

13
2ej

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

TÍTULO DE TESIS

**EVALUAR LA POSIBILIDAD DE USO DE LODO DIGERIDO,
DE ORIGEN INDUSTRIAL COMO ABONO ORGÁNICO.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

BIÓLOGO

P R E S E N T A :

GUILLERMO DE JESÚS BELMONT MARTÍNEZ

DIRECTOR DE TESIS: DR JOSÉ LÓPEZ GARCÍA

**FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1997
FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis: "Evaluar la posibilidad de uso de lodo digerido, de origen industrial como abono orgánico"

realizado por GUILLERMO DE JESUS BELMONT MARTINEZ

con número de cuenta 8423417-1 , pasante de la carrera de BIOLOGIA

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario

Dr. José López García

Propietario

Dr. David Flores Román

Propietario

Biól. Salvador Larios De La Fuente

Suplente

I.B.C. Juana María Castro Servín

Suplente

Biól. Abel Ibañez Huerta

FACULTAD DE CIENCIAS
U.N.M.

Consejo Departamental de Biología

DR. EN C. CALEJANDRO MARTINEZ MENA

DEPARTAMENTO
DE BIOLOGIA

**A MIS PADRES, Y ESPOSA QUE ME ALENTARON SIEMPRE A
TERMINAR LO INICIADO ENTRE ELLO EL PRESENTE TRABAJO.**

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. José López García por su dirección, apoyo y paciencia en la realización de esta tesis.

Al Biólogo Salvador Larios De La Fuente por el apoyo y asesoría en el desarrollo de la tesis, y por brindarme su amistad.

A los sinodales: Dr. David Flores Roman y Biólogo Abel Ibañez Huerta, por su asesoría y apoyo.

A la Química Juana Servin Castro por su apoyo en la realización de los análisis en laboratorio, y su asesoría en general.

A Gerardo del área de computación en la vocacional 6 Miguel Othón

Y a todas las personas que de una u otra manera influyeron en mi formación profesional y personal.

CONTENIDO

I.-INTRODUCCIÓN	Págs. 1-3
II.-HIPOTESIS	3
III.-OBJETIVOS	3
IV.-ANTECEDENTES	4-26
1.-Características del proceso de la industria refresquera y de su planta de tratamiento de agua residual de Apatzingan Michoacan.	11-14
2.-Necesidades nutricionales de las plantas	14-20
3.-Desarrollo de las plantas.	20
4.-Frijol	21-22
5.-Botánica del frijol	22-23
6.-Necesidades del frijol	23-24
7.-Enfermedades del frijol	25-26
V.-MATERIALES Y METODO	26-35
1.-Muestreo de suelo	26-27
2.-Laboratorio	27
3.-Trabajo de campo	28-31
4.-Práctica y manejo del experimento en campo	31-35
VI.-RESULTADOS	36-43
VII.-DISCUSIÓN	43-45
VIII.-CONCLUSIONES	45
IX.-BIBLIOGRAFIA	46-49
X.-ANEXOS	50-61

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en nuestro país como en el resto del mundo la obtención de alimentos se hace más crítica en virtud de la explosión demográfica manifestada en las grandes ciudades de nuestro planeta, razón por la cual la agricultura y ganadería se han tenido que intensificar, para garantizar el abasto de recursos naturales, ganando terreno a pantanos, bosques, desiertos, y aún el mar, la tecnología avanzada aplicada en la creación de presas, canales y diversos sistemas de riego que permiten el obtener hasta tres cosechas por año, además el mejoramiento genético de semillas para hacerlas resistente a plagas y diferentes condiciones ambientales⁽¹⁾.

Estos esfuerzos se hacen insuficientes, debido al crecimiento acelerado de la población mundial, hoy en día de cada tres habitantes del planeta dos pasan hambre y la población sigue aumentando en razón de 180,000 nuevos habitantes por día, y se calcula que para el año 2000 la población mundial será de 6,000,000 millones de habitantes, lo que provocará una mayor escasez de alimento de la que se tiene actualmente^(1,8,10). Este efecto socioeconómico ya se puede apreciar en la actualidad en amplias zonas de Asia, África y Sudamérica⁽¹⁾.

Debido a los problemas planteado en el párrafo anterior, y a que las nuevas áreas dedicadas a actividades agrícolas, son insuficientes para establecer las necesidades de alimentos para el hombre se desarrollan continuamente nuevas fórmulas de fertilizantes que intensifican la producción en estos terrenos y en otros casos se emplean diversos substratos para el desarrollo de vegetales comestible, reciben el nombre de cultivos hidropónicos⁽¹⁾.

El desarrollo de nuevos fertilizantes permite a los agricultores el poder escoger entre ello el más apto para el tipo de cultivo que desarrolla, por ejemplo el frijol, requiere un fertilizante rico en nitrógeno y fósforo principalmente, debiendo considerar también el costo de fertilizante que se va a utilizar y si es remunerable para el agricultor⁽³⁾.

Los fertilizantes empleado por el hombre son de origen natural o de origen químico⁽²⁹⁾, ya en las antiguas civilizaciones los campesinos agregaban excremento de aves de corral o de ganado al suelo, antes de su siembra, porque ya se había observado que si lo aplicaban obtenían una mayor cosecha, también se empleaban los restos de las cosechas, las quemaban y las revolían en el suelo ⁽¹⁵⁾.

Los fertilizantes de origen químico en ocasiones están fuera del alcance económico para la mayoría de los pequeños agricultores⁽¹³⁾ y se ha observado que era necesario aumentar incesantemente las dosis para mantener los niveles productivos de las cosechas⁽¹⁵⁾.

Una opción más es el abandonar los terrenos agrícolas, con los desechos industriales sólidos (lodos) obtenidos de las plantas de tratamiento de agua residual, el valor fertilizante de los lodos se considera principalmente por su contenido en nitrógeno total, fósforo, potasio y materia orgánica, considerándose elementos indispensables para el crecimiento y desarrollo de las plantas en general⁽²⁴⁾.

Los lodos obtenidos del tratamiento de agua residual, son un problema en establecer su disposición final para las industrias que los producen, y el problema se agudizará debido a que se ha solicitado el implemento de sistemas de tratamiento de agua residual, por las autoridades de la SEMARNAP, PROFEPA e INE, para el cumplimiento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección Ambienta en apego a las normas oficiales y a las condiciones particulares de descargas, reglamentos y ordenamientos que pretende facilitar y reducir el tiempo para los procesos de desintoxicación que ocurren en la naturaleza con el objeto de preservar la vida general y animal.

De los sistemas de tratamiento de agua residual el resultado final es la separación de fase sólida de la fase líquida y además de evaluar la calidad adecuada del agua para su incorporación a un cause público (drenaje o cuerpos de agua naturales), se debe contemplar el último producto o residual procedente de la fase sólida, que una vez procesado y eliminando sus características

físicas, químicas y biológicas no deseables puedan manipularse y utilizarse con aprovechamiento, sin peligro para el medio ambiente⁽⁸⁾.

II. HIPÓTESIS

Al tener varios tratamientos en donde se apliquen diferentes cantidades de lodo y se cuente con un tratamiento como testigo, se espera que el tratamiento donde se aplica una mayor cantidad de lodo produzca más grano que los demás tratamientos involucrados, y que las plantas a su vez sean más robustas. Ello debido al incremento de materia orgánica en el suelo y con ello una mayor cantidad de nutrientes disponibles para las plantas.

III. OBJETIVOS

1.- *Objetivo General:*

Establecer una opción para la disposición final de los desechos sólidos, obtenidos de plantas de tratamiento de agua residual, al emplearlos como fertilizantes en suelos agrícolas.

2.- *Objetivos Específicos:*

- a) Determinar algunas propiedades físicas y químicas de los desechos sólidos obtenidos de la planta de tratamiento de agua residual, y del suelo de la parcela experimental antes y después de la aplicación de los desechos sólidos (lodos).
- b) Calcular las cantidades que se aplicarán de los lodos a la parcela experimental, según las propiedades químicas tanto del lodo como del suelo.
- c) Evaluar el efecto causado, al aplicar el lodo como fertilizante en un cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*), comparando la cantidad de grano cosechado por tratamiento.

IV. ANTECEDENTES

Las poblaciones humanas producen desechos en sus diversas actividades, estos desechos pueden ser sólidos y líquidos. Los desechos sólido son depositados a los tiraderos municipales y tan sólo en algunos casos son despositados en rellenos sanitarios, con el riesgo inherente de afectar la salud humana, en tanto los desechos líquidos con o sin tratamiento físico, químico o biológico son expulsados a los canales de drenaje o a los cuerpos de agua receptora federales conteniendo sólidos en todas sus formas (suspendidos, disueltos, totales, volátiles, etc.) así como sustancias químicas tales como nitrógeno, calcio, magnesio, etc.⁽⁴⁾

Los procesos de tratamiento de agua residual se dividen en tres grandes grupos denominados primario, secundario y terciario, todos los métodos del tratamiento primario son exclusivamente físicos, todos los tratamiento secundarios son biológicos y los tratamientos terciarios pueden ser de ambos tipos a continuación se muestra un cuadro presentando los sistemas de tratamiento de agua residual instalados en la República Mexicana y el número de plantas de cada uno, están contabilizadas hasta el año de 1981 (Solís, 1982, cit. por 13).

<i>TIPO DE SISTEMA</i>	<i>NO. DE INSTALACIONES</i>
Lodos activados	48
Lagunas biológicas	42
Tanques Imhof	19
Sedimentarios primarios	13
Separadores API	11
Filtros rociadores	7
Zanjas de oxidacion	3
Emisores submarinos	2

El sistema al cual nos referimos es de tipo secundario, debido a que se basa en la actividad bioquímica de microorganismos que remueven materiales disueltos y suspendidos, o que los convierten en compuesto más estables. La mayoría de estos procesos son aerobios y por ello demandan la presencia de oxígeno atmosférico que va a ser utilizado por las poblaciones microbianas en los procesos de oxidación. Otros métodos de este tipo utilizados no sólo en México sino a nivel mundial son los filtros biológicos, los lodos activados y los tanques de oxidación⁽²⁷⁾.

Los sistemas de tratamiento de agua residual industrial y sanitaria en general pretende la eliminación de los sólidos suspendidos y disueltos en ellas los sólidos orgánicos son convertidos en mineral o sólidos estables.

En general el tratamiento del agua residual municipales e industriales pueden dividirse en cinco pasos:

- 1.- Tratamiento preliminar, sirve para proteger el equipo de bombeo al eliminar o separar los sólidos inorgánicos pesados y eliminar cantidades excesivas de aceites y grasas, para ello son empleados:
 - Rejillas o cribas, están formadas por barras espaciadas de 2 a 15 cm., se limpian manualmente o con un rastrillo automático, los sólidos separados se entierra o queman.
 - Desmenuzantes, ya sean molinos, cortadores o trituradores, sirven para romper o cortar los sólidos hasta un tamaño tal, que permite que sean reintegrados a las aguas negras sin peligro de obstruirlo o afectar los sistemas de tratamiento posteriores y el equipo de bombeo.
 - Desarenadores eliminan arena, cenizas o gravas, que puedan dañar la planta de tratamiento al obstruir los conductos por los que se conduce el agua, ó los impulsores de aireación.

El sistema al cual nos referimos es de tipo secundario, debido a que se basa en la actividad bioquímica de microorganismos que remueven materiales disueltos y suspendidos, o que los convierten en compuesto más estables. La mayoría de estos procesos son aerobios y por ello demandan la presencia de oxígeno atmosférico que va a ser utilizado por las poblaciones microbianas en los procesos de oxidación. Otros métodos de este tipo utilizados no sólo en México sino a nivel mundial son los filtros biológicos, los lodos activados y los tanques de oxidación⁽²⁷⁾.

Los sistemas de tratamiento de agua residual industrial y sanitaria en general pretende la eliminación de los sólidos suspendidos y disueltos en ellas los sólidos orgánicos son convertidos en mineral o sólidos estables.

En general el tratamiento del agua residual municipales e industriales pueden dividirse en cinco pasos:

- 1.- Tratamiento preliminar, sirve para proteger el equipo de bombeo al eliminar o separar los sólidos inorgánicos pesados y eliminar cantidades excesivas de aceites y grasas, para ello son empleados:
 - Rejillas o cribas, están formadas por barras espaciadas de 2 a 15 cm., se limpian manualmente o con un rastrillo automático, los sólidos separados se entierra o queman.
 - Desmenusantes, ya sean molinos, cortadores o trituradores, sirven para romper o cortar los sólidos hasta un tamaño tal, que permite que sean reintegrados a las aguas negras sin peligro de obstruirlo o afectar los sistemas de tratamiento posteriores y el equipo de bombeo.
 - Desarenadores eliminan arena, cenizas o gravas, que puedan dañar la planta de tratamiento al obstruir los conductos por los que se conduce el agua, ó los impulsores de aireación.

El sistema al cual nos referimos es de tipo secundario, debido a que se basa en la actividad bioquímica de microorganismos que remueven materiales disueltos y suspendidos, o que los convierten en compuesto más estables. La mayoría de estos procesos son aerobios y por ello demandan la presencia de oxígeno atmosférico que va a ser utilizado por las poblaciones microbianas en los procesos de oxidación. Otros métodos de este tipo utilizados no sólo en México sino a nivel mundial son los filtros biológicos, los lodos activados y los tanques de oxidación⁽²⁷⁾.

Los sistemas de tratamiento de agua residual industrial y sanitaria en general pretende la eliminación de los sólidos suspendidos y disueltos en ellas los sólidos orgánicos son convertidos en mineral o sólidos estables.

En general el tratamiento del agua residual municipales e industriales pueden dividirse en cinco pasos:

- 1.- Tratamiento preliminar, sirve para proteger el equipo de bombeo al eliminar o separar los sólidos inorgánicos pesados y eliminar cantidades excesivas de aceites y grasas, para ello son empleados:
 - Rejillas o cribas, están formadas por barras espaciadas de 2 a 15 cm., se limpian manualmente o con un rastrillo automático, los sólidos separados se entierra o queman.
 - Desmenuzantes, ya sean molinos, cortadores o trituradores, sirven para romper o cortar los sólidos hasta un tamaño tal, que permite que sean reintegrados a las aguas negras sin peligro de obstruirlo o afectar los sistemas de tratamiento posteriores y el equipo de bombeo.
 - Desarenadores eliminan arena, cenizas o gravas, que puedan dañar la planta de tratamiento al obstruir los conductos por los que se conduce el agua, ó los impulsores de aireación.

- 2.- Tratamiento primario, en el se eliminan lo sólidos suspendidos en las aguas negras, al disminuir la velocidad de flujo laminar del agua a uno o dos centímetros por segundo en un tanque de asentamiento o sedimentación, lo que facilita el asentamiento diferencial de las partículas presentes en el agua.

Cuando se agregan ciertos productos químicos tales como sulfato de aluminio, cloruro férrico ó ciertos floculantes específicos en los tanque primarios, se eliminan casi en su totalidad los sólidos coloidales, así como los sedimentables.

- 3.- Tratamiento secundario. El tratamiento secundario se debe hacer cuando las aguas negras todavía contienen, después del tratamiento primario más sólidos orgánicos en suspensión ó solución de los que se pueden vertir a las aguas receptoras, con la finalidad de proteger y salvaguardar el hábitat de los vegetales y animales, presente en el río o embalse así como en su integración a la cadena alimenticia^(13,15).

Existe dentro del tratamiento secundario 3 variantes a considerar: Aerobio, Anaerobio y Anaerobio-aerobio

Dependiendo de la clase de microorganismos en lo que respeta a la dependencia del oxígeno.

- 4.- Tratamiento terciario.- Integra un pulimento final en dónde se reducen los contaminantes presentes, así como son eliminados los microorganismos que pudiesen escapar en las etapas previas, evitando por lo tanto contaminación orgánica que pueda impactar a la población humana. Algunos objetivos en su aplicación son;

- a) Desinfección ó destrucción de organismos patógenos.
- b) Prevención de la descomposición de las aguas negras para controlar el olor fétido y como protección a la estructura de la planta de tratamiento.

- c) Como auxiliar en la operación de la planta en la sedimentación y filtros goteadores.
- d) Ajuste ó abatimiento de la demanda bioquímica de oxígeno.

5.- Tratamiento de lodos: los lodos obtenidos del tratamiento primario y secundario, junto con el agua que se separó de ellas, previa digestión en dónde se convierten en inertes los microorganismos presentes es común que se tenga que someter a un tratamiento más con el objetivo de disminuir su exceso de agua que contienen, ya que el volumen de agua de los lodos frescos es de aproximadamente el 80%, esto se logra con la continuación de dos ó más de los siguientes métodos^(6,13,15).

- a) Espesamiento
- b) Digestión, con ó sin aplicar calor
- c) Secado en lechos de arena, cubiertas ó descubiertas
- d) Acondicionamiento con productos químicos
- e) Filtración al vacío
- f) Secado aplicando calor
- g) Incineración
- h) Oxidación húmeda
- y) Flotación con productos químicos y aire
- j) Centrifugación

La digestión de los lodos se lleva a cabo por bacterias como son, Methanobacterium suboxidans, Mb. formicicum, Methanosarcina barkerii, de ellas se obtiene gas metano de digestión, se considera índice de una correcta fermentación metánica su presencia.^(24,25)

Estudios hasta ahora realizados indican que los lodos obtenidos de los digestores de las plantas de tratamiento biológico o secundario de aguas residuales contienen 2-3 veces más nitrógeno asimilable por las plantas, que el mejor compuesto orgánico preparado al aire.

Estos lodos digeridos son material de no mucho valor, pero es bien definido como fuente de materia orgánica, liberando lentamente los nutrientes a medida que tiene lugar la mineralización⁽⁸⁾ y son comparables a los abonos de las granjas, excepto por su deficiencia en potasio, pero contrariamente tiene ventaja sobre los químicos, al aumentar el grado de eficiencia en la absorción de nutrientes, sobre todo en el caso de los más móviles como el nitrógeno^(5,8).

En la actualidad los lodos obtenidos de las industrias, tienen como disposición final su descargo en vertederos, incineración ó en uso agrícola^(8,15), dependiendo de sus cualidades físicas, químicas y biológicas, en algunos países como España los lodos de las plantas de tratamiento son considerados residuos tóxicos y peligrosos, se tiene que demostrar que no es tóxico y peligroso, al lograrlo dejara de ser residuo y se considera un subproducto con posibilidades de ser utilizado, en el sector agrario⁽⁸⁾, asignándole así un valor económico.

Países industrializados utilizan un gran porcentaje de los lodos obtenidos de las plantas de tratamiento de agua residual, para compensar el drástico descenso de materia orgánica en los suelos destinados a la agricultura, en este sentido podemos reseñar que Alemania dedica el 45 %, Inglaterra el 55 %, Holanda el 54 %, Francia el 28 %, Italia el 32 % y E.U. el 42 % de los lodos producidos⁽⁸⁾.

Pero con el fin de evitar ó minimizar riesgos contaminantes de estos residuos urbanos y/o industriales, principalmente por metales pesados, se han establecido normas sobre la utilización de lodos de plantas de tratamiento, en la agricultura, entre los países que han establecido estas normas se encuentran E.U, Canadá, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Reino Unido, Alemania, Italia, Hungría, etc.⁽⁸⁾

De las normas establecidas la que destaca es, que sólo podrán ser utilizados en la agricultura lodos, tratados por un sistema secundario o biológico, químico o térmico, con el fin de reducir su poder de fermentación y los inconvenientes sanitarios de su utilización⁽⁸⁾.

Además existen períodos de seguridad para el uso de los lodos en la agricultura;

En praderas, pastizales y otros forrajes para uso y pastoreo de ganado, la última aplicación de lodo será tres semanas antes del aprovechamiento directo.

- En cultivos hortícolas y frutícola con la excepción de árboles frutales, no aplicar el lodo durante el ciclo vegetativo.
- En cultivos hortícolas de comercialización y consumo en fresco, o en contacto directo con el suelo, la última aplicación será 10 meses antes de la recolección de la cosecha^(8,17,32).

Los efectos producidos en el suelo al agregar fertilizantes obtenidos por procesos secundarios o biológicos pueden ser de tres tipos:

1) Físicos

Aumenta el poder de retención de humedad y disminuye las pérdidas de agua que no se filtran, reduciendo la erosión hídrica, además que consolida los suelos.

En la compactación del suelo también influye notablemente al compactar los suelos muy sueltos y aumentar los espacios porosos, fomentando la aireación y la penetración de las raíces permitiendo un flujo adecuado del agua y disponibilidad de los nutrientes permitiendo su asimilación para las plantas.

2) Químicos

Sirve como fuente de abasto de elementos nutritivos para las plantas liberándolos en forma gradual, hace que muchos minerales del suelo se transformen a formas más asimilables para las plantas. Ayuda a fortificar las condiciones del suelo, causadas por el uso excesivo de fertilizantes químicos o por la presencia de residuos de aspersiones.

En general aumenta la capacidad de intercambio de cationes y puede actuar como amortiguador en el suelo, retardando los procesos por los cuáles se producen los cambios de reacción (pH).

3) Biológicos

El fertilizante orgánico además de constituir nutrientes para las plantas, también lo hace para los microorganismos del suelo que estos a su vez controla la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo, además no presenta riesgos de salud, ni atrae roedores ó insectos^(1,25).

Los estudios relacionados con el tratamiento de agua residual en México iniciaron en el Distrito Federal en el año 1954, por la Dirección General de Obras Hidráulicas dependiente del Departamento del Distrito Federal con el objetivo de utilizar el agua tratada en el riego de áreas verdes y disminuir el consumo de agua potable para este fin⁽²⁵⁾.

En el mismo año se construyó la Planta de Tratamiento "CHAPULTEPEC" y en 1958 se construyeron las plantas de "CIUDAD DEPORTIVA" y "XOCHIMILCO"⁽²⁵⁾. En la actualidad la Dirección General de Obras Hidráulicas, cuenta con la planta de tratamiento más grande de Latinoamérica, se encuentra ubicada en el Cerro de la Estrella, perteneciente a la Delegación política de Iztapalapa, cuenta con una carga de 400 m³ agua por segundo, del agua tratada en las plantas a cargo de la DGCOH, se vende a empresas lavadoras de autos y diversas industrias que la usan para riego de sus áreas verdes ó lavado de patios.

También ya es común que las diversas industrias cuenten con su planta de tratamiento de aguas residuales.

Análisis químicos llevados a cabo en lodos digeridos obtenidos de las plantas de tratamiento de agua residual a cargo de la DGCOH, mostraron un alto porcentaje de materia orgánica en su contenido, lo que incluye Nitrógeno, Fósforo y demás elementos que puedan tener un buen fertilizante orgánico, como es el excremento de ganado o aves de corral (ver Tabla 1).

Tabla.- 1 Contenido de elementos mayor en lodos y abonos de origen animal en base seca⁽¹⁵⁾.

	Nitrógeno %	ác. fosfórico %	potasa %
Lodos digeridos	2.0-4.8	1.9-3.5	2.5-4.2
Estiércol ovino	1.2-2.5	1.0-2.0	2.0-4.0
Estiércol bovino	1.6-2.1	1.0	1.0-2.2
Gallinaza	1.9-4.0	2.5-3.7	0.8-1.3

1.- Características del proceso de la industria refresquera (COCA-COLA Bebidas Azteca de Occidente S.A. DE C.V. Unidad Apatzingán) y de su planta de tratamiento de agua residual de Apatzingán, Michoacán.

La industria refresquera emplea un sistema de tratamiento biológico, con un medio aerobio, al recibir la industria el agua de la red de distribución municipal se le agrega cloro para asegurar su desinfección, después tiene como camino dos opciones que son;

Clarificofloculación, en dónde se le agrega sulfato de aluminio e hidróxido de calcio y de ahí es empleada para los servicios en general, lavadoras de cajas y lavadoras de botellas.

Suavización, es el segundo camino que se le puede dar al agua potable se le agrega salmuera y se emplea para las calderas, lavadoras, la producción de la planta refresquera y los jarabes.

El excedente de agua empleada en estos procesos en su totalidad se canalizan a la planta de tratamiento de aguas residuales perteneciente a la embotelladora, que emplea un tratamiento biológico y consiste en lagunas de aireación extendida, su localización es al costado de la misma embotelladora, con capacidad operativa para 10 litros por segundo durante los 365 días del año, del cuál se extraen aproximadamente 3 toneladas/mes de lodos activados digeridos susceptibles de ser empleados como mejoradores de terreno en campos agrícolas.

La planta cuenta con una criba de 2 cm de espesor, dónde el agua es recibida y posteriormente son separados los sólidos de gran tamaño que puedan dañar alguna bomba ó manguera, estos pueden ser residuos como palos, piedras, plásticos popotes, etc.

De ahí pasan a un tanque dónde se le añade ácido sulfúrico, cabe indicar que este ácido se encuentra almacenado en un tanque que esta retirado del resto de la planta de tratamiento, previendo algún derrame que dañara la estructura de toda la planta.

Al salir del tanque se vacía el agua a la primer Laguna, llamada de **aireación**, la planta cuenta en total con 6 lagunas. El sistema de tratamiento integra una primer laguna que tiene una capacidad de diseño para almacenar 4800 m³ y puede captar hasta un flujo de 10 litros por segundo por tres días de tiempo de residencia. el oxígeno disuelto es de 2-3 mg por litro y la temperatura ambiente es de 32-34°C. Esta primer laguna cuenta con un sistema

Clarificofloculación, en dónde se le agrega sulfato de aluminio e hidróxido de calcio y de ahí es empleada para los servicios en general, lavadoras de cajas y lavadoras de botellas.

Suavización, es el segundo camino que se le puede dar al agua potable se le agrega salmuera y se emplea para las calderas, lavadoras, la producción de la planta refresquera y los jarabes.

El excedente de agua empleada en estos procesos en su totalidad se canalizan a la planta de tratamiento de aguas residuales perteneciente a la embotelladora, que emplea un tratamiento biológico y consiste en lagunas de aireación extendida, su localización es al costado de la misma embotelladora, con capacidad operativa para 10 litros por segundo durante los 365 días del año, del cuál se extraen aproximadamente 3 toneladas/mes de lodos activados digeridos susceptibles de ser empleados como mejoradores de terreno en campos agrícolas.

La planta cuenta con una criba de 2 cm de espesor, dónde el agua es recibida y posteriormente son separados los sólidos de gran tamaño que puedan dañar alguna bomba ó manguera, estos pueden ser residuos como palos, piedras, plásticos popotes, etc.

De ahí pasan a un tanque dónde se le añade ácido sulfúrico, cabe indicar que este ácido se encuentra almacenado en un tanque que esta retirado del resto de la planta de tratamiento, previendo algún derrame que dañara la estructura de toda la planta.

Al salir del tanque se vacía el agua a la primer Laguna, llamada de **aireación**, la planta cuenta en total con 6 lagunas. El sistema de tratamiento integra una primer laguna que tiene una capacidad de diseño para almacenar 4800 m³ y puede captar hasta un flujo de 10 litros por segundo por tres días de tiempo de residencia. el oxígeno disuelto es de 2-3 mg por litro y la temperatura ambiente es de 32-34°C. Esta primer laguna cuenta con un sistema

de aireación, dispuesto en el fondo por medio de mangueras, además esta auxiliado con difusores lo cuál hace más efectivo la oxigenación.

La aireación se emplea para introducir O_2 del aire en dónde sea favorecido un medio aerobio tal que facilite la metabolización de los sólidos suspendidos y totales presentes en el agua por efecto de la actividad bacterial, dejar que escapen gases disueltos como CO_2 y ácido sulfhídrico, y eliminar sustancias volátiles que causen olor desagradable

El sistema integra en la laguna principal un **clarificador** flotante de 3.5 toneladas que tiene como función el separar los sedimentos ó lodos, en esta etapa son lodos activados, se llaman así por tener materia orgánica en proceso de descomposición así como microorganismos vivos que son arrastrados, se caracteriza por su color negro-café y su olor a humedad característico.

Dependiendo de como se observe el agua y de los resultados analíticos como pH, DBO, DQO que son determinados por sensores colocados en la laguna de aireación en su salida y transmitidos a un monitor dónde son leídos por la persona que esta a cargo de la planta de tratamiento, se puede regresar a la primer laguna ó de aireación para mantener una concentración constante de microorganismos en el reactor biológico de 2,000 mg/L acorde con la capacidad de diseño, ó pasa a una tercer laguna que se llama laguna de **pulimento ó postaeración**, en esta laguna se emplea la fuerza de la corriente del agua, para pasarla a través de una malla plástica, que retiene los posibles residuos sólidos y en dónde se incorpora más oxígeno por medio de mangueras y compresoras, para oxidar la posible materia orgánica presente, para pasar posteriormente a una laguna más, **biofiltro** el cuál cuenta con un lecho de arena que es por dónde pasa el agua como último proceso de purificación, en dónde previamente se encuentran vegetales de tipo lirio para detener posibles impurezas contenidas en el agua .

El agua ya tratada se almacena en la laguna más pequeña de la planta, tiene una capacidad de almacenaje de 25 m³. El agua aquí guardada se emplea para el riego de áreas verdes y su excedente se vierte a un río que pasa por la parte posterior de la planta.

Los lodos activados separados en la laguna clarificadora, se depositan en una laguna llamada **De digestión**, donde los lodos se digieren por completo y se almacenan hasta por 8 meses aproximadamente, una vez saturada la laguna de lodos, se bombea el lodo a una pipa y actualmente se deposita en el basurero municipal (información proporcionada por el Biólogo Salvador Larios Gerente General del Dpto. de Ecología de la empresa COCA-COLA grupo Azteca)

Debido a la riqueza de materia orgánica de estos lodos es factible su utilización como abonos para el suelo, su aplicación debe ser directa, es decir utilizándolo húmedo tal como se obtiene al salir de los digestores, ó bien después de haberseles eliminado una parte de su humedad sobre lechos de arena ó por filtración al vacío, el uso de estos lodos como abonos orgánicos se debe a la gran cantidad de materia orgánica y nutrientes que contiene.

2.- Necesidades nutricionales de las plantas

Para que las plantas en general, tengan un desarrollo óptimo, el suelo donde se siembren debe contar con los minerales indispensables para su crecimiento, estos minerales han sido clasificados en macroelementos y microelementos los primeros son indispensables para el desarrollo de los vegetales y no puede haber sustituyente de ellos considerándose el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre. Entre los segundos se consideran el cloro, boro, cobre, hierro, zinc, molibdeno y manganeso, las funciones de estos últimos pueden ser sustituidas por otros elementos o las concentraciones requeridas por las plantas son mínimas, también se clasifican por su comportamiento al ser absorbidos por las plantas en dos formas, móviles e inmóviles, los móviles son los que utilizan las plantas en los

procesos metabólicos etc; y los inmóviles son los que sirven como endurecedores de raíz y tronco, hasta la muerte de las plantas⁽⁹⁻²¹⁻²⁴⁾.

Nutrientes móviles.- N. P. K. Mg.

Nutrientes inmóviles.- Fe, Ca , S, Zinc.

Los nutrientes inmóviles permiten la apreciación de la carencia de alguno de ellos, inicialmente en las hojas jóvenes, porque las partes viejas de la planta cuentan con el mineral escaso.

Debido a su importancia en seguida se enlistan las funciones de los macroelementos y los síntomas que presentan las plantas si hay deficiencia de alguno de ellos.

1.- Nitrógeno.

- a) Forma parte de las proteínas, de la clorofila. ácidos nucleicos y varias coenzimas, incluyendo el Dinucleotido de Nicotinamida (NAD) y Adenin Fosforado (NADP)
- b) Imparte un color verde oscuro a las plantas.
- c) Promueve el desarrollo de hojas y tallos.
- d) Produce una calidad mejorada en las legumbres que se cultivan por sus hojas.
- e) Produce un desarrollo rápido en el primer ciclo de desarrollo.
- f) Aumenta el contenido de proteínas en los cultivos alimenticios
- g) Su deficiencia provoca que la planta presenta clorosis, debido a la disminución de clorofila, en hojas y en tallo pueden volverse rojos o de color púrpura debido a la producción excesiva de antocianinas, ocasionando una disminución en el tamaño de las células y especialmente del ritmo de sus divisiones celulares.

2.- Fósforo

- a) Es constituyente del ácido nucléico, fosfolípidos y lecitinas que son constituyentes de la membrana citoplasmática. Un adecuado abastecimiento de fósforo en las primeras etapas de desarrollo de la planta es utilizada para la formación de las partes reproductoras de la misma.
- b) Estimula el desarrollo radicular inicial, ayudando así en el establecimiento rápido de las plántulas.
- c) Produce la madurez temprana de los cultivos, particularmente en los cereales.
- d) Estimula la floración y ayuda a la formación de la semilla.
- e) Los fosfatos orgánicos, como el difosfato y trifosfato de adenosina (ADP y ATP) y los fosfatos de azúcares desempeñan un papel esencial en el proceso metabólico. Mejora la calidad alimenticia de los granos y de otras cosechas.
- g) Cuando se aplica a leguminosas, se activa el rhizobium y la formación de nódulos en las raíces, ayudando a la fijación del nitrógeno atmosférico por parte de las plantas.
- h) Su deficiencia provoca la caída prematura de las hojas, pigmentación púrpura y roja en hojas, (necróticas en hojas y pecíolos). Plantas raquíticas y débiles.

3.- Potasio

- a) Da mayor vigor y resistencia a las enfermedades en las plantas.
- b) Aumenta el tamaño de granos y semillas.
- c) Es esencial en la formación y transferencia de almidón y azúcares.
- d) Imparte vigor a las leguminosas y otros cultivos en el invierno.
- e) Ayuda en la formación de proteínas.
- f) Regula las condiciones del agua dentro de la célula en la planta y las pérdidas de agua por transpiración, acumulándose en las vacuolas el agua que entra a la planta.
- g) Actúa como un acelerador de la acción de enzimas.

2.- Fósforo

- a) Es constituyente del ácido nucléico, fosfolípidos y lecitinas que son constituyentes de la membrana citoplasmática. Un adecuado abastecimiento de fósforo en las primeras etapas de desarrollo de la planta es utilizada para la formación de las partes reproductoras de la misma.
- b) Estimula el desarrollo radicular inicial, ayudando así en el establecimiento rápido de las plántulas.
- c) Produce la madurez temprana de los cultivos, particularmente en los cereales.
- d) Estimula la floración y ayuda a la formación de la semilla.
- e) Los fosfatos orgánicos, como el difosfato y trifosfato de adenosina (ADP y ATP) y los fosfatos de azúcares desempeñan un papel esencial en el proceso metabólico. Mejora la calidad alimenticia de los granos y de otras cosechas.
- g) Cuando se aplica a leguminosas, se activa el rhizobium y la formación de nódulos en las raíces, ayudando a la fijación del nitrógeno atmosférico por parte de las plantas.
- h) Su deficiencia provoca la caída prematura de las hojas, pigmentación púrpura y roja en hojas, (necróticas en hojas y pecíolos). Plantas raquíticas y débiles.

3.- Potasio

- a) Da mayor vigor y resistencia a las enfermedades en las plantas.
- b) Aumenta el tamaño de granos y semillas.
- c) Es esencial en la formación y transferencia de almidón y azúcares.
- d) Imparte vigor a las leguminosas y otros cultivos en el invierno.
- e) Ayuda en la formación de proteínas.
- f) Regula las condiciones del agua dentro de la célula en la planta y las pérdidas de agua por transpiración, acumulándose en las vacuolas el agua que entra a la planta.
- g) Actúa como un acelerador de la acción de enzimas.

- h) En ausencia de potasio el crecimiento de las plantas se ve reducido, sobre todo en aquellas plantas que tienen pocas reservas en las semillas, provoca una típica clorosis moteada de las hojas seguida del desarrollo de zonas necróticas en los bordes y punta de estas.

Las manchas contienen una gran cantidad de un compuesto nitrogenado poco corriente, la putrecina que tiene como consecuencia una alteración en el metabolismo y puede llegar a matar a las células.

4.- Calcio

- a) Es un constituyente de la pared celular, como tal aumenta la rigidez de la planta.
- b) Promueve el desarrollo de las raíces.
- c) Constituye una base para la neutralización de ácidos orgánicos.
- d) Afecta la absorción de las plantas, especialmente del nitrógeno.
- e) Fomenta la producción de semillas.
- f) Es esencial para los puntos del desarrollo especialmente las puntas de las raíces. Al mismo tiempo no se mueve libremente de las partes más viejas a las más jóvenes de la planta, esta es la razón por lo cual los síntomas de deficiencia de Ca aparecen primero en los puntos de crecimiento.
- g) Las deficiencias de calcio dan como resultado la muerte rápida de las regiones meristematicas del tronco y raíz, la deformación de las hojas jóvenes, que hacen que las puntas se doblen y si no se corrige la deficiencia de calcio, más tarde las hojas pueden mostrar una clorosis marginal que puede dar lugar a una necrosis en esas zonas.

5.- Magnesio

- a) Como es constituyente de la clorofila, es esencial para todas las plantas verdes, ayuda a mantener el color verde oscuro en las hojas.
- b) Se encuentra asociado a muchas proteínas vegetales
- c) Ayuda como portador del fósforo en la planta, particularmente en conexión con la formación de semillas de alto contenido en aceite. De este modo promueve la formación de aceites y grasas.
- d) Regula la absorción de nutrientes.
- e) La deficiencia de Magnesio origina generalmente una reducción en el crecimiento, la muerte prematura de las hojas y la inhibición de la floración, en grandes cantidades de magnesio las raíces no crecen bien y las plantas se vuelven pardas y raquílicas.

6.- Azufre

- a) Aunque el azufre no es un constituyente de la clorofila ayuda en la formación de esta sustancia y fomenta el desarrollo vegetativo de la planta.
- b) Está involucrado en la formación de algunas coenzimas como biotina, tiamina y coenzima A, así como en los aminoácidos cisteína y metionina.
- c) Es un constituyente esencial de muchas proteínas y de ciertos compuestos volátiles como el del aceite de mostaza y cebolla.
- d) Promueve un mayor desarrollo radicular.
- e) Estimula la formación de las semillas.
- f) Promueve la formación de nódulos en las leguminosas.
- g) Su deficiencia provoca a las plantas se hagan amarillentas (cloróticas)⁽¹⁾.

Para determinar los síntomas de deficiencia de algún nutriente en las plantas ó cultivo, existen algunos procedimientos, que son los siguientes:

- a) Análisis de los suelos. esto se lleva a cabo antes de la siembra para determinar las necesidades del cultivo y su posible fertilización mineral.
- b) Análisis de la planta entera ó de algunas de sus partes, para verificar las deficiencias de nitrógeno, fósforo, potasio, etc.; esto se hace mediante un análisis y se compara con un testigo en condiciones óptimas.
- c) Análisis de campo, en el cuál se utilizan reactivos químicos que informan las deficiencias tanto en suelo ó en plantas.
- d) Diagnóstico visual, es una observación directa de la planta, tomándose en cuenta dos puntos, las hojas jóvenes y las hojas viejas^(5,15,17,20,24).

En el desarrollo de las plantas se deben considerar otros factores, no solo los minerales presentes en el suelo, estas variables son la constitución genética de las plantas y el medio ambiente dónde se desarrollan. La constitución genética está fijada por cada tipo de planta y determina su potencial de crecimiento máximo bajo las condiciones favorables.

Los factores ambientales, se define como la suma de todas las condiciones externas e influencias que afectan la vida y el desarrollo de un organismo, siendo los más importantes.

- 1.- Temperatura
- 2.- Energía radiada
- 3.- Composición de la atmósfera
- 4.- Contenido de gas del suelo
- 5.- Reacción del suelo
- 6.- Factores bióticos
- 7.- Acciones culturales, es la preparación del terreno previo a la siembra.
- 8.- Densidad de siembra, debe ser sembrada la cantidad adecuada de semilla dependiendo del tipo de cultivo, para evitar un exceso de población que impida el desarrollo óptimo de las plantas y con ello se vea mermada su producción.

- 9.- Control de la humedad, puede ser cultivo de riego ó temporal.
- 10.- Control de malas hierbas, la limpieza puede ser manual, con maquina ó por productos químicos.
- 11.- Control de plagas y enfermedades, al controlar las malas hierbas se evita en cierto grado la aparición de plagas de insectos, pero en caso de que se presenten se pueden emplear otros productos químicos que son específicos para cada plaga ^(7,9,28).

Referente a lo anterior y como antecedente, tenemos que la Segunda ley de Mischerlich dice que la acción de cada factor que afecta al crecimiento, y la producción, es específico y constante⁽²⁾.

La tercera ley del mismo autor dice que los diversos factores que afectan al crecimiento de las plantas, actúan con independencia uno de otro⁽²⁾.

3) Desarrollo de las plantas

El crecimiento de las plantas puede ser en longitud de los brotes y las raíces, siendo crecimiento primario, el crecimiento en grosor ó espesor de tallo y raíz se denomina crecimiento secundario.

Normalmente acompañan al crecimiento dos procesos evolutivos muy importantes llamados morfogénesis y diferenciación.

- La morfogénesis, es el desarrollo de formas externas de nuevos órganos, como son las hojas.
- Diferenciación, es la adquisición gradual de diferentes rasgos estructurales y funciones, por las células que originalmente fueron parte de la uniforme y no especializada población del meristemo⁽⁹⁻¹⁷⁻²⁴⁾.

4.- Frijol (*Phaseolus vulgaris*)

El frijol es nativo del área México-Guatemala, y se ha venido cultivando en México desde hace 4000 años según datos de restos arqueológicos encontrados en las cuevas de la región de Ocampo, Tamaulipas⁽⁹⁾ y en la cueva de Coxcatlán, Puebla. Siendo hasta la fecha uno de los cultivos más importantes en el país, en el año de 1962 la superficie sembrada en México fue de 170000 hectáreas, con un rendimiento de 400 kg/ha, en el año de 1994 la superficie cosechada en México es de 1,254,940 Ha. y el rendimiento por hectárea es de 694 Kgs, obteniendo una producción total de 870,499 toneladas⁽³⁰⁾, y como referencia tenemos también que el rendimiento mundial en la producción de frijol es de 515 Kg/ha⁽⁹⁾. Se observa un aumento en la producción por hectárea, esto se debe que antes se cultivaba bajo condiciones de temporal, se cultivaba asociado ha otros cultivos, no se empleaban variedades mejoradas, no se empleaban los fertilizantes adecuados y las plagas causaban muchos daños, en la actualidad el empleo de fertilizantes, control de plagas, uso de semilla certificada y el aplicar tecnología para regular la temperatura ó el suministro de agua suficiente, implica el poder obtener hasta 3 cosechas por año en el mismo terreno. Para considerar significativa la diferencia entre el rendimiento de dos parcelas esta debe ser de un 40-50%, e implica diferente el efecto del tratamiento empleado, al usar algún fertilizante ó mejorador de suelos⁽²⁹⁾.

En la República Mexicana se pueden obtener dos cosechas por calendario agrícola, una en primavera y la segunda en otoño-invierno⁽³³⁾.

El calendario de primavera inicia en Abril con la labranza y la fertilización del terreno, la siembra se realiza entre el día 15 de Mayo y el día 15 de Junio. La cosecha se espera para finales del mes de Septiembre⁽³³⁾.

El calendario Otoño-Invierno inicia en el mes de octubre con la labranza, para seguir en el mes de Noviembre con la fertilización. Llevándose a cabo la siembra en Noviembre y debido a que en esta época impera el clima frío en ocasiones, la cosecha se da a finales de Enero ó principios de Febrero⁽³³⁾.

En México se emplean innumerables variedades de fríjol para siembra, debido a la gran variabilidad de temperaturas, humedad y altitudes presentes en el país. Pero aun siendo de gran importancia y arraigo en el país, porque se emplea en casi todas las comidas la producción nacional solo alcanza para cubrir las necesidades del nacionales.

5.- Botánica del frijol

El frijol pertenece a la familia leguminosa, subfamilia papilionoideas, tribu faseoleas, subtribu faseolineas y género phaseolus. Las principales especies cultivadas en México son *Phaseolus vulgaris* L., (frijol común), *P. coccineus* L. (frijol ayocote), *P. lunatus* L. (frijol lima) y *P. acutifolius* Gray (frijol Tepary), la especie más importante desde el punto de vista agrícola es *P. vulgaris* L.

Es una planta herbácea y anual su ciclo vital inicia y concluye en un mismo año, su periodo de desarrollo va de 2 a 6 meses, cuyas variedades prosperan en todos los climas, de preferencia en climas templados con temperaturas de 18 a 30 °C, por lo general no toleran las heladas y a bajas temperaturas su desarrollo se ve inhibido. Se da a muy diversas alturas, que van desde el nivel del mar hasta los 3000 metros de altitud.

Presenta una raíz fibrosa o tuberosa ramificada en su origen, en la que después se notan nudosidades bacterianas (*Rhizobium*) que fijan el Nitrógeno atmosférico. El tallo puede ser corto y robusto ó más frecuente rastrero y delgado, con pelos cortos y rígidos que favorecen la adhesión a su soporte y es milimétrico constando de 3 ó 4 nudos, las hojas

exceptuando las dos primeras son compuestas pecioladas, de color verde claro, con tres folios cordiformes (*trifoliados*) y provistos de estipulos resistentes⁽⁹⁻¹¹⁻³³⁾.

Las flores son pediceladas, la flor consta de 5 sépalos, 5 pétalos, 10 estambres y un pistilo, el cáliz es gamosépalo, los pétalos difieren morfológicamente y en conjunto forman la corola.

Las partes comestibles del frijol son:

Fruto (ejote) a los 70 días aproximadamente de desarrollo de la planta

Semilla (frijol) a los 90 días aproximadamente de desarrollo de la planta⁽³³⁾

6.- Necesidades del frijol

El frijol requiere ciertas condiciones para su crecimiento óptimo y con ello obtener una buena producción algunos de estos requerimientos son un pH del suelo entre 5.5 y 6.8, la distancia entre plantas es de 10-20 cm y entre surcos es de 40-60 cm, la cantidad de semilla por hectárea recomendada es de 40-80 kg/ha. El surco debe ser sencillo y estar bien drenado para evitar el exceso de humedad y con ello que se pudran las raíces de la planta ó la semilla si se acaba de sembrar⁽⁹⁻³¹⁾.

La profundidad de siembra es de 2-4 veces el tamaño de la semilla, lo que equivale a 3-5 cm de profundidad, lo que depende de la humedad que retenga el suelo, si es característica que el suelo sea seco la semilla debe sembrarse profundo y si es húmedo el suelo, la semilla debe quedar lo menos profundo posible⁽⁹⁻³¹⁾.

Es recomendable en el cultivo del frijol aplicar fertilizantes con una buena dosis de nitrógeno, fósforo y potasio, debe aplicarse al momento de la siembra, depositándolo en el fondo del surco y a un lado de la semilla, en caso de no conseguir fertilizante químico,

se puede usar estiércol animal bien descompuesto ó alguna otra clase de materia orgánica, en este caso debe aplicarse en el fondo del surco o al volteo unas semanas antes de la siembra.

Al abonar adecuadamente el terreno se promueve un crecimiento más extenso y profundo del sistema radicular e incluso ayuda a rechazar una falta perjudicial de lluvia o un exceso de agua.

Tabla No. 2 De contenido nutricional aproximado del fríjol⁽³³⁾.

Carbohidratos	63 %
Proteínas crudas	24 %
Grasas	3 %
Fibras crudas	6 %
Cenizas	4 %

La primera ley de Mitscherlich menciona que cuando se aplican dosis crecientes de fertilizantes a los cultivos, para aumentar su productividad, los incrementos del rendimiento no son proporcionales a las cantidades empleadas, estas van disminuyendo gradualmente a medida que van aumentando las dosis de fertilizante, hasta llegar a un límite, pasando dicho límite los incrementos son mínimos e irregulares⁽²⁸⁾.

7.- Enfermedades del frijol

Algo muy importante que se debe considerar al estar establecido el cultivo, es el combate de las plagas, entre los insectos más importantes que perjudican al frijol son;

Conchuela, sus larvas y adultos se comen las hojas del frijol, y cuando son abundantes también se comen las vainas y los tallos.

Picudo de ejote, el insecto mide de 1 a 2 milímetros de longitud y menos de 1 milímetro de ancho, produce una sola generación por año, el daño consiste en que los huevecillos son depositados en las vainas tiernas, y una vez que nacen las larvas se comen las semillas que se están formando en las vainas.

Doradillas, los insectos tienen 8 milímetros de longitud, y su ciclo de vida varía entre 30 y 40 días, los adultos se alimentan de las hojas y producen unos agujeros en forma irregular, cuando la infestación es intensa también llegan a cortar las flores y tallos.

Minadores de las hojas, causa daños principalmente en las siembras de invierno, las hembras depositan sus huevecillos sobre la parte superior de la hoja y las larvas se introducen en ésta y forman pequeñas galerías o túneles de color blanquecino, en muchas ocasiones las larvas destruyen totalmente las hojas del frijol.

Mosca blanca, el adulto tiene de 1 a 2 milímetros de longitud y está cubierto de un polvillo de color blanco, para pasar de huevecillo a adulto tarda aproximadamente 25 días, al nacer las ninfas permanecen en el mismo sitio en la parte inferior de la hoja y chupan la savia, cuando la infestación de la plaga es muy intensa, las hojas se vuelven amarillas, se enrollan y caen, la planta detiene su crecimiento y por consiguiente disminuye la producción de grano⁽²⁴⁾.

Gorgojos, el adulto mide 2 a 3 milímetros de ancho y el daño lo hace al perforar y destruir las semillas tanto en el campo como en el almacén, las hebras depositan los huevecillos en pequeños agujeros que hacen en las vainas de frijol, las larvas nacen y se introducen en la vaina tierna en busca de semillas para alimentarse de ellas⁽⁷⁾.

Por último se recomienda cosechar las vainas antes de que la planta se seque totalmente y las vainas se abran y dejen caer sus granos al suelo, si es época de lluvias deberá cosecharse mucho antes de su madures las vainas para que el grano no se manche con el agua.

V. MATERIALES Y MÉTODO

- 1.- Muestreo de suelo, Se tomaron 5 muestras de suelo, el día 20 de Junio de 1994, cada muestra se colocó en una bolsa de plástico, siendo aproximadamente 2 Kg el peso de cada una, se tomó una muestra en cada una de las esquinas de la parcela experimental y la última al centro de esta.

Para tomar las muestras de suelo se limpio primero la hierba, una vez limpia la superficie se realizó una perforación de 15 cm de profundidad y unos 30 cm de diámetro y se tomó una porción de suelo abarcando de la superficie a los 15 cm de profundidad, así fue en las cinco ocasiones.

- 1.1 Muestreo de lodo. Se realizó en la planta de tratamiento de agua residual, propiedad de la empresa Coca-Cola (GRUPO AZTECA), ubicada en la ciudad de Apatzingan, Estado de Michoacán, en la laguna de almacenamiento de lodos, se empleó una red de 2 metros de largo, con ello se elimina el exceso de agua y atrapando el lodo, se colocó en una superficie cubierta de plásticos al aire libre, para secar parcialmente el lodo y transportarlo en 2 garrafones de plásticos de capacidad de 20 litros cada uno, al Distrito Federal.

El traer los lodos digeridos desde la ciudad de Apatzingan, se debió a que esta era la única planta de tratamiento de agua residual funcionando en esas fechas, y que estaba a cargo del Biólogo SALVADOR LARIOS, siendo el quien permitió el acceso a la planta y brindo su apoyo al presente trabajo.

- 1.2 Análisis de suelo y lodos, las muestras de suelo y lodo fueron analizadas en el CENTRO DE INVESTIGACIÓN DISCIPLINARIA en CONSERVACIÓN y MEJORAMIENTO de ECOSISTEMAS FORESTALES, (CENID-COMEF) POR La Ingeniero Bioquímico Juana Ma Castro Servín, con fecha del 20 de Agosto de 1994 al 15 de Septiembre de 1994.

2.- Laboratorio.

Las muestras de suelo y lodo se secaron exponiéndolas al medio ambiente, sobre papel periódico y plásticos y las técnicas que se emplearon en determinar cada uno de los parámetros se enlista a continuación.

pH.- Con agua destilada relación 1-2.5 (Goijberg y Aguilar , 1987)

C.I.C.- Método para suelos neutros, extracción de cationes con acetato de amonio pH 7, Guilman y Backer (1979).

NT.- Método modificado de Kjeldahl (Bremer,1965)

M.O.- Por la técnica de Walkley y Black (1947), modificada para suelos forestales

Textura.- Método de hidrómetro de Bouyoucos (ISSS,1987)

P.- Fósforo disponible por el método de Bray y Cajuste (1987)

Ca, Mg, Na y K.- Intercambiables por espectroscopia de absorción atómica, extraídos con acetato de amonio pH 7 Guilman y Becker (1979)

NO₃.. Con ácido fenol disulfónico..

3.- Trabajo de campo.

3.1 Localización, Ubicación, Dimensiones y Características de la parcela experimental

Esta ubicado al sur de la Ciudad de México D.F. Dentro del perímetro de la Delegación Política Magdalena Contreras a $19^{\circ}13''$ de latitud norte y $99^{\circ}12''$ de longitud oeste.

El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano $Cb''(w_2) (w)_i$ basado en la clasificación de Köppen, modificada por García (1975). Las características ambientales de la zona se tomaron de la estación climática del Ajusco que es la más cercana a la zona, se tiene la información promedio de los últimos 16 años (ver cuadro No. 1-2 de anexos)

El terreno tiene una superficie total de 200 m^2 de ello se destinaron 36 m^2 , debido a que fue la superficie que me prestaron para el trabajo, el suelo del terreno y en general del área donde se encuentra este, se caracteriza por contar con una capa de tierra de 50 cm aproximadamente rica en materia orgánica, en donde predominan las arcillas. Pasando los 50 cm encontramos un suelo de origen volcánico, básicamente son cenizas endurecidas de naturaleza tobacea, formada en fragipan.

El fragipan se compone de densas capas de cenizas volcánicas, que debe su endurecimiento a su extrema densidad y compactación, al tomar ó separar algunas muestras, esta se vuelve quebradiza y se desmorona fácilmente .

El fragipan es tan duro que las raíces no lo penetran y el agua se mueve lentamente a través de él, por los pequeños poros que presenta, debido a la cementación.

El suelo correspondiente a la parcela experimental, con anterioridad fue usado para el cultivo de árboles frutales como perales, duraznos, ciruelos. Se dejó de trabajar

aproximadamente por dos años, debido a ello al momento de labralo para el actual trabajo predominaban los pastos y plantas silvestres, lo que favorecieron la acumulación de Materia orgánica.

3..2. Cultivo utilizado en el experimento

Se empleo Frijol (*Phaseolus vulgaris*), debido a la importancia que tiene en la economía y imentación nacional. Además como se sembró en el mes de Noviembre, el frijol es una buena opción para soportar el frío del invierno.

La variedad empleada fue Black valentin, de acuerdo al manual de cultivos de la SARH es óptima esta variedad para sembrase en la Mesa Central de México, que incluye el Valle de México.

Se aseguro que fuera semilla certificada y con ello eliminar una variable que pudiera afectar el rendimiento de alguna de las parcelas, (fotografía 4) se observa la semilla protegida con un agroquímico el cuál proporciona una coloración morada, lo cuál nos indica que la semilla esta protegida de los insectos durante su almacenamiento.

3.3.- Diseño experimental y tratamientos

Es un diseño experimental de parcelas divididas al azar, de los 36 m² empleados en este experimento, se dividió en cuatro tratamientos, de una superficie de 9 m² cada uno, con dimensiones de 4.5 X 2 m.

3.3.1.- Como se determinaron los tratamientos y sus dosis

Para poder aplicar el lodo se debió calcular primero la cantidad de tierra presente en nuestra parcela experimental por metro cuadrado en su capa arable, y de esta cantidad

determinar el porcentaje que corresponde a M.O. y Nitrógeno total, a continuación se muestran los cálculos.

De la parcela experimental, se toma en cuenta una profundidad del suelo de 15 cm, con una densidad aparente de 1.25 gr/cm^3 (dato tomado de la bibliografía 4).

$$100 \times 100 \text{ cm} = 10,000 \text{ cm}^2$$

$$10,000 \text{ cm}^2 \times 15 \text{ cm de profundidad} = 150,000 \text{ cm}^3 \text{ de tierra por metro cuadrado.}$$

El dato anterior multiplicado por la densidad aparente da 187.5 Kg de tierra por metro cuadrado a una profundidad de 15 cm

En un metro cuadrado de terreno tenemos un 4.04% de Materia orgánica, que equivale a 7.5 Kg de materia orgánica y de ello el 0.21 % es nitrógeno total siendo 0.0159 Kg.

Por kilogramo de lodo tenemos que el 35% es materia orgánica, que equivale a 0.350 kg. de ello tenemos que el 4.6% es nitrógeno total 0.014 Kg.

Considerando el porcentaje de materia orgánica y el contenido de nitrógeno total, se determinó que para hacer evidente los resultados y debido a que el frijol requiere de un fertilizante rico en nitrógeno, se propone que al duplicar su concentración de este elemento en el suelo, repercutirá favorablemente en el desarrollo y producción de las plantas, para ello se requiere 1.135 Kg de lodo por m^2 , y para el total del tratamiento de 9 m^2 se requiere 10.2 Kg de lodo digerido.

Debido a que no se cuenta con grandes cantidades de lodo digerido se optó por disminuir las cantidades a aplicar en los otros dos tratamientos, quedando las dosis a aplicar como siguen.

- 1er. Tratamiento 2.5 Kg de lodo por lote
- 2º. Tratamiento 5 Kg de lodo por lote
- 3er. Tratamiento 10.2 kg de lodo por lote

El criterio empleado fue disminuir a la mitad la cantidades empleada tomando como base, la cantidad de lodo necesaria para duplicar la concentración de nitrógeno en el suelo. Un lote más quedo como testigo.

4.- Práctica y manejo del experimento en campo

4.1 Preparación del terreno

Se inicio el día 22 de Agosto de 1994, lo primero fue la limpieza manual, se quitaron las malas hierbas, piedras u otros objetos que se encuentren en el terreno. El barbecho se realizo con azadón a 15 cm de profundidad, en el barbecho se voltea la tierra y se desbarataron los terrones grandes.

Para el rastreo y nivelación del suelo, se empleo rastrillo y pala, esto es con la finalidad de deshacer terrones que hayan quedado y nivelar lo mejor posible el terreno, evitando con ello el estancamiento del agua al regar. Terminando las actividades de preparación de terreno el 19 de Noviembre de 1994.

4.2. Distribución del espacio en el campo

Como se menciona, fueron 4 tratamientos , distribuyéndose al azar , y entre cada tratamiento hubo una separación de 30 cm.

Además se techo por completo la parcela experimental, con lonas del mismo color, y colocadas a 2.5 metros de altura aproximadamente (ver fotografía 5), creando un

invernadero improvisado al estar cubierto también por los costados con barda de piedra, protegiendo totalmente a las plantas de las heladas, lluvias y vientos fuertes.

4.3 Aplicación de lodos

El día 15 de Noviembre de 1994 (ver fotografía 3) se aplicó el lodo en cada uno de los tratamientos, pesándolo en una balanza granataria y de ahí se vació a los surcos ya hechos, específicamente se colocó debajo de donde se colocarían las semillas, mezclándose con la tierra homogéneamente empleando un azadón.

4.4 Siembra

En cada lote el ancho de cada surco fue de 40 centímetros y el largo de 4.5 metros, habiendo seis surcos por lote.

La siembra se realizó en forma de mateado, los días 23 y 24 de Noviembre de 1994, se sembraron 3 semillas por espacio, una vez germinadas se eliminó el sobrante quedando una sola planta por espacio, siendo 342 plantas en cada uno de los lotes, habiendo 6 surcos de 40 cm de ancho en cada lote, y cada surco cuenta con 57 individuos, con una separación entre individuo de 8 cm aproximadamente.

El periodo de riego fue de cada tercer día en los primeros cuatro meses y los dos restantes meses, la cantidad de agua aplicada disminuyó porque el medio estaba más húmedo que al inicio del experimento.

4.5 Toma de datos

Se realizó un seguimiento del desarrollo de las plantas, llevándose a cabo lo siguiente:

- 1.- Contabilizar el numero de individuos en cada uno de los lotes, periódicamente para saber la población presente.
- 2.- Se midió la longitud de las plantas, para ello se eligen 5 individuos de cada surco al azar, siendo en total 30 individuos por lote y se obtiene la media en cada uno de los lotes, en la sección de resultados se enumeran las fechas y numero de individuos y longitud de las plantas.

4.6. Labores de limpieza

Hubo que darle cuidados a las plantas durante el experimento, estos fueron eliminar las malas hierbas manualmente, ya que crecían continuamente, y además se les daba forma a los surcos con un azadón para evitar que las raíces quedaran descubiertas y con ello se secaran las plantas o se rompieran por su propio peso, (las Fotografías 6-7-8-9) muestran el frijol de cada uno de los lotes a un mes de edad.

4.7 Plagas y Enfermedades

El control de plagas y enfermedades, es un cuidado que se le debe tener a las plantas, principalmente en cultivo. Durante el mes de Diciembre y Enero se presento la Chicharras plaga común en el cultivo de frijol durante la temporada de invierno, el daño causado a las plantas por el insecto es en hojas presenta zonas amarillentas porque se alimentaba de la savia de las mismas, estas se necrosaban por posible infección micótica alrededor de la perforación hecha por el insecto. (Fotografía 12)

La plaga persistió hasta el mes de Abril cuando fue disminuyendo significativamente y no ocasiono daños severos al cultivo, no se aplico tratamiento alguno para el control de la chicharra, disminuyo su incidencia pero sin desaparecer.

En el mismo mes de Abril se observaron daños en el lote testigo, observándose hojas destruidas parcialmente, se detecto que era el caracolillo el infestante, el que se alimenta de las hojas y vainas, se trato de eliminar esta plaga manualmente. (Fotografía 14).

Para el día 20 de abril se detecto el daño causado por el caracol en los 4 lotes, pero debido a la diferencia de frondosidad entre los individuos de los lotes tratados y el testigo, este ultimo se aprecio con mas daño, se volvió a tratar de erradicar anualmente.

El día primero de Mayo se observo que el problema del caracol era bastante severo en el lote testigo, en los lotes tratados funciono perfectamente la limpieza manual de caracol.

Se optó por poner alrededor del lote testigo una banda de cal y limpiar manualmente las plantas, estos medios fueron suficientes para terminar con el caracol..

También durante el mes de Enero cuando llovía bastante y la humedad era mucha en la parcela apareció el moho de las hojas (*Cladosporiu fulvum*), se detecto por manchas amarillas en las hojas, su presencia fue insinificativa, desapareció sin aplicación de tratamiento, la única medida que se tomo es disminuir la cantidad de agua en el riego de la parcela.

En general se trato de evitar aplicar productos químicos para no alterar el desarrollo de las plantas ó afectar de algún modo el lodo digerido que se aplicó como fertilizante.

4.8. Cosecha

Para el día 14 de Enero se observó las primeras estructuras florales, (Fotografía 10-11) y el 12 de febrero del mismo año se presentaron las primeras vainas, (Fotografía 13).

A mediados del mes de mayo se comienza a notar un marchitamiento general en las hojas, contando las plantas con 5 meses de desarrollo, (fotografía 15).

El día 18 de Junio de 1995 se cosecha, cortando las vainas y colocándolas en cajas de cartón, separadas por lotes, para terminar de secarse. A los 3 días se abren las vainas manualmente para obtener la semilla y se pesa el total por lote en una balanza granataria.

4.9. Análisis

Del trabajo de campo se obtuvieron 3 tipos de datos para comparar el desarrollo y rendimiento de las plantas de cada uno de los tratamientos siendo estos;

- 1.- Número de individuos en cada uno de los tratamientos
- 2.- Longitud promedio de las plantas de cada tratamiento
- 3.- Peso total del grano obtenido en cada tratamiento

VI. RESULTADOS

Los análisis del lodo digerido obtenido de la planta de tratamiento de Apatzingán, Michoacán mostró una naturaleza de turba arcillosa, con alto porcentaje de nutrientes, pH ligeramente alcalino y saturación de bases cercano al 100%, lo que evidencia la gran cantidad de bases intercambiables presentes en el lodo (ver cuadro No. 1)

!-----meq/100 gr-----!

Clasificación	M.O. %	Ni %	pH 2.5 H ₂ O	1- NO ₃ ppm	C.I. C.	Na	K	Ca	Mg	P ppm	Sat. Bases %
Suelo migajon-rcilloso*	4.04	0.21	7.8	31	84.9 5	2.19	1.15	49.72	29.10	8	96.71
Lodo turba-arcilla	35	4.06	7.3	45	128. 1	10.6	1.65	49.6	62.13	6	96.7

Cuadro No. 1 Resultado de los análisis físicos y químicos del suelo y lodo proporcionado por la Química Juana Servin

* Porcentaje de composición del suelo Arena 39.8%, arcilla 32.2%, limo 28 %.
(Proporcionado por la Química Juana Servin)

Al comparar los resultados del suelo y del lodo se observa que el suelo presenta un porcentaje muy inferior en materia orgánica y nitrógeno total en comparación al presente en el lodo, pero al

realizar la mezcla del lodo con el suelo se espera un resultado favorable para el desarrollo de las plantas. (Ver figura # 1)

Para conocer el comportamiento del lodo una vez mezclado en el suelo una vez terminado el experimento, se realizó un muestreo del terreno después de la cosecha. Los resultados de los análisis químicos, muestran un rango de variación entre 0.95% de M.O. en el tratamiento de dosis baja, hasta un 2.67% de M.O. en el tratamiento de dosis media (ver cuadro No 2)

Tratamiento	Materia orgánica %	Nitrógeno total %	Relación carbono/nitrógeno	NO ₃
Testigo	2.41	0.19	7.36	22.5
Dosis baja	0.95	0.10	5.51	15
Dosis media	2.67	0.16	9.68	21
Dosis alta	1.94	0.14	8.65	20

Cuadro No .2 Propiedades químicas del suelo del terreno experimental, por lote después de la cosecha.

Se observa una mayor concentración de nitrógeno total y nitratos en el lote testigo, por la presencia de *Rhizobium spp.*, al haberse desarrollado por la necesidad de fijar nitrógeno de la atmósfera , no así en los demás lotes que tenían a su disponibilidad el suficiente nitrógeno para su desarrollo.

La comparación de resultados de los análisis químicos de los suelos (Materia orgánica, nitrógeno total y nitratos) antes y después de la cosecha mostró una disminución significativa de

los nutrientes, debido al proceso de crecimiento de *Phaseolus vulgaris* en dónde requiere de todos estos nutrientes para su crecimiento (ver cuadro No. 3)

!-----Resultados después de la cosecha-----!

Tratamiento	Promedio antes de la siembra	Lote testigo	Dosis baja 2.5 Kg de lodo	Dosis media 5 Kg de lodo	Dosis alta 10.22 Kg de lodo
Materia orgánica %	4.04	2.41	0.95	2.67	1.94
Nitrógeno total %	0.21	0.19	0.10	0.16	0.14
Nitratos ppm	31	22.5	15	21	20

Cuadro No. 3 Análisis químicos del suelo después de la cosecha.

Los resultados de los análisis de los lodos digeridos elaborados antes de su aplicación en estado seco fueron comparados con los análisis de lodos de una estación experimental de agricultura de New.Brunswick N.J. y con una planta de tratamiento de lodos en Toledo Ohio (ver cuadro No.4)

RESULTADOS % BASE SECA

Determinaciones	New.Brunswick N.J	Toledo Ohio	Resultados obtenidos Belmont (1995)
Nitrógeno total	2.25	-	4.06
Materia orgánica	38-53	38-53	35

Cuadro No .4 Comparación de resultados obtenidos de análisis químicos en lodos digeridos

2.-) Rendimiento Parcela experimental sembrada con frijol (*Phaseolus vulgaris*)

A.-)Germinación de plantas y variación poblacional

A los 15 días se contó el número de individuos que habían germinado y se encontró que el testigo tuvo la mayor germinación con 73 plantas (20.8 % del total), mientras que el tratamiento de dosis alta reporto 36 plantas germinadas (10.3 %), el de dosis baja reporto 18 plantas germinadas (5.1 %) el de dosis media reporto 20 individuos germinados (5.5 %)ver cuadro 8 y figura 2 .

A los 31 días se observan cambios bruscos en los porcentajes de germinación, en el tratamiento de dosis alta se reporta la mayor germinación de plantas con 320 individuos (91.4%), superando al lote testigo (85.4%) en un 6%, el de menor germinación logro un 72.8%,y fue el tratamiento de dosis baja, el lote de dosis media quedo con un porcentaje de individuos germinados del 75%.

Fecha	Lote testigo	Lote dosis baja	Lote dosis media	Lote dosis alta
(15 Días de edad) 7-XII-1994	73	18	20	36
(31 Días de edad) 23-XII-1994	299	255	261	320
(46 Días de edad) 8-I-1995	313	293	292	348
(64 Días de edad) 26-I-1995	308	286	301	333
(71 Días de edad) 2-II-1996	301	284	296	315
(241 Días de edad) 18-06-1995	241	220	236	252

Cuadro No .8. Número de individuos por tratamiento

B.-) Longitud de la planta

El lote testigo es el segundo dónde los individuos presentaron una menor altura a los 30 días, cambiando dicho parámetro a los 60 días, se observa que las plantulas del lote testigo tuvieron un mayor desarrollo vegetativo (ver cuadro No. 9 y figura No. 3)

Fecha	Lote testigo cm	Tratamiento dosis baja cm	Tratamiento dosis media cm	Tratamiento dosis alta cm
(30 días) 24-12-1994	7.8	8.3	7.6	8.4
(60 días) 22-01-1994	33.3	30.6	26.6	26.6

Cuadro No. 9 Altura promedio de las plantas por lote en centímetros

C.-) Peso de semillas por planta

El peso de semillas por planta manifiesta una clara diferencia entre las dosis baja y media con un aumento de un 32% y un 69% entre el tratamiento de dosis media y el testigo. No así la dosis alta en dónde la producción fue igual al testigo. (ver cuadro No. 10)

Tratamiento	Producción de semillas por planta (gr.)
Testigo	1.36
Dosis baja	1.8
Dosis media	2.3
Dosis alta	1.36

Cuadro No. 10 Producción de semilla por planta

D.-) Producción de semilla

El resultado final arrojó un rendimiento significativo (ver cuadro No. 11 y figura No. 4). En dónde el testigo tuvo la menor producción (328.7 gr) y esta fue en aumento a medida que se incrementó la cantidad de lodo aplicado (dosis media), para luego decrecer en la dosis alta . Si se llevan estos resultados a toneladas por hectárea es más evidente las diferencias en rendimientos.(cuadro 12)

Tratamiento	Producción de semillas por lote (gr)
Testigo	328.7
Dosis baja	397.4
Dosis media	548.8
Dosis alta	343.5

Cuadro No. 11 Producción total de semillas por lote gr.

Tratamiento	Producción de semilla por Ha
Testigo	365 Kg/Ha
Dosis baja	441 Kg/Ha
Dosis media	609 Kg/Ha
Dosis alta	381 Kg/Ha

Cuadro No. 12 Producción de semillas por Ha.

Diferencia de rendimiento entre el tratamiento de dosis media (5Kg de lodo aplicado) y los demás tratamientos

Tratamiento	Diferencia en %
Testigo	40.1%
Dosis alta	37.5%
Dosis baja	27.6%

Considerando el número de semillas producidas por tratamiento (Figura No. 5) y si se compara con el peso en gramos de 100 semillas (Figura No. 6) se aprecia que aunque en la dosis media se obtuvo el mayor número de semillas, estas son de menor peso promedio y viceversa las semillas del lote de dosis alta se obtuvo el mayor peso promedio, pero el número de semillas fue menor. (ver Cuadro No. 13)

Tratamiento	Testigo	Dosis baja 2.5 Kg	Dosis media 5 Kg	Dosis alta 10.2 Kg
Numero de semillas por lote	942	1303	1600	931
Peso por 100 semilla en gramos	34.8	31	34	36.9

Cuadro No. 13 Producción Número de semillas Vs Peso por 100 semillas en gr.

Considerando el peso de 100 semillas se obtuvo que el testigo pesó 34.8 gr, la dosis baja se redujo un 14.28%, la dosis media se redujo un 0.8%, mientras que la dosis alta aumento un 2.77%. Si bien es cierto que la dosis alta obtuvo el mayor peso por 100 semillas, al compararlo con el testigo la diferencia no es significativa al comparar sus pesos, siendo 5.5 gr más que el testigo (1.71%).

El resultado más significativo es en la dosis media dónde se produjo 214 gr. más que el testigo lo que representa un 65% extra, por último la dosis baja produjo 61 gr. más que el testigo,

equivalente a un aumento del 18.6% , lo que muestra que la dosis media es la que presento un mejor resultado, siguiendo la dosis baja y por último la dosis alta y testigo.

Lo más significativo resultó ser el peso por 100 semillas , ya que a medida que se aumentó la dosis, el peso se vio también incrementado, siendo equivalente la dosis media con el testigo.

Pero muy contrastaste en el número de semillas por lote entre estos mismos. (ver Cuadro No. 13).

VII. DISCUSIÓN

El objetivo general del presente trabajo era comprobar si los lodos digeridos, producidos por una planta de tratamiento de agua residual, podrían ser empleados en actividades agrícolas, refiriéndose en específico al cultivo de frijol en una parcela experimental ubicada en la Ciudad de México.

Inicialmente se realizaron los análisis para determinar las características químicas de los lodos aplicados y del suelo dónde se aplicaron .Se observa en los lodos un alto porcentaje de M.O. 35 % y de este porcentaje el 4% aproximadamente es N_t , contrario en el suelo que se aplico el lodo solo tiene un 4.04% de M.O. y de N_t un 0.21%.

Posterior a la cosecha se analiza el suelo de la parcela experimental, para saber la composición de M.O. y N_t en cada uno de los tratamientos, en general hubo una disminución significativa (ver Cuadro 3). La disminución de nutrientes es ocasionado, por la demanda de estos por las plantas para su desarrollo.

El testigo presenta un desgaste menor del suelo en comparación de los otros tratamientos dónde se aplicó lodo, debido a que las plantas no emplearon las mismas cantidades de nutrientes,

como en los demás tratamientos, por falta de algún elemento que altere la constitución del suelo y provoque su mineralización, este elemento faltante es el lodo digerido.

En el tratamiento dónde se aplico 5 Kg de lodo el desgaste del suelo no concuerda con los otros tratamientos, se esperaba un mayor desgaste del suelo a mayor producción de grano, y esto se debe que al aplicar una concentración optima de fertilizante (lodo) la constitución del suelo y la saturación de cargas de los minerales, permite un mejor flujo de estos a través del suelo y quedan a una disposición más provechosa para las plantas los minerales aportados por el lodo digerido y el suelo no se ve empobrecido.

En tanto al saturar el suelo aplicando 10 Kg de lodo en un tratamiento, queda saturado de cargas de los minerales, provocando que no se mineralicen y estén poco disponibles para las plantas. Y en dónde se aplico 2.5 Kg de lodo los nutrientes del suelo y del lodo no fueron suficientes para estimular un mayor rendimiento en grano de las plantas.

El tratamiento testigo presenta un mayor número de individuos germinados inicialmente al igual que el tratamiento dónde se aplico 10 Kg de lodo e igual tuvieron un mayor desarrollo vegetativo, en comparación con los dos tratamientos restantes, pero estos últimos con un menor número de individuos tuvieron un rendimiento mayor, por planta y por lote (ver cuadro 10-11-12)

Al extrapolar el rendimiento en Kg/Ha observamos que el tratamiento con 5Kg aplicados fue mayor que los demás, en el caso de compararlo con el testigo y ver que la diferencia entre rendimientos es del 40.1%, se determina que el rendimiento es significativo y se considera por lo tanto diferente el efecto del tratamiento entre las parcelas y no es casual el resultado

Además cabe mencionar que el tratamiento de 5 Kg es el único de los tratamientos, que presenta un rendimiento mayor que la producción mundial, no es igual a la producción nacional, pero es tan solo una diferencia del 6.2%.

Y otro aspecto importante es que para obtener 694 Kg/Ha de frijol, los agricultores nacionales emplean fertilizantes químicos bastante caros, por ejemplo un costal de 50 Kg de Triple 17, tiene un valor de \$N 2500.00, con ello se obtienen mayores utilidades al emplear el lodo como fertilizante, por ser un desecho que solo costara su transporte.

VIII. CONCLUSIÓN

El análisis experimental de tres dosis de lodo digerido, aplicado al suelo de la región sur de la Ciudad de México (San Jerónimo Lídice) para cultivar frijol, demostró que la aplicación del lodo digerido indujo un mayor rendimiento de grano en el tratamiento dónde se aplico una dosis media (5Kg) por lote, lo que aumento su rendimiento en un 40.1% en comparación al testigo.

Y por ello se considera al lodo digerido proveniente de la planta de tratamiento de agua residual, como un buen fertilizante, viable para su empleo en mayores extensiones para rectificar el resultado obtenido en el presente trabajo.

IX. BIBLIOGRAFÍA

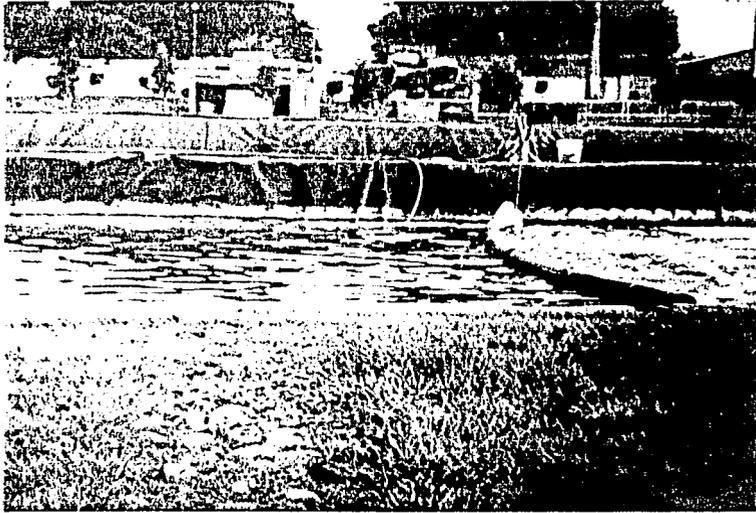
- 1.- Acosta Galán Mario. (1982) Valoración de macronutrientes en aguas negras tratadas para su aplicación en cultivos hidropónicos. I.P.N. México D.F.
- 2.- Agrocincia , Número 65 (1986). Chapingo . México D.F.
- 3.- Agrocincia, Número 69-70 (1990) Chapingo. México D.F.
- 4.- Asociación Mexicana de Fabricantes de Equipo y Servicio para agua A.C. (1989) Memorias del 8 congreso internacional de tratamiento de agua. México D.F.
- 5.- B. Ortíz- Villanueva (1977) Edafología. Chapingo. México D.F.
- 6.- Callender, J,J, Berford J.P.(1986) -Recent advance in anaerobic digestión technology. Process Biochemistry.
- 7.- Campos Avila Jorge (1992) Enfermedades del frijol. Editorial Trillas. México D.F.
- 8.- Costa Yaqué Fco. (1993) Problemática de los Residuos Urbanos. Curso sobre tratamiento de residuos urbanos Tomo II. Madrid España.
- 9.- Cultivos Básicos, Manual para Educación Agropecuaria . (1987) Editorial Trillas. México D.F.
- 10.- Delgado Sánchez Ma. Estela (1987) Efecto de Contaminantes presentes en aguas negras sobre los microorganismos del suelo. E.N.C.B. (I.P.N.) México D.F.
- 11.- Edmond. J.B (1981) Principios de Horticultura. Editorial CECSA. México D.F.

- 12.- Evangelista Gutiérrez Martha. (1980) Determinaciones físicas y químicas de agua para uso agrícola. E.N.C.B. (I.P.N.) México D.F.
- 13.- Flacón Cerai. (1993) Manual de tratamiento de aguas negras. Editorial Limusa. México D.F.
- 14.- Flores Rodríguez S.H. (1978) Eficiencias de una Laguna de Oxidación en el tratamiento de aguas residuales. E..N.C.B (I.P.N.) México D.F
- 15.- Gamrasni. M. A .(1985)Aprovechamiento agrícola de aguas negras urbanas. Editorial Limusa. México D.F.
- 16.- García, E. (1987) Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. 2ª. Edición. México D.F.
- 17.- Homer. D .C y Parker F.P. (1979) Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. Editorial Trillas. México D.F.
- 18.- Ibañez. M.A. (1993) Efecto de algunos mejoradores biológicos nuevos en suelos de Chinampa de Tlahuac, D.F., con problemas de sacididad y salinidad en un cultivo de *Spinacia oleracea* .L. híbrido cascade. U.N.A.M. Facultad de Ciencias. México D.F.
- 19.- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Campo agrícola experimental Delicias Chihuahua. Programa Leguminosas comestibles, resultados de investigación agrícola. (1972-1977)
- 20.- Jackson, Marion Leroy. (1964) Suelos- Análisis. Editorial Omega. Barcelona España.

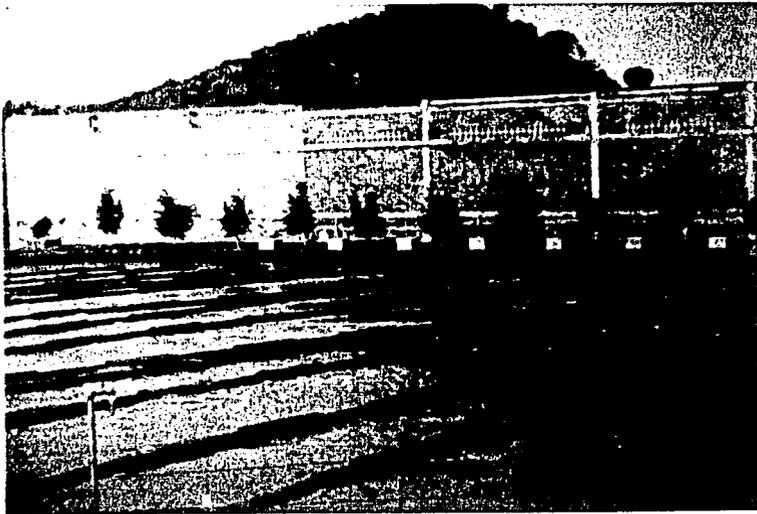
- 21.- Mandujano Ma. I. (1987) Biogas energía y fertilizante a partir de desechos orgánicos. I.N.I.E. México D.F.
- 22.- Métodos de aradura y labranza II (1987). Manual para Educación Agropecuaria. Editorial Trillas. México D.F.
- 23.- Millar-L.M. Turk-H.D.Foth (1975). Fundamentos de la Ciencia del Suelo. C.E.C.S.A. México D.F.
- 24.- Pérez Muñoz. A. (1962). Estudio químico y físico de los lodos y gases derivados de la fase anaerobia en el tratamiento de aguas negras I.P.N. México D.F.
- 25.- Preparación de tierras (1989). Manual para Educación Agropecuaria. Editorial Trillas. México, D.F.
- 26.- Quintero Ramírez Rodolfo (copilador) 1985. Perspectiva de la Biotecnología en México. CONACYT. México D.F.
- 27.- Rivas Agüero. F. Calderón Vega A. (1990) Imaginario Científico. Biotratamiento de aguas negras. México D.F.
- 28.- Samuel .L. Tisdale y Werner L. Nelson (1988). Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Editorial Uteha. México D.F.
- 30.- Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. (1987) Dirección General de Economía Agrícola . Datos estimados en el año señalado.
- 31.- Shina, S.K. (1978) Las leguminosas alimenticias, su distribución, su capacidad de adaptación y biología de rendimientos. ROMA FAO. Instituto GRAFS.

32.- Valdez López Artemio, (1990) Producción de Hortalizas. Editorial Limusa. México, D.F.

ANEXOS
X.- FOTOGRAFÍAS
y
CUADROS



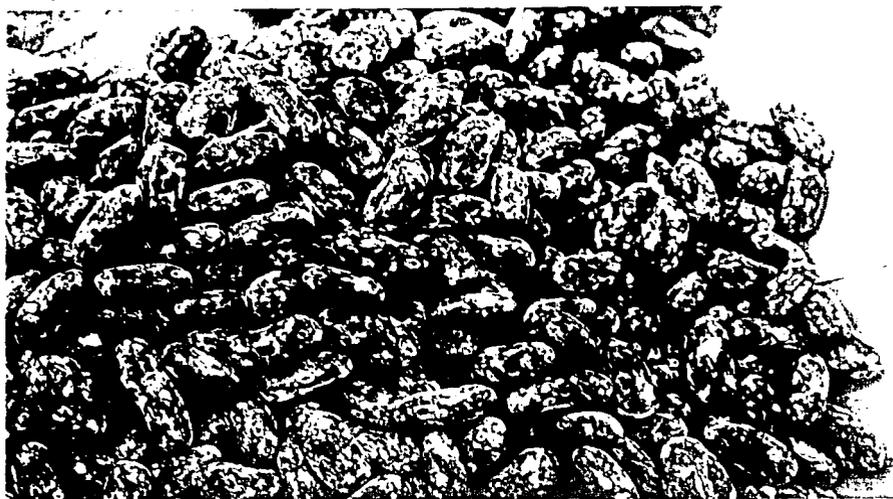
Fotografía 1-. Vista general de la planta de tratamiento de aguas residuales, en Apatzingán Estado de Michoacán.



Fotografía 2. Vista de la Laguna de Aireación.



Fotografía 3. Aplicación del lodo digerido.



Fotografía 4 Presentación de la semilla certificada, empleada en el trabajo, su coloración natural es negro, aquí se observa morado por el producto químico que se le aplica para protegerlo de las plagas durante su almacenamiento.



Fotografía 5. Vista general de la parcela experimental



Fotografía 6.- Lote testigo
1 mes de edad del frijol.



Fotografía 7.- Lote dónde se aplicó
una dosis baja de lodo
1 mes de edad del frijol.



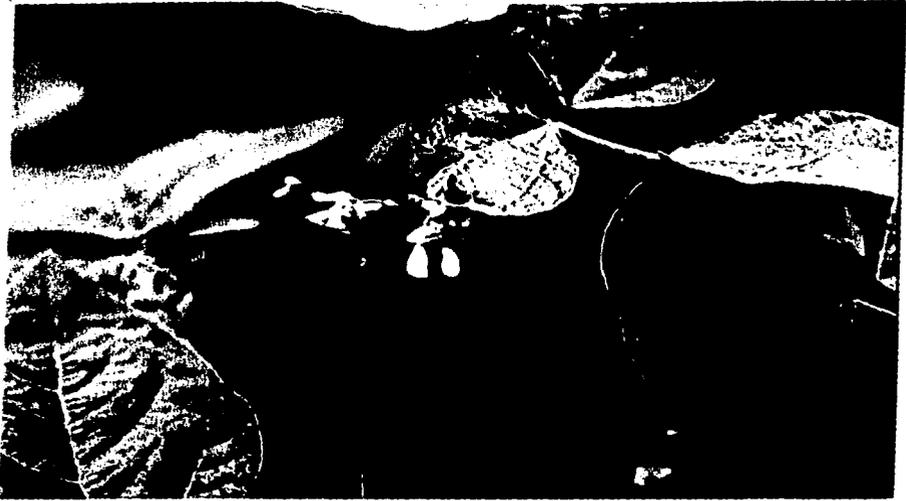
Fotografía 8.- Lote dónde se aplicó
una dosis media de lodo
1 mes de edad del frijol



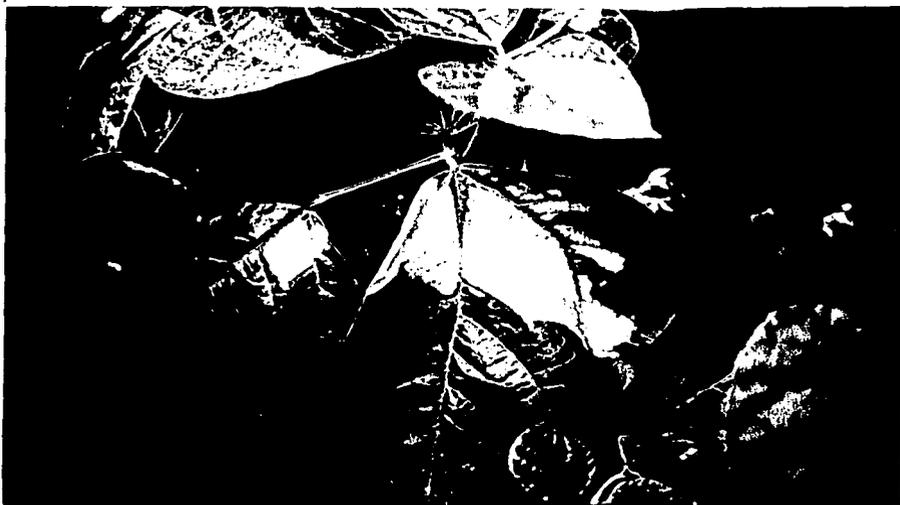
Fotografía 9.- Lote dónde se aplicó
una dosis alta de lodo
1 mes de edad del frijol



Fotografía 10,
primeras estructuras florales



Fotografía 11. Estructuras florales



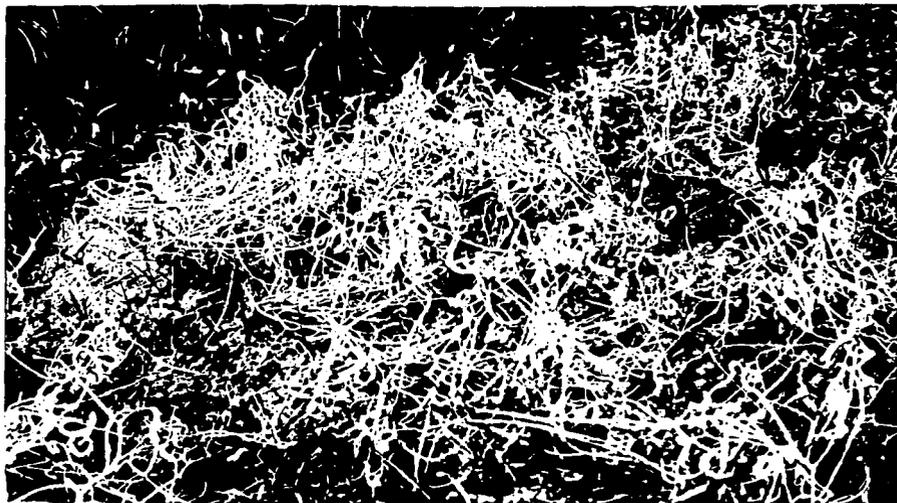
Fotografía 12. Daño causado por acaro



Fotografía 13. Primeras Vainas



Fotografía 14. Daños causados por la plaga de caracolillo



Fotografía 15. Plantas listas para cosecha

Cuadros referentes al estado climático de los últimos 16 años proporcionados por la estación climática del Ajusco.

Mes	Temp. media	Temp. Máxima ext.	Temp. mínima ext.	Temp. máxima promedio	Oscilación	Presipitación	Lluvia max. en 24 hrs.	Lluvia apreciable
Ene.	9.1	19.1	0.02	15.2	12.2	293.5	168	36
Feb.	10	20.1	0.72	16	12.3	172.4	93.4	38
Mar.	11.7	22	3.03	18.4	13.4	187.6	87.2	53
Abr.	12.5	24.4	2.8	19.4	13.2	582.8	198.4	125
May.	13.2	23.8	4.4	19.5	12.1	1805.9	540.7	234
Jun.	12.2	21.3	4.4	17.3	10.3	3732.8	666.8	317
Jul.	11.2	18.7	4.4	15.8	9.6	3563.1	564.5	388
Ago.	11.4	19	4.6	16.1	9.7	3631.9	646.8	371
Sep.	11.2	18.6	4.1	15.6	8.9	3550.2	676.1	343
Oct.	11	19.4	2.5	16	10.2	1375.6	456.3	183
Nov.	10.9	19.1	1	15.8	11.4	216.4	107.3	60
Dic.	9.4	18.7	0.05	15.2	11.59	145.1	113	31
Anual	11.1	20.3	2.6	16.7	11.2	19257.3	4319.2	2179

Cuadro 1 de anexos

	Lluvia inapreciable	Días despejados	Nublados	Rocío	Neblina	Nevada	Granizo	Tempestades, eléctricas	Heladas
Ene.	7	306	32	0	0	0	0	0	168
Feb.	3	275	32	0	0	0	0	0	81
Mar.	5	364	28	0	3	0	1	3	24
Abr.	12	318	37	0	5	0	1	5	5
May.	19	191	88	0	8	0	3	8	0
Jun.	10	172	143	0	14	0	3	14	0
Jul.	11	102	167	0	34	0	6	34	0
Ago.	15	140	152	0	8	0	4	8	0
Sep.	14	110	126	0	9	0	2	9	3
Oct.	24	227	68	0	6	0	1	6	5
Nov.	7	273	49	0	0	0	0	0	64
Dic.	7	322	48	0	0	0	0	0	129
Anual	134	2800	970	0	54	0	21	87	489

Cuadro 2 de anexos

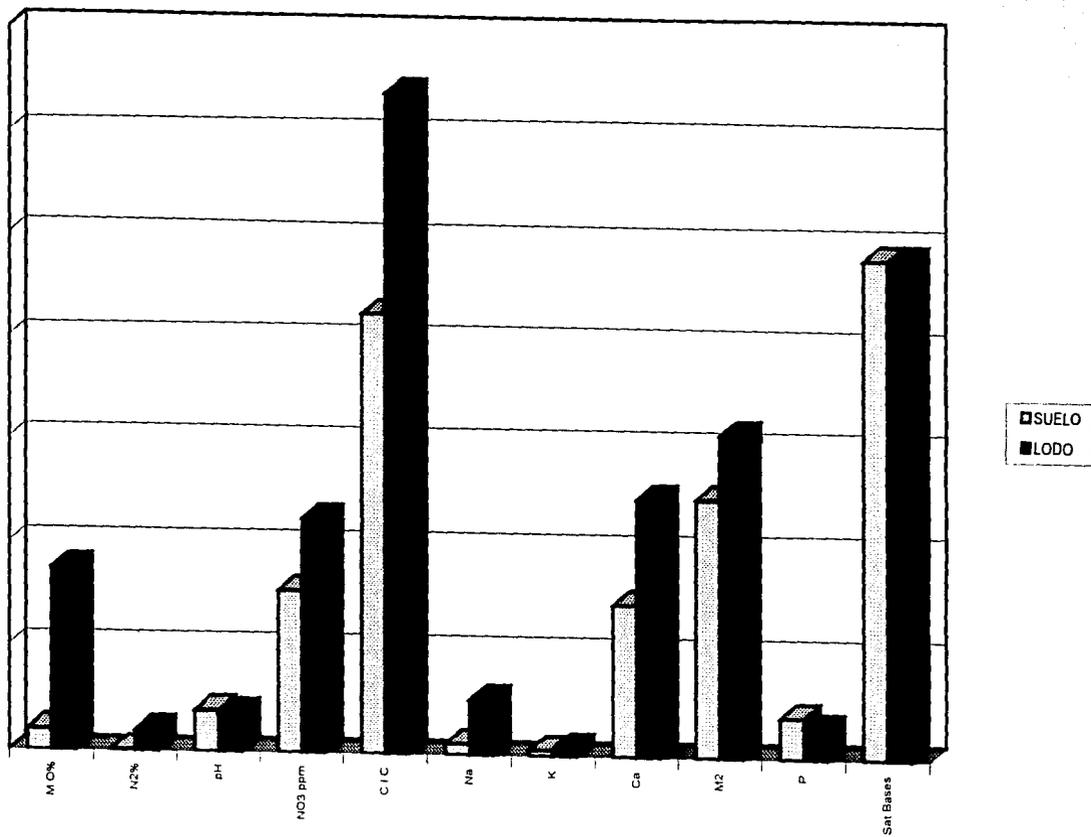


Figura No. 1 Propiedades Físicas y Químicas del Suelo y el Lodo digerido.

GERMINACION DE PLANTAS POR LOTE EN DISTINTAS ETAPAS

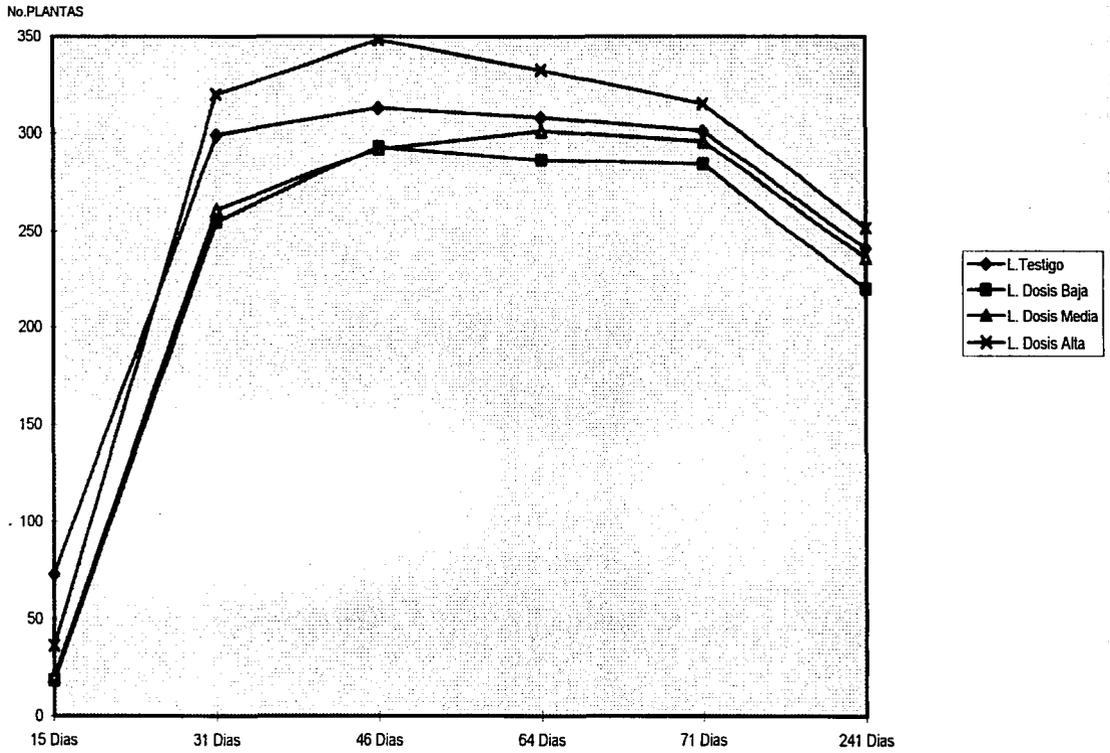


Figura No. 2 Número de Plantas en las Diferentes Etapas de Desarrollo

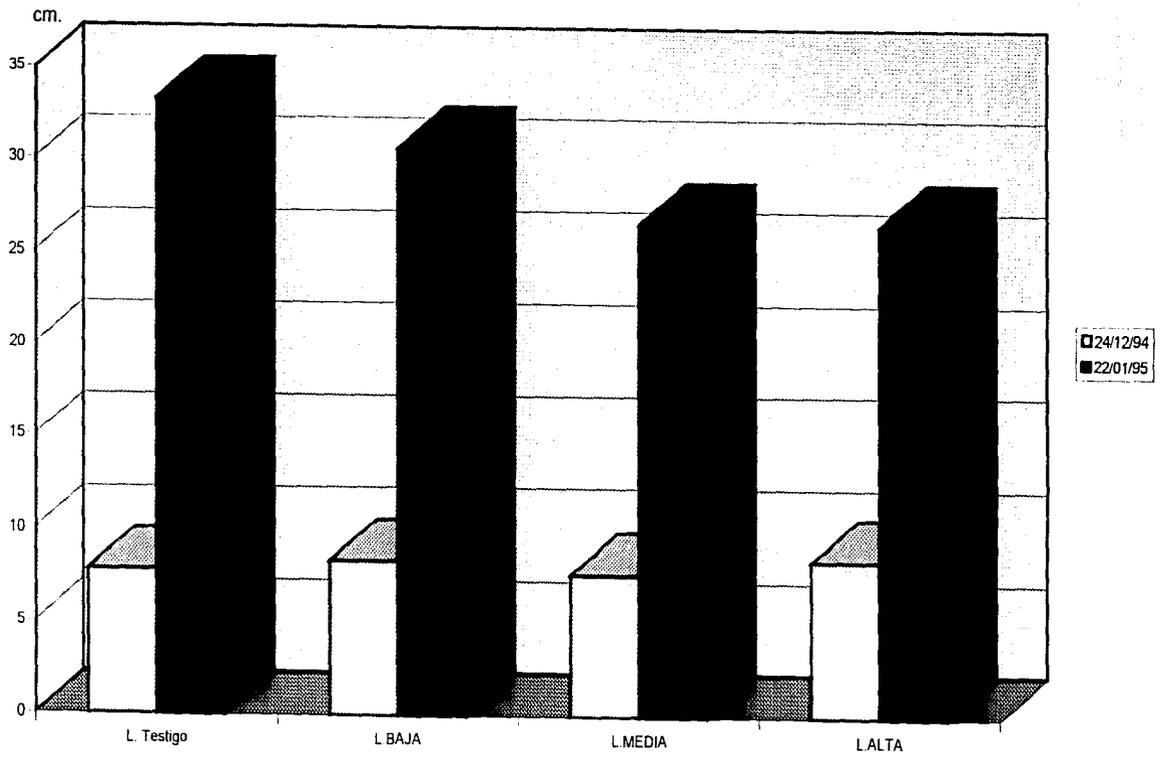


Figura No. 3 Altura Promedio de las Plantas por Lote en 2 diferentes etapas

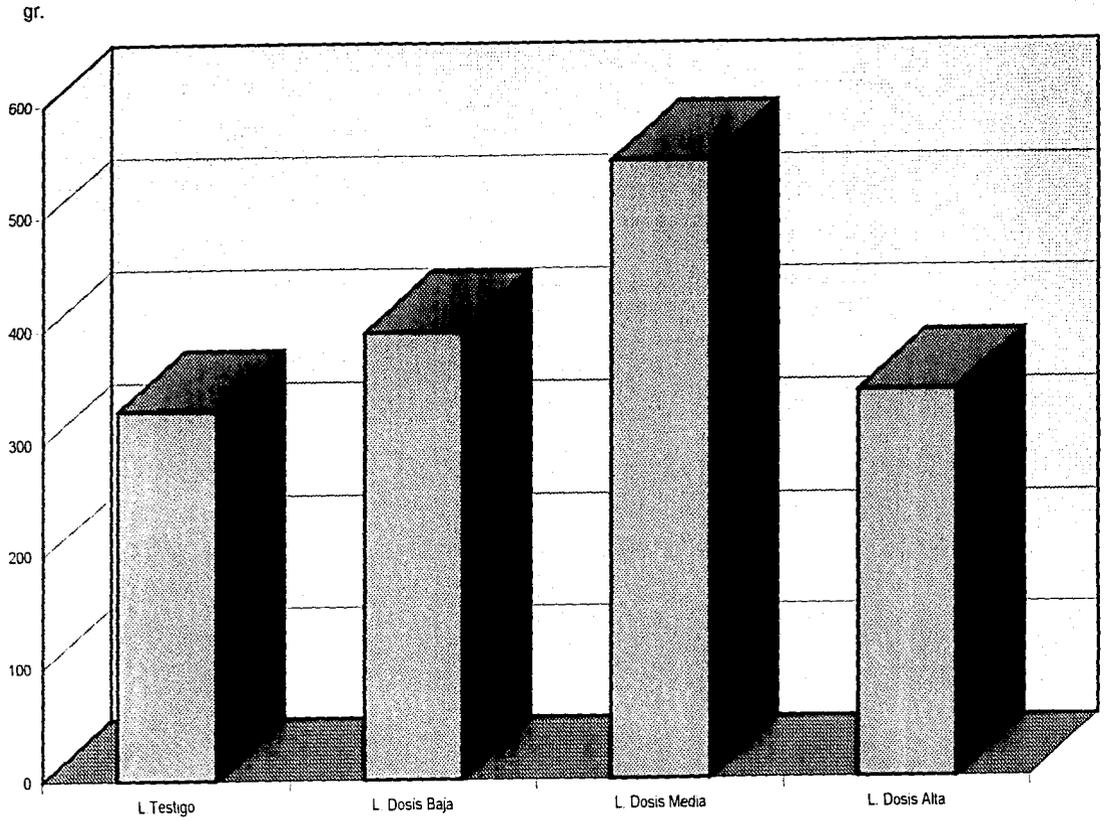


Figura No. 4 Producción de Semillas por Lote

No. SEM

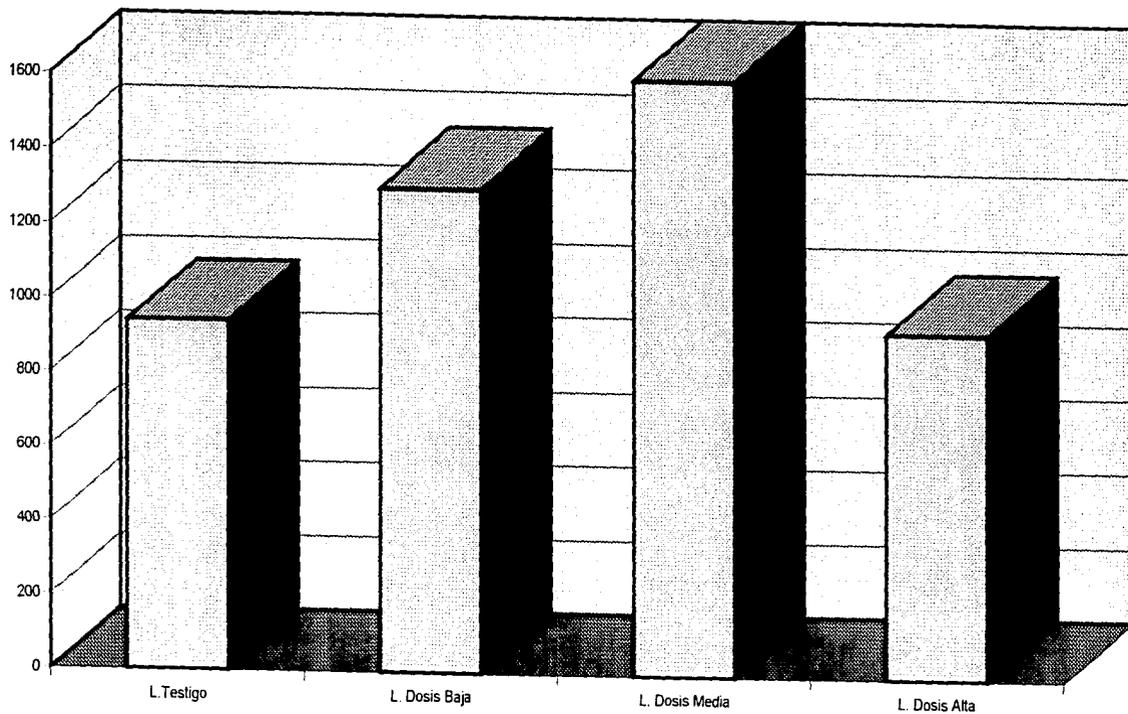


Figura No. 5 Número de Semillas por Lote

gr.

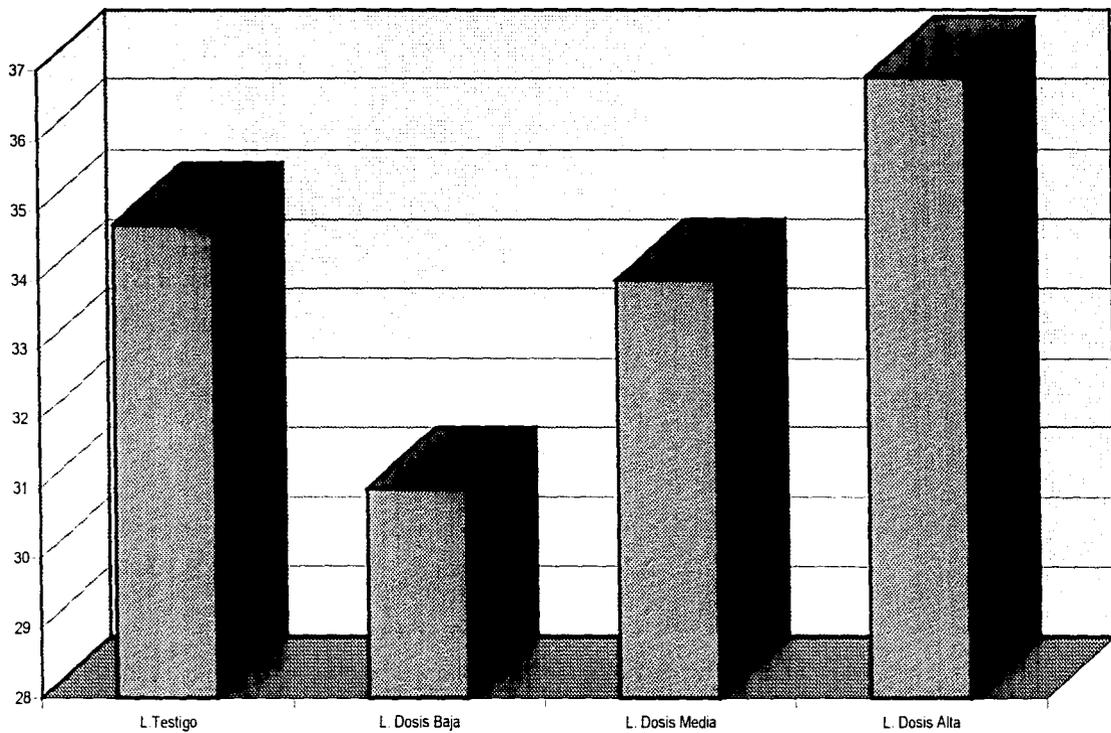


Figura No. 6 Peso/100 Semillas por Lote.