

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

EVALUACION DE CINCO TIPOS DE SUSTRATO PARA LA PRODUCCIÓN
DE PLÁNTULAS DE PILON EN EL CULTIVO DE TABACO
(*Nicotiana tabacum*. L.) TIPO VIRGINIA LFC. BAJO LAS CONDICIONES
DEL VALLE DE MONJAS, JALAPA.

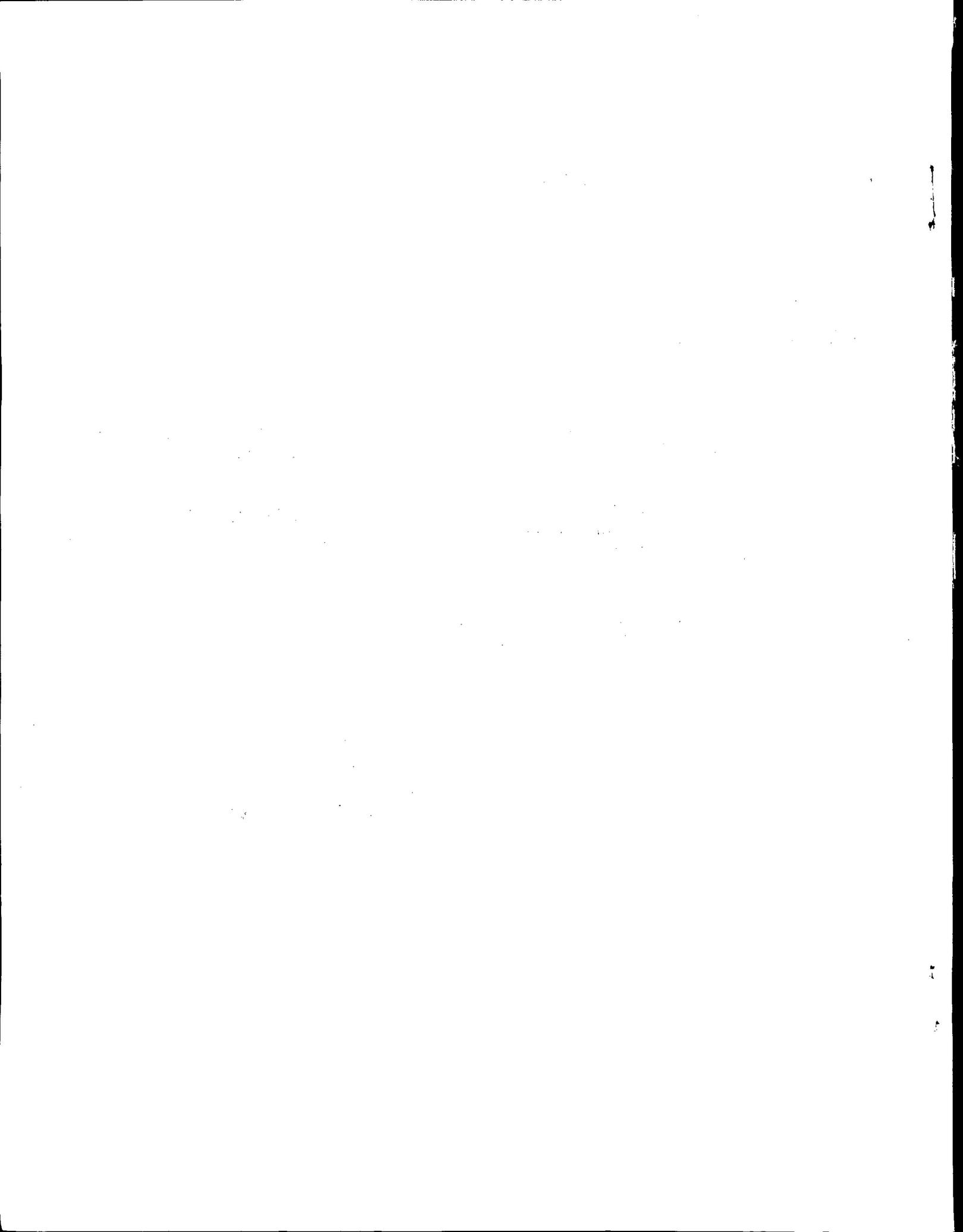
PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD
DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA



RODER LEOPOLDO SANDOVAL LOPEZ

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO
EN
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADEMICO DE
LICENCIADO

GUATEMALA, AGOSTO DEL 2001



D2
01
+(2001)

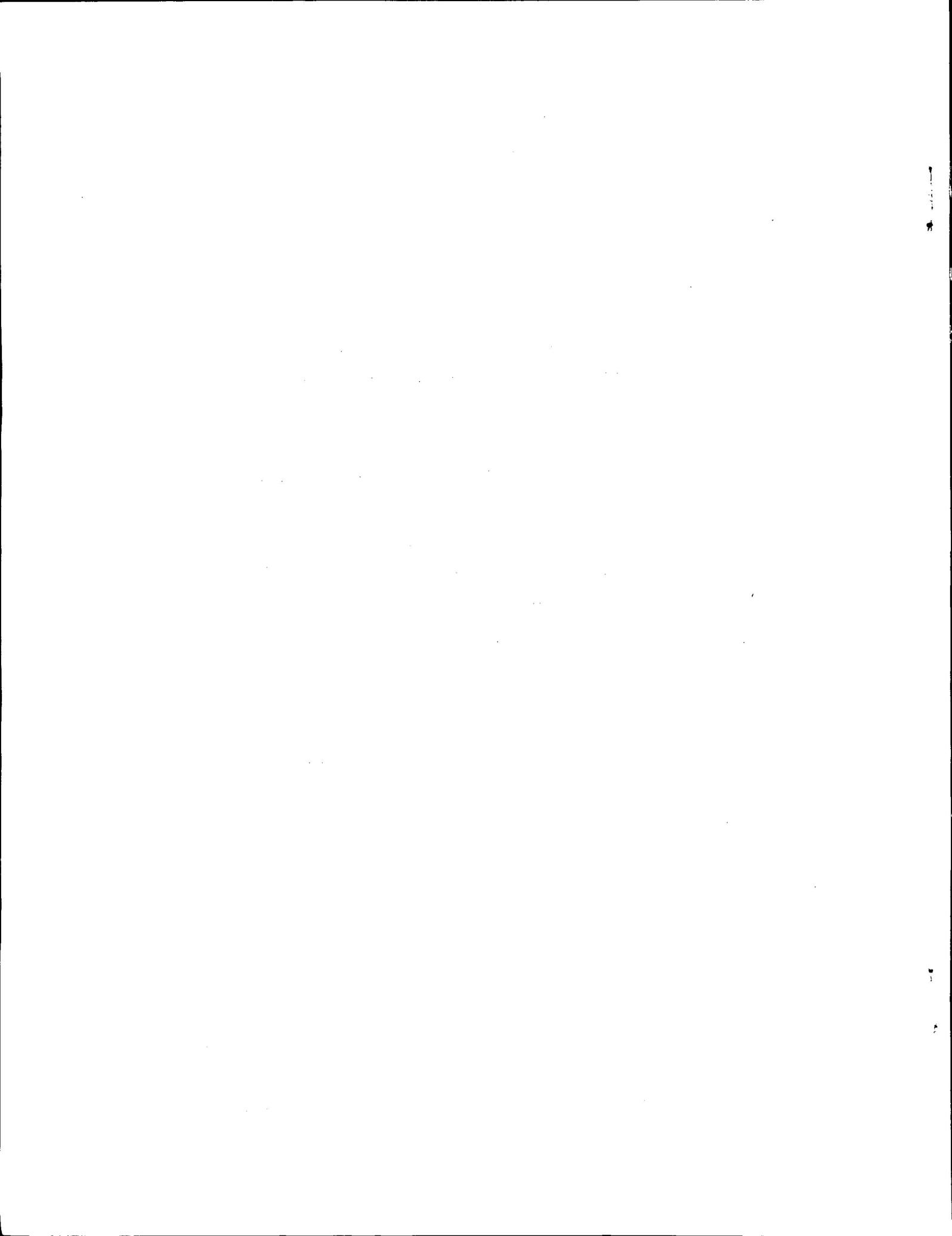
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

ING. AGR. EFRAIN MEDINA GUERRA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	ING. AGR.	EDAGAR OSWALDO FRANCO RIVERA
VOCAL PRIMERO	ING. AGR.	WALTER ESTUARDO GARCIA TELLO
VOCAL SEGUNDO	ING. AGR.	MANUEL DE JESÚS MARTINEZ OVALLE
VOCAL TERSERO	ING. AGR.	ALEJANDRO ARNOLDO HERNADEZ FIGUEROA
VOCAL CUARTO	Prof.	ABELARDO CAAL ICH
VOCAL QUINTO	Br.	JOSE BALDOMERO SANDOVAL ARRIAZA
SECRETARIO	IGN. AGR.	EDIL RENE RODRÍGUEZ QUEZADA



Guatemala, agosto del 2001.

Honorables miembros
Junta Directiva
Facultad de Agronomía

Señores:

De conformidad a lo que establece la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de tesis titulado.

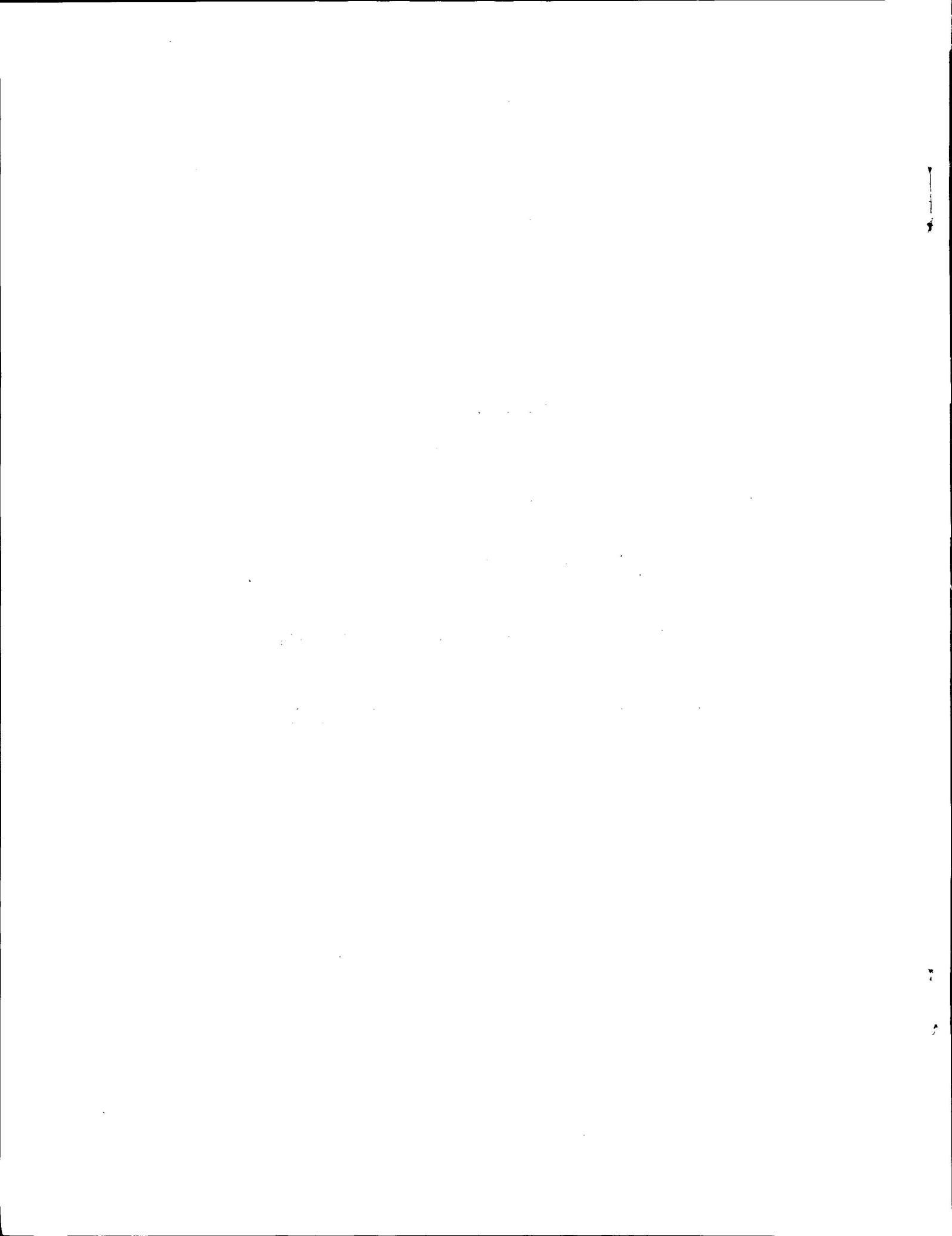
EVALUACION DE CINCO TIPOS DE SUSTRATO PARA LA PRODUCCION DE PLANTULAS DE PILON EN EL CULTIVO DE TABACO (*Nicotiana tabacum*. L.) TIPO VIRGINIA LFC. BAJO LAS CONDICIONES DEL VALLE DE MONJAS, JALAPA.

Presento el mismo, como requisito profesional, previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en el grado de Licenciado en Ciencias Agrícolas

Atentamente,



Roder Leopoldo Sandoval López



AGRADECIMIENTO

A: MIS ASESORES

Ing. Agr. Nelson Rolando Peñate Corado

Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes.

LA FAMILIA

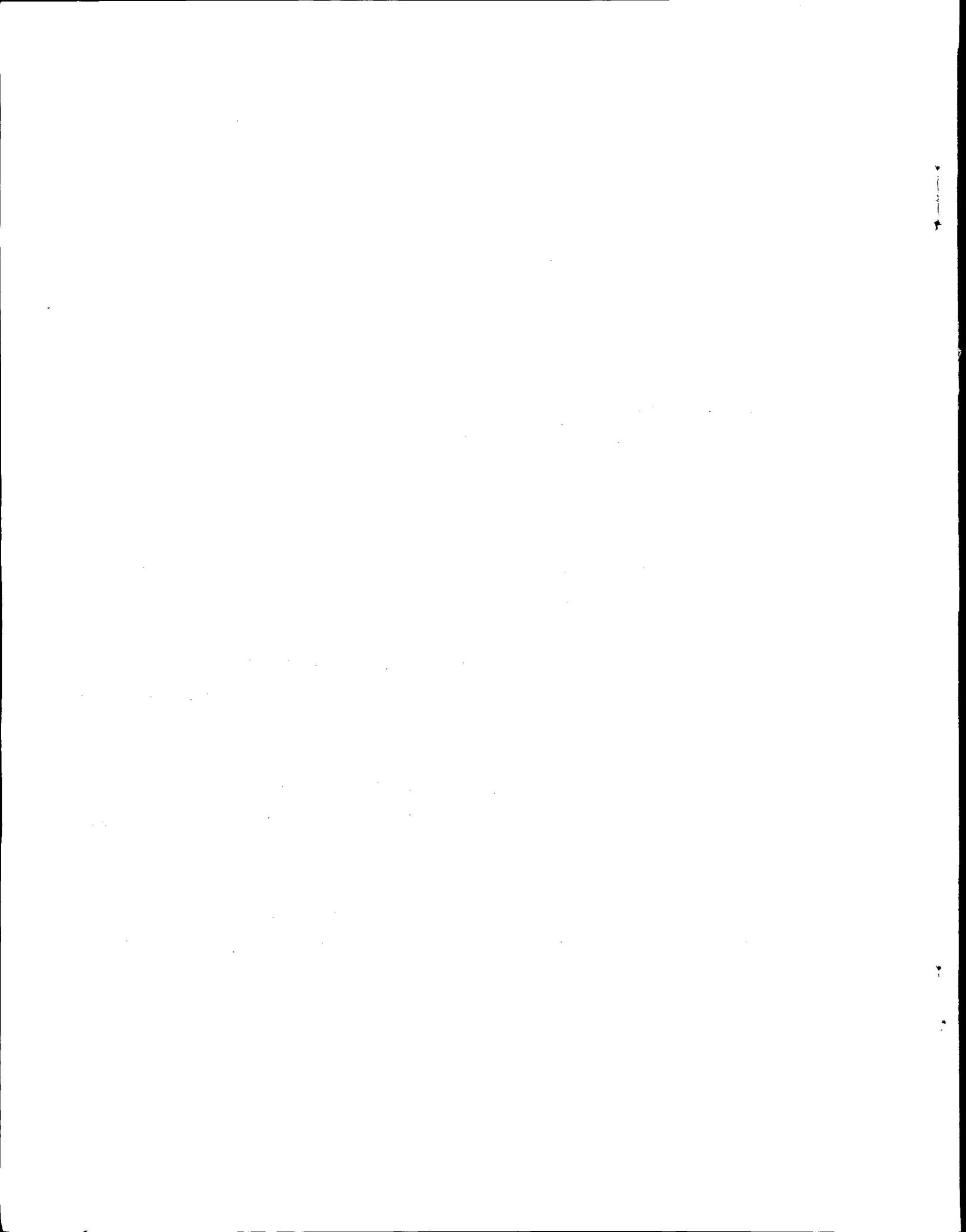
Medina Sagastume

Por su hospitalidad y cariño.

A los integrantes del personal agrícola y administrativo de la empresa TABACALERA NACIONAL, con especial respeto y cariño al Ing. Agr. Marco Tulio Ruiz Recinos y al Prt. Agr. Víctor Hugo Echeverría.

Agradecimiento sincero al Ing. Agr. David Castillo, Israel Argeta, Elida Argentina Berganza, por su amistad y colaboración en la elaboración del presente trabajo.

Mi mas sisero agradecimiento a todas las personas que de una u otra forma contribuyeron a la culminación de mis estudios, triunfo que no es mío en particular, sino de todos.

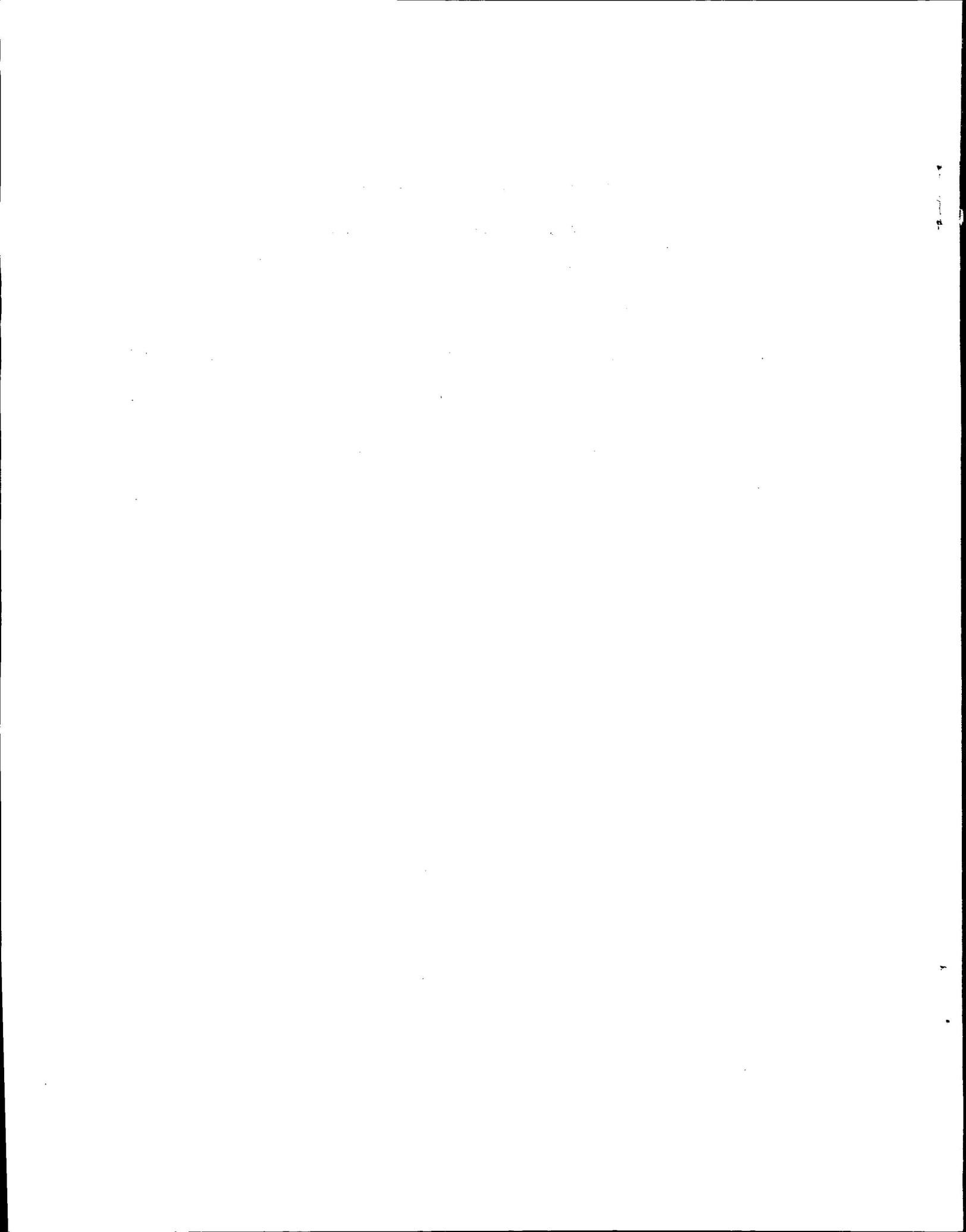


ÍNDICE

CONTENIDO	PAGINA
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	2
3. MARCO TEÓRICO.....	3
3.1 Marco conceptual.....	3
3.1.1 Importancia del cultivo.....	3
3.1.2 Origen y distribución.....	3
3.1.3 Taxonomía y morfología.....	4
3.1.4 Agroecología.....	4
3.1.5 Propagación.....	5
3.1.6 Propagación hidropónica tipo "Floating".....	5
3.1.6.1 Hidroponía.....	5
3.1.6.2 "Floating".....	6
3.1.7 Sustratos.....	6
3.1.7.1 Evolución de los sustratos.....	7
3.1.7.2 Descripción de la situación actual de los sustratos.....	7
3.1.7.1 Preparación de sustratos.....	9
3.1.7.2 Sustratos.....	9
3.1.7.3 Vermiculita.....	10
3.1.7.4 Vermiculita enriquecida.....	10
3.1.7.5 Perlita.....	11
3.1.7.6 Turba (Peat Moss).....	12
3.1.7.7 Piedra volcánica triturada.....	12
3.1.7.8 Germinasa (Fibra de coco).....	13
3.1.7.9 Compost.....	13
3.1.7.10 Arena.....	15
3.1.7.11 Lana de roca.....	15
3.1.8 Sustratos y mezclas.....	16
3.1.9 Características de los sustratos para el cultivo de las plantas.....	17
3.1.9.1 Características positivas de los sustratos.....	18
3.1.10 Características físicas.....	19

3.1.11	Características químicas.....	20
3.1.11.1	Capacidad de intercambio catiónico.....	20
3.1.11.1.1	Factores que influyen en la C.I.C	20
3.1.11.1.2	Bases Cambiables.....	20
3.1.11.2	Materia orgánica	21
3.1.11.2.1	Importancia de la materia orgánica.....	21
3.1.11.2.1.1	Propiedades químicas.....	21
3.1.11.2.1.2	Propiedades físicas.....	21
3.1.11.3	Reacción del pH.....	21
3.1.11.3.1	Importancia del pH.....	22
3.1.12	Evaluación Costo / Efectividad.....	22
3.2	Marco Referencial.....	23
3.2.1	Ubicación.....	23
3.2.2	Localización.....	23
3.2.3	Climatología.....	23
3.2.4	Vías de comunicación	24
3.2.5	Suelo.....	24
4.	OBJETIVOS.....	25
5.	HIPÓTESIS.....	26
6.	MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	27
6.1	Unidad Experimental.....	27
6.2	Material Experimental.....	27
6.2.1	Materiales.....	27
6.2.2	Tratamientos.....	28
6.3	Metodología experimental.....	29
6.3.1	Diseño Experimental.....	29
6.3.2	Variables respuesta.....	29
6.3.3	Análisis de la información.....	29
6.3.3.1	Análisis estadístico.....	29
6.3.3.2	Modelo Estadístico.....	30
6.3.3.3	Prueba de medias.....	30
6.3.3.4	Análisis de laboratorio.....	30
6.3.3.4.1	Análisis químico.....	30
6.3.3.4.2	Análisis Físico.....	31
6.3.3.5	Análisis económico.....	31
6.4	Manejo del experimento.....	31
6.4.1	Preparación de los materiales.....	31
6.4.2	Preparación de los sustratos.....	32
6.4.3	Desinfección.....	33
6.4.4	Llenado de bandejas.....	33
6.4.5	Semillado.....	33

6.4.6	Llenado del módulo y tratamiento del agua.....	33
6.4.7	Control de plagas y enfermedades.....	33
6.4.8	Fertilización.....	34
6.4.9	Poda.....	34
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
7.	CONCLUSIONES.....	50
8.	RECOMENDACIONES.....	51
10	BIBLIOGRAFÍA.....	52
11	APÉNDICE.....	54



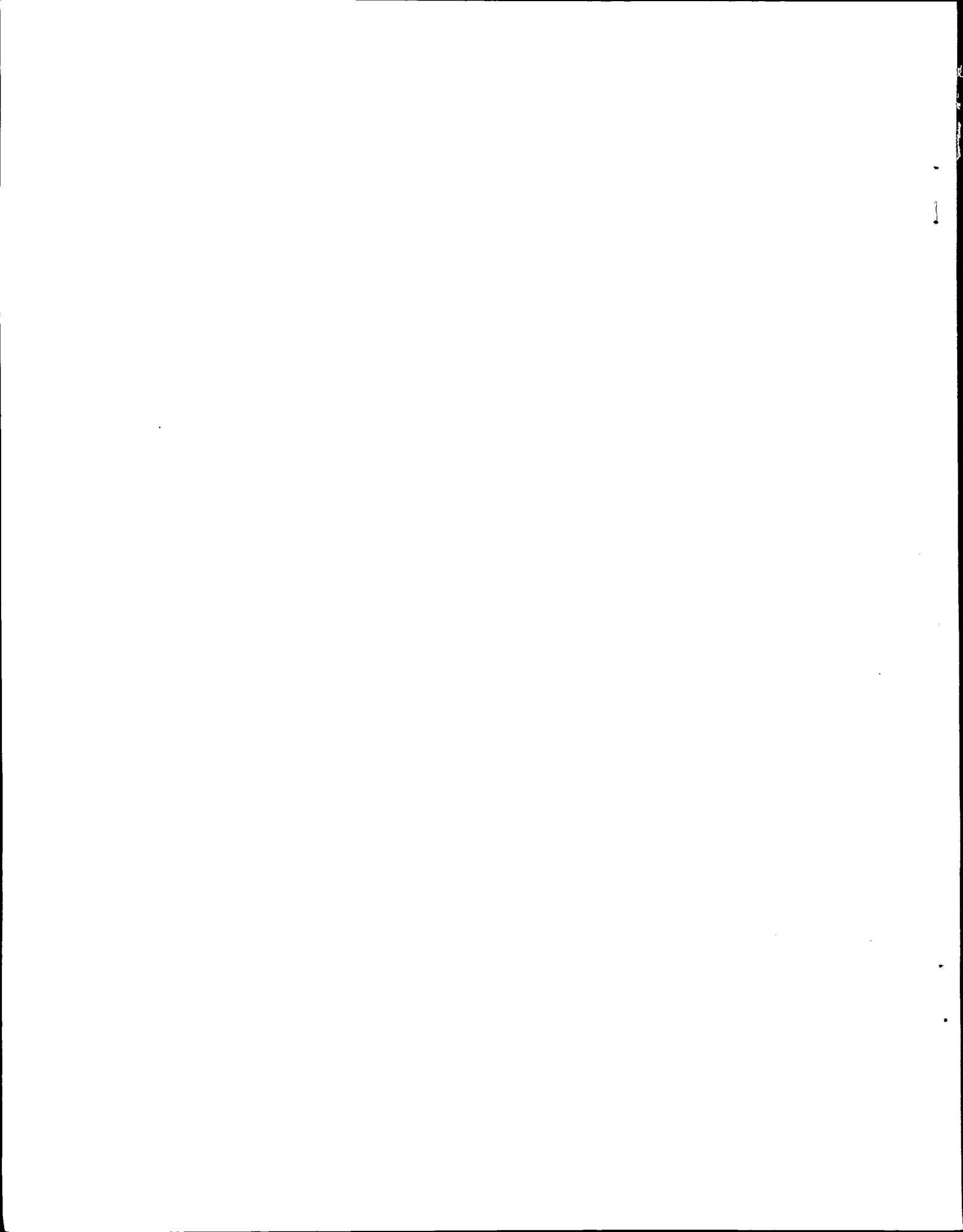
ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PAGINA
1	Características de la Vermiculita enriquecida químicamente.....	10
2	Características de la Vermiculita enriquecida orgánicamente.....	11
3	Características positivas del sustrato.....	18
4	Resumen de los resultados del análisis de varianza.....	35
5	Prueba de medias por TUKEY para la variable Porcentaje de germinación.....	36
6	Prueba de medias por TUKEY para la variable promedio de la altura de planta.....	37
7	Prueba de medias por TUKEY para la variable promedio del grosor del tallo.....	38
8	Prueba de medias por TUKEY para la variable porcentaje de la consistencia del tallo.....	39
9	Prueba de medias por TUKEY para la variable peso de masa seca del tallo.....	39
10	Prueba de medias por TUKEY para la variable peso de masa seca del sistema radicular.....	41
11	Resultados del análisis químico para cada uno de los tratamientos.....	42
12	Resultados del análisis físico para cada uno de los tratamientos.....	46
13	Resultados del análisis costo / efectividad, para cada uno de los tratamientos.	47
12A	Análisis de varianza para la variable porcentaje de germinación.....	54
15A	Análisis de varianza para la variable promedio de altura de planta.....	55
16A	Análisis de varianza para la variable promedio del grosor del tallo.....	56
17A	Análisis de varianza para la variable porcentaje de consistencia.....	57
18A	Análisis de varianza para la variable promedio de masa seca del tallo.....	58
19A	Análisis de varianza para la variable promedio de masa seca del Sistema radicular.....	59

20A	Datos para determinar los resultados de la variable Porcentaje de germinación	60
21A	Datos para determinar los resultados de la variable promedio de altura de planta.....	60
22A	Datos para determinar los resultados de la variable promedio de del grosor del tallo.....	60
23A	Datos para determinar los resultados de la variable Porcentaje de consistencia.....	61
24A	Datos para determinar los resultados de la variable peso de masa seca del tallo.....	61
25A	Datos para determinar los resultados de la variable peso de masa seca del sistema radicular.....	61
26A	Datos para calcular los resultados de los costos del análisis económico del tratamiento 1, utilizando sustrato de la marca comercial Pro-Mix.....	62
27A	Datos para calcular los resultados de los costos del análisis económico del tratamiento 2, utilizando sustrato de la marca comercial Berger.	62
28A	Datos para calcular los resultados de los costos del análisis económico del tratamiento 3, utilizando sustrato a base de pulpa de café, olote, tusa de maíz y granza de arroz.....	63
29A	Datos para calcular los resultados de los costos del análisis económico del tratamiento 4, utilizando sustrato a base de raquis de palma africana, olote, tusa de maíz y granza de arroz.....	63
30A	Datos para calcular los resultados de los costos del análisis económico del tratamiento 5, utilizando sustrato a base bagazos de caña de azúcar, olote, tusa de maíz y granza de arroz.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PAGINA
1	Gráfica de los resultados del porcentaje de germinación.....	36
2	Gráfica de los resultados de la altura media del tallo.	38
3	Gráfica de los resultados del peso de masa seca del tallo y el peso de masa seca del sistema radicular.....	40
4	Gráfica de los resultados del pH.....	43
5	Gráfica de los resultados de la capacidad de intercambio catiónico.....	44
6	Gráfica de los resultados de la concentración de sales (C.E.)	45
7	Gráfica de los resultados del análisis económico costo/efectividad.....	47
8	Gráfica de los resultados de la efectividad del total de plantas transplantables.....	46
9	Gráfica de los resultados del costo por tratamiento.....	49



EVALUACION DE CINCO TIPOS DE SUSTRATO PARA LA PRODUCCION DE PLANTULAS DE PILON EN EL CULTIVO DE TABACO (*Nicotiana tabacum*. L.) TIPO VIRGINIA LFC. BAJO LAS CONDICIONES DEL VALLE DE MONJAS, JALAPA.

EVALUATION OF FIVE SUBSTRATES TYPES IN THE PRODUCTION OF PALATALS OF PYLON IN THE CULTURAL OF TOBACO (*Nicotiana tabacum*. L.) VIRGINIA LFC. TYPE IN THE CONDITIONS OF VALLEY OF MONJAS, JALAPA.

RESUMEN

Con la finalidad de comparar el efecto causado en la calidad y desarrollo aéreo y radicular en la producción de plántulas de pilón de tabaco (*Nicotina tabacum* L.) tipo virginia LFC, por dos sustratos comerciales de las marcas Berger y Pro-Mix, así como también tres sustratos a base de sub productos agrícolas utilizando, pulpa de café, bagazo de caña de azúcar, raquis de palma africana, granza de arroz, tusa y olote, se llevó acabo la presente investigación en el municipio de Monjas Jalapa. Monjas esta localizado a una altura de 960 metros sobre el nivel del mar, en donde la temperatura promedio es de 22.3 grados centígrados, la precipitación es de 975 mm al año, la humedad relativa es del 69% y los suelos son de textura franco – arcillo – arenosos.

Para la evaluación se utilizó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y seis repeticiones, en un módulo de propagación tipo "Floating" o de bandejas flotantes.

Las variables respuesta evaluadas fueron, porcentaje de germinación, promedio de altura de planta, promedio del grosor del tallo, porcentaje de la consistencia del tallo, peso de masa seca del tallo, peso de masa seca del sistema radicular.

Dentro de los análisis de laboratorio se determinó a cada uno de los tratamientos las características químicas (Capacidad de Intercambio Catiónico, Materia Orgánica, Conductividad Eléctrica, pH, Macro y Micro elementos) y las características físicas (Densidad aparente, Porosidad y Porcentaje de retención de agua).

Con los resultados del experimento se determinó que con el sustrato a base de raquis de palma africana, se logran obtener plántulas de pilón de tabaco con el mismo efecto que utilizando los sustratos comerciales Pro-Mix (testigo) y Berger, sin llegar a existir diferencia significativa en ninguna de las variables estudiadas entre los tratamientos mencionados, lográndose también con éste el mayor desarrollo del sistema radicular y la mayor consistencia del tallo.

Respecto al análisis químico, el tratamiento a base de raquis de palma africana presentó características en los rangos adecuados similares a los obtenidos con los sustratos comerciales Pro-Mix y Berger, lo que favoreció a la obtención de plántulas con un mejor desarrollo aéreo y radicular.

Los tratamientos pulpa de café y bagazo de caña de azúcar presentaron un pH y Concentración de sales (C.E) arriba del rango adecuado lo que influyó en el desarrollo de las plantas.

En cuanto al análisis físico todos los tratamientos, Berger, y los tratamientos a base de pulpa de café, bagazo de caña de azúcar, raquis de palma africana, de acuerdo a las características evaluadas, presentaron rangos adecuados comparados con los resultados del sustrato comercial Pro-Mix (testigo).

De acuerdo con el análisis económico efectuado, el sustrato a base de raquis de palma africana presentó la mejor opción económica con un costo/efectividad de Q0.06 por planta.

1. INTRODUCCION

El cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) es una de las actividades agrícolas mas importantes en el municipio de Monjas, Jalapa. Actualmente se cultiva un total de 1,000 ha divididas en dos épocas de siembra. La época seca que va del mes de noviembre al mes de mayo y la época lluviosa que va del mes de mayo al mes de noviembre. Durante estas dos épocas de siembra se producen un total de 21000,000 de kilogramos de tabaco, que generan un ingreso de Q. 281 000,000, por lo tanto este cultivo es una fuente de trabajo y de ingreso económico durante todo el año.

Dada la importancia económica que representa el cultivo para la región, se pretende generar nuevas opciones técnicas y económicas que reduzcan los costos de producción y generen un mayor ingreso al productor.

Una de las actividades de mayor importancia es la obtención y producción de plántulas de tabaco de buena calidad y a un menor costo para el productor. En el pasado para la producción de plántulas se realizaba por medio de mesetas de semillero o se adquiría en las casas productoras de pilón. Actualmente el agricultor produce su propio pilón utilizando un nuevo sistema de producción denominado "Floating" o de bandejas flotantes.

Tomando en cuenta que para la producción de pilón el agricultor necesita materia prima (sustrato) importada, y que en nuestro país existen diferentes tipos de materiales que pueden ser reciclados y utilizados como sustrato, se pretende evaluar y generar una nueva opción que venga a contribuir con los agricultores de la región y con el desarrollo agrícola del país.

2. DEFINICION DEL PROBLEMA

Dentro de los cultivos que se producen en el valle de Monjas Jalapa, el cultivo de tabaco es el que aporta los mayores ingresos, contribuyendo de una forma directa: mejorando la calidad de vida de los productores y en una forma indirecta: aumentando el desarrollo del municipio. En la actualidad cerca del 98% de los agricultores productores de tabaco producen su propio pilón. Esto ha venido a contribuir en la obtención de plántulas a menor costo, de mejor calidad y en el tiempo requerido por el agricultor. Actualmente para la producción de pilón se utiliza sustrato importado de Canadá. El alto costo de éstos y las dificultades cada vez mayores para disponer de ellos en el futuro por motivos ecológicos han llevado a buscar nuevas opciones y conseguir a partir del reciclado de materiales de desecho, residuos y subproductos agrícolas materiales que presenten características iguales o similares a los productos importados. Con la utilización de estos materiales a partir de residuos y subproductos agrícolas se pretende generar nueva información que contribuya a la agricultura en general, se disminuyan los costos de producción y se obtengan plántulas de igual o mejor calidad. De esta forma el productor tendría mas oportunidad de competir, dada la situación actual y en el futuro no solo para el cultivo de tabaco sino también para los demás cultivos que al igual que el tabaco necesitan este tipo de material para su propagación.

3. MARCO TEORICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 IMPORTANCIA DEL CULTIVO

La producción de tabaco, que constituye el cultivo no alimentario mas difundido en el mundo, representa una destacada fuente de empleo y de renta para millares de pequeños productores. Ocupa cerca de 4.4 millones de hectáreas, extendida por todos los continentes. Asia cultiva la superficie mas amplia, con un total de 2.8 millones de hectáreas. China es el mayor productor mundial, con 1.5 millones de hectáreas, de las que obtiene 2.3 millones de toneladas.

En América Central y Sur, el tabaco ocupa una superficie de ochocientos mil hectáreas, de las cuales 304 mil están en Brasil. También se cultiva en áreas significativas de Argentina, Cuba, y México. El rendimiento medio en el continente americano se acerca a los 2,000 kg./ha. En Guatemala se cultiva una superficie de seis mil hectáreas, y el rendimiento medio anda en 1,983kg/ha (13).

3.1.2 ORIGEN Y DISTRIBUCION

El cultivo de tabaco ya se cultivaba en América cuando los europeos llegaron, a finales del siglo XV. En el siglo XVI llegó a España y un siglo después se difundió por otros países de Europa, Asia menor y próximo Oriente. El consumo extendido por parte de la gente común se produjo a principios del siglo XX, cuando comenzaron a fabricarse cigarros a escala industrial (13).

El genero *nicotiana* abarca cerca de sesenta especies: de ellas únicamente la *Nicotiana tabacum* L. y la *N. rústica* L. se cultivan por un interés económico. Todos los cultivos utilizados para producir materia prima destinados para la elaboración de producto para fumar pertenece a la especie *N. tabacum*.

3.1.3 TAXONOMIA Y MORFOLOGIA

Reino:	Vegetal
División:	Tracheophyta
Sub división	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Sub Clase:	Astepida
Orden:	Solanales
Familia:	tabacum L.

Nombre común: tabaco, peten, fumo, cohiva, peti.

Su sistema radicular es de tipo pivotante, con una raíz principal capaz de alcanzar gran profundidad y unas raíces laterales fuertemente ramificadas. El tallo, erecto y macizo, puede ramificarse formando brotes laterales a partir de yemas presentes en las axilas de las hojas, después de la eliminación de la inflorescencia. Las hojas, que constituyen el producto principal son grandes y están distribuidas en espiral al rededor del tallo. La mayoría de los cultivares producen entre veinte y treinta hojas, desprovistas de pedúnculo y con una longitud que puede llegar a los 75 cm. Normalmente su anchura de la parte central corresponde a la mitad de la longitud. Se hallan cubiertos de pelos finos, algunos de los cuales poseen glándulas que exudan substancias pegajosas al tacto y de un olor característico. La inflorescencia se compone de un racimo terminal de cerca de ciento cincuenta flores, hermafroditas y de color rosa, blanco o rojo. El fruto es una cápsula con un elevado número de semillas diminutas en su interior (13).

3.1.4 AGROECOLOGIA

La temperatura y la humedad relativa del aire ejercen un papel fundamental en la calidad de las hojas del tabaco. Para producir hojas finas, largas y anchas las temperaturas deben permanecer lo mas estable posible. Las semillas necesitan entre 13 y 15 °C para que la germinación tenga lugar de forma satisfactoria. Durante la fase de desarrollo vegetativo, los limites se sitúan entre 18 y 28 °C. Las temperaturas superiores a los 30 °C provocan un crecimiento excesivo y la consiguiente disminución de la calidad del producto.

La humedad relativa del aire funciona como mecanismo de regulación de la transpiración de las plantas. Las zonas de cultivo con una humedad ambiental de al rededor del ochenta por ciento, asociada a temperaturas suaves, ofrecen unas condiciones ideales para la producción de hojas finas, grandes, con nervaduras poco pronunciadas y bajo contenido de nicotina. A medida que descienden los contenidos de humedad relativa suben las temperaturas, aumenta la transpiración, el tamaño de las plantas y el contenido nicotínico, bajando a su vez, la calidad del tabaco y su valor comercial (13).

3.1.5 PROPAGACION

Debido a que la semilla del tabaco es muy pequeña y en la fase inicial de germinación muy delicada, no es posible llevar acabo una siembra directa en el terreno definitivo; esto obliga al empleo de semillero que actualmente se instala con frecuencia en invernaderos (13).

Los semilleros solían instalarse cerca de la vivienda para controlarlos varias veces al día con la mayor comodidad posible; de este modo se atendían sus necesidades de humedad y se protegía las plántulas hasta que alcanzaban el estado de desarrollo óptimo para el transplante. En la actualidad los semilleros se suelen preparar en instalaciones protegidas de tipo industrial, similares a las que se utilizan para la producción comercial de flores u hortalizas. Desde tiempos recientes, y debido sobretodo a los buenos resultados obtenidos en el cultivo del tabaco, se tiende a establecer los semilleros en las denominadas bandejas flotantes (3).

3.1.6 PROPAGACION HIDROPONICA TIPO "FLOATING"

3.1.6.1 HIDROPONIA

Etimológicamente se origina de la palabra griega *hidros* que significa agua, y de la voz latina *ponus* que se traduce como planta. Este método consiste en el cultivos sin suelo de una forma sencilla, limpia, rápida y económica, de producir mas plantas de mejor calidad y en menor área (1).

3.1.6.2 "FLOATING"

Este nuevo sistema de propagación desarrollado por Souza Cruz en Brasil e introducido por Tabacalera Nacional S.A. a Guatemala es utilizado por el 98% por los agricultores de Monjas Jalapa en el cultivo de tabaco. Consiste en la producción de plántulas en forma hidropónica. Este sistema proporciona las condiciones adecuadas para desarrollar plántulas libres de plagas y enfermedades y con un potencial máximo de desarrollo. Las dimensiones de cada uno de los módulos de propagación tipo " Floating" son 1.4 m. de ancho por 10.5 m. de largo. Uno de los aspectos a considerar para la construcción de cada módulo es la nivelación del terreno; entre los materiales que se utilizan están: ladrillo de construcción (noventa en total) que se coloca al contorno del módulo, nylon negro de polietileno, el cual se coloca sobre el terreno nivelado; este nylon es el encargado de contener el volumen de agua (735 l), bandejas de 242 celdas (sesenta en total) estas se suspenden sobre el agua que alcanza un nivel de 5 cm de alto, varilla de 3 m. de largo de $\frac{1}{4}$ " de grosor, las cuales se colocan en forma de arco, nylon con protección ultra violeta, el cual es colocado sobre los arcos de varilla y es el encargado de cubrir las plántulas en el semillero. Entre las ventajas que se han observado de este sistema se pueden mencionar que, no se usa bromuro de metil, reduce la necesidad de aspersiones, no requiere riego, se tiene planta en el momento adecuado, se obtienen plantas a menor costo y se obtienen plantas mas uniformes (12).

3.1.7 SUSTRATO

En horticultura se utiliza el término sustrato para referirse a cualquier material sólido natural o de síntesis, mineral u orgánico, distinto del suelo que, colocado en un contenedor, solo o mezclado permite anclar el sistema radicular y desempeñar, por tanto, el papel de soporte para la planta. Un sustrato de este tipo puede intervenir o no en el proceso de la nutrición. Los sustratos se clasifican de diversas formas, siendo habitual hacerlo en relación con las propiedades de los materiales que los constituyen. Según esto, se dividen en dos tipos: los químicamente inertes, como la arena granítica o sílice, la lana de roca y la perlita, y los químicamente activos, como la turba rubia, la negra o la vermiculita. La diferencia entre ambos tipos de materiales viene marcada por la capacidad de intercambio catiónico y las propiedades físico-químicas relacionadas con la capacidad de intercambio de agua y nutrientes (3).

3.1.7.1 EVOLUCION DE LOS SUSTRATOS

El uso de sustratos es propio del cultivo en maceta. La práctica de cultivar plantas en macetas tiene probablemente el mismo origen que la jardinería, lo cual se remite a las civilizaciones antiguas hasta llegar al siglo XX con un desarrollo muy lento.

De este modo, los sustratos que se utilizaron hasta entrado el siglo pasado, eran de la más diversa composición y se transferían a modo de recetas para cada cultivo específico, recién en los años 50, con la mejora del nivel de vida en los países en desarrollos es cuando se planteó la necesidad del cultivo industrial de plantas ornamentales y la intensificación de la horticultura; fué entonces, cuando comenzó el desarrollo de sustratos para plantas.

Conceptualmente, los sustratos tienen que satisfacer las necesidades de las plantas para que estas alcancen su óptimo crecimiento. El sustrato ideal sería aquel que proporcione a las plantas las mejores condiciones para un rápido crecimiento, que sea de bajo impacto ambiental y que la relación costo/beneficio sea adecuada para el sistema productivo en cuestión. En la práctica, es imposible que un sustrato cumpla con estas condiciones y que además pueda ser utilizado con éxito para distintas especies, de allí que el concepto clásico de "Sustrato Ideal " ha quedado obsoleto durante la década de los '90 (8).

3.1.7.2 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SUSTRATOS

En cultivos flori-hortícolas, se considera sustrato a cualquier medio que se utilice para el crecimiento y desarrollo de plantas en contenedores. Se entiende por contenedor a un recipiente que tenga una altura limitada y cuya dimensión puede ser tan pequeña como una maceta y tan grande como un campo deportivo. Para ser considerados contenedores deben presentar drenaje libre indicando que su base no puede ser hermética.

En general se denomina sustrato cuando se utiliza un único medio, mientras que cuando se emplean mezclados, constituyen componentes de sustratos o mezclas.

Un sinnúmero de materiales puede ser empleados solos o en mezclas y a éstos pueden incorporarse abonos, correctores, o bien pueden ser sometidos a procesos de transformación de manera de obtener un producto final con características físicas, químicas y biológicas, adecuadas para cada cultivo.

Muchos de los materiales que se usan como sustratos o componentes de sustratos son subproductos de actividades agrícolas, industriales, residuos orgánicos derivados de basura, entre otros. Estos pueden tener una aplicación directa en la producción contribuyendo a mejorar la calidad ambiental y adquieren un valor social ya que se le puede atribuir un valor agregado.

Los materiales que pueden constituir un sustrato han sido seleccionados sobre la base de su disponibilidad, costo, facilidad de manipulación, ausencia de semillas de malezas, insectos, microorganismos patógenos y no deben presentar fitotoxicidad. Actualmente, se ha tomado conciencia acerca del cuidado del medio ambiente y es por este motivo que se tienen en cuenta otros factores en la selección de estos productos: capacidad de reciclaje y optimización del consumo de agua que conlleva a la prevención de lavado de nutrientes. La inclusión de estos nuevos factores implica una serie de cambios en la selección de materiales.

Generalmente no se utilizan sustratos de un sólo componente, ya que es difícil hallar un material que cumpla con las características físicas y químicas más adecuadas para obtener una producción óptima. Hay numerosos materiales orgánicos e inorgánicos que cumplen con los prerequisites mencionados anteriormente. Los residuos de fácil capacidad de reciclaje como los derivados de procesos agrícolas o urbanos son los que están reemplazando en su uso a materiales tradicionales como turba, arena, perlita o vermiculita.

Una de las problemáticas más reales para poder garantizar el éxito de estos materiales es que el sustrato debe mantener sus propiedades constantes y así, lograr a través del tiempo, un manejo adecuado para los cultivos. La principal dificultad radica en la falta de investigación sobre el tema, sin embargo a partir de la década del 90 se están empleando nuevas tecnologías que están revolucionando la producción hortícola por ejemplo.

Las primeras mezclas que se utilizaron estaban constituidas por suelo franco, turba y arena que, tiempo después, se eliminó de ésta el suelo natural.

Posteriormente se usó compost, material que es sometido a proceso de fermentación. Estos consistían en mezclas de suelo, turba, arena, harina de cuerno y pezuña y diferentes cantidades de fertilizantes conteniendo fósforo P, potasio K, azufre S y carbonato de calcio CO_3Ca . Se desinfectaban y los nutrientes se adicionaban según las necesidades del cultivo.

Actualmente debido a los aspectos relacionados con la conservación del medio ambiente empiezan a aparecer en el mercado materiales "ecológicos" procedentes del reciclaje de subproductos biodegradables o reciclables. En algunos países ya casi no se usa turba, tierra volcánica o materiales que no se reciclen. Estos sustratos son reemplazados por materiales bien compostados y/o vermicompuestos, dependiendo su calidad de los residuos empleados inicialmente (7).

3.1.7.3 PREPARACION DE SUSTRATOS

Algunos sustratos, como las turbas, deben procesarse adecuadamente para poderlos utilizar. Las preparaciones mas frecuentes son las siguientes:

- El molido, procurando evitar los apelmazamientos o terrones procedentes de las turberas.
- El encalado, o adición de cal, que se aplica hasta conseguir el pH adecuado en función de la especie que se deseé cultivar, especialmente en las llamadas turbas rubias, cuyo pH es muy ácido, para neutralizarlo se suelen emplear margas calizas.
- La adición de fertilizante, mediante lo que se obtienen las llamadas turbas enriquecidas, compuestas de nitrato amoniacal calcico, y sulfato potásico.
- La elaboración de mezclas con el objeto de optimizar las propiedades físico químicas del sustrato, tratando de acercarse al sustrato ideal para el cultivo al que se debe aplicar (3).

3.1.7.4 SUSTRATOS

Son mezclas que reemplazan el suelo natural. Están compuestas de elementos naturales o modificados por reacción química, inerte, semi inerte o positiva (9).

3.1.7.5 VERMICULITA

Es una especie de mica tratada a temperaturas elevadas (900–1100°C), que aumentan considerablemente su volumen (9).

- Características

- pH: 7.0.
- Esterilidad: Libre de insectos, enfermedades, y semilla de malezas.
- Intercambio catiónico: 150 miliequivalentes (mEq)/100 gr.
- Peso: 80 kg./m. cúbicos.
- Macro y micro elementos: Contiene 8% potasio (K), y 9% de magnesio (Mg).

3.1.7.6 VERMICULITA ENRIQUECIDA

Tratada mediante procesos que permiten la absorción de macro y micro elementos en forma química u orgánica, los cuales son liberados durante el cultivo de plantas por interacción con las raíces de las plantas (9).

En el Cuadro 1 se presentan las características de la Vermiculita enriquecidas químicamente.

Cuadro 1: Propiedades de la vermiculita enriquecida químicamente.

CARACTERISTICA	VALOR
Liberación de macro y micro elementos	Lenta
PH	5.0
Conductividad eléctrica (CE.)	1.5 mmo
Nitrógeno (N03)	1.5%.
Fósforo (P205)	1.6%.
Potasio (K20)	2.3%.
Calcio (Ca)	0.25%.
Magnesio (Mg)	0.04%
Sodio (Na)	0.5%.
Cloro (Cl)	0.30%.
Microelementos: Cobre, hierro, zinc, molibdeno, magnesio.	

Orgánicamente

- Enriquecida orgánicamente a base de elementos bioorgánicos, orina de vacuno + excremento de gallina, pluma de ave en polvo, enzimas, etc. No contiene sustancias químicas artificiales, a pesar que contiene macro y micronutrientes. (9).

En el Cuadro 2 se presentan las características de la Vermiculita enriquecidas orgánicamente.

Cuadro 2: Propiedades de la vermiculita enriquecida orgánicamente.

CARACTERISTICA	VALOR
Liberación de macro y micronutrientes:	Lenta .
PH	8.3.
Materia orgánica	9.1%.
Nitrógeno general	1900 mg/kg.
Fósforo (P)	970 mg/kg.
Potasio (K)	3.3%.
Hierro (Fe)	4340 mg/kg.
Zinc (Zc)	57.5 mg/kg.
Magnesio (Mg)	77 mg/kg.
Sodio (Na)	530 mg/kg.
Cloro (Cl):	120 mg/kg.

3.1.7.7 PERLITA

- Es un silicato de aluminio de origen volcánico. A temperaturas de 1,000°C y bajo presión se obtiene un agregado de ligera composición con una estructura tupida y sólida en forma de celdillas (9).
- **Características**
- Peso: 80 kg./m. cúbico.
- pH: 6.5 – 8.0.
- Color: Generalmente blanco.
- Absorción: No absorbe agua. Únicamente en la periferia o en celdillas deterioradas. Buena relación de aire – agua.
- Filtración: Muy buena.

- Intercambio Catiónico bajo: 0 – 20 mEq/100gr.
- Existe otro tipo de perlita con diferentes características (9).

3.1.7.8 TURBA (Peat Moss)

Producto de descomposición orgánica del follaje de árboles y pastos en zonas boscosas del norte, de temperaturas bajas en primavera y verano, de gran acidez y falta de minerales. Existen grandes diferencias entre los distintos tipos de turbas; ello depende de su origen, edad y material vegetal específico de cada lugar. Es importante elegir el tipo de turba de acuerdo a su característica física y química. Los principales países de exportación son Finlandia, Suiza, Irlanda, Noruega, Canadá, Alemania y Holanda (9).

- **Características**
- Peso 60 – 100 kg./m. cúbico.
- Efecto tapón: Excelente.
- Retención de agua: 30 – 80% de su peso.
- Absorción de minerales: 100 – 150 mEq/100 gr.
- Porosidad: Buena.
- pH: 3.5 – 4.5.
- Observación: Se debe evitar que se seque, perdiendo de esta forma muchas de sus facultades positivas (9).

3.1.7.9 PIEDRA VOLCANICA TRITURADA

Es generalmente de naturaleza basáltica.

- **Características**
- Tamaño: 0 – 2, 0 – 4, 0 – 8, 4 – 14, 10 – 20 mm.
- Porosidad: Muy buena.
- Efecto tapón: Casi no cuenta con dicha propiedad.
- Intercambio catiónico: 40 – 60 mEq/100 gr.

- Microelementos: Pequeños trazos de Fe, Zn, Cu, Mn.
- pH: 7.5.
- Observación: Absorbe fósforo y potasio y esto puede ocasionar ciertos trastornos (9).

3.1.7.10 GERMINASA (Fibra de coco)

Este sustrato se obtiene de fibra de coco (origen orgánico).

- **Características**
- Retención de agua: 3 – 4 de su peso.
- pH: 6.3 – 6.5.
- Peso 200 kg./m. cúbico.
- Esterilidad: Libre de enfermedades e insectos.
- Porosidad: Muy buena.
- Macro y micronutrientes: En pequeñas cantidades.
- Observación: Debe ser lavada antes de su uso por su alto contenido de sales (9).

3.1.7.11 COMPOST

Es un proceso biológico y aeróbico por el cual se descomponen las materias orgánicas. En tal proceso baja el porcentaje de compuestos orgánicos de fácil descomposición y se acumulan compuestos orgánicos de difícil y lenta descomposición. Como materia prima se pueden utilizar excremento animal, residuos de plantas, desperdicios residuales, etc (9).

El proceso se lleva a cabo cuando se cumplen las condiciones apropiadas: humedad, temperatura, aireación, y presencia de nitrógeno:

- Humedad deseada: 45 –60%. Cuando no existe en forma natural se debe agregar agua en forma artificial.
- Temperatura: Esta comienza a elevarse con el comienzo del proceso a partir de 3 – 4 días y puede llegar a 60 – 70°C. A medida que el proceso llega a su culminación baja hasta 20°C.

- Aireación: Es necesaria para proveer el oxígeno necesario para los microorganismos que intervienen en el proceso de descomposición de las materias orgánicas. Es por ello que se debe cuidar el equilibrio entre el porcentaje de humedad y el porcentaje de aireación (9).
 - Oxígeno: Este forma parte de la nutrición de los microorganismos que intervienen en el proceso.
 - Sales: Como el avance del proceso como consecuencia de la descomposición de materia orgánica, se produce una acumulación de sales. Cuando al final del proceso se estabilizan, el peligro de las sales disminuye.
 - En el proceso de descomposición de la materia orgánica el pH. Varía de básico a ácido (9).
-
- **Características deseables del Compost**
 - Humedad: Varía de 30 – 40% en relación al peso volumétrico que oscila entre 700 – 800 gr./litro.
 - Porcentaje de materia orgánica: En relación al peso volumétrico debe variar de 35 – 50%.
 - Nitrógeno: Debe ser de 1.4 – 2% del peso volumétrico.
 - Boro: Debe ser de 0.9 – 1% del peso volumétrico.
 - Fósforo: De acuerdo a la fórmula P_2O_5 , 2% del peso volumétrico.
 - Potasio: Debe ser de 0.4 – 0.5% del peso volumétrico o de acuerdo a la fórmula K_2O , de 0.5 – 0.6% del peso volumétrico.
 - CE: En relación al análisis de 5 partes de agua destilada/1 parte de Compost, su valor será de 2 – 6 mmo.
 - PH: Debe ser de 6.8 – 7.8.
 - Relación carbono/nitrógeno (C/N): Se recomienda comenzar el proceso con una relación C/N de 30 – 40/1, lo que equivale a 30 – 40 partes de carbono por 1 parte de nitrógeno. Los microorganismos obtienen la energía necesaria para su desarrollo de la descomposición de compuestos de carbono. Es por ello que la relación final que se obtiene para C/N es de 15/1, lo que equivale a 15 partes de carbono por 1 parte de nitrógeno.
-
- **Características físicas.** Influyen en la textura del suelo debido a que logran mayor aireación y absorción de agua.

- **Características químicas:** Absorbe elementos nutritivos, evitando su lavado, en especial nitrógeno y potasio; asimismo, microelementos. Los libera a ambos a la solución del suelo en forma de nutrientes asimilables (9).
- **Características químicas y nutritivas.** En el proceso de descomposición libera en el suelo en forma lenta nutrientes asimilables (9).

3.1.7.12 ARENA

El tamaño de los granos utilizados son de 0.05 – 2 mm.

- **Características**
- Efecto tapón: No tiene dicha propiedad.
- Peso: 1,450 – 1,600 gr./litro.

Observación: Debe ser lavada antes del uso debido a las sales que puede contener (9).

3.1.7.13 LANA DE ROCA

Es producida a altas temperaturas con materias primas basadas en piedra basáltica (80%) y piedra arenosa (20%). El producto final son fibras de 0.06 mm de espesor, las cuales son adheridas con sustancias pegadizas que las convierten en una especie de colchones.

- **Características**
- Porosidad: 97%
- Retención de agua: Buena.
- Peso: Liviano.
- Intercambio catiónico: 0 (químicamente inerte).
- Efecto Tapón: No tiene.

Observación: Es utilizado principalmente en cultivos hidropónicos (basados en agua con macro y micronutrientes diluidos) (9).

3.1.8 SUSTRATOS Y MEZCLAS

Tomando en cuenta los productos anteriormente descritos y otros diferentes, mezclas artificiales de cultivo en distintas proporciones serán preparadas (9).

Factores a considerar

- Precio.
- Existencia en el mercado.
- Posibilidad de reuso.
- Posibilidad de desinfección
- Libre de enfermedades, insectos y malezas.
- Descomposición con el transcurso del tiempo.
- Porosidad (se recomienda 0.75 gr./cm cúbico y un volumen de aire mínimo del 15 – 30%).
- Adaptación a la técnica de mezcla y empleo.
- Intercambio catiónico (se recomienda >50 – 120 mEq/100 gr.).
- PH (5.5 – 6.5).
- Nivel de salinidad baja.
- CE (<0.5 – 2 mmo).
- Relación C/N (baja).
- Agua (20 – 50% de su volumen, <5ppm).
- Nitrógeno general (0.7 – 2%).
- Fósforo asimilable (100 – 150 ppm).

Es imposible lograr un sustrato ideal que responda a dichas exigencias en forma absoluta. Para aproximarnos a ello y de acuerdo con las exigencias de los distintos cultivos y propósitos (plántulas, enraizamiento, cultivo), se requiere una serie de análisis de laboratorio.

- **Dichos análisis comprenden**
- pH.
- CE.
- Porcentaje de humedad.
- Porosidad.

- Porcentaje de materia orgánica.
- Textura
- Porcentaje de nitrógeno general.
- Porcentaje de nitrógeno orgánico.
- Porcentaje de nitrógeno nítrico (NO_3).
- Porcentaje de nitrato de amonio (NH_4).
- Porcentaje de fósforo (P_{205}).
- Porcentaje de potasio (K).
- Porcentaje de calcio (Ca).
- Porcentaje de Boro (B).
- Intercambio catiónico (mEq/100 gr. de sustrato).
- Porcentaje de magnesio (Mg).

Estos tipos de análisis son realizados a fin de decidir si las propiedades del sustrato coinciden con nuestras necesidades al comienzo del cultivo y durante su desarrollo (9).

3.1.9 CARACTERISTICAS DE LOS SUSTRATOS PARA EL CULTIVO DE PLANTAS

Características generales

- Desprovista de malezas.
- Libre de enfermedades.
- Posibilidad de reuso a largo plazo.
- Precio bajo.
- Existencia en el mercado.
- Facilidad de mezcla.
- Peso bajo.
- Resistencia a cambios bruscos del ambiente (físico y químico).

Características físicas

- Elevado porcentaje de asimilación del agua disponible para la planta.
- Elevado porcentaje de aire.
- Partículas de tamaño grueso, medio y fino para el buen equilibrio de agua y aire,

Características químicas

- Intercambio elevado de cationes.
- Cantidad de macro y microelementos asimilables por la planta.
- Efecto tapón bueno.
- pH 5.0 – 7.0.
- CE baja.
- Relación C/N baja en los sustratos que contienen materia orgánica (9).

3.1.9.1 CARACTERISTICAS POSITIVAS DEL SUSTRATO

En el cuadro 3 se presentan el rango positivo de cada característica expresada en unidades dependiendo el valor adecuado de un sustrato ideal.

Cuadro 3: Características positivas del sustrato.

Características	Unidad	Valor
Minerales	% del peso	10 – 30
Agua	% del volumen	40 – 50
Aire	% del volumen	40 – 50
Agua fácilmente disponible	% del volumen	20 – 30
Intercambio catiónico	mEq/100 gr.	120 – 150
PH		5.5 –6.0
N	mg/litro	200
P ₂ O ₅	mg/litro	150
K ₂ O	mg/litro	300
Mg	mg/litro	100
Peso específico	mg/litro	0.8 –1
Conductividad hidráulica	cm/h	150

3.1.10 CARACTERISTICAS FISICAS

En el estudio de las relaciones aire agua en un sustrato hay dos aspectos importantes: la retención de agua por las partículas del sustrato y su movilidad por los conductos que forma el sistema poroso.

El agua retenida por las partículas de sustrato constituye la reserva de agua que, en mayor o menor medida, está a disposición de la planta. El volumen de poros no ocupado por agua está ocupado por aire y proporciona el medio adecuado para el intercambio de gases necesario para la respiración del sistema radicular. La velocidad de crecimiento de las raíces puede estar limitada, ya sea por la carencia de oxígeno, o por acumulación de CO₂ en los alrededores de la raíz. (14).

Si la disponibilidad de aire es escasa, el intercambio de gases también lo será, se presentan condiciones de asfixia radicular que limitan el desarrollo de la planta y la pueden hacer más susceptible al ataque de patógenos, en particular a los del sistema radicular. Si la disponibilidad de agua es baja la planta encuentra dificultades para su adecuada nutrición hídrica afectando a su desarrollo (14).

Al utilizar los sistemas de producción en bandeja, es recomendable emplear sustratos sin suelo, ya que para este sistema de producción se requiere un medio de cultivo con características físico - químicas muy particulares, esto es que al mismo tiempo que tenga una buena retención de humedad, el sustrato debe tener un alto nivel de aireación. Además, de esto debe ser uniforme, libre de patógenos, ligero, y fácil de usar (6).

En forma general se puede citar que para la mayoría de los cultivos en bandeja, el sustrato deberá ajustarse a las siguientes características físicas:

- Retención de humedad entre 40 y 50% (sustrato drenado).
- Volumen de aire entre 10 y 30% (sustrato drenado).
- Densidad real entre 0.6 y 1.2 gr./cm cúbico (después de regado y drenado) (6).

3.1.11 CARACTERISTICAS QUÍMICAS

3.1.11.1 CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO: El intercambio catiónico es un proceso reversible por medio del cual las partículas sólidas del suelo absorben iones de la fase acuosa y desabsorben al mismo tiempo cantidades equivalentes de otros cationes y establecen un equilibrio entre ambas fases. La capacidad de intercambio catiónico es una propiedad del suelo que tiene mucha importancia practica en aspectos tales como fertilidad del suelo, elaboración de programas de fertilización, modificación de pH, propiedades físicas del suelo y en la calidad del agua que se percolan através del suelo (4).

3.1.11.1.1 Factores que influyen en el intercambio catiónico Entre los factores que afectan la capacidad de intercambio catiónico se pueden mencionar:

- No todos los iones son absorbidos por la misma fuerza al complejo de cambio.
- No todos los sitios de intercambio generan la misma fuerza para absorber los iones.

Esto va a depender de las propiedades o características del catión, de la concentración del catión en solución, de la naturaleza del anión acompañante, del tipo de coloide y del pH (4).

3.1.11.1.2 Bases cambiables: Entre las bases cambiables de mayor importancia en la determinación para el análisis químico se pueden mencionar al Sodio, Potasio, Calcio y Magnesio.

El Sodio no es un elemento indispensable para el crecimiento de las plantas, sino la importancia de su determinación es de que una concentración alta de este produce problemas de sodicidad las cuales dan como resultado la dispersión de las partículas del suelo destruyen su estructura, además produce problemas de permeabilidad, ingreso de aire, agua y toxicidad de este elemento. (4).

El Potasio es un elemento esencial para el crecimiento de las plantas por que constituye los tejidos estructurales de las plantas, incrementa la resistencia a estrés hídrico, regula la apertura de estomas. Su rango adecuado va de 120 a 150 ppm. (4).

El Calcio forma compuestos que son parte de las paredes celulares, estimula el desarrollo de raíces y hojas. Su rango adecuado va de 4 a 6 mEq/100 gr. (4).

El magnesio es un elemento esencial en la molécula de la clorofila, es activador de varios sistemas enzimáticos, ayuda en el metabolismo de los fosfatos y participa en los procesos de respiración celular. Su rango adecuado va de 1 a 2 mEq/100gr (4).

3.1.11.2 MATERIA ORGANICA: La materia orgánica es una parte activa muy importante del suelo que esta constituida por compuestos de origen biológico. La mayor cantidad de materia orgánica presente del suelo procede de las raíces y partes aéreas de las plantas. La materia orgánica esta constituida principalmente por carbono (aproximadamente 58% en peso) y cantidades menores de hidrogeno, oxigeno, nitrógeno, azufre, fósforo, y otros elementos que conforman sustancias orgánicas como lignina, proteína, aminoácidos (4).

3.1.11.2.1 Importancia de la materia orgánica:

3.1.11.2.1.1 Propiedades Químicas: mejora la Capacidad de Intercambio Catiónico (100 a 300 mEq/100 gr.), mejora la capacidad Buffer, es fuente de nutrientes como el Nitrógeno, Fósforo, Azufre, Molibdeno y otros elementos menores; y mejora la disponibilidad de los nutrientes como el fósforo y elementos menores, en un amplio rango de pH debido a los quelatos (Compuestos orgánicos que envuelven a los elementos metálicos) (4).

3.1.11.2.1.2 Propiedades físicas: mejora la estructura, dándole estabilidad estructural; bajo la densidad aparente del suelo, lo que lo hace mas fácil de trabajar, mejora la retención de agua disponible: aumenta el almacenamiento de agua en el suelo y regula la temperatura reduciendo la evaporación (4).

3.1.11.3 Reacción del pH : Una de las características de suma importancia en el suelo es el pH, por que gracias a este se pueden conocer que tan ácido o básico es un suelo, propiedades que afectan la fertilidad del suelo, y el papel que este juega en la relación planta – suelo. Un pH óptimo para que las plantas se puedan desarrollar va de 6.0 a 7.5, valores mas altos o mas bajos causan problemas en las plantas. El pH del suelo esta en estrecha relación con la saturación de bases intercambiables (Na, K, Ca, Mg), en suelos con una Saturación de Bases del 100% van a

poseer un pH mayor o igual que 7, mientras si es menor se espera pH menores lo que tendería a provocar suelos ácidos (4).

3.1.11.3.1 Importancia del pH : El efecto del pH del suelo es grande en la solución de los minerales. Suelos fuertemente ácidos (pH 4-5) generalmente tienen alta y tóxicas concentraciones de aluminio y manganeso. Además afecta la disponibilidad de nutrientes El pH del suelo puede influir en el crecimiento de las plantas, por su efecto en la actividad de los microorganismos benéficos. La mayoría de las bacterias fijadoras de nitrógeno no son activas en suelos fuertemente ácidos. La alcalinidad del suelo aunque mas difícil de alterar la acidez puede ser indeseable para las plantas. El mayor efecto de un pH alcalino es reducir la solubilidad de todos los micronutrientes (excepto molibdeno, especialmente hierro, zinc y manganeso) (4).

Es importante mencionar que si el pH del sustrato (de origen orgánico) es mas alto que 6.5 se van a observar deficiencias de hierro, boro, manganeso, y fósforo. Por el contrario, si el pH se baja a 5.0 es muy probable que se presenten toxicidad de manganeso y algunos otros oligo - elementos (6).

3.1.12 Evaluación "Costo/Efectividad"

Indicadores como el costo y efectividad son de gran significado económico, pues los podremos utilizar para comparar las diferentes opciones y tomar decisiones de conveniencia en relación con el objetivo planteado y procurando la mejor eficiencia económica posible en la asignación de los recursos.

Debe esperarse que la mas conveniente en términos económicos, sea la que represente el menor costo por unidad de beneficio cubierta.

Se puede construir varios indicadores de costo/eficiencia, de acuerdo con los tipos de beneficio identificados, son dos los tipos de indicadores de costo/eficiencia mas comunes:

a. Costo por unidad de cobertura o por beneficiario.

Ejemplo: Costo/hectárea en proyectos agropecuaria o ambientales, costo/alumno, en proyectos educativos; costo/atención, en proyectos de salud. El método compara opciones por costo/eficiencia, procurando "mínimo costo por unidad de cobertura o beneficiario"

b. Costo por unidad de producto;

Ejemplo: costo/metro cúbico en acueductos o proyectos de riego; costo/kilometro construido en proyectos viales, etc.

En la construcción de los indicadores de costo/eficiencia, solo se valoran monetariamente los costos, los beneficios vasta con medirlos y sumarlos, pues se trata generalmente de unidades homogéneas. Esta característica le otorga sencillez y facilidad al cálculo de los indicadores costo/eficiencia, y por lo tanto hace innecesario valorar monetariamente los beneficios, ya que su medición es asimilable a una unidad común (10).

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 UBICACION

El Municipio de Monjas, se encuentra ubicado en el departamento de Jalapa, limitado al norte: por el municipio de Jalapa, San Pedro Pinula, y San Manuel Chaparron; al oriente: por el municipio de Santa Catarina Mita (Jutiapa) y el progreso (Jutiapa); al sur: por el municipio de Jutiapa y Progreso (Jutiapa) y al poniente por Jalapa.

3.2.2 LOCALIZACION

El Municipio de Monjas, se ubica a una latitud norte de $14^{\circ} 30' 00''$, y una longitud oeste de $89^{\circ} 52' 20''$, posee una extensión aproximada de 256 kilómetros cuadrados y se encuentra a una altitud media de 960 MSNM (2).

3.2.3 CLIMATOLOGIA

Los datos climatológicos son reportados por la estación climatológica clase A, No. 9.3.3. de nombre La Ceibita (5), localizada a una altitud de 960 metros sobre el nivel del mar, a una latitud de $14^{\circ} 30' 00''$ Norte y a una longitud de $89^{\circ} 52' 10''$ Oeste. La zona posee una temperatura media de 22.3°C , una precipitación anual de 975 mm. y una humedad relativa media del 69%. Los datos son promedio de 6 años de registro (5).

Según el sistema Thornwaite la región posee un clima semicálido, con invierno benigno, semiseco, y cobertura vegetal tienen características de pastizal (2).

3.2.4 VIAS DE COMUNICACION

El valle de Monjas se encuentra comunicada con la ciudad de Guatemala por la ruta 19 hasta la población de El Progreso, Jutiapa; y luego por la ruta CA 1, hasta la Ciudad Capital. La distancia total por dicha carretera asfaltada es de 145 km.

El valle de Monjas a su vez se comunica por la ruta 19 con la cabecera departamental, a una distancia de 21 km. asfaltado. Las vías de comunicación internas con sus 13 aldeas se realiza por medio de carreteras de terracería, transitables todo el año (2).

3.2.5 SUELO

Los suelos de la región son de origen volcánico y la clasificación, según Simmons, pertenece a la serie Ansay. Dicha serie de suelos generalmente es de textura franco – arcillo – arenoso, de color gris cafésaceo, que posee una profundidad media de 40 cm. , con drenaje muy lento y topografía suavemente inclinada (11).

4. OBJETIVOS

4.1 General:

Evaluar diferentes tipos de sustratos que permitan a los productores de tabaco determinar una opción económica, para mejorar o mantener la calidad de las plántulas de pilón de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) tipo Virginia LFC.

4.2 Específicos:

4.2.1 Evaluar la efectividad al utilizar sustratos comerciales y sustratos a base de sub productos agrícolas, sobre la calidad y desarrollo tanto aéreo como radicular de las plántulas de pilón de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) tipo Virginia LFC.

4.2.2 Evaluar el efecto económico al utilizar sustratos comerciales y sustratos a base de sub productos agrícolas en la producción de plántulas de pilón de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) tipo Virginia LFC.

Según el sistema Thornwaite la región posee un clima semicálido, con invierno benigno, semiseco, y cobertura vegetal tienen características de pastizal (2).

3.2.4 VIAS DE COMUNICACION

El valle de Monjas se encuentra comunicada con la ciudad de Guatemala por la ruta 19 hasta la población de El Progreso, Jutiapa; y luego por la ruta CA 1, hasta la Ciudad Capital. La distancia total por dicha carretera asfaltada es de 145 km.

El valle de Monjas a su vez se comunica por la ruta 19 con la cabecera departamental, a una distancia de 21 km. asfaltado. Las vías de comunicación internas con sus 13 aldeas se realiza por medio de carreteras de terracería, transitables todo el año (2).

3.2.5 SUELO

Los suelos de la región son de origen volcánico y la clasificación, según Simmons, pertenece a la serie Ansay. Dicha serie de suelos generalmente es de textura franco – arcillo – arenoso, de color gris cafésaceo, que posee una profundidad media de 40 cm. , con drenaje muy lento y topografía suavemente inclinada (11).

b. Costo por unidad de producto;

Ejemplo: costo/metro cúbico en acueductos o proyectos de riego; costo/kilometro construido en proyectos viales, etc.

En la construcción de los indicadores de costo/eficiencia, solo se valoran monetariamente los costos, los beneficios vasta con medirlos y sumarlos, pues se trata generalmente de unidades homogéneas. Esta característica le otorga sencillez y facilidad al cálculo de los indicadores costo/eficiencia, y por lo tanto hace innecesario valorar monetariamente los beneficios, ya que su medición es asimilable a una unidad común (10).

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 UBICACION

El Municipio de Monjas, se encuentra ubicado en el departamento de Jalapa, limitado al norte: por el municipio de Jalapa, San Pedro Pinula, y San Manuel Chaparron; al oriente: por el municipio de Santa Catarina Mita (Jutiapa) y el progreso (Jutiapa); al sur: por el municipio de Jutiapa y Progreso (Jutiapa) y al poniente por Jalapa.

3.2.2 LOCALIZACION

El Municipio de Monjas, se ubica a una latitud norte de $14^{\circ} 30' 00''$, y una longitud oeste de $89^{\circ} 52' 20''$, posee una extensión aproximada de 256 kilómetros cuadrados y se encuentra a una altitud media de 960 MSNM (2).

3.2.3 CLIMATOLOGIA

Los datos climatológicos son reportados por la estación climatológica clase A, No. 9.3.3. de nombre La Ceibita (5), localizada a una altitud de 960 metros sobre el nivel del mar, a una latitud de $14^{\circ} 30' 00''$ Norte y a una longitud de $89^{\circ} 52' 10''$ Oeste. La zona posee una temperatura media de 22.3°C , una precipitación anual de 975 mm. y una humedad relativa media del 69%. Los datos son promedio de 6 años de registro (5).

poseer un pH mayor o igual que 7, mientras si es menor se espera pH menores lo que tendería a provocar suelos ácidos (4).

3.1.11.3.1 Importancia del pH : El efecto del pH del suelo es grande en la solución de los minerales. Suelos fuertemente ácidos (pH 4-5) generalmente tienen alta y tóxicas concentraciones de aluminio y manganeso. Además afecta la disponibilidad de nutrientes El pH del suelo puede influir en el crecimiento de las plantas, por su efecto en la actividad de los microorganismos benéficos. La mayoría de las bacterias fijadoras de nitrógeno no son activas en suelos fuertemente ácidos. La alcalinidad del suelo aunque mas difícil de alterar la acidez puede ser indeseable para las plantas. El mayor efecto de un pH alcalino es reducir la solubilidad de todos los micronutrientes (excepto molibdeno, especialmente hierro, zinc y manganeso) (4).

Es importante mencionar que si el pH del sustrato (de origen orgánico) es mas alto que 6.5 se van a observar deficiencias de hierro, boro, manganeso, y fósforo. Por el contrario, si el pH se baja a 5.0 es muy probable que se presenten toxicidad de manganeso y algunos otros oligo - elementos (6).

3.1.12 Evaluación "Costo/Efectividad"

Indicadores como el costo y efectividad son de gran significado económico, pues los podremos utilizar para comparar las diferentes opciones y tomar decisiones de conveniencia en relación con el objetivo planteado y procurando la mejor eficiencia económica posible en la asignación de los recursos.

Debe esperarse que la mas conveniente en términos económicos, sea la que represente el menor costo por unidad de beneficio cubierta.

Se puede construir varios indicadores de costo/eficiencia, de acuerdo con los tipos de beneficio identificados, son dos los tipos de indicadores de costo/eficiencia mas comunes:

a. Costo por unidad de cobertura o por beneficiario.

Ejemplo: Costo/hectárea en proyectos agropecuaria o ambientales, costo/alumno, en proyectos educativos; costo/atención, en proyectos de salud. El método compara opciones por costo/eficiencia, procurando "mínimo costo por unidad de cobertura o beneficiario"

El magnesio es un elemento esencial en la molécula de la clorofila, es activador de varios sistemas enzimáticos, ayuda en el metabolismo de los fosfatos y participa en los procesos de respiración celular. Su rango adecuado va de 1 a 2 mEq/100gr (4).

3.1.11.2 MATERIA ORGANICA: La materia orgánica es una parte activa muy importante del suelo que esta constituida por compuestos de origen biológico. La mayor cantidad de materia orgánica presente del suelo procede de las raíces y partes aéreas de las plantas. La materia orgánica esta constituida principalmente por carbono (aproximadamente 58% en peso) y cantidades menores de hidrogeno, oxigeno, nitrógeno, azufre, fósforo, y otros elementos que conforman sustancias orgánicas como lignina, proteína, aminoácidos (4).

3.1.11.2.1 Importancia de la materia orgánica:

3.1.11.2.1.1 Propiedades Químicas: mejora la Capacidad de Intercambio Catiónico (100 a 300 mEq/100 gr.), mejora la capacidad Buffer, es fuente de nutrientes como el Nitrógeno, Fósforo, Azufre, Molibdeno y otros elementos menores; y mejora la disponibilidad de los nutrientes como el fósforo y elementos menores, en un amplio rango de pH debido a los quelatos (Compuestos orgánicos que envuelven a los elementos metálicos) (4).

3.1.11.2.1.2 Propiedades físicas: mejora la estructura, dándole estabilidad estructural; bajo la densidad aparente del suelo, lo que lo hace mas fácil de trabajar, mejora la retención de agua disponible: aumenta el almacenamiento de agua en el suelo y regula la temperatura reduciendo la evaporación (4).

3.1.11.3 Reacción del pH : Una de las características de suma importancia en el suelo es el pH, por que gracias a este se pueden conocer que tan ácido o básico es un suelo, propiedades que afectan la fertilidad del suelo, y el papel que este juega en la relación planta – suelo. Un pH óptimo para que las plantas se puedan desarrollar va de 6.0 a 7.5, valores mas altos o mas bajos causan problemas en las plantas. El pH del suelo esta en estrecha relación con la saturación de bases intercambiables (Na, K, Ca, Mg), en suelos con una Saturación de Bases del 100% van a

3.1.11 CARACTERISTICAS QUÍMICAS

3.1.11.1 CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO: El intercambio catiónico es un proceso reversible por medio del cual las partículas sólidas del suelo absorben iones de la fase acuosa y desabsorben al mismo tiempo cantidades equivalentes de otros cationes y establecen un equilibrio entre ambas fases. La capacidad de intercambio catiónico es una propiedad del suelo que tiene mucha importancia practica en aspectos tales como fertilidad del suelo, elaboración de programas de fertilización, modificación de pH, propiedades físicas del suelo y en la calidad del agua que se percolan a través del suelo (4).

3.1.11.1.1 Factores que influyen en el intercambio catiónico Entre los factores que afectan la capacidad de intercambio catiónico se pueden mencionar:

- No todos los iones son absorbidos por la misma fuerza al complejo de cambio.
- No todos los sitios de intercambio generan la misma fuerza para absorber los iones.

Esto va a depender de las propiedades o características del catión, de la concentración del catión en solución, de la naturaleza del anión acompañante, del tipo de coloide y del pH (4).

3.1.11.1.2 Bases cambiables: Entre las bases cambiables de mayor importancia en la determinación para el análisis químico se pueden mencionar al Sodio, Potasio, Calcio y Magnesio.

El Sodio no es un elemento indispensable para el crecimiento de las plantas, sino la importancia de su determinación es de que una concentración alta de este produce problemas de sodicidad las cuales dan como resultado la dispersión de las partículas del suelo destruyen su estructura, además produce problemas de permeabilidad, ingreso de aire, agua y toxicidad de este elemento. (4).

El Potasio es un elemento esencial para el crecimiento de las plantas por que constituye los tejidos estructurales de las plantas, incrementa la resistencia a estrés hídrico, regula la apertura de estomas. Su rango adecuado va de 120 a 150 ppm. (4).

El Calcio forma compuestos que son parte de las paredes celulares, estimula el desarrollo de raíces y hojas. Su rango adecuado va de 4 a 6 mEq/100 gr. (4).

3.1.10 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

En el estudio de las relaciones aire agua en un sustrato hay dos aspectos importantes: la retención de agua por las partículas del sustrato y su movilidad por los conductos que forma el sistema poroso.

El agua retenida por las partículas de sustrato constituye la reserva de agua que, en mayor o menor medida, está a disposición de la planta. El volumen de poros no ocupado por agua está ocupado por aire y proporciona el medio adecuado para el intercambio de gases necesario para la respiración del sistema radicular. La velocidad de crecimiento de las raíces puede estar limitada, ya sea por la carencia de oxígeno, o por acumulación de CO₂ en los alrededores de la raíz. (14).

Si la disponibilidad de aire es escasa, el intercambio de gases también lo será, se presentan condiciones de asfixia radicular que limitan el desarrollo de la planta y la pueden hacer más susceptible al ataque de patógenos, en particular a los del sistema radicular. Si la disponibilidad de agua es baja la planta encuentra dificultades para su adecuada nutrición hídrica afectando a su desarrollo (14).

Al utilizar los sistemas de producción en bandeja, es recomendable emplear sustratos sin suelo, ya que para este sistema de producción se requiere un medio de cultivo con características físico - químicas muy particulares, esto es que al mismo tiempo que tenga una buena retención de humedad, el sustrato debe tener un alto nivel de aireación. Además, de esto debe ser uniforme, libre de patógenos, ligero, y fácil de usar (6).

En forma general se puede citar que para la mayoría de los cultivos en bandeja, el sustrato deberá ajustarse a las siguientes características físicas:

- Retención de humedad entre 40 y 50% (sustrato drenado).
- Volumen de aire entre 10 y 30% (sustrato drenado).
- Densidad real entre 0.6 y 1.2 gr./cm cúbico (después de regado y drenado) (6).

Características físicas

- Elevado porcentaje de asimilación del agua disponible para la planta.
- Elevado porcentaje de aire.
- Partículas de tamaño grueso, medio y fino para el buen equilibrio de agua y aire,

Características químicas

- Intercambio elevado de cationes.
- Cantidad de macro y microelementos asimilables por la planta.
- Efecto tapón bueno.
- pH 5.0 – 7.0.
- CE baja.
- Relación C/N baja en los sustratos que contienen materia orgánica (9).

3.1.9.1 CARACTERISTICAS POSITIVAS DEL SUSTRATO

En el cuadro 3 se presentan el rango positivo de cada característica expresada en unidades dependiendo el valor adecuado de un sustrato ideal.

Cuadro 3: Características positivas del sustrato.

Características	Unidad	Valor
Minerales	% del peso	10 – 30
Agua	% del volumen	40 – 50
Aire	% del volumen	40 – 50
Agua fácilmente disponible	% del volumen	20 – 30
Intercambio catiónico	mEq/100 gr.	120 – 150
PH		5.5 –6.0
N	mg/litro	200
P ₂ O ₅	mg/litro	150
K ₂ O	mg/litro	300
Mg	mg/litro	100
Peso específico	mg/litro	0.8 –1
Conductividad hidráulica	cm/h	150

- Porcentaje de materia orgánica.
- Textura
- Porcentaje de nitrógeno general.
- Porcentaje de nitrógeno orgánico.
- Porcentaje de nitrógeno nítrico (NO_3).
- Porcentaje de nitrato de amonio (NH_4).
- Porcentaje de fósforo (P_{205}).
- Porcentaje de potasio (K).
- Porcentaje de calcio (Ca).
- Porcentaje de Boro (B).
- Intercambio catiónico (mEq/100 gr. de sustrato).
- Porcentaje de magnesio (Mg).

Estos tipos de análisis son realizados a fin de decidir si las propiedades del sustrato coinciden con nuestras necesidades al comienzo del cultivo y durante su desarrollo (9).

3.1.9 CARACTERÍSTICAS DE LOS SUSTRATOS PARA EL CULTIVO DE PLANTAS

Características generales

- Desprovista de malezas.
- Libre de enfermedades.
- Posibilidad de reuso a largo plazo.
- Precio bajo.
- Existencia en el mercado.
- Facilidad de mezcla.
- Peso bajo.
- Resistencia a cambios bruscos del ambiente (físico y químico).

3.1.8 SUSTRATOS Y MEZCLAS

Tomando en cuenta los productos anteriormente descritos y otros diferentes, mezclas artificiales de cultivo en distintas proporciones serán preparadas (9).

Factores a considerar

- Precio.
- Existencia en el mercado.
- Posibilidad de reuso.
- Posibilidad de desinfección
- Libre de enfermedades, insectos y malezas.
- Descomposición con el transcurso del tiempo.
- Porosidad (se recomienda 0.75 gr./cm cúbico y un volumen de aire mínimo del 15 – 30%).
- Adaptación a la técnica de mezcla y empleo.
- Intercambio catiónico (se recomienda >50 – 120 mEq/100 gr.).
- PH (5.5 – 6.5).
- Nivel de salinidad baja.
- CE (<0.5 – 2 mmo).
- Relación C/N (baja).
- Agua (20 – 50% de su volumen, <5ppm).
- Nitrógeno general (0.7 – 2%).
- Fósforo asimilable (100 – 150 ppm).

Es imposible lograr un sustrato ideal que responda a dichas exigencias en forma absoluta. Para aproximarnos a ello y de acuerdo con las exigencias de los distintos cultivos y propósitos (plántulas, enraizamiento, cultivo), se requiere una serie de análisis de laboratorio.

- **Dichos análisis comprenden**
- pH.
- CE.
- Porcentaje de humedad.
- Porosidad.

- **Características químicas:** Absorbe elementos nutritivos, evitando su lavado, en especial nitrógeno y potasio; asimismo, microelementos. Los libera a ambos a la solución del suelo en forma de nutrientes asimilables (9).
- **Características químicas y nutritivas.** En el proceso de descomposición libera en el suelo en forma lenta nutrientes asimilables (9).

3.1.7.12 ARENA

El tamaño de los granos utilizados son de 0.05 – 2 mm.

- **Características**
- Efecto tapón: No tiene dicha propiedad.
- Peso: 1,450 – 1,600 gr./litro.

Observación: Debe ser lavada antes del uso debido a las sales que puede contener (9).

3.1.7.13 LANA DE ROCA

Es producida a altas temperaturas con materias primas basadas en piedra basáltica (80%) y piedra arenosa (20%). El producto final son fibras de 0.06 mm de espesor, las cuales son adheridas con sustancias pegadizas que las convierten en una especie de colchones.

- **Características**
- Porosidad: 97%
- Retención de agua: Buena.
- Peso: Liviano.
- Intercambio catiónico: 0 (químicamente inerte).
- Efecto Tapón: No tiene.

Observación: Es utilizado principalmente en cultivos hidropónicos (basados en agua con macro y micronutrientes diluidos) (9).

- Aireación: Es necesaria para proveer el oxígeno necesario para los microorganismos que intervienen en el proceso de descomposición de las materias orgánicas. Es por ello que se debe cuidar el equilibrio entre el porcentaje de humedad y el porcentaje de aireación (9).
 - Oxígeno: Este forma parte de la nutrición de los microorganismos que intervienen en el proceso.
 - Sales: Como el avance del proceso como consecuencia de la descomposición de materia orgánica, se produce una acumulación de sales. Cuando al final del proceso se estabilizan, el peligro de las sales disminuye.
 - En el proceso de descomposición de la materia orgánica el pH. Varía de básico a ácido (9).
-
- **Características deseables del Compost**
 - Humedad: Varía de 30 – 40% en relación al peso volumétrico que oscila entre 700 – 800 gr./litro.
 - Porcentaje de materia orgánica: En relación al peso volumétrico debe variar de 35 – 50%.
 - Nitrógeno: Debe ser de 1.4 – 2% del peso volumétrico.
 - Boro: Debe ser de 0.9 – 1% del peso volumétrico.
 - Fósforo: De acuerdo a la formula P_2O_5 , 2% del peso volumétrico.
 - Potasio: Debe ser de 0.4 – 0.5% del peso volumétrico o de acuerdo a la formula K_2O , de 0.5 – 0.6% del peso volumétrico.
 - CE: En relación al análisis de 5 partes de agua destilada/1 parte de Compost, su valor será de 2 – 6 mmo.
 - PH: Debe ser de 6.8 – 7.8.
 - Relación carbono/nitrógeno (C/N): Se recomienda comenzar el proceso con una relación C/N de 30 – 40/1, lo que equivale a 30 – 40 partes de carbono por 1 parte de nitrógeno. Los microorganismos obtienen la energía necesaria para su desarrollo de la descomposición de compuestos de carbono. Es por ello que la relación final que se obtiene para C/N es de 15/1, lo que equivale a 15 partes de carbono por 1 parte de nitrógeno.
-
- **Características físicas.** Influyen en la textura del suelo debido a que logran mayor aireación y absorción de agua.

- Microelementos: Pequeños trazos de Fe, Zn, Cu, Mn.
- pH: 7.5.
- Observación: Absorbe fósforo y potasio y esto puede ocasionar ciertos trastornos (9).

3.1.7.10 GERMINASA (Fibra de coco)

Este sustrato se obtiene de fibra de coco (origen orgánico).

- **Características**
- Retención de agua: 3 – 4 de su peso.
- pH: 6.3 – 6.5.
- Peso 200 kg./m. cúbico.
- Esterilidad: Libre de enfermedades e insectos.
- Porosidad: Muy buena.
- Macro y micronutrientes: En pequeñas cantidades.
- Observación: Debe ser lavada antes de su uso por su alto contenido de sales (9).

3.1.7.11 COMPOST

Es un proceso biológico y aeróbico por el cual se descomponen las materias orgánicas. En tal proceso baja el porcentaje de compuestos orgánicos de fácil descomposición y se acumulan compuestos orgánicos de difícil y lenta descomposición. Como materia prima se pueden utilizar excremento animal, residuos de plantas, desperdicios residuales, etc (9).

El proceso se lleva a cabo cuando se cumplen las condiciones apropiadas: humedad, temperatura, aireación, y presencia de nitrógeno:

- Humedad deseada: 45 –60%. Cuando no existe en forma natural se debe agregar agua en forma artificial.
- Temperatura: Esta comienza a elevarse con el comienzo del proceso a partir de 3 – 4 días y puede llegar a 60 – 70°C. A medida que el proceso llega a su culminación baja hasta 20°C.

- Intercambio Catiónico bajo: 0 – 20 mEq/100gr.
- Existe otro tipo de perlita con diferentes características (9).

3.1.7.8 TURBA (Peat Moss)

Producto de descomposición orgánica del follaje de árboles y pastos en zonas boscosas del norte, de temperaturas bajas en primavera y verano, de gran acidez y falta de minerales. Existen grandes diferencias entre los distintos tipos de turbas; ello depende de su origen, edad y material vegetal específico de cada lugar. Es importante elegir el tipo de turba de acuerdo a su característica física y química. Los principales países de exportación son Finlandia, Suiza, Irlanda, Noruega, Canadá, Alemania y Holanda (9).

- **Características**
- Peso 60 – 100 kg./m. cúbico.
- Efecto tapón: Excelente.
- Retención de agua: 30 – 80% de su peso.
- Absorción de minerales: 100 – 150 mEq/100 gr.
- Porosidad: Buena.
- pH: 3.5 – 4.5.
- Observación: Se debe evitar que se seque, perdiendo de esta forma muchas de sus facultades positivas (9).

3.1.7.9 PIEDRA VOLCANICA TRITURADA

Es generalmente de naturaleza basáltica.

- **Características**
- Tamaño: 0 – 2, 0 – 4, 0 – 8, 4 – 14, 10 – 20 mm.
- Porosidad: Muy buena.
- Efecto tapón: Casi no cuenta con dicha propiedad.
- Intercambio catiónico: 40 – 60 mEq/100 gr.

Orgánicamente

- Enriquecida orgánicamente a base de elementos bioorgánicos, orina de vacuno + excremento de gallina, pluma de ave en polvo, enzimas, etc. No contiene sustancias químicas artificiales, a pesar que contiene macro y micronutrientes. (9).

En el Cuadro 2 se presentan las características de la Vermiculita enriquecidas orgánicamente.

Cuadro 2: Propiedades de la vermiculita enriquecida orgánicamente.

CARACTERISTICA	VALOR
Liberación de macro y micronutrientes:	Lenta .
PH	8.3.
Materia orgánica	9.1%.
Nitrógeno general	1900 mg/kg.
Fósforo (P)	970 mg/kg.
Potasio (K)	3.3%.
Hierro (Fe)	4340 mg/kg.
Zinc (Zc)	57.5 mg/kg.
Magnesio (Mg)	77 mg/kg.
Sodio (Na)	530 mg/kg.
Cloro (Cl):	120 mg/kg.

3.1.7.7 PERLITA

- Es un silicato de aluminio de origen volcánico. A temperaturas de 1,000°C y bajo presión se obtiene un agregado de ligera composición con una estructura tupida y sólida en forma de celdillas (9).
- **Características**
- Peso: 80 kg./m. cúbico.
- pH: 6.5 – 8.0.
- Color: Generalmente blanco.
- Absorción: No absorbe agua. Únicamente en la periferia o en celdillas deterioradas. Buena relación de aire – agua.
- Filtración: Muy buena.

3.1.7.5 VERMICULITA

Es una especie de mica tratada a temperaturas elevadas (900–1100°C), que aumentan considerablemente su volumen (9).

- Características

- pH: 7.0.
- Esterilidad: Libre de insectos, enfermedades, y semilla de malezas.
- Intercambio catiónico: 150 miliequivalentes (mEq)/100 gr.
- Peso: 80 kg./m. cúbicos.
- Macro y micro elementos: Contiene 8% potasio (K), y 9% de magnesio (Mg).

3.1.7.6 VERMICULITA ENRIQUECIDA

Tratada mediante procesos que permiten la absorción de macro y micro elementos en forma química u orgánica, los cuales son liberados durante el cultivo de plantas por interacción con las raíces de las plantas (9).

En el Cuadro 1 se presentan las características de la Vermiculita enriquecidas químicamente.

Cuadro 1: Propiedades de la vermiculita enriquecida químicamente.

CARACTERÍSTICA	VALOR
Liberación de macro y micro elementos	Lenta
PH	5.0
Conductividad eléctrica (CE.)	1.5 mmo
Nitrógeno (N03)	1.5%.
Fósforo (P205)	1.6%.
Potasio (K20)	2.3%.
Calcio (Ca)	0.25%.
Magnesio (Mg)	0.04%
Sodio (Na)	0.5%.
Cloro (Cl)	0.30%.
Microelementos: Cobre, hierro, zinc, molibdeno, magnesio.	

Posteriormente se usó compost, material que es sometido a proceso de fermentación. Estos consistían en mezclas de suelo, turba, arena, harina de cuerno y pezuña y diferentes cantidades de fertilizantes conteniendo fósforo P, potasio K, azufre S y carbonato de calcio CO_3Ca . Se desinfectaban y los nutrientes se adicionaban según las necesidades del cultivo.

Actualmente debido a los aspectos relacionados con la conservación del medio ambiente empiezan a aparecer en el mercado materiales "ecológicos" procedentes del reciclaje de subproductos biodegradables o reciclables. En algunos países ya casi no se usa turba, tierra volcánica o materiales que no se reciclen. Estos sustratos son reemplazados por materiales bien compostados y/o vermicompuestos, dependiendo su calidad de los residuos empleados inicialmente (7).

3.1.7.3 PREPARACION DE SUSTRATOS

Algunos sustratos, como las turbas, deben procesarse adecuadamente para poderlos utilizar. Las preparaciones mas frecuentes son las siguientes:

- El molido, procurando evitar los apelmazamientos o terrones procedentes de las turberas.
- El encalado, o adición de cal, que se aplica hasta conseguir el pH adecuado en función de la especie que se deseé cultivar, especialmente en las llamadas turbas rubias, cuyo pH es muy ácido, para neutralizarlo se suelen emplear margas calizas.
- La adición de fertilizante, mediante lo que se obtienen las llamadas turbas enriquecidas, compuestas de nitrato amoniaco calcico, y sulfato potásico.
- La elaboración de mezclas con el objeto de optimizar las propiedades físico químicas del sustrato, tratando de acercarse al sustrato ideal para el cultivo al que se debe aplicar (3).

3.1.7.4 SUSTRATOS

Son mezclas que reemplazan el suelo natural. Están compuestas de elementos naturales o modificados por reacción química, inerte, semi inerte o positiva (9).

Un sinnúmero de materiales puede ser empleados solos o en mezclas y a éstos pueden incorporarse abonos, correctores, o bien pueden ser sometidos a procesos de transformación de manera de obtener un producto final con características físicas, químicas y biológicas, adecuadas para cada cultivo.

Muchos de los materiales que se usan como sustratos o componentes de sustratos son subproductos de actividades agrícolas, industriales, residuos orgánicos derivados de basura, entre otros. Estos pueden tener una aplicación directa en la producción contribuyendo a mejorar la calidad ambiental y adquieren un valor social ya que se le puede atribuir un valor agregado.

Los materiales que pueden constituir un sustrato han sido seleccionados sobre la base de su disponibilidad, costo, facilidad de manipulación, ausencia de semillas de malezas, insectos, microorganismos patógenos y no deben presentar fitotoxicidad. Actualmente, se ha tomado conciencia acerca del cuidado del medio ambiente y es por este motivo que se tienen en cuenta otros factores en la selección de estos productos: capacidad de reciclaje y optimización del consumo de agua que conlleva a la prevención de lavado de nutrientes. La inclusión de estos nuevos factores implica una serie de cambios en la selección de materiales.

Generalmente no se utilizan sustratos de un sólo componente, ya que es difícil hallar un material que cumpla con las características físicas y químicas más adecuadas para obtener una producción óptima. Hay numerosos materiales orgánicos e inorgánicos que cumplen con los prerequisites mencionados anteriormente. Los residuos de fácil capacidad de reciclaje como los derivados de procesos agrícolas o urbanos son los que están reemplazando en su uso a materiales tradicionales como turba, arena, perlita o vermiculita.

Una de las problemáticas más reales para poder garantizar el éxito de estos materiales es que el sustrato debe mantener sus propiedades constantes y así, lograr a través del tiempo, un manejo adecuado para los cultivos. La principal dificultad radica en la falta de investigación sobre el tema, sin embargo a partir de la década del 90 se están empleando nuevas tecnologías que están revolucionando la producción hortícola por ejemplo.

Las primeras mezclas que se utilizaron estaban constituidas por suelo franco, turba y arena que, tiempo después, se eliminó de ésta el suelo natural.

3.1.7.1 EVOLUCION DE LOS SUSTRATOS

El uso de sustratos es propio del cultivo en maceta. La práctica de cultivar plantas en macetas tiene probablemente el mismo origen que la jardinería, lo cual se remite a las civilizaciones antiguas hasta llegar al siglo XX con un desarrollo muy lento.

De este modo, los sustratos que se utilizaron hasta entrado el siglo pasado, eran de la más diversa composición y se transferían a modo de recetas para cada cultivo específico, recién en los años 50, con la mejora del nivel de vida en los países en desarrollos es cuando se planteó la necesidad del cultivo industrial de plantas ornamentales y la intensificación de la horticultura; fué entonces, cuando comenzó el desarrollo de sustratos para plantas.

Conceptualmente, los sustratos tienen que satisfacer las necesidades de las plantas para que estas alcancen su óptimo crecimiento. El sustrato ideal sería aquel que proporcione a las plantas las mejores condiciones para un rápido crecimiento, que sea de bajo impacto ambiental y que la relación costo/beneficio sea adecuada para el sistema productivo en cuestión. En la práctica, es imposible que un sustrato cumpla con estas condiciones y que además pueda ser utilizado con éxito para distintas especies, de allí que el concepto clásico de "Sustrato Ideal " ha quedado obsoleto durante la década de los '90 (8).

3.1.7.2 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SUSTRATOS

En cultivos flori-hortícolas, se considera sustrato a cualquier medio que se utilice para el crecimiento y desarrollo de plantas en contenedores. Se entiende por contenedor a un recipiente que tenga una altura limitada y cuya dimensión puede ser tan pequeña como una maceta y tan grande como un campo deportivo. Para ser considerados contenedores deben presentar drenaje libre indicando que su base no puede ser hermética.

En general se denomina sustrato cuando se utiliza un único medio, mientras que cuando se emplean mezclados, constituyen componentes de sustratos o mezclas.

3.1.6.2 "FLOATING"

Este nuevo sistema de propagación desarrollado por Souza Cruz en Brasil e introducido por Tabacalera Nacional S.A. a Guatemala es utilizado por el 98% por los agricultores de Monjas Jalapa en el cultivo de tabaco. Consiste en la producción de plántulas en forma hidropónica. Este sistema proporciona las condiciones adecuadas para desarrollar plántulas libres de plagas y enfermedades y con un potencial máximo de desarrollo. Las dimensiones de cada uno de los módulos de propagación tipo " Floating" son 1.4 m. de ancho por 10.5 m. de largo. Uno de los aspectos a considerar para la construcción de cada módulo es la nivelación del terreno; entre los materiales que se utilizan están: ladrillo de construcción (noventa en total) que se coloca al contorno del módulo, nylon negro de polietileno, el cual se coloca sobre el terreno nivelado; este nylon es el encargado de contener el volumen de agua (735 l), bandejas de 242 celdas (sesenta en total) estas se suspenden sobre el agua que alcanza un nivel de 5 cm de alto, varilla de 3 m. de largo de $\frac{1}{4}$ " de grosor, las cuales se colocan en forma de arco, nylon con protección ultra violeta, el cual es colocado sobre los arcos de varilla y es el encargado de cubrir las plántulas en el semillero. Entre las ventajas que se han observado de este sistema se pueden mencionar que, no se usa bromuro de metil, reduce la necesidad de aspersiones, no requiere riego, se tiene planta en el momento adecuado, se obtienen plantas a menor costo y se obtienen plantas mas uniformes (12).

3.1.7 SUSTRATO

En horticultura se utiliza el término sustrato para referirse a cualquier material sólido natural o de síntesis, mineral u orgánico, distinto del suelo que, colocado en un contenedor, solo o mezclado permite anclar el sistema radicular y desempeñar, por tanto, el papel de soporte para la planta. Un sustrato de este tipo puede intervenir o no en el proceso de la nutrición. Los sustratos se clasifican de diversas formas, siendo habitual hacerlo en relación con las propiedades de los materiales que los constituyen. Según esto, se dividen en dos tipos: los químicamente inertes, como la arena granítica o sílice, la lana de roca y la perlita, y los químicamente activos, como la turba rubia, la negra o la vermiculita. La diferencia entre ambos tipos de materiales viene marcada por la capacidad de intercambio catiónico y las propiedades físico-químicas relacionadas con la capacidad de intercambio de agua y nutrientes (3).

La humedad relativa del aire funciona como mecanismo de regulación de la transpiración de las plantas. Las zonas de cultivo con una humedad ambiental de alrededor del ochenta por ciento, asociada a temperaturas suaves, ofrecen unas condiciones ideales para la producción de hojas finas, grandes, con nervaduras poco pronunciadas y bajo contenido de nicotina. A medida que descienden los contenidos de humedad relativa suben las temperaturas, aumenta la transpiración, el tamaño de las plantas y el contenido nicotínico, bajando a su vez, la calidad del tabaco y su valor comercial (13).

3.1.5 PROPAGACION

Debido a que la semilla del tabaco es muy pequeña y en la fase inicial de germinación muy delicada, no es posible llevar a cabo una siembra directa en el terreno definitivo; esto obliga al empleo de semillero que actualmente se instala con frecuencia en invernaderos (13).

Los semilleros solían instalarse cerca de la vivienda para controlarlos varias veces al día con la mayor comodidad posible; de este modo se atendían sus necesidades de humedad y se protegía las plántulas hasta que alcanzaban el estado de desarrollo óptimo para el trasplante. En la actualidad los semilleros se suelen preparar en instalaciones protegidas de tipo industrial, similares a las que se utilizan para la producción comercial de flores u hortalizas. Desde tiempos recientes, y debido sobretodo a los buenos resultados obtenidos en el cultivo del tabaco, se tiende a establecer los semilleros en las denominadas bandejas flotantes (3).

3.1.6 PROPAGACION HIDROPONICA TIPO "FLOATING"

3.1.6.1 HIDROPONIA

Etimológicamente se origina de la palabra griega *hidros* que significa agua, y de la voz latina *ponus* que se traduce como planta. Este método consiste en el cultivo sin suelo de una forma sencilla, limpia, rápida y económica, de producir más plantas de mejor calidad y en menor área (1).

3.1.3 TAXONOMIA Y MORFOLOGIA

Reino:	Vegetal
División:	Tracheophyta
Sub división	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Sub Clase:	Astepida
Orden:	Solanales
Familia:	tabacum L.

Nombre común: tabaco, peten, fumo, cohiva, peti.

Su sistema radicular es de tipo pivotante, con una raíz principal capaz de alcanzar gran profundidad y unas raíces laterales fuertemente ramificadas. El tallo, erecto y macizo, puede ramificarse formando brotes laterales a partir de yemas presentes en las axilas de las hojas, después de la eliminación de la inflorescencia. Las hojas, que constituyen el producto principal son grandes y están distribuidas en espiral al rededor del tallo. La mayoría de los cultivares producen entre veinte y treinta hojas, desprovistas de pedúnculo y con una longitud que puede llegar a los 75 cm. Normalmente su anchura de la parte central corresponde a la mitad de la longitud. Se hallan cubiertos de pelos finos, algunos de los cuales poseen glándulas que exudan substancias pegajosas al tacto y de un olor característico. La inflorescencia se compone de un racimo terminal de cerca de ciento cincuenta flores, hermafroditas y de color rosa, blanco o rojo. El fruto es una cápsula con un elevado número de semillas diminutas en su interior (13).

3.1.4 AGROECOLOGIA

La temperatura y la humedad relativa del aire ejercen un papel fundamental en la calidad de las hojas del tabaco. Para producir hojas finas, largas y anchas las temperaturas deben permanecer lo mas estable posible. Las semillas necesitan entre 13 y 15 °C para que la germinación tenga lugar de forma satisfactoria. Durante la fase de desarrollo vegetativo, los limites se sitúan entre 18 y 28 °C. Las temperaturas superiores a los 30 °C provocan un crecimiento excesivo y la consiguiente disminución de la calidad del producto.

3. MARCO TEORICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 IMPORTANCIA DEL CULTIVO

La producción de tabaco, que constituye el cultivo no alimentario mas difundido en el mundo, representa una destacada fuente de empleo y de renta para millares de pequeños productores. Ocupa cerca de 4.4 millones de hectáreas, extendida por todos los continentes. Asia cultiva la superficie mas amplia, con un total de 2.8 millones de hectáreas. China es el mayor productor mundial, con 1.5 millones de hectáreas, de las que obtiene 2.3 millones de toneladas.

En América Central y Sur, el tabaco ocupa una superficie de ochocientos mil hectáreas, de las cuales 304 mil están en Brasil. También se cultiva en áreas significativas de Argentina, Cuba, y México. El rendimiento medio en el continente americano se acerca a los 2,000 kg./ha. En Guatemala se cultiva una superficie de seis mil hectáreas, y el rendimiento medio anda en 1,983kg/ha (13).

3.1.2 ORIGEN Y DISTRIBUCION

El cultivo de tabaco ya se cultivaba en América cuando los europeos llegaron, a finales del siglo XV. En el siglo XVI llegó a España y un siglo después se difundió por otros países de Europa, Asia menor y próximo Oriente. El consumo extendido por parte de la gente común se produjo a principios del siglo XX, cuando comenzaron a fabricarse cigarros a escala industrial (13).

El genero *nicotiana* abarca cerca de sesenta especies: de ellas únicamente la *Nicotiana tabacum* L. y la *N. rústica* L. se cultivan por un interés económico. Todos los cultivos utilizados para producir materia prima destinados para la elaboración de producto para fumar pertenece a la especie *N. tabacum*.

2. DEFINICION DEL PROBLEMA

Dentro de los cultivos que se producen en el valle de Monjas Jalapa, el cultivo de tabaco es el que aporta los mayores ingresos, contribuyendo de una forma directa: mejorando la calidad de vida de los productores y en una forma indirecta: aumentando el desarrollo del municipio. En la actualidad cerca del 98% de los agricultores productores de tabaco producen su propio pilón. Esto ha venido a contribuir en la obtención de plántulas a menor costo, de mejor calidad y en el tiempo requerido por el agricultor. Actualmente para la producción de pilón se utiliza sustrato importado de Canadá. El alto costo de éstos y las dificultades cada vez mayores para disponer de ellos en el futuro por motivos ecológicos han llevado a buscar nuevas opciones y conseguir a partir del reciclado de materiales de desecho, residuos y subproductos agrícolas materiales que presenten características iguales o similares a los productos importados. Con la utilización de estos materiales a partir de residuos y subproductos agrícolas se pretende generar nueva información que contribuya a la agricultura en general, se disminuyan los costos de producción y se obtengan plántulas de igual o mejor calidad. De esta forma el productor tendría mas oportunidad de competir, dada la situación actual y en el futuro no solo para el cultivo de tabaco sino también para los demás cultivos que al igual que el tabaco necesitan este tipo de material para su propagación.

1. INTRODUCCION

El cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) es una de las actividades agrícolas mas importantes en el municipio de Monjas, Jalapa. Actualmente se cultiva un total de 1,000 ha divididas en dos épocas de siembra. La época seca que va del mes de noviembre al mes de mayo y la época lluviosa que va del mes de mayo al mes de noviembre. Durante estas dos épocas de siembra se producen un total de 21000,000 de kilogramos de tabaco, que generan un ingreso de Q. 281 000,000, por lo tanto este cultivo es una fuente de trabajo y de ingreso económico durante todo el año.

Dada la importancia económica que representa el cultivo para la región, se pretende generar nuevas opciones técnicas y económicas que reduzcan los costos de producción y generen un mayor ingreso al productor.

Una de las actividades de mayor importancia es la obtención y producción de plántulas de tabaco de buena calidad y a un menor costo para el productor. En el pasado para la producción de plántulas se realizaba por medio de mesetas de semillero o se adquiría en las casas productoras de pilón. Actualmente el agricultor produce su propio pilón utilizando un nuevo sistema de producción denominado "Floating" o de bandejas flotantes.

Tomando en cuenta que para la producción de pilón el agricultor necesita materia prima (sustrato) importada, y que en nuestro país existen diferentes tipos de materiales que pueden ser reciclados y utilizados como sustrato, se pretende evaluar y generar una nueva opción que venga a contribuir con los agricultores de la región y con el desarrollo agrícola del país.

Con los resultados del experimento se determinó que con el sustrato a base de raquis de palma africana, se logran obtener plántulas de pilón de tabaco con el mismo efecto que utilizando los sustratos comerciales Pro-Mix (testigo) y Berger, sin llegar a existir diferencia significativa en ninguna de las variables estudiadas entre los tratamientos mencionados, lográndose también con éste el mayor desarrollo del sistema radicular y la mayor consistencia del tallo.

Respecto al análisis químico, el tratamiento a base de raquis de palma africana presentó características en los rangos adecuados similares a los obtenidos con los sustratos comerciales Pro-Mix y Berger, lo que favoreció a la obtención de plántulas con un mejor desarrollo aéreo y radicular.

Los tratamientos pulpa de café y bagazo de caña de azúcar presentaron un pH y Concentración de sales (C.E) arriba del rango adecuado lo que influyó en el desarrollo de las plantas.

En cuanto al análisis físico todos los tratamientos, Berger, y los tratamientos a base de pulpa de café, bagazo de caña de azúcar, raquis de palma africana, de acuerdo a las características evaluadas, presentaron rangos adecuados comparados con los resultados del sustrato comercial Pro-Mix (testigo).

De acuerdo con el análisis económico efectuado, el sustrato a base de raquis de palma africana presentó la mejor opción económica con un costo/efectividad de Q0.06 por planta.

EVALUACION DE CINCO TIPOS DE SUSTRATO PARA LA PRODUCCION DE PLANTULAS DE PILON EN EL CULTIVO DE TABACO (*Nicotiana tabacum*. L.) TIPO VIRGINIA LFC. BAJO LAS CONDICIONES DEL VALLE DE MONJAS, JALAPA.

EVALUATION OF FIVE SUBSTRATES TYPES IN THE PRODUCTION OF PALATALS OF PYLON IN THE CULTURAL OF TOBACO (*Nicotiana tabacum*. L.) VIRGINIA LFC. TYPE IN THE CONDITIONS OF VALLEY OF MONJAS, JALAPA.

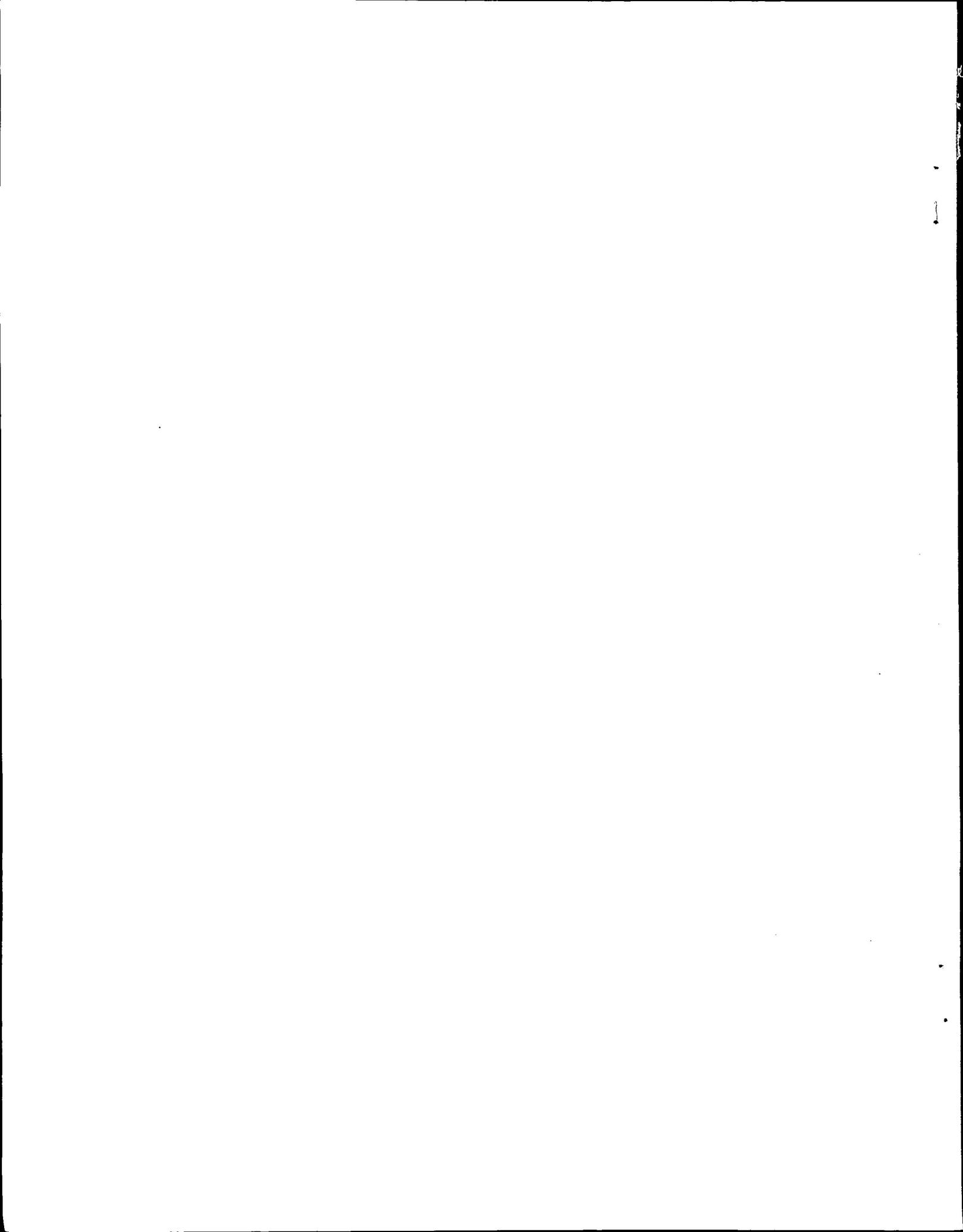
RESUMEN

Con la finalidad de comparar el efecto causado en la calidad y desarrollo aéreo y radicular en la producción de plántulas de pilón de tabaco (*Nicotina tabacum* L.) tipo virginia LFC, por dos sustratos comerciales de las marcas Berger y Pro-Mix, así como también tres sustratos a base de sub productos agrícolas utilizando, pulpa de café, bagazo de caña de azúcar, raquis de palma africana, granza de arroz, tusa y olote, se llevó acabo la presente investigación en el municipio de Monjas Jalapa. Monjas esta localizado a una altura de 960 metros sobre el nivel del mar, en donde la temperatura promedio es de 22.3 grados centígrados, la precipitación es de 975 mm al año, la humedad relativa es del 69% y los suelos son de textura franco – arcillo – arenosos.

Para la evaluación se utilizó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y seis repeticiones, en un módulo de propagación tipo "Floating" o de bandejas flotantes.

Las variables respuesta evaluadas fueron, porcentaje de germinación, promedio de altura de planta, promedio del grosor del tallo, porcentaje de la consistencia del tallo, peso de masa seca del tallo, peso de masa seca del sistema radicular.

Dentro de los análisis de laboratorio se determinó a cada uno de los tratamientos las características químicas (Capacidad de Intercambio Catiónico, Materia Orgánica, Conductividad Eléctrica, pH, Macro y Micro elementos) y las características físicas (Densidad aparente, Porosidad y Porcentaje de retención de agua).



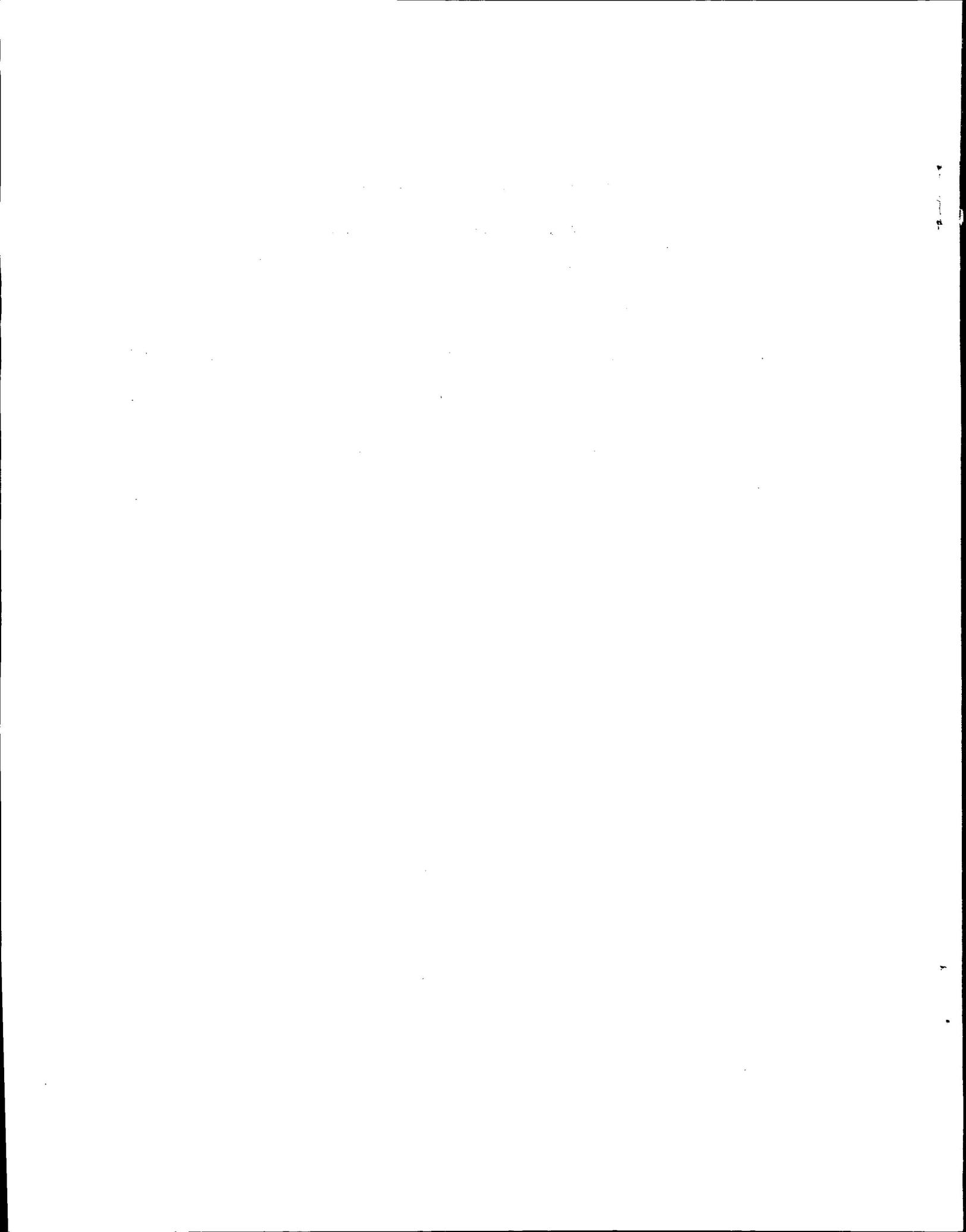
ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PAGINA
1	Gráfica de los resultados del porcentaje de germinación.....	36
2	Gráfica de los resultados de la altura media del tallo.	38
3	Gráfica de los resultados del peso de masa seca del tallo y el peso de masa seca del sistema radicular.....	40
4	Gráfica de los resultados del pH.....	43
5	Gráfica de los resultados de la capacidad de intercambio catiónico.....	44
6	Gráfica de los resultados de la concentración de sales (C.E.)	45
7	Gráfica de los resultados del análisis económico costo/efectividad.....	47
8	Gráfica de los resultados de la efectividad del total de plantas transplantables.....	46
9	Gráfica de los resultados del costo por tratamiento.....	49

20A	Datos para determinar los resultados de la variable Porcentaje de germinación	60
21A	Datos para determinar los resultados de la variable promedio de altura de planta.....	60
22A	Datos para determinar los resultados de la variable promedio de del grosor del tallo.....	60
23A	Datos para determinar los resultados de la variable Porcentaje de consistencia.....	61
24A	Datos para determinar los resultados de la variable peso de masa seca del tallo.....	61
25A	Datos para determinar los resultados de la variable peso de masa seca del sistema radicular.....	61
26A	Datos para calcular los resultados de los costos del análisis económico del tratamiento 1, utilizando sustrato de la marca comercial Pro-Mix.....	62
27A	Datos para calcular los resultados de los costos del análisis económico del tratamiento 2, utilizando sustrato de la marca comercial Berger.	62
28A	Datos para calcular los resultados de los costos del análisis económico del tratamiento 3, utilizando sustrato a base de pulpa de café, olote, tusa de maíz y granza de arroz.....	63
29A	Datos para calcular los resultados de los costos del análisis económico del tratamiento 4, utilizando sustrato a base de raquis de palma africana, olote, tusa de maíz y granza de arroz.....	63
30A	Datos para calcular los resultados de los costos del análisis económico del tratamiento 5, utilizando sustrato a base bagazos de caña de azúcar, olote, tusa de maíz y granza de arroz.....	64

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PAGINA
1	Características de la Vermiculita enriquecida químicamente.....	10
2	Características de la Vermiculita enriquecida orgánicamente.....	11
3	Características positivas del sustrato.....	18
4	Resumen de los resultados del análisis de varianza.....	35
5	Prueba de medias por TUKEY para la variable Porcentaje de germinación.....	36
6	Prueba de medias por TUKEY para la variable promedio de la altura de planta.....	37
7	Prueba de medias por TUKEY para la variable promedio del grosor del tallo.....	38
8	Prueba de medias por TUKEY para la variable porcentaje de la consistencia del tallo.....	39
9	Prueba de medias por TUKEY para la variable peso de masa seca del tallo.....	39
10	Prueba de medias por TUKEY para la variable peso de masa seca del sistema radicular.....	41
11	Resultados del análisis químico para cada uno de los tratamientos.....	42
12	Resultados del análisis físico para cada uno de los tratamientos.....	46
13	Resultados del análisis costo / efectividad, para cada uno de los tratamientos.	47
12A	Análisis de varianza para la variable porcentaje de germinación.....	54
15A	Análisis de varianza para la variable promedio de altura de planta.....	55
16A	Análisis de varianza para la variable promedio del grosor del tallo.....	56
17A	Análisis de varianza para la variable porcentaje de consistencia.....	57
18A	Análisis de varianza para la variable promedio de masa seca del tallo.....	58
19A	Análisis de varianza para la variable promedio de masa seca del Sistema radicular.....	59

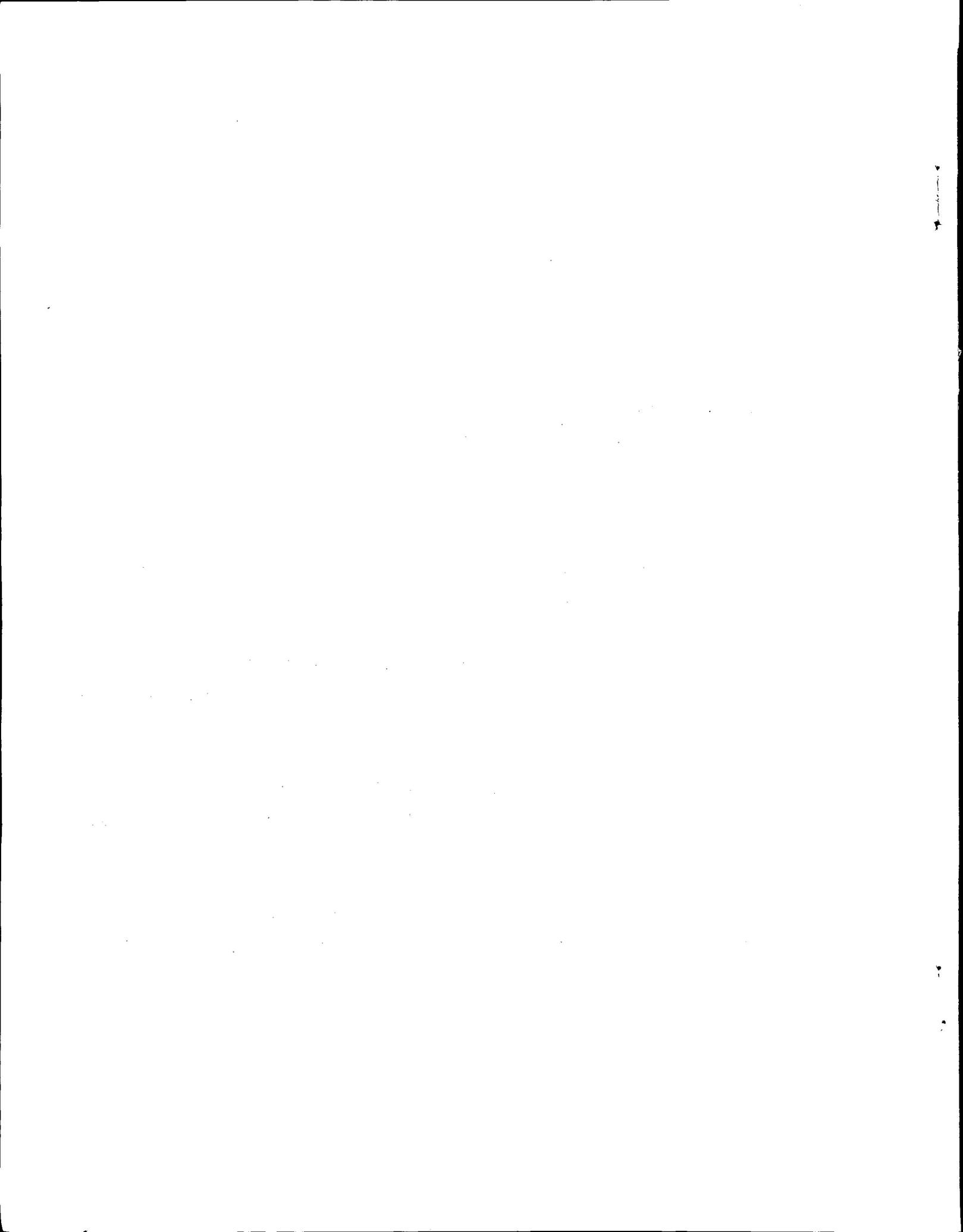


6.4.6	Llenado del módulo y tratamiento del agua.....	33
6.4.7	Control de plagas y enfermedades.....	33
6.4.8	Fertilización.....	34
6.4.9	Poda.....	34
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
7.	CONCLUSIONES.....	50
8.	RECOMENDACIONES.....	51
10	BIBLIOGRAFÍA.....	52
11	APÉNDICE.....	54

3.1.11	Características químicas.....	20
3.1.11.1	Capacidad de intercambio catiónico.....	20
3.1.11.1.1	Factores que influyen en la C.I.C	20
3.1.11.1.2	Bases Cambiables.....	20
3.1.11.2	Materia orgánica	21
3.1.11.2.1	Importancia de la materia orgánica.....	21
3.1.11.2.1.1	Propiedades químicas.....	21
3.1.11.2.1.2	Propiedades físicas.....	21
3.1.11.3	Reacción del pH.....	21
3.1.11.3.1	Importancia del pH.....	22
3.1.12	Evaluación Costo / Efectividad.....	22
3.2	Marco Referencial.....	23
3.2.1	Ubicación.....	23
3.2.2	Localización.....	23
3.2.3	Climatología.....	23
3.2.4	Vías de comunicación	24
3.2.5	Suelo.....	24
4.	OBJETIVOS.....	25
5.	HIPÓTESIS.....	26
6.	MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	27
6.1	Unidad Experimental.....	27
6.2	Material Experimental.....	27
6.2.1	Materiales.....	27
6.2.2	Tratamientos.....	28
6.3	Metodología experimental.....	29
6.3.1	Diseño Experimental.....	29
6.3.2	Variables respuesta.....	29
6.3.3	Análisis de la información.....	29
6.3.3.1	Análisis estadístico.....	29
6.3.3.2	Modelo Estadístico.....	30
6.3.3.3	Prueba de medias.....	30
6.3.3.4	Análisis de laboratorio.....	30
6.3.3.4.1	Análisis químico.....	30
6.3.3.4.2	Análisis Físico.....	31
6.3.3.5	Análisis económico.....	31
6.4	Manejo del experimento.....	31
6.4.1	Preparación de los materiales.....	31
6.4.2	Preparación de los sustratos.....	32
6.4.3	Desinfección.....	33
6.4.4	Llenado de bandejas.....	33
6.4.5	Semillado.....	33

ÍNDICE

CONTENIDO	PAGINA
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	2
3. MARCO TEÓRICO.....	3
3.1 Marco conceptual.....	3
3.1.1 Importancia del cultivo.....	3
3.1.2 Origen y distribución.....	3
3.1.3 Taxonomía y morfología.....	4
3.1.4 Agroecología.....	4
3.1.5 Propagación.....	5
3.1.6 Propagación hidropónica tipo "Floating".....	5
3.1.6.1 Hidroponía.....	5
3.1.6.2 "Floating".....	6
3.1.7 Sustratos.....	6
3.1.7.1 Evolución de los sustratos.....	7
3.1.7.2 Descripción de la situación actual de los sustratos.....	7
3.1.7.1 Preparación de sustratos.....	9
3.1.7.2 Sustratos.....	9
3.1.7.3 Vermiculita.....	10
3.1.7.4 Vermiculita enriquecida.....	10
3.1.7.5 Perlita.....	11
3.1.7.6 Turba (Peat Moss).....	12
3.1.7.7 Piedra volcánica triturada.....	12
3.1.7.8 Germinasa (Fibra de coco).....	13
3.1.7.9 Compost.....	13
3.1.7.10 Arena.....	15
3.1.7.11 Lana de roca.....	15
3.1.8 Sustratos y mezclas.....	16
3.1.9 Características de los sustratos para el cultivo de las plantas.....	17
3.1.9.1 Características positivas de los sustratos.....	18
3.1.10 Características físicas.....	19



AGRADECIMIENTO

A: MIS ASESORES

Ing. Agr. Nelson Rolando Peñate Corado

Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes.

LA FAMILIA

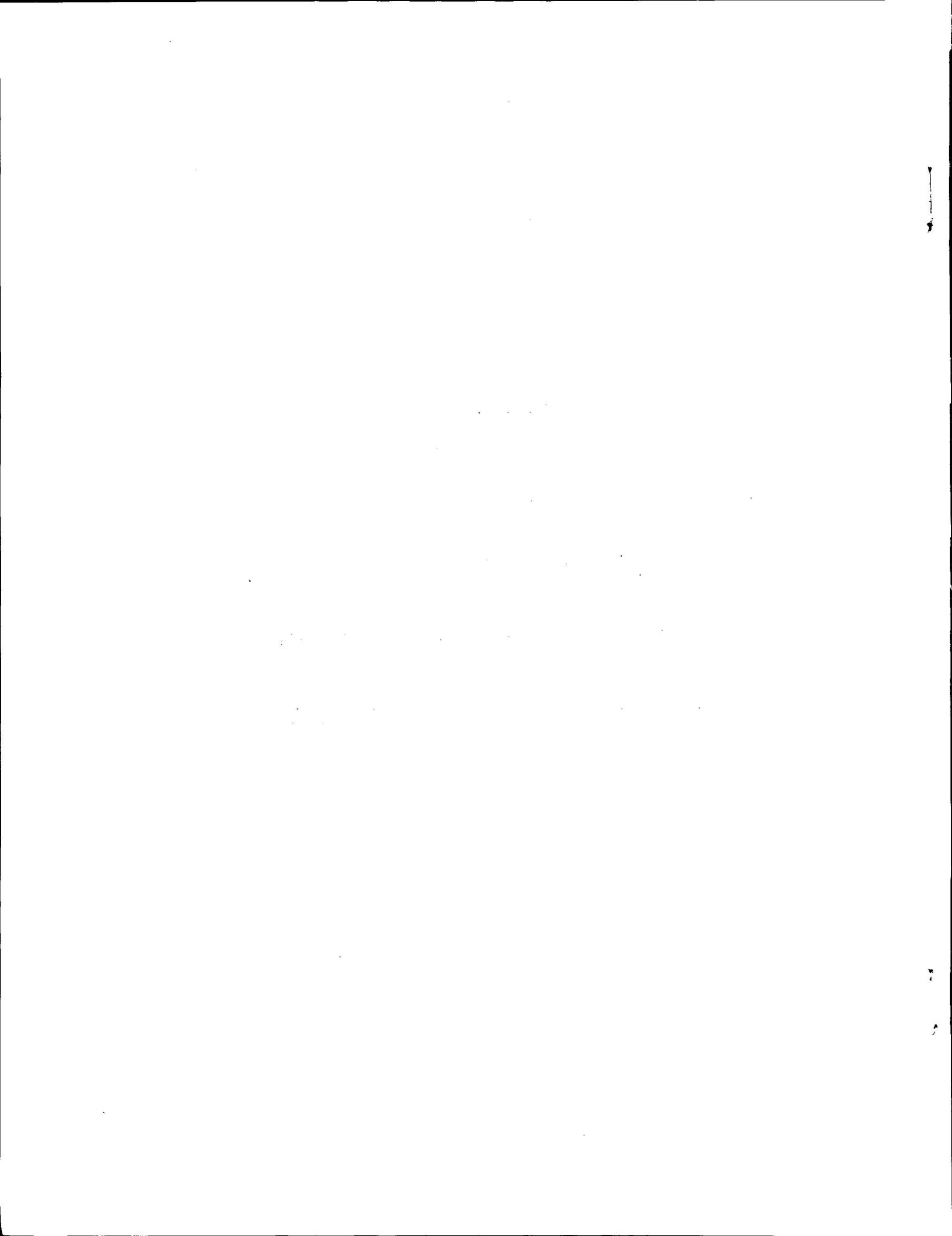
Medina Sagastume

Por su hospitalidad y cariño.

A los integrantes del personal agrícola y administrativo de la empresa TABACALERA NACIONAL, con especial respeto y cariño al Ing. Agr. Marco Tulio Ruiz Recinos y al Prt. Agr. Víctor Hugo Echeverría.

Agradecimiento sincero al Ing. Agr. David Castillo, Israel Argeta, Elida Argentina Berganza, por su amistad y colaboración en la elaboración del presente trabajo.

Mi mas sisero agradecimiento a todas las personas que de una u otra forma contribuyeron a la culminación de mis estudios, triunfo que no es mío en particular, sino de todos.



Guatemala, agosto del 2001.

Honorables miembros
Junta Directiva
Facultad de Agronomía

Señores:

De conformidad a lo que establece la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de tesis titulado.

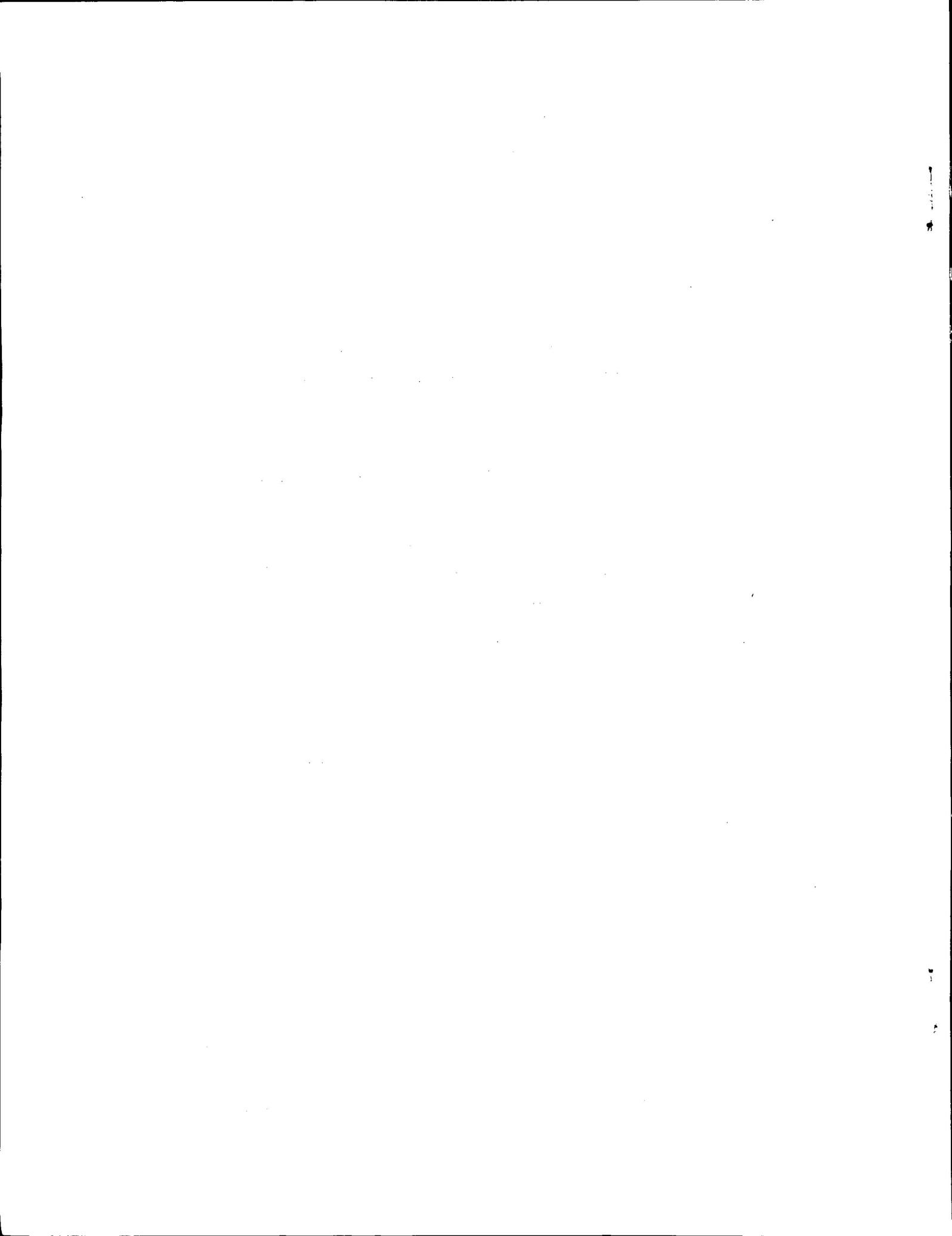
EVALUACION DE CINCO TIPOS DE SUSTRATO PARA LA PRODUCCION DE PLANTULAS DE PILON EN EL CULTIVO DE TABACO (*Nicotiana tabacum*. L.) TIPO VIRGINIA LFC. BAJO LAS CONDICIONES DEL VALLE DE MONJAS, JALAPA.

Presento el mismo, como requisito profesional, previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en el grado de Licenciado en Ciencias Agrícolas

Atentamente,



Roder Leopoldo Sandoval López



D2
01
+(2001)

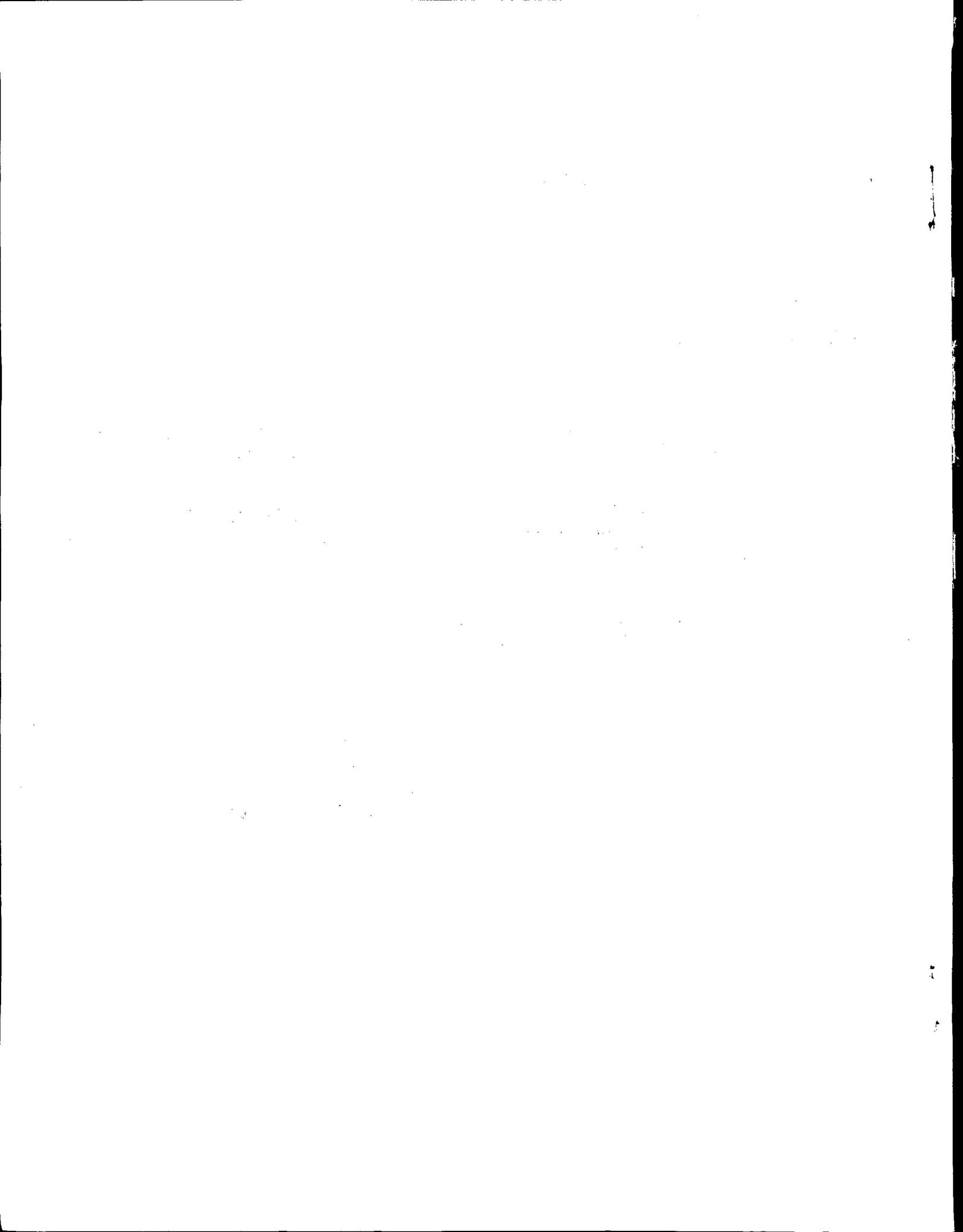
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

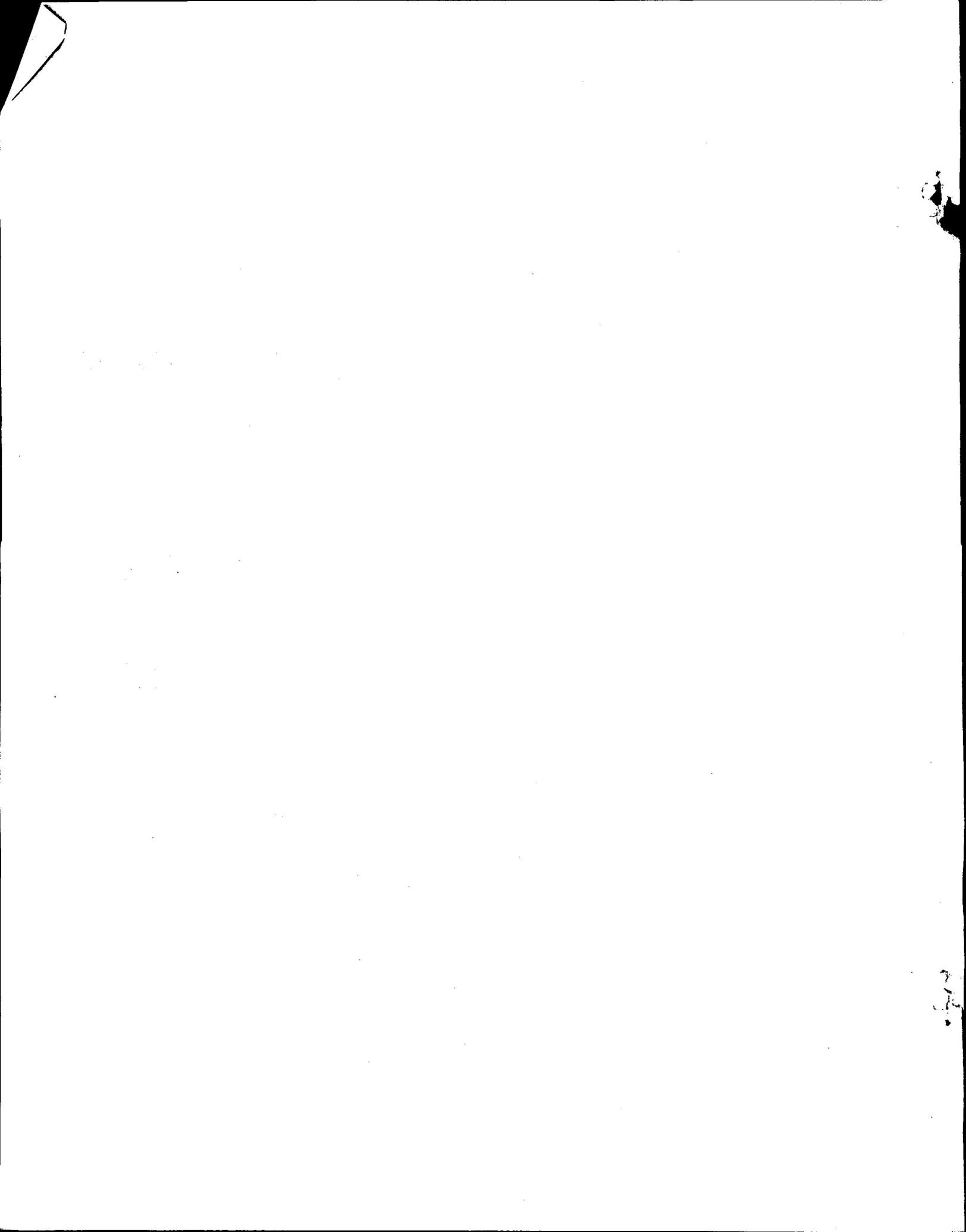
RECTOR

ING. AGR. EFRAIN MEDINA GUERRA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	ING. AGR.	EDAGAR OSWALDO FRANCO RIVERA
VOCAL PRIMERO	ING. AGR.	WALTER ESTUARDO GARCIA TELLO
VOCAL SEGUNDO	ING. AGR.	MANUEL DE JESÚS MARTINEZ OVALLE
VOCAL TERSERO	ING. AGR.	ALEJANDRO ARNOLDO HERNADEZ FIGUEROA
VOCAL CUARTO	Prof.	ABELARDO CAAL ICH
VOCAL QUINTO	Br.	JOSE BALDOMERO SANDOVAL ARRIAZA
SECRETARIO	IGN. AGR.	EDIL RENE RODRÍGUEZ QUEZADA





1

2

3