50 toneladas/Ha, con 5 repeticiones de cada uno.

Como soporte inerte se utilizó arena de sílice y como solución de riego, la solución nutritiva de Hoagland.

Se efectuaron análisis físicos, químicos y microbiológicos de la composta, y determinación del pH de la arena - al inicio del experimento.

Los mismos análisis fueron realizados 4 veces durante el tiempo de cultivo en muestras del soporte para las hortalizas utilizadas en este trabajo, con la finalidad de observar la interacción microorganismo-nutriente-planta.

Tomando en cuenta que se trata de cultivos comestibles, a las lechugas y rábanos cosechados se les hicieron las determinaciones de altura total, peso total, peso seco, nitrógeno total y fósforo; variables asociadas a la utilidad del producto obtenido.

Con estos resultados se procedió a la evaluación estadística de los mismos en el Laboratorio de Estadística de la Facultad de Ciencias de la U.N.A.M.

1.- Por los resultados obtenidos, se encontró que no hay un efecto favorable o desfavorable de la composta en los cultivos hidrónicos con el método que se utilizó en este trabajo, ya que estos datos no mostraron diferencias notorias en cada uno de los diferentes tratamientos.

2.- No se observó que la microflora presente en la composta fuera un factor determinante para que se obtuvieran mejores resultados y un producto de mejor calidad. Lo que sí se apreció es que las mayores poblaciones microbianas se desarrollaron bajo las siguientes condiciones: pH neutro o ligeramente alcalino, un alto contenido de humedad y una concentración baja de los siguientes elementos: calcio, fósforo, potasio, nitrógeno total y nitrógeno soluble.

3.- Por la calidad de los productos obtenidos se puede concluir que no fué un factor perjudicial la cantidad de plomo y cadmio presentes en la composta utilizada en este trabajo.

4.- A pesar de no notarse diferencias significativas en los resultados de las determinaciones efectuadas a las plantas cosechadas, se observó que los mejores se encontraron con el testigo y las concentraciones bajas de composta.

5.- Se recomienda que de ser posible, los rábanos se cultiven bajo condiciones de invernadero con una temperatura constante no mayor de 25°C, ya que estas hortalizas son sensibles a las temperaturas elevadas.

6.- Por lo que respecta al cultivo de la lechuga, se recomienda que al arrellonar se amarre para que se forme -

el cuerpo adecuadamente.

7.- En el riego con la solución nutritiva, es conveniente hacerlo de tal manera que no haya una acumulación de sales, por lo que es aconsejable regar de vez en cuando con agua pura.

8.- Del análisis estadístico se concluye que en el caso del cultivo hidrónico de rábano solo se detectan diferencias significativas entre los diferentes niveles de administración de composta cuando se analiza el porcentaje de fósforo. Más aún en este caso todos los tratamientos salvo el testigo son iguales entre sí y producen un porcentaje de fósforo significativamente menor al del testigo.

Con el cultivo hidrónico de lechuga, se presenta un patrón similar, excepto que en este caso, las diferencias se localizan solamente en relación al porcentaje de proteína, en donde solo los tratamientos 2 y 5 resultan estadísticamente diferentes, (el tratamiento 2 produce un porcentaje mayor de proteína) mientras que el resto ocupa posiciones intermedias y no pueden ser distinguidos entre sí.

VIII.- BIBLIOGRAFIA

- 1.- Alexander M. "Introducción a la Microbiología del suelo". AGT Editor, S. A. México, 1980.
- 2.- Baca, C. G. "Estudio de algunos aspectos de los cultivos sin suelo". Tesis de maestría. Colegio de Posgraduados; Chapingo, México, 1966.
- 3.- Biswell, P. G. "Plant Physiology". Mc Millan Publishing Co, Inc. New York, 1974.
- 4.- Buckman H., Brady N. "Naturaleza y propiedades de los suelos". Montaner y Simon, S. A., España, 1977.
- 5.- Carrillo G. R. "Estudio microbiológico de la descomposición de residuos sólidos orgánicos de origen doméstico". Tesis Profesional. U.N.A.M., 1975.
- 6.- Chapman, D. "Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas". Editorial Trillas. México, 1973.
- 7.- Devlin R. "Fisiología vegetal". Editorial Omega. Barcelona, España, 1975.
- 8.- Douglas J. S. "Hidroponics". Oxford University Press. - England, 1975.
- 9.- Durany U. "Hidroponia, cultivo de plantas sin tierra". Editorial Sintex, S. A. Barcelona, España, 1976.
- 10.- Echegaray A. A., Ramírez G. R. M. "Prácticas de Microbiología Agrícola". Facultad de Química, U.N.A.M., - 1978.
- 11.- Emon J. B. "Principios de horticultura". Tercera Edición. Editorial C.E.C.S.A. México, 1979.
- 12.- Ellis, G. S. "Soiless growth of plants". Reinhold Publishing Corporation. New York, U.S.A., 1963.
- 13.- García, P. A. "La lechuga: cultivo y comercialización". Ediciones Vilassar de Mar. Barcelona, España, 1975.

- 14.- García, T. A. "Experimentos en microbiología del suelo". Editorial C.E.C.S.A. México, 1981.
- 15.- Gilbert. A. "Análisis químico cuantitativo". Publicaciones Harper y Row. México, 1975.
- 16.- Girard, R. "Técnicas de microbiología agrícola". Editorial Acribia. Zaragoza, España, 1979.
- 17.- Harris D. "Hidroponics, growing plants without soil". David and Charles Holdings Limited., England 1980.
- 18.- Huterwall G. "Hidroponia, cultivo de plantas sin tierra". Editorial Albatros. Argentina, 1981.
- 19.- Jackson, M. L. "Análisis químico de suelos". Editorial Omega S. A. Barcelona, España, 1970.
- 20.- Leñano F. "Como se cultivan las hortalizas de bulbo, raíz y tubérculo". Editorial de Vecali, S. A. Barcelona, España, 1972.
- 21.- Levin R. "Lectures on the inorganic nutrition of plants". Mc. Millan Publishing, Co. INC. New York, U.S.A., 1972.
- 22.- Levitt J. "Plant physiology". Prentice Hall, Inc., New York, U.S.A., 1964.
- 23.- "Manual de agricultura". Departamento de Agricultura de Iowa. Editorial C.E.C.S.A., 1982.
- 24.- "Manual de operaciones de laboratorio". Planta Industrializadora de Desechos Sólidos de San Juan de Aragón. D.D.F., México, 1976.
- 25.- Marsikov N. "fisiología vegetal". Editorial Buenos Aires. Argentina, 1962.
- 26.- Mitchell, H. L. "Microdetermination of nitrogen in

- plant tissues". Journal of the AOAC., Vol. 55, 1972.
- 27.- Mitchell W. "Métodos para el estudio de hormonas vegetales y sustancias reguladoras del crecimiento". Editorial Trillas. México, 1973.
- 28.- Orozco F. "Análisis químico cuantitativo". Editorial - Porrúa, S. A. México, 1978.
- 29.- Parkinson D. "Methods for studying the ecology of soil microorganisms". I.B.P. Blackwell S. Publications. Oxford, England, 1971.
- 30.- Penninfield E. "Cultivos hidrónicos y en turba". Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España, 1976.
- 31.- Richards L. "Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos". Editorial Limusa. México, 1977.
- 32.- Rodríguez H. G. "Estudio químico del proceso de descomposición de desechos sólidos de origen doméstico a composta". Tesis Profesional. U.N.A.M., 1979.
- 33.- Rojas, G. E. "Fisiología vegetal aplicada". Editorial Mc. Graw-Hill. México, 1972.
- 34.- Sanchez C. F. "Hidroponía, principios y métodos de cultivo". Universidad Autónoma de Chapingo. México, 1973.
- 35.- Sanchez, M. A. "Microbiología Agrícola". Universidad - Autónoma de Chapingo. México, 1980.
- 36.- Torres G. L. "Estudio de suelos en el estado de Aguascalientes". Tesis profesional. Facultad de Química, - U.N.A.M., 1977.

IX.- APENDICE

Calendario del trabajo experimental efectuado.-

- 5/III/82 - siembra de las semillas de lechuga y rábano.
 14/III/82 - aclaramiento, dejando 2 plántulas de lechuga y 3 de rábano.
 26/III/82 - aplicación de los tratamientos de composta a los rábanos
 30/III/82 - aplicación de los tratamientos de composta a las lechugas.
 28/IV/82 - primer muestreo del sonorte para los rábanos
 14/V/82 - segundo muestreo del sonorte para los rábanos y primero para las lechugas.
 28/V/82 - tercer muestreo del sonorte para los rábanos y segundo para las lechugas
 10/VI/82 - Cosecha de los rábanos.
 14/VI/82 - tercer muestreo del sonorte para las lechugas.
 18/VI/82 - cosecha de las lechugas
 26/VI/82 - cuarto muestreo del sonorte para ambas plantas.

La solución de Hoagland fué aplicada de la siguiente manera:

concentración	fecha de inicio	fecha de término
0.1%	12/III/82	12/IV/82
0.2%	14/IV/82	10/VI/82

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL EFECTO DE LA COMPOSTA EN CULTIVOS
HIDROPONICOS. LABORATORIO DE ESTADISTICA. FACULTAD DE CIEN-
CIAS DE LA U.N.A.M. REPORTE I/83

Antecedentes.- En este reporte se presenta el análisis estadístico de un conjunto de datos que fué presentado al Laboratorio de Estadística de la Facultad de Ciencias por el profesor Jorge Soto Soria, de la Facultad de Química.

El objetivo general del estudio planteado consistió en observar el efecto de la composta en cultivos hidropónicos.

Particularmente, se pretendió determinar la concentración óptima de composta en cultivos hidropónicos de lechuga y rábano.

Evaluación estadística de los datos obtenidos.- Esta evaluación se efectuó de acuerdo a las técnicas que se indican a continuación y por separado para cada cultivo y variable de respuesta.

MODELO ESTADÍSTICO

En el caso de este estudio y de acuerdo a los objetivos, se decidió realizar el análisis de los dos cultivos (lechuga y rábano) por separado. Así, para cada variable de respuesta se propuso un modelo del siguiente tipo:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij} ; i = 1, 2, \dots, a; j = 1, 2, \dots, b$$

que recibe el nombre de modelo de diseño completamente al azar y en donde:

Y_{ij} representa el valor registrado de la variable de respuesta bajo el estudio de la j -ésima repetición

del i -ésimo tratamiento.

μ representa una media global de la variable de respuesta.

τ_i representa el efecto debido al i -ésimo tratamiento.

ϵ_{ij} representa un término de error aleatorio sobre el cual se hacen las suposiciones usuales de Normalidad, media cero, varianza constante e independencia

Para un modelo con éstas características ha sido bien establecido el procedimiento para probar la hipótesis de igualdad de efectos de los tratamientos.

Por otra parte, cuando en el análisis de un modelo de este tipo se concluye que los efectos de los tratamientos no son iguales, es indispensable proseguir el estudio para determinar los tratamientos que resultan estadísticamente distintos. Al procedimiento o técnicas que se aplican en esas condiciones se le conoce con el nombre de pruebas de comparaciones múltiples.

Cuadro 9.1 TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA

MODELO CON UN CRITERIO DE CLASIFICACION

FUENTE VARIACION	GRADOS LIBERTAD	SUMA CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F	P
Tratamientos	$a-1$	$b \sum_{i=1}^a (\bar{Y}_i - \bar{Y})^2$	$\frac{SC_{TRAST}}{a-1}$	$\frac{CM_{TRAST}}{CM}$	
Error	$a(b-1)$	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2$	$\frac{SC}{a(b-1)}$		
Total corregido	$ab-1$	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (Y_{ij} - \bar{Y})^2$			

Impresiones
arles al instante, s.a. de c.v.
REP. DE COLOMBIA No. 6, 1er. PISO
(CASI ESQ. CON BRASK.)
MEXICO 1, D. F.
526-04-72 529-11-19