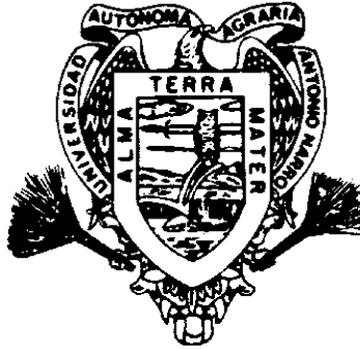


**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISION DE AGRONOMIA



Evaluación de dos Dosis de Fertirrigación para dos Cultivares de Chile
(*Capsicum annuum* L.), bajo Condiciones de Acolchado Plástico.

Por:

JUAN FRANCISCO RAMIREZ BARRIOS

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo en Horticultura

Buenavista Saltillo, Coahuila, México
Febrero de 1998

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”
DIVISION DE AGRONOMIA

Evaluación de dos Dosis de Fertirrigación para dos Cultivares de Chile (*Capsicum annuum* L.), bajo Condiciones de Acolchado Plástico.

PRESENTADA POR:

JUAN FRANCISCO RAMIREZ BARRIOS

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador
como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRONOMO EN HORTICULTURA

Presidente del Jurado

Dr. Marco A Bustamante García

Asesor

Asesor

M. C. María Rosario Quezada Martín

M. C. César Chávez Robles

Asesor

M. C. José G Ramírez Mezquitic

COORDINADOR DE LA DIVISION DE AGRONOMIA

M. C. Mariano Flores Davila

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Febrero de 1998.

AGRADECIMIENTOS

A **DIOS** nuestro Señor por darme la vida y permitirme llegar a la culminación de mi Carrera.

A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Por otorgarme la herramienta para hacerme valer por mi mismo mediante una actividad honrada y poder servir a la sociedad. Gracias mi **ALMA TERRA MATER**.

A la M. C. María Rosario Quezada Martin ya que sin su ayuda y comprensión el desarrollo del presente trabajo no hubiera sido posible.

Al M. C. César Chávez Robles por sus consejos y orientación desinteresados durante el presente trabajo.

Al Dr. Marco A Bustamante García por su siempre disposición a la aclaración de mis dudas durante el transcurso de la especialidad de Horticultura.

Al M. C. José G Ramírez Mezquitic por su apoyo incondicional durante toda mi carrera.

A mi tía Evita Ramírez por creer en mí y apoyarme incondicionalmente.

A todos los académicos que con su aportación de conocimientos ayudaron a mi formación profesional y que serian imposibles de mencionar.

A todos ellos les agradezco su confianza y amistad.

DEDICATORIAS

A mis Padres.

Sr. Francisco Ramírez Almanza

Sra. Esperanza Barrios Ramírez

Por su apoyo y confianza incondicional que me brindaron durante toda mi vida, y que con sus consejos y enseñanzas han logrado hacer de mí, un hombre de bien. Gracias!!

A mis Hermanos que en todo momento siempre me han otorgado su amistad, cariño y confianza para poder llegar a la finalización de mis metas.

Luis Rodolfo

Miguel

Mauricio

A mis Abuelitos que siempre han creído en mi y me han motivado para seguir luchando en esta vida.

INDICE DE CONTENIDO

	Pag.
INDICE DE CUADROS	viii
INDICE DE FIGURAS	x
INTRODUCCION	1
Objetivos	3
Hipótesis	4
REVISION DE LITERATURA	5
Agroplásticos	5
Uso de los Plásticos en México y a Nivel Mundial	5
Características de los Plásticos	8
Propiedades de los Plásticos	9
Poder de Absorción	10
Poder de Reflexión	10
Poder de Difusión	11
Acolchado Plástico	11
Ventajas de los Acolchados	12
Desventajas de los Acolchados	13
El Suelo Desde el Punto de Vista Térmico	13
Comportamiento de los Plásticos	15
Reglas Generales de Uso	17
Efectos del Acolchado de Suelos	17
Humedad del Suelo	18
Temperatura del Suelo	18
Estructura del Suelo	19
Fertilidad	20
Control de Malezas	20
Plagas y Enfermedades	21
Salinidad del Suelo	22
Uso Eficiente del Agua	23
Precocidad	24
Rendimiento	25
Resultados de Algunas Otras Investigaciones Sobre el Uso Acolchado Plástico	26
Riego por Goteo	31
Ventajas del Riego por Goteo	31
Desventajas del Riego por Goteo	32
Sustentos para las Ventajas y Desventajas del Riego por	

Goteo	33
Importancia del Riego por Goteo en Hortalizas	35
Resultados de Algunas Otras Investigaciones Sobre el Uso de Riego por Goteo	36
Fertirrigación	37
Ventajas de la Fertirrigación	38
Desventajas de la Fertirrigación	38
Los Nutrientes	38
Contenido Mineral de la Materia Vegetal	39
Absorción de Nutrientes en el Suelo	40
Movimiento de los Nutrientes en el Suelo	41
Nitrógeno	41
Fósforo	42
Potasio	42
Otros	43
Comportamiento de los Nutrientes en Fertirrigación	43
Nitrógeno	43
Fósforo	45
Potasio	46
Fertilizantes Utilizados en Fertirrigación	46
Características	46
Preparación de los Fertilizantes para su Empleo mediante Riego por Goteo	48
Características de las Soluciones y Efectos sobre las Instalaciones	48
Fertilizantes Nitrogenados	50
Abonos Fosfatados	51
Sulfatos	52
Abonos Potasicos	52
Magnesio	52
Efectos de los Fertilizantes Sobre el Agua de Riego	53
Efectos de la Fertirrigación Sobre los Cultivos y Suelos	53
Abonado de Plantas Hortícolas	54
Factores que son Necesarios para la Elaboración de un Programa de Fertirriego	55
Fraccionamiento del Abonado en Fertirrigación	56
Nitrógeno	57
Fósforo	57
Potasio	57
Micronutrientes	58
MATERIALES Y METODOS	59
Localización y Caracterización del Sitio Experimental	59
Clima	59
Suelo	60
Diseño Experimental y Arreglo de los Tratamientos	60
Establecimiento del Experimento	62

Preparación del Terreno e instalación del Acolchado y Sistema de Riego	62
Siembra y Transplante	62
Manejo del Cultivo	64
Riegos	64
Fertilización	64
Aporque	65
Deshierbes	65
Entutorado de Plantas	65
Aplicación de Agroquímicos	66
Variables Evaluadas	68
Altura de Planta	68
Diámetro de Tallo	68
Area Foliar	68
Numero de Frutos	69
Rendimiento	69
RESULTADOS Y DISCUSION	70
Altura de Planta	70
Diámetro de Tallo	73
Area Foliar	76
Numero de Frutos	79
Rendimiento	83
CONCLUSIONES	87
LITERATURA CONSULTADA	88

INDICE DE CUADROS

N° de Cuadro	Descripción	Pag.
1.1	Empleo de los Plásticos Agrícolas en Diferentes Países.	7
1.2	Empleo de los Plásticos Agrícolas en los Diferentes Continentes.	7
1.3	Diferentes Colores de Acolchados Según los Objetivos a Lograr.	8
1.4	Control de Virosis Obtenidos con los Acolchados Debido a la Reflexión.	9
1.5	Resultados Obtenidos con el Uso del Acolchado Plástico.	9
1.6	Comportamiento del Acolchado de Color con Respecto al Plástico Negro, de acuerdo con Lisa (1997).	29
1.7	Riqueza, Solubilidad e Índice de Acidez de los Abonos mas Utilizados en Fertirrigación.	47
1.8	Compatibilidad Química de la Mezcla de Fertilizante.	49
1.9	Niveles de Nutrientes en el Suelo a Partir de los Cuales se Puede Modificar la Fertilización en Cultivos Hortícolas Intensivos.	55
2.1	Descripción de los Tratamientos en Estudio.	60
2.2	Arreglo de los Diferentes Tratamientos en Estudio.	61
2.3	Fertilización, Control de Plagas y Enfermedades en Chile Anaheim Cv. TMR 23 y Pimiento Cv. Yolo Wonder en Estado de Plantula.	63
2.4	Programa de Fertilización para los Tratamientos que Llevaron la Dosis 330-152-341 (Alta).	64
2.5	Programa de Fertilización para los Tratamientos que Llevaron la Dosis 167-078-171 (Baja).	65
2.6	Fertilización Foliar y Control de Plagas y Enfermedades Durante el Desarrollo del Cultivo.	67
3.1	Comparación de Medias de Altura de Planta en el Cultivo de Chile Anaheim Cv. TMR 23 con dos Dosis de Fertirrigación (CIQA 1997).	71
3.2	Comparación de Medias de Altura de Planta en el Cultivo de Chile Pimiento Cv. Yolo Wonder con dos Dosis de Fertirrigación (CIQA 1997).	72
3.3	Comparación de Medias de Diámetro de Tallo en el Cultivo de Chile Anaheim Cv. TMR 23 con dos Dosis de Fertirrigación (CIQA 1997).	74
3.4	Comparación de Medias de Diámetro de Tallo en el Cultivo de Chile Pimiento Cv. Yolo Wonder con dos Dosis de Fertirrigación (CIQA 1997).	75
3.5	Comparación de Medias de Area Foliar en el Cultivo de Chile Anaheim Cv. TMR 23 con dos Dosis de Fertirrigación (CIQA 1997).	77
3.6	Comparación de Medias de Area Foliar en el Cultivo de Chile Pimiento Cv. Yolo Wonder con dos Dosis de Fertirrigación (CIQA 1997).	78
3.7	Comportamiento de la Cosecha en Cuanto a Numero de Frutos en el Cultivo de Chile Cv. TMR 23 en los Diferentes Cortes a lo Largo del Ciclo (CIQA 1997).	80
3.8	Comportamiento de la Cosecha en Cuanto a Numero de Frutos en el Cultivo de Chile Pimiento Cv. Yolo Wonder en los Diferentes Cortes a lo	

		78
	Largo del Ciclo (CIQA 1997).	81
3.9	Comparación de Medias de Numero de Frutos en la Cosecha de los Diferentes Tratamientos para los Cultivos de Chile Anaheim Cv. TMR 23 y Pimiento Cv. Yolo Wonder (CIQA 1997).	82
3.10	Comportamiento de la Cosecha en Cuanto a Rendimiento en el Cultivo de Chile Anaheim Cv. TMR 23 en los Diferentes Cortes a lo Largo del Ciclo (CIQA 1997).	84
3.11	Comportamiento de la Cosecha en Cuanto a Rendimiento en el Cultivo de Chile Pimiento Cv. Yolo Wonder en los Diferentes Cortes a lo Largo del Ciclo (CIQA 1997).	85
3.12	Comparación de Medias de Rendimiento en la Cosecha (ton/ha) de los Diferentes Tratamientos para los Cultivos de Chile Anaheim Cv. TMR 23 y Pimiento Cv. Yolo Wonder (CIQA 1997).	86

INDICE DE FIGURAS

N° de Figura	Descripción	Pag.
3.1	Comportamiento de las Medias de Altura de Planta en el Cultivo de Chile Anaheim Cv. TMR 23 con dos Dosis de Fertirrigación (CIQA 1997).	71
3.2	Comportamiento de las Medias de Altura de Planta en el Cultivo de Chile Pimiento Cv. Yolo Wonder con dos Dosis de Fertirrigación (CIQA 1997).	72
3.3	Comportamiento de las Medias de Diámetro de Tallo en el Cultivo de Chile Cv. TMR 23 con dos Dosis de Fertirrigación (CIQA 1997).	74
3.4	Comportamiento de las Medias de Diámetro de Tallo en el Cultivo de Chile Pimiento Cv. Yolo Wonder con dos Dosis de Fertirrigación (CIQA 1997).	75
3.5	Comportamiento de las Medias de Area Foliar en el Cultivo de Chile Anaheim Cv. TMR 23 con dos Dosis de Fertirrigación (CIQA 1997).	77
3.6	Comparación de Medias de Area Foliar en el Cultivo de Chile Pimiento Cv. Yolo Wonder con dos Dosis de Fertirrigación (CIQA 1997).	78
3.7	Comportamiento de las Medias de Numero de Frutos de cada Corte en la Cosecha del Cultivo de Chile Anaheim Cv. TMR 23 con dos Dosis de Fertirrigación (CIQA 1997).	80
3.8	Comportamiento de las Medias de Numero de Frutos de cada Corte en la Cosecha del Cultivo de Chile Pimiento Cv. Yolo Wonder con dos Dosis de Fertirrigación (CIQA 1997).	81
3.9	Comportamiento de las Medias de Rendimiento de cada Corte en la Cosecha del Cultivo de Chile Cv. TMR 23 con dos Dosis de Fertirrigación (CIQA 1997).	84
3.10	Comportamiento de las Medias de Rendimiento de cada Corte en la Cosecha del Cultivo de Chile Pimiento Cv. Yolo Wonder con dos Dosis de Fertirrigación (CIQA 1997).	85

INTRODUCCION

El cultivo del chile (*Capsicum annuum* L.) se considera originario de América central. A partir del siglo XVI el cultivo se extiende a Europa y Asia, teniendo buena aceptación para luego propagarse hacia Africa.

En la actualidad el chile es un cultivo hortícola de gran importancia en México, además de ser junto con el Tomate, el de mayor consumo popular especialmente en estado fresco, aunque también se consume procesado en forma de salsas, polvos y encurtidos. En México existe una gran diversidad de chiles de diferentes tipos en cuanto a forma, sabor, color, tamaño y pungencia.

La superficie de siembra del cultivo de chile en México se ha incrementado paulatinamente, Santiago (1996) menciona que de acuerdo a las estimaciones de las principales asociaciones de chiles, se calcularon para 1996-97 aproximadamente 38,000 hectáreas para la siembra de más de 8 variedades de chiles verdes para el ciclo de otoño, en las diferentes regiones agrícolas de México.

Consultando las estadísticas del comercio internacional se puede apreciar que hay productos que en una sola temporada pueden triplicar sus precios, como ha sucedido en diferentes años con el tomate, tomate verde, el chile, la calabacita, y el chícharo. De los productos perecederos, solo por concepto de chile, México generó exportaciones en 1992 de 113 millones de dólares, de los cuales 64 millones correspondieron a los chiles pimientos y el resto a los distintos tipos de chiles; en 1993 exporto 134.6 millones de dólares, en 1994 exporto 142.6 millones de dólares y en 1995 175,7 millones de dólares, de

los cuales 108.6 millones fueron para pimientos y 67.1 millones fueron para los diferentes tipos de chile, entre los que se encuentran el jalapeño, el anaheim, el caribe y el serrano entre otros.

La importancia del cultivo radica en que forma parte en la dieta diaria, teniendo un consumo anual per capita tan solo para chile verde de 7.5 kg. Por otra parte, el chile se caracteriza por su alto contenido de vitaminas y minerales. Es también importante debido a su beneficio económico y social ya que genera fuentes de empleo, requiriendo de 120 a 150 jornales por hectárea en todo su ciclo de cultivo.

Para que el producto sea aceptado, aun en el mercado nacional, este debe reunir ciertas normas de calidad, las cuales son una combinación de atributos y propiedades con los que el fruto cuenta, como es tamaño, turgencia, color, sabor, pungencia, etc., que le dan valor como alimento humano y como mercancía.

La calidad del fruto varia dependiendo del manejo de cultivo, variedad, época de maduración, condiciones climático ambientales de cultivo, nutrición, tipo de suelo, humedad del suelo, forma en que se realice la cosecha, manejos aplicados en poscosecha, almacenamiento y condiciones de transporte a los distintos comercios.

La gran exigencia del consumidor ha orillado al productor a no solo tener cuidado para obtener un gran rendimiento con costos bajos, sino también una buena calidad para lograr buenos precios en el mercado. Para poder llegar a esto, ha tenido que recurrir al uso de algunas practicas que ayuden a mejorar la producción sin tener que incrementar de manera excesiva los costos de producción.

En este rubro, Santiago y Randolph (1996) mencionan que el impacto generado por los constantes cambios climatológicos esta impulsando cada día mas el desarrollo de la agricultura protegida.

La implementación de las técnicas de plasticultura, entre las que se encuentran el acolchado de suelos y la fertirrigación, responden a la necesidad de dar solución a problemas tanto específicos como de manejo eficiente de los recursos naturales (agua y suelo) que permitan incrementar los rendimientos y mejorar la calidad de los productos.

En México, el acolchado ha adquirido un gran interés con plásticos hechos a base de polietileno (PE). El interés tendrá que ir aumentando con la necesidad de optimizar los recursos agua, suelo, planta, nutrientes, etc., conseguible mediante la cobertura plástica del suelo. García (1996) menciona que la superficie de acolchados y fertirrigación en México ha crecido tan rápidamente que es difícil establecer una estadística. De las instituciones que más han aportado en la investigación de el uso de plásticos son PROMAPA y el CIQA, cuyos resultados han sido exitosos, razón por lo cual se sigue investigando.

Unos de los problemas principales del cultivo del chile en las regiones productoras, son los bajos rendimientos y la baja calidad del producto, aunado a la poca disponibilidad de agua, y aunque se ha tratado de solucionar con la técnica de acolchado y riego por goteo (cintilla), no se ha resuelto del todo ya que no existen dosis de fertirrigación establecidas para la región. También se piensa que no todas las variedades de chile aprovechan en su totalidad la cantidad de nutrientes que se les suministra, ya que algunos tienen menos requerimientos que otros, incluso alcanzando niveles de fitotoxicidad en casos extremos de exceso de fertilizantes.

Por lo anterior, para el presente trabajo se plantearon los siguientes:

Objetivos

1.- Evaluar dos dosis de fertirrigación en condiciones de acolchado sobre el crecimiento y la producción de los cultivos de chile Pimiento Cv. Yolo Wonder y Anaheim TMR 23.

2.- Otorgar una base para el establecimiento de dosis de fertirrigación para los cultivos de chile Pimiento Cv. Yolo Wonder y Anaheim Cv. TMR 23.

Hipótesis

A mayor cantidad de fertilizante aplicado en fertirrigación los chiles Pimiento Cv. Yolo Wonder y Anaheim Cv. TMR 23 se incrementaran el desarrollo y el rendimiento del cultivo, por lo que se piensa que habrá diferencia estadística entre tratamientos con diferentes dosis.

REVISIÓN DE LITERATURA

Agroplásticos

Uso de los Plásticos en México y a Nivel Mundial.

Entre las nuevas tecnologías que se están aplicando a nivel mundial para aumentar el rendimiento de las cosechas por unidad de superficie, se encuentra el uso de plásticos en la agricultura, el cual presenta variantes muy interesantes, tales como el uso de invernaderos, túneles para cultivos semiforzados, acolchado de suelos entre otros. Actualmente, cerca de 30 países utilizan el acolchado de suelos, siendo en su mayoría europeos. Sin embargo la plasticultura ha sido aceptada en varios países de América, entre los que destacan, Estados Unidos, Brasil, Argentina, Uruguay y Canadá (S. I. P. A. C., 1976; Martin y Robledo, 1981).

El impacto generado por los constantes cambios climatológicos en el mundo, esta ayudando a impulsar cada día mas el desarrollo de la agricultura protegida y de los sistemas de fertigación en los cultivos de hortalizas, con una mayor inclinación hacia los países de clima templado.

Según el reporte del Banco Mundial, los grandes contrastes del clima que se han observado en los últimos 15 años, han obligado a muchos agricultores a transformar sus sistemas de producción utilizando para ello, las técnicas de protección contra los fenómenos climatológicos que han sido desarrollados en los Países Europeos para forzar la producción de hortalizas durante los meses de invierno.

Uno de los aspectos más importantes de este proceso de cambio, es mediante el uso de los plásticos, los agricultores de diversas regiones han podido luchar contra los

fenómenos como la sequía y la evaporación de la humedad del suelo, las heladas y las enfermedades vírales que causan enormes pérdidas en la agricultura (Revista Productores de Hortalizas. Octubre 1996).

Esta diversificación en las aplicaciones de los plásticos, se inició comercialmente a partir de 1960, y actualmente han superado ya los tres millones de hectáreas que incluyen acolchados, microtúneles y cubiertas flotantes. También se puede mencionar que cerca de 30 países utilizan el acolchado de suelos, siendo en su mayoría europeos; sin embargo, en América, la plasticultura ha sido aceptada en varios países como: Estados Unidos, Brasil, Argentina, Uruguay y Canadá. (S. I. P. A. C. 1976.).

Este dramático cambio de la agricultura protegida se ha realizado en un periodo aproximado de 20 años, y la mejor forma de analizarlo, es a través de las estadísticas de los tres bloques comerciales más importantes, cuyos datos demuestran la tendencia actual en los sistemas de producción intensiva con plásticos y sistemas de fertigración (Revista Productores de Hortalizas. Octubre 1996.).

Cuadro 1.1. Empleo de los Plásticos Agrícolas en Diferentes Países (1980).

País	Empleo	Hectáreas	Ton/Año	Consumo per cápita (kg/hab)
Italia	Invernaderos	20,000	60.000	1.280
	Túneles	10,000	8.500	

	Acolchados	9,000	3.200	
	Total	39,000	71.700	
Japón	Invernaderos	30,000	85.000	1.200
	Túneles	55,000	38.000	
	Acolchados	105,000	13.000	
	Total	190,000	136.000	
España	Invernaderos	11,000	17.000	0.640
	Túneles	4,000	1.900	
	Acolchados	26,500	4.130	
	Total	41,500	23.030	
Francia	Invernaderos	3,200	7.200	0.440
	Túneles	11,000	7.000	
	Acolchados	35,000	9.000	
	Total	49,300	23.200	
Israel	Invernaderos	300	600	0.378
	Túneles	150	93	
	Acolchados	1,550	977	
	Total	2,000	1.677	
México	Invernaderos	80	240	0.004
	Túneles	4	8	
	Acolchados	12	14	
	Total	96	262	

Fuente: Ciencia y Tecnología (1982).

Cuadro 1.2. Empleo de los Plásticos Agrícolas en los Diferentes Continentes.

Concepto	Asia	Mediterráneo	Europa del Norte	Norte América	América del Sur	Total
AC	3,080,000	120,000	15,000	125,000	14,000	3,354,000
CUB	5,500	10,300	27,000	4,500	nd	47,300
	143,000	70,500	3,300	12,000	nd	228,000
TB	nd	27,600	----	1,900	1,300	30,800
TA	138,200	67,700	16,700	3,700	2,700	229,000
Inv. Plast.	3,000	7,900	25,800	3,800	nd	40,500
Inv. V.						

Fuente: Productores de Hortalizas. Octubre (1996).

Donde:

AC = Acolchados

CUB = Cubiertas

TB = Túneles Bajos

TA = Túneles Altos

Inv. Plast. = Invernaderos de Plástico.

Inv. V. = Invernaderos de Vidrio

Características de los Plásticos.

Debido a las numerosas aplicaciones que tienen los plásticos, estos deben tener ciertas características según sea su uso, en el caso del PVC flexible, este se usa para túneles, ensilaje, etc.; el PVC rígido se emplea para cubierta de invernaderos, tuberías, y otros.

Otra de las características más importantes de los plásticos es su flexibilidad, la cual es una propiedad de estos, sin tener necesidad de añadirles algún aditivo para que la alcancen. Como son materiales que se oxidan fácilmente con el oxígeno del aire y se degradan por la acción de los rayos ultravioleta, se les adicionan antioxidantes que absorben estos elementos alargando su duración.

Aunando a lo anterior, el poco peso y por consecuencia su fácil manejo y transporte, hacen de los plásticos el material de mayor preferencia para su uso en la agricultura (Exportadora de Plásticos Agrícolas. Datos Técnicos Internet. (1996).

Cuadro 1.3. Diferentes Colores de Acolchados Según los Objetivos a Lograr.

Objetivo	Natural	Negro	Blanco	Aluminio	Aluminio / Negro	Blanco / Negro
Eliminar maleza		X		X	X	X ₃
Aumentar calor a la Raíz	X ₁		X ₁			
Reducir calor a la Raíz		X			X	X ₃
Repeler áfidos y mosca blanca			X ₁	X	X	X ₃
Fertilización lumínica			X ₁	X	X	X ₃
Solarización	X ₂					
Microtúnel	X					

Fuente: Exportadora de Plásticos Agrícolas. Datos Técnicos Internet. (1996).

1. En suelos con incidencia de maleza, fomenta su desarrollo, por lo que se recomienda fumigar o solarizar la tierra antes de instalar el acolchado.
2. Película con aditivo para incrementar la transmisión de rayos infrarrojos, (irt: infra red transmitter).
3. Transmite menos calor que el aluminio (3° - 5° C)

Cuadro 1.4. Control de Virosis Obtenidos con los Acolchados Debido a la Reflexión.

Acolchado tipo	% de Control	% de Infestación	Objetivo
Sin acolchar	Testigo (0.0)	Testigo(0.0)	
Negro	0.0	100.0	3.5
Blanco / Negro	76.1	23.9	31.3
Aluminio /Blanco	81.4	18.6	39.1
Aluminio	81.4	18.6	39.1

Fuente: Exportadora de Plásticos Agrícolas. Datos Técnicos. (1996).

*Conteos realizados en plantas, promediados durante los primeros 50 días de plantación en el Valle de Culiacán, Sin.; principalmente se tienen: Afidos y mosca blanca.

*Durante el periodo del conteo, es la etapa en que se logra el efecto de reflexión y coincidentemente es este mismo cuando la planta es más susceptible a los ataques de la virosis; después la sombra de la planta adulta reduce este efecto, pero la planta es más resistente.

Cuadro 1.5. Resultados Obtenidos con el Uso del Acolchado Plástico.

Cultivo	Intemperie	Con Acolchado	Unidad
Tomate	20 – 25	75 – 80	Ton / ha
Pimiento	1,800 - 2,000	4,500 – 5,000	Cajas / ha
Melón	800 – 1,000	3,200 – 3,500	Cajas / ha
Sandía	25 – 28	70 – 75	Ton / ha
Fresa	800 – 1,200	7,000 – 9,000	Cajas / ha
Maíz Dulce	40,000 – 50,000	180,000 - 200,000	Elotes / ha

Fuente: Exportadora de Plásticos Agrícolas. Datos Técnicos Internet (1996).

*Producto neto calidad de exportación.

*El acolchado se instaló en campos con sistema de riego presurizado y en algunos casos se solarizó y/o fumigó la tierra antes de plantar.

Propiedades de los Plásticos.

La energía que alimenta las actividades principales de casi todos los seres vivos procede directa o indirectamente del sol, la cual, es necesaria para la formación de clorofila y es considerada el principal agente para que se lleve a cabo el proceso de la fotosíntesis. Un plástico es mejor cuando más transparente sea a las radiaciones que el sol emita en mayor cantidad. Un material para acolchado es benéfico cuando tenga cierta permeabilidad

a las radiaciones emitidas por el suelo y planta, con el fin de aportar calor a la parte aérea de la planta durante la noche.

La luz puede ser absorbida, reflejada o transmitida por el material, donde no todas las longitudes de onda pueden ser absorbidas, reflejadas o transmitidas uniformemente, teniendo un efecto sobre la calidad de la luz en el interior del acolchado (CENAMAR, 1983).

Poder de Absorción.

Puede considerarse insignificante a todo lo largo del espectro solar (no más del 6% del conjunto de la radiación solar). El vidrio, poliestireno y poliamidas poseen un poder de absorción real, mayor al visible que es parcialmente nulo, independientemente de cual sea su espesor de todos los empleados en la agricultura. El PVC (Policloruro de vinilo) absorbe hasta el 5% para espesores entre 0.05 y 0.25 mm; el PE (polietileno) absorbe entre 5 y 35% en espesores entre 0.03 y 0.5 mm (CENAMAR, 1983).

Poder de Reflexión.

Existen algunos materiales plásticos que poseen un factor espectral de reflexión dependiendo de la longitud de onda que reciben, por ejemplo el PE (polietileno) con una radiación de 300 nm puede tener un poder de reflexión del 5% en tanto, que a longitudes de onda de 1200 nm es del 14%. Las pérdidas por reflexión aumentan grandemente la cantidad de luz que llega a las plantas sobre acolchado, lo cual es muy importante para las regiones donde la luminosidad no es muy abundante (CENAMAR, 1983).

Poder de Difusión.

El poder de difusión que poseen los materiales plásticos para invernadero ofrece la ventaja de evitar que los agricultores tengan que blanquear las construcciones con el fin de evitar que la acción del sol llegue en forma directa y en exceso, los materiales con mayor poder de difusión son Poliester - fibra de vidrio, ciertas planchas de PVC y poliestireno (CENAMAR, 1983).

Acolchado Plástico

Courter et al, citado por Splittstoesser (1984) menciona que un acolchado es una sustancia o material aplicado a la superficie del suelo que protege las raíces de las plantas de temperaturas extremas o sequías y mantiene el fruto limpio. El acolchado modifica el medio ambiente edáfico y el aire del microclima en donde la planta crece, estos son específicos para crear un ambiente favorable al cultivo. El acolchado en hortalizas les ayuda a crecer y producir frutos, fomentando una mejor cosecha y disminuyendo los efectos de la fruta cuando la planta crece bajo condiciones no ideales.

Lamont, Citado por LaVecchia (1994) señala que el acolchado plástico puede enfriar o calentar el suelo, ahuyentar insectos, y proteger al cultivo del viento y la lluvia, por ello trae beneficios a los productores como:

- Produce un cultivo mas uniforme, mayores y más predecibles los rendimientos.
- Aumenta la temperatura del suelo y acelera la producción hasta 3 semanas.
- Actúa como una barrera entre el suelo y el fruto e inhibe plagas y enfermedades.
- Sirve como un efectivo agente de control de malezas.
- Conserva la humedad y los nutrientes del suelo al retardar el proceso de evaporación del agua y prevenir lixiviación de nutrientes debido a fuertes riegos y lluvias.

Robledo (1988) indica que los plásticos proporcionan mayores ventajas que las conseguidas con materiales de origen mineral o vegetal utilizados antiguamente en la cobertura de suelos. El acolchado de suelos con películas plásticas influye notoriamente sobre la humedad, temperatura, estructura, fertilidad, control de malezas y protección de frutos.

Ventajas de los Acolchados Plásticos.

Las principales ventajas que se obtienen con los acolchados plásticos son las siguientes:

- Incrementan la calidad y cantidad de la cosecha.
- Provocan precocidad de cosecha, lo que permite aprovechar las ventajas del mercado.
- Ayuda a controlar la maleza.
- Reduce considerablemente el gasto de mano de obra, ya sea para quitar maleza, aplicar fumigantes, insecticidas, etc.
- Gran ahorro de agua y fertilizantes.
- Ayuda a controlar la pudrición del fruto al evitar su contacto con el suelo.
- Apoyo indispensable en la fertigación.
- Apoyo muy importante para lograr doble cultivo, con la misma labranza y acolchado.
- Apoyo inmejorable para producir varios cultivos con el sistema de labranza cero.
- Ayuda en el control de la erosión y endurecimiento de la tierra.

Fuente: Exportadora de Plásticos Agrícolas (EPA) 1997.

Desventajas de los Acolchados Plásticos.

- Cuando esta operación se hace en forma manual es bastante laboriosa y requiere bastante mano de obra.
- Costo del material de plástico utilizado para el acolchado, lo que condiciona que solo pueda efectuarse en aquellos cultivos que sean altamente remunerativos.
- Necesidad de conocimientos técnicos para la aplicación de esta práctica, ya que si no se maneja adecuadamente puede originar problemas serios, como exceso de humedad que se traduce en enfermedades y aumento en la población de insectos, así como propiciar la salinización del suelo.

El Suelo Desde el Punto de Vista Térmico.

Una de las principales funciones del acolchado del suelo es el aumento de temperatura y su mantención en el suelo, por lo tanto es importante mencionar las características térmicas del suelo. El suelo tiene una capacidad calorífica alta, entre 0.27 y 0.80 cal / g / °C, lo que significa que es un buen acumulador de calor, pero con una baja conductividad térmica, lo que hace que la penetración del calor en el suelo sea lenta, al igual que su enfriamiento.

Mahrer (1979) citado por Cebolla nos muestra la ecuación que describe el balance de energía de un suelo no acolchado y esta es:

$$(1-a) * R_s + e_s * R_l - H - E - S - e_s * o * T_s^4 = 0$$

Donde:

a = Albedo, que depende del color del suelo

R_s = Radiación Solar Incidente

R_l = Radiación Incidente de Onda Larga

H = Flujo de Calor Sensible desde o hacia la Atmósfera

E = Flujo de Calor Latente (Evaporación)

S = Flujo de Calor en el Suelo

σ = Constante de Stephan – Boltzman

T_s = Temperatura Superficial del Suelo

ϵ_s = Coeficiente de Emisividad del Suelo

La energía que llega al suelo a través de la radiación solar, penetra en el suelo en función de sus propiedades térmicas, capacidad calorífica, conductividad térmica, difusión térmica, etc., que a su vez dependen de las características físicas del propio suelo, y de su contenido de humedad, así mismo sufre una pérdida por radiación, conducción, convección y evaporación. Por la noche el suelo tiene un proceso de enfriamiento de modo que la temperatura a lo largo del tiempo describe una curva cíclica parecida a una senoide.

En el caso de que el suelo este húmedo y acolchado con una lamina de polietileno, el balance de energía se modifica, debido por una parte a que la humedad aumenta la conductividad y sobre todo la difusividad térmica, haciendo posible un calentamiento más rápido hacia el interior. Cabe mencionar también, que las pérdidas nocturnas por radiación calorífica a la atmósfera se hacen menores por la condensación del agua en la superficie interna del plástico y por los propios aditivos del plástico (Mahrer, 1979)

El balance de energía del suelo acolchado es:

$$R_{mn} - H_m - E_m - S_m = 0$$

Donde:

R_{mn} = Flujo Neto Radiante en la Superficie del Suelo.

H_m = Flujo de Calor Sensible entre el Terreno y el Aire Atrapado por el Acolchado.

E_m = Flujo de Calor Latente.

S_m = Flujo de Calor en el Suelo.

El resultado es que un suelo en estas condiciones de elevado contenido de humedad y acolchado, consigue elevar progresivamente su temperatura con diferencias que superan al suelo no solarizado en unos 10°C.

Comportamiento de los Plásticos.

Robledo y Martin (1981), mencionan que el comportamiento de los plásticos es el siguiente:

El plástico negro opaco absorbe una gran parte del calor recibido y lo transmite por radiación hacia el suelo y la atmósfera; debido a este fenómeno, el suelo durante el día se calienta poco, sin embargo, el aumento de la temperatura que se origina sobre la superficie del plástico puede causar problemas, tales como:

- Riesgos de quemaduras a las plantas jóvenes que permanecen en contacto con la lamina de plástico.
- Riesgos mecánicos. Las laminas de plástico se dilatan al calentarse durante las horas cálidas del día y luego por la noche se contraen a consecuencia del descenso de temperatura. Estos fenómenos, a los que diariamente están sometidas las laminas de plástico, terminan por acortar su vida útil, pudiendo rasgarse éstas y dañar a los cultivos por los continuos aleteos que el viento provoca en dichas laminas en sus zonas desgarradas.

Puesto que estos plásticos no transmiten las radiaciones entre 0.3 y 0.8 micras de longitud de onda, no se efectúa el proceso de fotosíntesis; en consecuencia las malas hierbas no crecen dando lugar a que los cultivos se desarrollen satisfactoriamente al no competir con las reservas de agua almacenada en el suelo y de elementos fertilizantes; ello conduce a un incremento en la producción y a cierta precocidad en la cosecha de frutos.

El plástico negro opaco absorbe sobre su superficie gran parte del calor recibido que transmite por radiación hacia la atmósfera. El calentamiento del suelo que cubre durante el día es, por tanto, menor que con el plástico transparente, lo que unido a su poca permeabilidad impide durante la noche la aportación de calor del suelo hacia las partes aéreas de las plantas. Esto da lugar a que exista cierto riesgo de helada para la planta en noches frías con cielo despejado, al no tener la defensa del calor emitido por el suelo. No obstante, el plástico negro opaco, al actuar de una manera favorable sobre la estructura del suelo, produce mayores rendimientos que en suelos no protegidos, con una ligera precocidad sobre los mismos (Robledo y Martin, 1981).

Los plásticos transparentes tienen la propiedad de transmitir un elevado porcentaje de los rayos solares recibidos (más del 80%), lo cual provoca un notable calentamiento del terreno que cubre al actuar como “abrigo”. Este efecto de invernadero produce una adecuada germinación de las semillas, favoreciendo el crecimiento de los cultivos y dando lugar a la obtención de cosechas precoces unido al incremento de temperatura que experimenta el suelo acolchado, da lugar a que las malas hierbas se desarrollen, de tal forma que pueden causar indirectamente ciertos perjuicios a las plantas por producir lo siguiente:

- Pérdidas importantes de elementos fertilizantes en el suelo.
- Pérdidas de reservas de agua en el terreno.
- Pérdidas mecánicas, ya que levantan la película plástica y el viento puede moverlos o destruirlos.

En el caso de malas hierbas normalmente mueren por asfixia, debido a las altas temperaturas que se originan bajo los plásticos, o por las quemaduras que sufren al estar en contacto con la superficie.

El suelo se calienta de tal forma que da lugar a que se produzcan condensaciones en la cara interior del plástico como consecuencia de la evaporación constante del suelo. Estas condensaciones, que actúan como pantalla de las radiaciones del suelo hacia la atmósfera,

impiden que el mismo se enfríe rápidamente por la noche, lo que contribuye a proteger a la planta contra las bajas temperaturas por las aportaciones de calor que estas reciben del suelo. Los efectos producidos durante el día como es el calentamiento de la parte radicular de la planta y por la noche las aportaciones caloríficas del suelo a la parte foliar de la planta contribuyen de una manera notoria a la obtención de cosechas precoces (Robledo y Martin, 1981).

Reglas Generales de Uso.

La colocación del plástico se debe realizar en días despejados y sin mucho viento, no se debe poner demasiado tirante ni pisarlo. El agujero para la siembra o el transplante deberá ser circular y los bordes laterales del plástico deberán permitir la filtración del agua durante la lluvia o el riego (Robledo y Martin, 1981).

Efectos del Acolchado de Suelos.

Guariento (1983) menciona que las modificaciones que favorecen mayormente en el acolchado son las referentes a los parámetros de la fertilidad, resguardando sobre todo: La temperatura, la humedad del suelo, la estructura del suelo, el contenido de nitrógeno y anhídrido carbónico en el suelo, desarrollo de raíces, hierbas infestantes, entre otros. Las películas plásticas proporcionan mayores ventajas que las conseguidas con materiales de origen mineral o vegetal utilizados antiguamente en la cobertura de suelos. Tales beneficios se mencionan a continuación.

Humedad del Suelo.

El acolchado impide la evaporación del agua del suelo, manteniendo el agua en una disposición constante y regular para que sea utilizada por las plantas. El ahorro del agua se incrementa debido a la ausencia de malas hierbas. Las pérdidas por evaporación que se producen por las perforaciones, son ligeramente compensadas por la recuperación de las aguas de lluvia a través de las mismas. Por lo tanto los nutrientes en los cultivos son mas regulares y constantes (Guariento, 1983).

La capacidad para conservar el agua esta en función del tipo de plástico utilizado (negro, transparente, gris, humo, etc.). El movimiento del agua en el suelo presenta una considerable diferencia, asociada con los gradientes de temperatura que se presentan bajo los diferentes tipos de películas plásticas.

El aporte de agua a la planta se realiza mas suavemente. Se evita el apelmasamiento de la corteza en la superficie de la tierra. Se obtiene un mejor ascenso capilar y aireación constante de los suelos. (Ibarra y Rodríguez, 1983).

Temperatura del Suelo.

La temperatura promedio en estas condiciones es mayor bajo el suelo acolchado que en el suelo desnudo. La temperatura varia según sea la pigmentación de la película y de su composición química. El acolchado de suelos deberá aumentar la temperatura del suelo cuando el ambiente pedoclimatico sea muy frío, y deberá disminuirla cuando la fuerte insolación perturbe el nivel térmico y este obstaculizando el desarrollo de la planta. Un solo tipo de película plástica no puede lograr todos estos efectos. De acuerdo a esto, es necesario elegir el tipo de plástico más adaptado a las diferentes situaciones.

El plástico transparente permite el paso de radiación luminosa, las cuales aumentan la temperatura del suelo, lo que favorece al desarrollo de malezas, que deben ser controladas por otros medios. El plástico negro absorbe la mayor parte de la radiación,

impidiendo el desarrollo de malezas pero obstaculizando hasta cierto punto el grado de calentamiento del suelo. (Ibarra y Rodríguez, 1983).

Robledo (1988) señala que durante el día, el plástico transmite al suelo las calorías recibidas del sol, haciendo el efecto de un invernadero. Durante la noche, la película plástica detiene, en cierto grado, el paso de las radiaciones caloríficas del suelo hacia la atmósfera, fenómeno que depende, en menor o mayor cuantía, según se utilicen los plásticos de polietileno transparente, gris – humo, negro metalizado, etc., o bien se trate de polietileno o PVC.

Estructura del Suelo.

Robledo (1988) en lo que se refiere a la estructura del suelo cita que el suelo acolchado con películas de plástico presenta una estructura ideal para el desarrollo de las raíces de las plantas. Estas se hacen más numerosas, mas largas en sentido horizontal a consecuencia de que la planta, al encontrar humedad suficiente a poca profundidad y un suelo bien mullido, su sistema radicular se desarrolla mas lateralmente que si tuviera que buscarla a mayores profundidades, en cuyo caso su crecimiento será en sentido vertical.

Splittstoesser (1984) menciona que el acolchado ayuda a mantener una buena estructura, previene el encostrado y compactación del suelo, además provee aireación que es buena para el desarrollo de la raíz. Al haber un mayor numero de raíces permite una absorción más eficaz de nutrientes.

Ibarra y Rodríguez (1982) observaron que el suelo acolchado con plásticos presenta condiciones ideales para el desarrollo de raíces de las plantas. La acción de las raíces sobre el suelo que las rodea y el aumento de la materia orgánica por la cantidad de raíces muertas al finalizar el ciclo de cultivo puede tener influencia en una mejoría de la estructura del suelo superficial.

Fertilidad.

Robledo (1988) señala que la elevación de temperatura y de humedad del suelo como consecuencia de estar protegido el terreno con una película de plástico favorece la nitrificación y, por lo tanto, la absorción del nitrógeno para la planta. Por otro lado, al estar protegido el terreno por estas láminas impermeables al agua, las lluvias no lavarán al suelo; los elementos fertilizantes no serán arrastrados de la superficie arable a capas más profundas donde no puedan ser aprovechadas por las raíces de las plantas. Las pérdidas de nitrógeno por lavado serán en este caso nulas.

Por otra parte, favorece la actividad microbiana y por lo tanto, durante la descomposición de la sustancia orgánica, favorece la producción del anhídrido carbónico, que es mucho mayor bajo el acolchado que en suelo desnudo, y además lo aprovechan mejor las plantas, lo que se traduce en un incremento de la producción.

Control de Malezas.

El desarrollo de las malas hierbas que se origina bajo las películas plásticas dependerá en gran parte del color de las mismas, es decir, de su transmitancia a la luz solar. Las películas negro opaco y las metalizadas interceptan casi todo el espectro visible. Las películas transparentes: verde marrón, gris – humo, y transparente total, permiten el paso de una gran cantidad de radiaciones. Esto permite el calentamiento del suelo y favorece el desarrollo de las malezas. Aunque en la mayoría de los casos en los tres tipos de películas aparecen malas hierbas, por lo general no llegan a fructificar, ya que con las altas temperaturas que se originan éstas terminan por sofocarse (Ibarra y Rodríguez, 1983).

Por definición, algunas películas para acolchado (películas negro opacas y metalizadas) son casi opacas a la radiación solar visible, capaces de obstruir, como ya se ha mencionado, la germinación y/o el desarrollo de las malezas de ciclo anual y bianual o el desarrollo de las perennes (Anónimo, 1984)

Splittstoesser (1984), señala que el acolchado ayuda a controlar malezas, pero no reduce la infestación si las malezas se hayan ya presentes. El acolchado negro impide la penetración de la luz que es necesaria para el crecimiento de las malezas. Estas solo pueden crecer cuando se utilizan plásticos transparentes o acolchados orgánicos.

Con el acolchado se tiene una especie de fumigación del suelo o un tratamiento térmico generados de efectos benéficos adicionales; por ejemplo, el control de malezas y una mejoría en el desarrollo del cultivo. Sin embargo, el acolchado es mejor que la fumigación, porque resulta mas barato y más seguro que un control químico o mecánico de malezas, no involucrando fitotoxicos o residuos de pesticidas, además de no requerir maquinas sofisticadas para su aplicación. En experimentos recientes se ha utilizado con éxito un tipo de película impregnada con herbicida que ha controlado las malezas en algodón, tabaco, pimiento, papa y tomate. La cobertura de esa película, una vez desarrollada, será muy importante porque ahorrara la aplicación de herbicidas (Hechmut, y Howe 1983).

Plagas y Enfermedades.

En lo referente al control de insectos una solución que ha proporcionado una buena efectividad en este problema es el uso del acolchado reflectivo que a su vez ha tenido una mejor respuesta en la producción. Este aumento en la producción se debe, posiblemente, al incremento de luz para la planta. Durante el acolchado del suelo, las películas de polietileno pueden ser colocadas ya sea mecánicamente en gran escala o manualmente. Su bajo costo permite extender su uso a un amplio rango de cultivos, además esta practica reduce el riesgo de alguna fitotoxicidad provocada por las altas temperaturas que pueden alterar el equilibrio biológico del suelo (Alan 1976).

Por otro lado, y debido a su menor costo con respecto a la película reflectiva, en Japón se esta utilizando una película opaca con una franja brillante de 25 mm de ancho

impresa en la misma que provee un cierto grado en el control de afidos, pues estos son repelidos por el reflejo de la luz (Carnell 1983).

Sizinszky, et al, (1990) indican en un trabajo realizado con acolchado de diferentes colores, que el menor numero de afidos, trips y mosquita blanca fueron cazados con el acolchado de color aluminio. El acolchado azul atrajo el numero más grande de afidos y trips, el acolchado de color rojo atrajo a la mosquita blanca. Por lo que en conclusión el acolchado de color aluminio tiene influencia repelente contra los afidos, trips y mosquita blanca.

Splittstoesser (1984) menciona que el acolchado no elimina enfermedades de la planta, pero mantiene a la fruta aislada al contacto con el suelo donde se encuentran los organismos causantes de enfermedades. Las pudriciones de la fruta de tomate y defectos de fruta en pepino y melones se pueden reducir con el uso de acolchado, las frutas se cosechan limpias cuando no están en contacto con el suelo.

Salinidad del Suelo.

La acumulación de sales solubles en los suelos se tiene como resultados de diferentes procesos y causa de uno de los problemas más serios para la producción de cultivos de las zonas áridas. La forma en que las plantas responden a las condiciones de un suelo salino es variable, así tenemos que la sensibilidad puede deberse a la baja disponibilidad de agua, a los efectos tóxicos causados por los iones específicos o a las condiciones físicas o nutricionales, además que a menudo son asociadas con los suelos sodicos. En las regiones donde el agua tiene un alto contenido de sales como el cloruro de sodio, cloruro de magnesio, sulfato de magnesio o sulfato de calcio, la intensa evaporación causa la formación de costras sobre la superficie del suelo (Ibarra y Rodríguez, 1983).

Uso Eficiente del Agua.

Munguia (1983) menciona que el uso del acolchado de suelos es una técnica que incrementa significativamente la eficiencia en el uso del agua por el control de la evaporación directa del suelo y reduce la incidencia de malas hierbas favoreciendo al cultivo con mayor disponibilidad de agua y nutrientes.

Narro (1985) señala que el cultivo de chícharo con el acolchado de suelos incrementa la eficiencia en el uso del agua por el cultivo hasta en 2.19 y 1.77 kg/m³, utilizando polietileno opaco y polietileno transparente respectivamente, comparado con el testigo cuya eficiencia fue de 0.75 kg/m³ de agua utilizada, así mismo menciona que la eficiencia en el uso del agua se incremento hasta en un 42.34 por ciento al suministrar el agua en base al abatimiento de la humedad disponible comparado con la eficiencia obtenida en el calendario de riego establecido.

Salgado (1986) observo que en el cultivo de chile pimiento morrón los cultivares Lady Bell y David, acolchados con polietileno negro opaco obtuvieron una eficiencia en el uso de agua de 3.318 kg/m³ y 3.282kg/m³ de agua aplicada de diferencia en relación a sus testigos respectivamente.

Zarate (1984) cita que en el cultivo de frijol ejotero la mayor eficiencia en el uso de agua se obtuvo con polietileno negro, seguido del acolchado con polietileno transparente y testigo, mismos que presentaron 9.26, 6.62 y 4.72 kg/m³ de agua aplicado respectivamente, manifestándose un incremento de la eficiencia de uso de agua hasta un 100%.

Garzón (1984), en estudios realizados en la eficiencia en el uso de agua en el cultivo de frijol, logro mediante el uso de acolchado con polietileno negro un incremento en 44.9% promedio en cuatro fechas de siembra.

Delgado (1986) realizando un estudio con el cultivo de sandía presento que el ahorro de agua con el uso de acolchado de suelos vario de 8.6 a 29.82 cm en condiciones de riego controlado.

Torres (1986) menciona que en el cultivo de calabacita la eficiencia del uso de agua se vio superada por los tratamientos acolchados, aumentando e 300.957, 263.607 y 211.412 % para el caso del acolchado con doble película, acolchado polietileno negro y acolchado respectivamente.

Precocidad.

Es interesante hacer notar que la técnica del acolchado plástico aumenta la precocidad, principalmente en los cultivos avanzados de primavera (lechuga, melón, calabacita, tomates, etc.).

Callejas (1988) cita que en el cultivo de calabacita registro su producción en condiciones de acolchado con polietileno transparente *Vs* intemperie en 13 días antes que los tratamientos sin acolchado y macrotunel. Además, también menciona que el uso de los macrotuneles permitió obtener cosechas con dos meses de anticipación a la fecha normal de plantación.

Hernández (1984) señala que en el cultivo de sandia la precocidad en días a emergencia es de 5.1 días en el acolchado con polietileno transparente con respecto al testigo. Indica también que la precocidad en días a floración y días a primer corte fue de 27.86 y 15.56 días en las plantas acolchadas con polietileno transparente con respecto al testigo.

Rodríguez (1982) menciona que para el cultivo del tomate encontró un adelanto del promedio en el inicio de recolección, obtenido con los tres tipos de plásticos utilizados, respecto al testigo de 17 días, indica también que en el cultivo de chile al utilizar el acolchado de suelos, con los diversos tipos de plástico, se obtuvo un adelanto promedio de 28 días, al inicio de la cosecha, respecto al testigo.

Torres (1986) observó que en la calabacita la precocidad en la floración fue estimulada por el acolchado, registrándose una anticipación de 11.5, 10.5 y 4.0 días para el acolchado con polietileno negro, acolchado con doble película y acolchado con polietileno transparente respectivamente, anticipación registrada al 90% de floración. Señala también que el acolchado anticipó la cosecha con respecto al testigo en 16.75, 16.25 y 15.25 días, para acolchado con doble película, acolchado con polietileno negro y acolchado con polietileno transparente respectivamente.

Rendimiento.

Callejas (1988) estableció un estudio con calabacita Tala (F1), encontró que el incremento logrado mediante el acolchado con polietileno negro respecto al tratamiento sin acolchar fue de 38% en la producción total y de 2.16 Kg más de frutos por metro cúbico de agua aplicada al cultivo; mediante el uso de macrotúnel fue de 755 por ciento en la producción total y 5.38 Kg más de fruto por cada metro cúbico de agua aplicada con respecto al cultivo a la intemperie.

Córdoba (1986) en un estudio realizado sobre frijol ejotero con películas plásticas negro y transparente, encontró que el segundo mostró el más alto rendimiento, siendo este de 3.941 ton más que el testigo (sin acolchar).

Garzón (1986) señala en trabajo realizado sobre frijol cv. Pinto Americano, bajo diferentes fechas de siembra y películas plásticas, encontró que los rendimientos en el tratamiento acolchado se incrementaron, en un 78.72% para acolchado con película plástica negra, y 75.57% para acolchado con película transparente con respecto al testigo.

Gutiérrez (1985) de acuerdo con trabajo realizado sobre acolchado de suelos con películas plásticas, encontró un pequeño listado sobre las tonalidades de mayor uso, ordenándolas de acuerdo a su efecto en el rendimiento: negro opaco, gris – humo, verde marrón y transparente.

Torres (1986) encontró en estudio realizado sobre calabacita, que el rendimiento se vio fuertemente incrementado, siendo el tratamiento más sobresaliente el acolchado con doble película plástica, el cual incremento la producción con relación al testigo en 269.785%, seguido del acolchado con polietileno negro con 235.347% y por ultimo el acolchado con película transparente con un 187.183%.

Zarate (1984) de acuerdo con trabajo en el cultivo de frijol ejotero, indica que con la aplicación de acolchado de suelos con plástico negro se obtuvo el mejor rendimiento con 16.72 ton/ha y el menor para el cultivo tradicional con 8.45 ton/ha, correspondiendo un intermedio para el acolchado transparente con 12.63 ton/ha. El rendimiento se incremento en los acolchados con respecto al testigo en 92 y 59 % respectivamente.

Resultados de Algunas Otras Investigaciones sobre el Uso de Acolchado Plástico.

Domínguez et al. (1995), confirmaron el efecto benéfico del acolchado negro sobre el rendimiento, al evaluarlo en piña con densidades de 23,800 hasta 51,200 plantas por hectárea. Por otro lado Swaify et al. , en 1993, mencionaron que el problema de erosión hídrica se reduce con el uso de acolchado plástico, con cultivos intercalados.

Robledo y Martin (1981) mencionan que mediante el acolchado de películas plásticas se obtienen aumentos en rendimiento en un 21 % según los cultivos y una precocidad de 8 a 21 días con frutos sanos y limpios. Además, se reducen los riegos, escardas fertilización y la mano de obra obteniéndose con ello mejores rendimientos.

Munguia (1983) cita, que trabajando en el cultivo de espinaca utilizando la practica de acolchado, el numero de riegos se redujo en promedio de 1.3 en comparación con el

testigo, además con el acolchado se incremento la producción en un 53% y la fecha del primer corte se adelanto 22 días respecto al testigo.

Petrov (1982) menciona que el acolchado con polietileno negro, estimulo el crecimiento, aumento la precocidad e incremento los rendimientos en berenjena cv. Trakiets. El polietileno transparente dio menor resultado que el testigo.

Rodríguez (1984) trabajando con melón bajo acolchado con polietileno transparente (APT) y acolchado con polietileno negro (APN) encontró que el acolchado incremento el rendimiento en un 97 % para APT, un 70 % para APN comparados con el testigo. Por otro lado, la relación entre la producción total de frutos y la lamina de agua consumida, proporciono la eficiencia del uso del agua la cual es la siguiente: APT 5.77 kg. / m³, APN 4.95 kg. / m³ y el control 2.57 kg. / m³.

Ibarra y Rodríguez (1985) al trabajar con calabacita bajo acolchado de suelos con PE transparente y negro, así como diferentes niveles de fertilización, observaron que se obtuvo un ahorro de 20.1 cm en la lamina de agua aplicada por efecto de acolchado. Además, la eficiencia en el uso del agua, se incremento en un rango de 2.39 a 2.86 kg. de fruto por m³ de agua aplicada y se logro un adelanto en inicio de cosecha de 8 a 9 días. Con respecto a la producción total y comercial, se logro un incremento de 75% al 175% y 120% a 258% respectivamente por efecto del acolchado plástico.

Cordoba (1986), indica que trabajando con frijol ejotero mediante acolchado de suelos con plástico negro y transparente, encontró que el diámetro de tallo, altura de planta, índice de área foliar, diámetro de raíz y peso fresco, fueron incrementados mediante el acolchado de suelos. Los acolchados mostraron niveles altos de contenido de humedad con respecto al testigo.

Ibarra y Rodríguez (1983) evaluaron en un periodo de dos años el comportamiento de chile Pimiento Cv. "Yolo Wonder" bajo acolchado con tres tipos de películas plásticas, polietileno transparente de 40 micras, polietileno negro de 40 micras y polietileno negro

opaco de 175 micras; utilizando una densidad de población de 52,632 plantas / ha y la fórmula de fertilización 120 – 60 – 00. Respecto a inicio de floración en el primer año esta variable se adelantó 20, 14 y 15 días para polietileno transparente de 40 micras, polietileno opaco de 40 micras y polietileno negro opaco de 175 micras de espesor; lo anterior en relación al testigo el cual inició la floración a los 72 días. En días a inicio de cosecha se notaron diferencias entre tratamientos acolchados, sin embargo todos ellos produjeron 28 días antes respecto al testigo. En rendimiento total el acolchado de polietileno negro opaco de 175 micras de espesor superó a los de más tratamientos ofreciendo una producción de 42.45 ton / ha. El incremento registrado de cada uno de los tratamientos es como sigue: 95.6, 66.6 y 52.4% para acolchado de polietileno negro de 175 micras, acolchado de polietileno negro de 40 micras y acolchado de polietileno transparente de 40 micras respectivamente. En el ensayo del año siguiente, el polietileno transparente de 40 micras superó a todos los tratamientos en producción total, siendo esta de 52.83 ton / ha con un incremento de 110.67% respecto al testigo.

Ramírez (1985) comparó la relación entre el número de riegos aplicados y el acolchado de suelos, llegando a la conclusión de que el número de riegos se reduce al utilizar plástico negro y transparente. La lámina de agua consumida se reduce hasta 12.43 cm cuando se utiliza plástico negro opaco en comparación con el testigo. Por otra parte, la eficiencia del uso del agua se incrementa a 19.06 kg. / m³, comparados con 0.89 del testigo; el rendimiento se incrementó de 1.774 ton / ha hasta 13.87 ton / ha, lo cual representa un incremento substancial de 12.096 ton / ha.

Jones et al (1977) mencionan que el acolchado de suelos reduce la pérdida de nitrato, sulfato, calcio, magnesio y potasio del suelo.

Ibarra et al (1980 – 1981) evaluaron el comportamiento del cultivo del tomate bajo acolchado de suelos utilizando polietileno negro opaco calibre 160 y polietileno negro opaco calibre 700, durante dos ciclos agrícolas. En rendimiento el acolchado superó al testigo (sin acolchar), obteniendo un rendimiento de 55.942 ton / ha en el tratamiento negro opaco calibre 700; 46.598 ton / ha con plástico negro opaco calibre 160; 45.159 ton / ha

para la película transparente y de 29.083 ton / ha para el testigo. Esto indica un 92.35, 60.22 y 55.28 por ciento de incremento en el rendimiento respectivamente sobre el testigo. Respecto a la precocidad en la cosecha los mejores resultados se lograron con el plástico transparente. El utilizar mayor espesor en un plástico de la misma pigmentación (en este caso negro opaco), se proporciona un mayor efecto de “abrigo” en el suelo, lo que repercute en la obtención de mejores resultados.

Lisa (1997) reporta que en parcelas de investigación de la Universidad Estatal de Pennsylvania en Rocks Spring, Pennsylvania, E. U. A., se están poniendo a prueba el valor de las nuevas herramientas de cultivo como lo son el acolchado plástico de colores, los cuales han dado los siguientes resultados:

Cuadro 1.6. Comportamiento del Acolchado de Color con Respecto al Plástico Negro, de acuerdo con Lisa (1997).

Cultivo	Color del Acolchado	Incremento en el Rendimiento	Mejoramiento de la calidad del fruto
Pepino	Rojo	18 %	Fruto mas grande
Pimiento	Amarillo, plata	22 %	Fruto mas grande
Calabaza		14 %	Madurez mas temprana
Tomate	Azul, rojo	15 %	Fruto mas grande Madurez mas temprana
Sandia	Pardo, negro	18 %	Fruto mas grande Madurez mas temprana
	Claro pardo		Fruto mas grande

Villaseñor (1988) señala que al trabajar con acolchado, transplante y dos fechas de siembra en el cultivo de calabacita cv. Gray zucchini, encontró que la lamina total de agua

aplicada en el acolchado fue de 30 cm, obteniéndose una mayor eficiencia en el uso de agua, el incremento respecto al testigo fue de 4.33 kg. de fruto / m³ de agua aplicada.

Melnick (1997) indica que el uso de acolchado plástico transparente en las variedades precoces de maíz dulce brindan a los productores rendimientos más abundantes en un 50 por ciento y de seis a diez días de adelanto en la maduración, también menciona que la germinación determina la precocidad: la etapa de desarrollo de la planta se ve mas afectada por el acolchado plástico en la emergencia de la plantula, debido a la germinación más temprana de la semilla. Las semillas que se siembren bajo acolchado plástico transparente generalmente germinan de cinco a seis días antes de las semillas no acolchadas, que han sido sembradas en suelo desnudo, además la uniformidad en la germinación es realizada por el plástico.

Camacho (1997) dice que la lechuga incrementa su producción obteniendo rendimientos promedio de 26 toneladas por hectárea, dependiendo de las variedades y de los sistemas de cultivo en las que sobre sale el uso de acolchado.

Chakraborty (1994) al comparar la solarización del suelo y el uso optimo del agua en el cultivo de cebolla con acolchado de polietileno transparente, orgánico (cascara molida, mijo y aserrín), y un testigo no acolchado. Se obtuvo que acolchando (con excepción del acolchado de aserrín) aumento significativamente el crecimiento vegetativo y el bulbo de la cebolla. La solarización del suelo en acolchado de polietileno transparente conservo mas la humedad del suelo y el doble de concentraciones de NH₄ y NO₃ que los otros acolchados y el testigo. Hasta ahora con la solarización del suelo el rendimiento total del bulbo de la cebolla es 80 por ciento mas alto que sin acolchado, y 25 por ciento mas que el acolchado orgánico.

Riego por Goteo

Linani et al (1995), citan que el riego por goteo es también llamado riego de “alta frecuencia o irrigación de flujo periódico”; son sistemas que utilizan tubos de plástico que conducen el agua y distribuyen las dosis calculadas de riego por medio de emisores especiales llamados goteros, funcionando en forma individual, lentamente y con una determinada frecuencia. Los sistemas de riego localizado (microirrigación) se prefieren en huertas, viveros, invernaderos y campos de hortalizas; para hortalizas sembradas en hileras se está adoptando en la actualidad la cintilla de goteo en combinación con el acolchado plástico. Este sistema posee tres elementos fundamentales para su identificación una aplicación de agua directamente en la zona radicular, constituye una irrigación localizada, el empleo dosificado del riego con el mantenimiento de una humedad adecuada del suelo próximo a la planta, y el uso de goteros. El sistema de riego por goteo resulto una alternativa para las regiones donde el agua es un recurso demasiado costoso, siendo necesaria la racionalización de su uso. Israel fue uno de los países pioneros en la investigación y desarrollo de este tipo de riego principalmente para sus zonas áridas, semiáridas y desérticas. Los investigadores Drs. Blass, Goldberg y Shunneli, inventaron y promovieron sistemas de riego que economizaban el volumen total de agua necesaria para la producción agrícola, inclusive aprovechando tipos de agua de baja calidad que no podrían utilizar en otros sistemas por los inconvenientes técnicos que acarrearían.

Ventajas del Riego por Goteo.

- Ahorro importante de agua, mano de obra, abonos y productos fitosanitarios. Son normales ahorros de agua del 50% con respecto a los sistemas convencionales y, en ocasiones, cifras superiores a esta.
- Posibilidad de regar cualquier tipo de terrenos, por accidentados o pobres que sean. La pendiente del terreno no es un obstáculo a este tipo de riego, por la regulación de caudales que puede conseguirse. Los suelos pobres o de poco espesor tampoco presentan inconvenientes, pues en cierto modo el goteo es una forma de hidroponía en la cual el terreno actúa de sostén.

- Aumento de producción, adelanto en cosechas y mejor calidad de los frutos como consecuencia de tener la planta satisfecha en sus necesidades de agua y nutrientes en cada instante.
- Permite realizar, simultáneamente al riego y otras labores culturales, al haber zonas secas no presenta obstáculo para desplazarse sobre el terreno.
- Mejor penetración del agua. La aplicación de agua a tasas muy lentas y en áreas limitadas alrededor de las plantas mejora la penetración del agua en suelos con problemas.
- No altera la estructura del terreno.
- Ahorro de energía. Se requiere presiones de funcionamiento y tasas de flujo, menores, por eso se necesita menos energía de bombeo. La bomba y la red de tubería para transportar el agua pueden ser más pequeñas y, por lo tanto, menos costosas.

Desventajas del Riego por Goteo.

Son muy pocas en comparación con las ventajas ya citadas.

- Mayor inversión inicial por unidad de superficie que otros sistemas de riego.
- Asesoría de personal especializado.
- Daños causados a los emisores por roedores y humanos requiriendo reparaciones frecuentes.
- No permite la protección contra heladas como los sistemas de riego por aspersión.
- Las pequeñas aberturas de los goteros se obstruyen fácilmente y requieren filtración cuidadosa del agua.
- La distribución del agua en el suelo queda limitada.

Sustentos para las Ventajas y Desventajas del Riego por Goteo.

Linani (1995) menciona que el riego por goteo subterráneo puede eliminar todas las malezas, excepto aquellas que tienen raíces profundas. El agua es aplicada a suficiente profundidad por debajo de las raíces para que las malezas no puedan germinar. En zonas que carecen de lluvia durante la temporada de cultivo se eliminan prácticamente todas las malezas anuales. No obstante, las malezas perennes continuaran creciendo.

Lamont (1994) cita que en cultivos de hilera sencilla, se debe colocar el tubo de riego por goteo de 10 a 12 cm del centro de la cama y de 5 a 8 cm de profundidad con las perforaciones hacia arriba. Y Para cultivos de doble hilera, colocar el tubo directamente al centro de la cama y enterrado de 5 a 8 cm de profundidad.

Marmol (1994) señala que la instalación de riego por goteo ha permitido que los emisores o goteros apliquen la misma cantidad de agua. Para ello, la instalación ha de conformarse con una serie de elementos que prefiltren y aspiren el agua, la mezclen con fertilizante, filtren esta dilución y la envíen a los goteros, a la presión de trabajo fijada. Para ello una instalación típica de riego por goteo consta de:

- Elementos de prefiltrado.
- Cabezal de riego.
- Red de distribución (conducciones generales, derivaciones y ramales portagoteros).
- Emisores o goteros.
- Elementos de control, regulación y seguridad.

Hiler y Howel (1972) citados por García y Briones (1986), mencionan que el agua suministrada con un sistema de riego por goteo crea un medio ambiente óptimo de humedad en el suelo, con base a una baja tensión y una alta frecuencia con lo que se pueden

tener eficiencias muy altas. La eficiencia en el uso del agua podría ser aumentada en un 50 % o mas por este sistema en comparación con el riego por superficie.

Parchomchuk (1976) cita que para mantener un control adecuado de agua aplicada, todos los emisores deben liberar la misma cantidad de dicho elemento, la cual no debe variar con el tiempo, ni los diferentes factores ambientales, ya que el sistema de riego por goteo es diseñado para descargar cantidades controladas de agua en áreas cercanas a las plantas.

Medina (1979) señala que el riego por goteo es aquel sistema que para mantener el agua en la zona radicular en las condiciones de utilización más favorables para la planta, se aplica el agua gota a gota. De esta forma el agua es conducida por medio de conductos cerrados desde el punto de toma hasta la misma planta, a la que se aplica por medio de dispositivos que se conocen como goteros o emisores.

Rojas (1990) indica que el riego por goteo se define como la aplicación artificial del agua al suelo en forma lenta pero frecuente y en pequeñas cantidades, dirigidas directamente a la zona radicular de las plantas, a donde llega a través de emisores o goteros. Dado que la aplicación es intermitente, esta permite mantener el suelo en condiciones optimas de humedad durante el desarrollo del cultivo.

Supo (1992) dice que el riego por goteo es el sistema de llevar el agua necesaria para los cultivos por medio de tuberías especiales a través de una red diseñada en el terreno, esta agua llega a la base de la planta por “emisores” que funcionan como goteros. En este sistema se establece una serie de particularidades que se traducen en un incremento de la producción y en alternativas económicas muy importantes. La posibilidad de instalación del equipo para su uso racional y para su máxima efectividad.

Según Kren (1995), el riego subterráneo produciría mas que el riego por goteo sobre la superficie, aparentemente, cuando el tubo gotero esta en

la superficie y deja salir el agua y el fertilizante, el movimiento es hacia los lados y hacia abajo, pero también hacia arriba. Cuando el tubo se encuentra a 30 cm de profundidad, el agua con fertilizante tiene que subir 20 – 25 cm por el camellón, a veces hasta 30 cm para llegar hasta la superficie. La misma cantidad, o aun más, tendrá que moverse hacia abajo por efecto de gravedad. Esa agua rica en nutrientes no alcanza las raíces más someras de muchas plantas, sino que se pierde dentro del suelo. Si el agua esta dentro de un sitio donde las raíces no la alcanzan, no sirve para nada. Es conveniente que los horticultores deban emplear el riego por goteo superficial en suelos arenosos, sin embargo, si esta siendo considerado el riego por abajo, es necesario estudiar con cuidado tanto el suelo como el cultivo, para cerciorarse que existe un perfil profundo y que la zona de raíces del cultivo lo penetra completamente. Y si el tubo tiene que ser colocado a 30 cm, seria deseable contar con una zona radicular de por lo menos el doble de esa profundidad.

Soto (1996) sostiene que al utilizar el sistema de riego por goteo se busca, por un lado, lograr una fertilización optima que ahorre agua y fertilizante; y que las plantas desarrollen un sistema radicular fuerte, abundante no muy profundo y concentrado en la porción del suelo donde recibe una nutrición balanceada. Un caso ilustrativo es el de los productores de melón del caribe, que sembraban aprovechando la humedad residual del suelo en la época de lluvias. Sus cultivos tenían raíces que podían penetrar hasta 90 cm de profundidad, hoy, con sistemas de riego por goteo, las raíces no penetran mas de 40 cm son abundantes, vigorosas y aprovechan en forma más efectiva tanto el agua como los fertilizantes.

Importancia del Riego por Goteo en Hortalizas.

El uso de cintillas de goteo para regar por debajo del acolchado plástico en la producción de hortalizas ha crecido dramáticamente y la mayoría de los cultivos ha respondido favorablemente a esta técnica (Flippis 1993). El uso del riego por goteo en la producción de hortalizas se ha expandido rápidamente en la última década.

Los factores que contribuyen a esta transformación son:

- a) Costo y disponibilidad del agua.
- b) Perfeccionamiento del riego por goteo.
- c) Reducción del costo del riego por goteo en relación a otros costos de producción.
- d) Desarrollo de prácticas de manejo integrales con máxima productividad de cultivos y perfeccionamiento de sistemas

Regionalmente, más de 30 000 has de cultivos hortícolas son utilizados en la producción anual usando riego por goteo. La mayoría de estos se han desarrollado en California, donde se han obtenido los mejores rendimientos en los cultivares de tomates (Harts 1993).

Resultados de Algunas otras Investigaciones sobre el Uso de Riego por Goteo.

Venegas (1995) reporta que el uso de riego por goteo con productores de la región de Pabellón de Arteaga en Aguascalientes, el cultivo de ajo, retribuye en ganancias y prestigio, mencionando que “ el sistema se paga solo, el rendimiento se ha aumentado en 50%, economizando igual porcentaje de agua, disminuyéndose el porcentaje de hortalizas no comerciables, hay menor cantidad de malezas y se puede fertilizar simultáneamente”.

Hensley (1997) indica que al utilizar el sistema de riego por goteo en campos de algodón de O'Donell, Texas, durante los últimos siete años, le ha redituado ventajosamente en el rendimiento de hasta 8.12 pacas por hectárea, en comparación con el algodón de temporal que produce de una a 2.2 pacas por hectárea.

Fernández (1997) menciona que en las regiones algodonerías de Baja California, sonora, Chihuahua, Coahuila y Tamaulipas, se ha comprobado que con la utilización de nuevas tecnologías (riego por goteo), se puede manejar un volumen mas reducido de agua y al mismo tiempo, elevar los rendimientos por arriba de cinco pacas por hectárea, además se incrementa la eficiencia del riego obteniéndose un ahorro de agua que va del 30 al 50 % dependiendo de las condiciones ambientales.

Fertirrigación

La introducción del riego por goteo en los sistemas agrícolas modifica intensamente las técnicas de manejo de los fertilizantes. Las producciones son mayores y por consiguiente, se incrementan las necesidades de nutrientes. La eficiencia de los fertilizantes puede verse aumentada o disminuida de acuerdo con el correcto o inadecuado manejo del agua y además la utilización del riego posibilita unas formas específicas de abonado.

La aplicación de los fertilizantes mediante el agua de riego recibe el nombre de fertirrigación. Los fertilizantes pueden aplicarse disueltos en el agua del riego a pie, por aspersión, localizado, etc. En cada caso las técnicas de fertilización tendrán que adaptarse a las de riego (González, 1991).

Chávez 1997 menciona que la técnica de la fertirrigación nace con el empleo del sistema de riego por goteo; método de aplicación del agua en forma eficiente y frecuente

con un mínimo desperdicio de la misma, así como de los fertilizantes al ser aplicados mediante este sistema. Día a día se incrementa mas la superficie irrigada por medio de este sistema y a la vez crece la necesidad de investigación sobre el rubro de la fertirrigación. La aplicación de nutrientes mediante el mismo tendrá los siguientes efectos:

- Ahorro de fertilizantes al hacer las aplicaciones dirigidas y fraccionadas de acuerdo a las necesidades del cultivo.
- Incremento en los rendimientos al incrementarse las eficiencias en el uso del agua y de los fertilizantes.

Ventajas de la Fertirrigación.

- Ahorro de agua.
- Concentración de raíces en el bulbo húmedo.
- Aplicación dirigida de fertilizantes.
- Fraccionamiento de los fertilizantes y por ende mayor producción y eficiencia en el uso del fertilizante (Chávez, 1997)

Desventajas de la Fertirrigación.

- Mayor inversión inicial por unidad de superficie que con otros sistemas de riego.
- Requisitos administrativos mayores, ya que el retraso en la toma de decisiones de operación pueden causar daños irreversibles al cultivo.
- El daño de roedores, insectos y humanos a tubos de goteo causa fugas y reparaciones.
- Las pequeñas aberturas del gotero se pueden taponar y requieren filtración cuidadosa del agua, y mantenimiento adecuado del equipo (Chávez, 1997)

Los Nutrientes.

Las plantas necesitan 16 elementos diferentes e insustituibles para desarrollarse correctamente. Estos elementos denominados esenciales son los siguientes: Carbono, Hidrogeno, Oxigeno, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Azufre, Cobre, Zinc, Manganeso, Fierro, Boro, Molibdeno y Cloro. Hay otros, que en determinadas plantas y animales son también necesarios o al menos beneficiosos, tales como el Sodio para la remolacha o el Silicio para el arroz y el Cobalto para rumiantes y leguminosas.

La clásica división es:

Macronutrientes: C, H, O, N, P, K.

Nutrientes Medios: Ca, Mg, S (Na, Si).

Micronutrientes: Fe, Cu, Mn, B, Mo, Cl, Zn.

Ésta, esta basada en las cantidades absorbidas por las plantas que puede resultar en muchos casos inexacta. El contenido de Fe o Mn, por ejemplo, puede ser a veces tan grande como el de Mg o S. Mas ilustrativa seria una división de nutrientes según su comportamiento bioquímico y funciones fisiológicas (González, 1991).

Contenido Mineral de la Materia Vegetal.

El principal constituyente de una planta es el agua, seguido por la materia orgánica y los minerales, en una proporción aproximada de:

- 70% de agua.
- 27% de materia orgánica.
- 3% de minerales.

Los minerales representan solo una pequeña parte de la materia vegetal pero tienen vital importancia.

El principal factor que regula el contenido mineral de las plantas es el específico (o incluso varietal) y genéticamente determinado "potencial de absorción de los diferentes nutrientes minerales".

El segundo factor que controla el contenido mineral de la materia vegetal es la disponibilidad de nutrientes en el medio nutritivo.

Dentro de las plantas se dan considerables diferencias en el contenido mineral entre los diversos órganos y entre plantas con distinto desarrollo vegetativo (González, 1991).

La Absorción de Nutrientes en el Suelo.

El proceso de absorción de iones por las plantas se debe considerar básicamente como un transporte de iones a través de membranas biológicas (ej. plasmalema). Como fruto de esta actividad se observa que:

- a) Las plantas son capaces de "absorber iones selectivamente".
- b) El hecho de que las concentraciones de varias especies de iones en las vacuolas son considerablemente más altas que en el medio exterior indica una absorción activa.
- c) El proceso de absorción requiere energía, generada por el metabolismo celular.

Los nutrientes "asimilables" o "disponibles" son aquella fracción de los nutrientes en el suelo accesible a las raíces de las plantas.

Los mecanismos por los que los nutrientes acceden a las plantas son varios: Una teoría mantenida largo tiempo explicaba la absorción de nutrientes por INTERCAMBIO

DIRECTO entre las superficies de las raíces y los coloides del suelo. Varias razones avalaban que este mecanismo contribuye solo en menor grado a la nutrición vegetal. La mayoría de los nutrientes necesitan ser transportados hasta las raíces y por eso la movilidad de los nutrientes en el medio líquido es un factor importante para su asimilabilidad. Los nutrientes en el suelo pueden ser transportados por dos mecanismos diferentes: la corriente en masa o Advección y por Difusión. La primera se produce cuando los solutos son transportados con el caudal de agua que va del suelo a las raíces de las plantas. La difusión por contra ocurre cuando un ion es transportado desde una concentración alta a otra mas baja y entra en acción cuando una de dos, o la concentración de iones en la superficie de la raíz es mas alta, o es mas baja que la solución circundante.

Prácticamente la totalidad de los nutrientes procedentes del suelo se absorben de la solución del suelo donde estos se encuentran bien en forma de aniones, cationes, moléculas y en forma de quelatos (Burgueño, 1996).

Movimiento de los Nutrientes en el Suelo.

González (1991), cita que los aniones NO_3^- , SO_4^{2-} y Cl^- se mueven completamente libres en el perfil del suelo al no ser retenidos por ningún mecanismo de absorción, lo que implica que son susceptibles de ser arrastrados por el agua de riego fuera del volumen del suelo explorado por las raíces. Además, dice que el movimiento de los nutrientes en el suelo se da como sigue.

Nitrógeno.

En el caso particular de los nitratos en la solución del suelo fluctúa mucho mas rápidamente que el resto de los nutrientes. Varía con la adición de nitratos como fertilizantes, con los procesos de nitrificación de NH_4^+ o NH_3 procedentes de los abonos y de la descomposición de la materia orgánica, con la actividad de las raíces y población microbiana, y con los procesos de desnitrificación y lavado.

El Nitrógeno en forma de ion NH_4^+ es retenido fuertemente por las arcillas y materia orgánica del suelo. Una vez aplicado al suelo su movimiento se vera restringido mas, cuanto mas arcilla y materia orgánica presente el perfil. La capacidad para profundizar en el perfil depende también de la composición de la solución del suelo, la saturación de las bases del suelo, y de la cantidad de NH_4^+ , NH_4OH o NH_3 y de la tasa de nitrificación. En la realidad, solo tiene importancia el movimiento del NH_4 en suelos arenosos o franco arenosos. Parte de estos movimientos son, probablemente debidos a su movilidad como gas NH_3 o NH_4OH . En el agua de drenaje es extraño encontrar amonio.

La urea, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ es muy soluble y no se retiene en el suelo y por tanto puede moverse libremente en el. No obstante es hidrolizada muy rápidamente (1 o 2 días), pasando a NH_4^+ , por lo que desde el punto de vista practico su movilidad es similar a la del ion NH_4^+ .

Fósforo.

El fósforo en forma de fosfato resulta fuertemente adsorbido por el suelo, por lo que su desplazamiento a través del perfil del suelo se ve impedido. Se puede considerar como nutriente inmóvil. No obstante, se ha demostrado en varias ocasiones que las aplicaciones superficiales de fosfatos no impiden que estos resulten disponibles para las plantas, e incluso a la larga, los fosfatos penetran en el interior del suelo de modo indirecto. Solo en suelos muy arenosos o con aplicaciones locales de grandes cantidades de fosfatos que saturan los puntos de adsorción pueden apreciarse movimientos importantes de fosfatos en el suelo. En el agua de drenaje no se encuentran cantidades apreciables de fosfato.

Potasio.

El potasio al igual que el Ca^{++} y el Mg^{++} son adsorbidos por el complejo de cambio.

El exceso de estos cationes puede moverse en el perfil del suelo libremente con la solución del suelo hacia zonas menos saturadas. La movilidad de estos cationes esta determinada por la cantidad y el lugar de aplicación del abono, por el contenido salino del suelo y del agua de riego y por el volumen de agua aplicada y de la capacidad de intercambio cationico del suelo; que a su vez depende de la cantidad y clase de arcillas y humus.

En el agua de drenaje de suelos salinos o abonados con un exceso de nitrógeno pueden encontrarse cantidades apreciables de K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} ; conjuntamente con el ion Na^+ .

Otros.

Las plantas absorben el azufre principalmente en forma de SO_4^- presente en la solución del suelo y que puede proceder de la solución del suelo (yesos), de los abonos, del agua de riego y de la descomposición de la materia orgánica. No es nada común encontrar deficiencias en Azufre, como tampoco hay referencias de carencias de Cl^- en suelos agrícolas. Este anión tiene importancia por los deletéreos efectos de su exceso en plantas sensibles.

Repasando los elementos absorbidos en forma de aniones observamos que el Molibdeno puede presentar carencias en suelos muy lavados, ácidos, donde son frecuentes excesos de Mn. El Boro también puede escasear en los suelos antes mencionados y puede llegar a ser tóxico en terrenos regados con agua con mas de 0.7 ppm de B.

El resto de los micronutrientes Zn, Cu, Mn y Fe al igual que el Co, permanecen en el suelo fuertemente fijados por lo que pueden considerarse tan inmóviles como el fósforo.

Comportamiento de los Nutrientes en Fertigación.

Burgueño (1996), menciona que el comportamiento de los nutrientes en un ambiente con fertirrigación es el siguiente:

Nitrógeno.

El nitrógeno en forma amoniacal queda retenido por los coloides del suelo, si las dosis de aplicación no son altas. Consecuentemente su desplazamiento no es grande, por lo que su concentración en las proximidades del gotero suele ser elevada.

A medida que aumenta la dosis, queda superada la capacidad de intercambio iónico de los coloides y en consecuencia el desplazamiento es mayor.

La nitrificación del amonio tiene lugar en las zonas insaturadas del terreno, mas alejadas de los goteros, no así en la zona saturada próxima a estos.

El amonio actúa como un fertilizante de acción lenta, dado que se transforma en nitratos normalmente al cabo de dos o tres semanas. Como solo una parte del amonio es retenido por los coloides superficiales del suelo, las pérdidas no son muy importantes, a menos que la zona humedecida en la superficie alrededor del gotero sea grande. En tales casos el amonio se pierde al volatilizarse, especialmente si el pH del suelo es mayor a 7. Igualmente favorecen las pérdidas aquellas aguas cuyo pH es también superior a 7.

Por esta razón, la urea que es muy soluble en agua y no es absorbida fácilmente por el suelo, resulta muy eficiente para su utilización con el goteo. Esta, se desplaza con el agua de riego y por lo tanto mediante un buen manejo, puede colocarse en los lugares más fácilmente utilizables por la planta.

Es bien conocido que el nitrato se mueve con toda facilidad en el suelo por su extraordinaria solubilidad; sigue normalmente el flujo de agua hasta el borde de la zona humedecida del suelo, es decir, del bulbo. No obstante, aunque este comportamiento es

bastante similar en los diferentes tipos de riego, pueden apreciarse diferencias significativas. Se ha observado que con el riego localizado se obtiene una mayor concentración de nitrato en la zona de las raíces que en los casos de riego superficial o mediante riego por aspersión.

Los nitratos son muy solubles y se desplazan fácilmente con el agua de riego, por lo que con frecuencia son arrastrados a profundidad, contaminando incluso los acuíferos. Se comprende por tanto, que un sistema de riego como el goteo que minimiza las pérdidas por percolación profunda, sea idóneo para la aplicación de nitratos.

Cabe mencionar que por su facilidad de lavado, se comprende que la mayor utilidad de los nitratos se consiga con aplicaciones periódicas a dosis bajas en todo el largo de la campaña de riego y de acuerdo con las necesidades de las plantas y no de una sola vez.

Cuando se dan condiciones de saturación en el suelo, el oxígeno disponible disminuye a lo largo del perfil, con lo que el nitrato se reduce transformándose en N_2 y NO que escapan a la atmósfera.

Los Anhídridos de amonio o amoniaco hidratado al inyectarse en el agua que contenga cantidades apreciables de calcio y magnesio, pueden causar precipitación de estos al incrementarse el pH del agua.

Fósforo.

El fósforo es el elemento más difícil de aplicar, pues, además de su baja solubilidad, existe el peligro de precipitación al reaccionar con el calcio que puede contener el agua de riego y que produce el paso del fosfato monocálcico a bicálcico.

Por otra parte, aun utilizando aguas que no sean cálcicas, en los terrenos calizos se presenta el mismo problema, pues el fósforo queda retenido en superficie y no es utilizado

por las raíces. Para evitar estas precipitaciones es conveniente acidificar ligeramente el agua de riego inyectando ácido sulfúrico o ácido nítrico.

El fósforo no se desplaza en el suelo mas allá de 20 o 30 cm del punto de aplicación al ser fuertemente absorbido por los coloides del suelo. Es un inconveniente común a todos los abonos fosforados. No obstante, se ha comprobado que al aplicarlo con riego por goteo, su desplazamiento en el suelo es mayor que con cualquier otro sistema, debido a que al aumentar su concentración se sobrepasa la capacidad de fijación del suelo. Una vez que estos lugares de fijación han sido ocupados, se hace posible el subsecuente movimiento del fósforo con el agua del suelo, habiendo comprobado descensos de hasta 50 cm.

Este mayor desplazamiento, tanto horizontal como vertical, permite mantener una alta concentración de fósforo cerca de las raíces bastante tiempo después de la aplicación del fertilizante.

El estudio de la distribución de fosfatos en el suelo ha demostrado que su mayor concentración tiene lugar en las proximidades del gotero (a 2 o 3 cm).

Potasio.

Como el fósforo, el potasio se mueve muy limitadamente en el suelo. El potasio suministrado es absorbido en el complejo de cambio del suelo. No obstante, las investigaciones han demostrado que el potasio puede moverse en el suelo a distancias de 60 a 90 cm en una estación, cuando se ha aplicado vía riego por goteo.

La absorción de potasio depende en gran parte de la humedad del suelo, hasta el punto en que en suelos secos prácticamente no se produce. El mantenimiento de una humedad constante como la que se obtiene mediante el goteo facilita dicha absorción.

Fertilizantes Utilizados en Fertirrigación.

Características.

Los abonos utilizados en fertirriego, según González (1991), tienen que presentar las siguientes características:

- Ser muy solubles para poderse manejar y distribuir adecuadamente.
- No han de reaccionar entre ellos formando precipitados.
- Ser compatibles con los elementos presentes en el agua de riego.
- Han de carecer de impurezas y aditivos (ceras, arcillas, etc.) que puedan producir en los tanques de fertilización espumas o precipitaciones capaces de obturar tuberías.

El cuadro N° 1.7 presenta las características de los abonos mas utilizados en fertirrigación.

Cuadro N° 1.7. Riqueza, Solubilidad e Índice de Acidez de los Abonos mas Utilizados en Fertirrigación.

Abono	Formula	Riqueza		
		N-P2O5-K2-O- otros	Solubilidad Gr/l a 20°C	Indice de Acidez
Nitrato amónico	NO ₃ H ₄	(33-35)-0-0-0	1900	185
Sulfato amónico	SO ₄ NH ₄	(20-21)-0-0-22 (S)	730	550
Nitrato cálcico	(NO ₃) ₂ Ca	15.5-0-0-30 (CaO)	1400	-100
	CO ₂ (NH ₂) ₂	(45-46)-0-0-0	1000	158
	NO ₃ K	13-0-46-0	315	-115
Urea	NH ₃ (Gas)	83-0-0		
Nitrato potasico	NO ₃ H	15.5-0-0		
Amoniaco	SO ₄ K ₂	0-0-50-18 (S)	120	
Acido nítrico	ClK	0-0-(60-62)	356	
Sulfato potasico	PO ₄ H ₂ K	0-52-33	230	
Cloruro potasico				

Fosfato monopotásico	$\text{PO}_4\text{H}_2\text{NH}_4$	12-49-0	220	357
Fosfato monoamónico	$\text{PO}_4\text{H}(\text{NH}_4)_2$	18-46-0	400	
Fosfato diamónico	SO_4Fe	36 (Fe)	260	
Sulfato ferroso	SO_4Mn	32 (Mn)	500	
Sulfato de manganeso	$\text{SO}_4\text{Mg} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	16 (Mg)	710	
Sulfato de magnesio	$\text{SO}_4\text{Zn} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	23 (Zn)	750	
Sulfato de zinc		11 (B)	50	
Bórax	$\text{Cl}_2\text{Ca} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	30 (Ca)	600	
Cloruro cálcico	PO_4H_3	0-(50-85)-0		
Acido fosfórico	SO_4H_2	30 (S)		
Acido sulfúrico				

Fuente: Memorias del 1 Curso Internacional Sobre Agrotécnica del Cultivo en Invernaderos, 1991.

El mismo autor también cita que existen en el mercado diversos abonos en solución aptos para su utilización en fertirrigación. Merecen citarse las soluciones nitrogenadas N-20 (Nitrato Amónico), N-32 (Nitrato Amónico mas Urea) y los polifosfatos amónicos, en los que el fósforo se encuentra en parte polimerizado y es capaz de secuestrar micronutrientes y tener mayor movilidad que los abonos fosfatados normales. Hay también abonos sólidos ternarios o cuaternarios especialmente preparados para su aplicación mediante el agua de riego. Estos abonos suelen ser bastante mas caros que los descritos en el cuadro 1.7 y su aplicación solo es posible en cultivos muy remunerativos.

Preparación de los Fertilizantes para su Empleo Mediante Riego por Goteo.

Características de las Soluciones y Efectos sobre las Instalaciones.

González (1991) que concuerda con Chávez (1997), cita que los fertilizantes se han de disolver para su aplicación mediante el riego. En esta operación se han de tener en

cuenta la compatibilidad tanto entre los abonos elegidos como entre los abonos y los iones presentes en el agua de riego.

Además piensan que como norma general al mezclar abonos para preparar una solución concentrada de fertilizantes se ha de evitar utilizar simultáneamente abonos que aporten calcio o magnesio con los que aporten sulfatos o fosfatos, para evitar la formación de precipitados. La acidez resultante del agua de riego tras la inyección del abono ha de ser ligeramente ácida (pH 6.5 - 7) y en el caso de utilizar fosfatos se mantendrá cercana a 6 añadiendo ácido fosfórico, nítrico o sulfúrico necesario. En el cuadro siguiente se dan recomendaciones generales para la mezcla de abonos.

Cuadro 1.8. Compatibilidad Química de la Mezcla de

Fertilizante

Fuente	NA	SA	FA	NS	NC	NP	SP	CP	SM	U
NA-Nitrato Amónico	C									
SA-Sulfato Amónico	C	C								
FA-Fosfato Amónico	C	C	C							
NS-Nitrato Sódico	C	C	C	C						
NC-Nitrato Calcio	C	O	O	C	C					
NP-Nitrato Potasico	C	C	C	C	C	C				
SP-Sulfato Potasico	C	C	C	C	O	C	C			
CP-Cloruro Potasico	C	C	C	C	C	C	C	C		
SM-Sulfato Magnesico	C	C	O	C	O	C	C	C	C	
U-Urea	X	C	C	C	X	C	C	C	X	C

O: incompatible, X: Compatibilidad limitada, C: Compatible.

Fuente: Memorias del 1 Curso Internacional Sobre Agrotécnia del Cultivo en Invernaderos, 1991.

Para preparar las mezclas de abonos se comenzará por disolver en primer lugar los ácidos, si estos fuesen necesarios, y luego los abonos, por orden de mayor a menor solubilidad, sin dejar de agitar (González, 1991).

Chávez (1997), menciona que en relación con el establecimiento de mezclas, una gran mayoría de investigadores consideran como parámetros importantes las compatibilidades entre las sales, su solubilidad y su acidez.

También asegura que los fundamentos que deben conocerse a la hora de preparar una solución nutritiva de fertilizantes son:

- Compatibilidad
- Solubilidad
- Acidez
- Grado de salinización.

Algunos casos concretos se mencionan a continuación, (González, 1991):

Fertilizantes Nitrogenados.

Todos los abonos sólidos nitrogenados suelen ser bastante solubles, lo que les hace idóneos para preparar soluciones almacén. En el cuadro 1.8, donde se da la lista de los más utilizados en fertirrigación, se observa que sus capacidades para acidificar la solución medidos por el “índice de acidez” –kilogramos de carbonato cálcico necesarios para neutralizar la acidez producida por 100 kilogramos de nitrógeno- pueden ser muy diferentes. Algunos como la urea no tienen efectos apreciables sobre el pH de las soluciones. Si se elige en cambio la fuente más barata de N, el amoníaco anhidro (NH_3), hay que adoptar una serie de precauciones, puesto que el gas inyectado directamente en el agua de riego incrementa notablemente el pH de la solución y origina la precipitación del calcio y magnesio. El precipitado recubre las conducciones y puede obturar los tubos de pequeño diámetro. Se pueden evitar estas precipitaciones bien, mediante la costosa inyección de “calgon” o limitando la cantidad máxima tolerable en función del calcio, del

magnesio y de las sales totales presentes en el agua de riego.

Otro indeseable efecto de las inyecciones de amoniaco anhidro o soluciones amoniacaes es la perdida de N en forma del gas NH_3 . Si se emplea NH_3 disuelto en agua, hay perdidas de amoniaco por volatilización a concentraciones bajas, que se incrementan aun mas al elevarse la concentración de amoniaco. Por esta razón se recomienda no pasar de 100 ppm de NH_3 .

Estos efectos indeseables hacen que las soluciones amoniacaes y el amoniaco anhidro sea menos recomendable que otros fertilizantes nitrogenados para su empleo en fertigación.

Las sales de amonio (NH_4^+) también pueden perder NH_3 a concentraciones bajas pero el porcentaje de estas perdidas disminuye rápidamente conforme aumenta la concentración inicial.

La perdida de amoniaco por volatilización esta en relación con el pH final de la solución fertilizante. Se ha podido observar que si se reduce el pH de esta hasta valores de 7 o menores las perdidas serán mínimas. La posibilidad de alcanzar fácilmente esto valores de pH depende de la clase y cantidad de abono fertilizante empleado, del pH inicial y de la capacidad amortiguadora de la solución.

También la temperatura influye en la volatilización de amoniaco. Henderson et al. (1955), observaron en una solución de sulfato amónico un incremento del N perdido como amoniaco del 5.2 al 7.6% cuando las temperaturas se elevaron de 20 a 32 °C. Estas perdidas naturalmente son independientes de las que posteriormente pueden darse en el suelo regado.

Si se evitan los abonos que elevan el pH en exceso no hay que esperar obstrucciones en filtros y emisores a causa del uso de abonos nitrogenados siempre que se limpien los sistemas de riego tras la aplicación del fertilizante para evitar de este modo la proliferación

de microbios. Por esta razón se recomienda que tras la emisión del fertilizante se aplique agua para lavar las instalaciones. En riego por goteo el periodo recomendado es de 1 hora. Hay ocasiones en que el agua esta contaminada con nitratos, en cuyo caso sería preciso el empleo de biocidas o la utilización de sistemas de riego que no precisasen filtrados y emisores de pequeño diámetro.

Abonos Fosfatados.

Cuando se desee aplicar abonos fosfatados mediante la fertirrigación hay que poner especial cuidado dado que estos son prácticamente incompatibles con el calcio y el magnesio. No se utilizaran mezclas con abonos que aporten estos elementos y si las aguas son ricas en calcio y magnesio, ha de evitarse la aplicación de fosfatos por este medio, a menos que se mantenga el pH a valores bajos para evitar la precipitación de fosfatos de calcio y magnesio. Cuando se aplica fosfato diamonico se recomienda como norma general aplicar 1.3 litros de ácido nítrico concentrado por cada kilogramo de abono (Veschambre y Vaysse,1980; citados por González 1991.).

También se puede emplear fosfórico pero hay que tener en cuenta que el bronce y el latón son atacados por los fosfatos especialmente en presencia de NH_4^+ .

Los polifosfatos de amonio se pueden emplear hasta concentraciones de Ca del orden de 40-100 ppm sin precipitaciones, para valores mayores sería necesario determinar la concentración mínima necesaria.

Sulfatos.

Los sulfatos presentan el mismo tipo de incompatibilidad con el calcio que los fosfatos.

Abonos Potasicos.

Ninguno de los abonos potasicos mas comunes y corrientes: ClK , SO_4K_2 y NO_3K suelen originar problemas de obturación en los sistemas de riego y filtros si bien son libres de impurezas. Su solubilidad varia considerablemente con la temperatura, pudiendo ser necesario calentar la solución de sulfato potasico para conseguir su completa disolución.

Magnesio.

Con frecuencia el Mg del agua de riego es suficiente para cubrir las necesidades de las plantas no obstante en casos de insuficiente aporte o de suelos con gran abundancia de calcio o plantas particularmente exigentes, se puede suministrar mediante el riego localizado. El fertilizante mas utilizado es el sulfato de magnesio que se debe manejar con las precauciones enumeradas al hablar de mezclas de fertilizantes.

Efectos de los Fertilizantes Sobre el Agua de Riego.

Chávez (1997), cita que al disolverse los fertilizantes en el agua, las características químicas de estas se ven alteradas. Estas alteraciones influyen en dos aspectos principales:

1. Modifican la conductividad eléctrica, ya que la adición de las distintas sales fertilizantes aumentan el contenido salino del agua. Es decir, osmótico, pudiendo repercutir negativamente en el cultivo. Y
2. Modificación del potencial Hidrogeno, debido a que los fertilizantes son altamente dissociables, es claro que influyen en las propiedades químicas y en particular del pH, con sus respectivas consecuencias, por ejemplo la precipitación del calcio en pH alcalino.

El autor menciona que es importante mantener el pH del agua de riego entre 6.0 y 6.5 para evitar daños.

Efectos de la Fertirrigación Sobre los Cultivos y Suelos.

La respuesta de las plantas y el suelo a la fertirrigación es en principio similar a la fertilización convencional por lo que no han de variarse las dosis recomendadas para cada cultivo. No obstante, existe la posibilidad de incrementar la eficiencia de los abonos y por tanto, reducir algo las cantidades aplicadas al suelo. Por otra parte, dado el pequeño volumen explorado por las raíces resulta práctico fraccionar el suministro de nutrientes -en especial aquellos más móviles- acomodándolos a las necesidades del cultivo.

En el caso de los abonos nitrogenados, un manejo inteligente de la fertilización puede permitir una disminución de las pérdidas de Nitrógeno, bien por volatilización, desnitrificación o lavado al principio del ciclo de desarrollo de las plantas, a la par que se puede adaptar el abonado a las exigencias de las cosechas.

Para adaptar el suministro de fertilizante a las necesidades de los cultivos es preciso conocer sus curvas de absorción. Si se carece de este dato se puede efectuar la aproximación de dividir las recomendaciones de abonado anual en numerosas dosis repartidas con los riegos.

En el caso de aplicar los abonos con fósforo mediante el riego, hay que tener en cuenta que la curva de acumulación de fósforo por las cosechas no coincide con la de Nitrógeno sino que la precede. Las máximas absorciones se dan antes. Por esta razón y por necesitar las plantas un abundante y temprano abastecimiento de fosfatos y ser estos poco móviles, se recomienda prescindir de los espaciamientos propios de los abonos nitrogenados y aplicar los fosfatos lo antes posible, antes incluso de la siembra.

El potasio, al igual que el fósforo se mueve de forma limitada en el suelo por lo que

las anteriores consideraciones sobre reparto del abono fosfatado son aplicables en este caso.

Los micronutrientes pueden aplicarse en la fertigración, aunque no siempre sea esta la vía más recomendable.

Los quelatos aunque más caros, están especialmente adaptados para su aplicación con el riego localizado, al ser normalmente muy solubles en agua y no causar obturaciones ni precipitaciones. (González 1991).

Abonado de Plantas Hortícolas.

González (1991), piensa que las plantas hortícolas se caracterizan por las elevadas extracciones de nutrientes que efectúan a lo largo de su ciclo, en especial a partir de la floración o cuajado de los primeros frutos.

Cuando se carece de información sobre la dinámica de extracción de nutrientes y sobre la respuesta de las plantas al abonado, se pueden basar las recomendaciones de fertilizantes en las cantidades extraídas por las plantas en una cosecha considerada óptima; aumentándolas en aquellos suelos pobres o de muy fácil lavado (arenosos) y reduciéndolos en los casos de suelos muy fértiles. En el cuadro N° 1.9 se dan, a título orientativo los niveles de nutrientes en el suelo, esto puede servir de guía para que el agricultor modifique las dosis recomendadas adaptándolas a sus condiciones particulares.

Cuadro 1.9. Niveles de Nutrientes en el Suelo a Partir de los Cuales se Puede Modificar la Fertilización en Cultivos Hortícolas Intensivos.

Elemento	Niveles de nutriente disponibles a partir de los cuales el abonado recomendado se puede		
	Aumentar	Reducir	Suprimir
P	< 9	> 25	> 140
K	< 50	> 500	> 1200
Mg	< 25	> 100	> 175

Nota: Los nutrientes analizados según: P (Olsen), K (Acetato NH₄) y Mg (Nitrato

Mg).

Fuente: Memorias del 1 Curso Internacional Sobre Agrotécnia del Cultivo en Invernaderos, 1991.

El nitrógeno recomendado vendría modificado de acuerdo con el sistema de manejo del suelo y las cosechas previas.

Las relaciones entre el potasio y el magnesio disponibles en el suelo (K ppm/Mg ppm) deben oscilar entre las proporciones 4/1 y 2/1. Si la proporción estuviese fuera de este intervalo debería reducirse gradualmente mediante el abonado.

Factores que son Necesarios para la Elaboración de un Programa de Fertirriego.

Chávez (1991) menciona que es necesario conocer:

- Características químicas del agua de riego.
- Características físicas y químicas del suelo.
- Las necesidades de agua del cultivo (ETP).
- Las necesidades de elementos nutritivos según la fase fisiológica.

También el autor dice que es necesario establecer:

- Las formulaciones y concentraciones de fertilizantes solubles adaptados al cultivo y a los medios disponibles.
- El ritmo y la frecuencia de los riegos favoreciendo un fraccionamiento máximo.

Y por ultimo, cita que hay que verificar:

- pH y conductividad de la solución inyectada.

- La salinidad del suelo al inicio, en el transcurso y al final del ciclo.

Si llegaran a existir en estos reportes valores que el técnico considere que puedan ocasionar problemas, entonces habrá que dar una solución mediante la aplicación de algún producto que nos ayude a dar balance y por ende, una solución.

Fraccionamiento del Abonado en Fertirrigación.

González (1991), cita que una vez conocidas las cantidades de nutrientes que se desean aplicar en cada periodo vegetativo podemos fraccionar su incorporación al suelo cuantas veces nos convenga. Cuanto mas dividamos la aplicación, menores serán las concentraciones de solutos en el agua de riego y se parecerá a una fertilización de cultivo en hidroponía.

En suelos normales, no excesivamente arenosos, podemos contar con la capacidad reguladora del mismo y aplicar el fertilizante con cualquier tipo de fertilizador sin preocuparnos por la variación de la concentración durante la incorporación de los nutrientes al agua de riego.

El autor nos indica el resumen de las características generalizadas del fraccionado de los fertilizantes.

Nitrógeno.

Parece aconsejable aportar el N lo mas repartido posible durante la mayor parte de la campaña de riego; incorporando las primeras dosis temprano, incluso aunque no sea necesario el riego. Castilla 1986 recomienda abonar el tomate hasta 10 días antes de la ultima recolección.

Fósforo.

Gran parte del fósforo, si no todo, puede aplicarse directamente al suelo en forma de superfosfato, cuando se efectúe el “retranqueo”, localizándolo preferentemente en la zona a humedecer por los goteros. El resto se debe añadir antes de la floración – cuajado, siendo recomendable aplicar incluso las primeras dosis antes del transplante ya que no hay referencias de una respuesta favorable a la aplicación repetida de fósforo.

Potasio.

A falta de información específica se puede seguir las mismas recomendaciones que para el fósforo. El fertilizante aplicado al suelo puede ser sulfato de potasio y si las aguas no son muy salinas y no se cultiva una cosecha sensible al cloro, se puede emplear cloruro potásico. El potasio restante se aplicará disuelto en presiembra y –a diferencia del fósforo– repartido a lo largo del ciclo.

Micronutrientes.

El suelo, los tratamientos fitosanitarios y el agua de riego aportan normalmente suficientes micronutrientes a los cultivos. Si se detectase alguna deficiencia esta se podría corregir vía tratamiento foliar o mediante la fertirrigación. Se puede aplicar de forma preventiva con pequeñas dosis de micronutrientes. Es especialmente popular la aplicación de quelatos de hierro y manganeso en los suelos muy calizos. Cadahia (1988), recomienda un tratamiento semanal con una mezcla de quelatos, EDTA-Fe, EDDHA-Fe con EDTA-MN.

MATERIALES Y METODOS

Localización y Caracterización del Sitio Experimental

El presente trabajo se llevó a cabo en el campo experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA); que se encuentra localizado al noreste de la ciudad de Saltillo, Coahuila; ubicado geográficamente dentro de las coordenadas 25° 27' latitud Norte y 101° 02' longitud Oeste con una altitud de 1610 msnm.

Clima.

El clima que predomina en Saltillo según el sistema de clasificación de Wilhelm Koeppen es el seco estepario con lluvias en verano e invierno.

Siendo la formula climática: $Bsok (X') (e)'$.

Donde:

Bso = Mas seco de los Bs.

K = Templado con verano cálido, temperatura anual de 12 y 18 grados centígrados y la del mes mas caluroso de 18 grados centígrados.

(X') = Régimen de lluvias intermedias entre verano e invierno.

(e)' = Extremoso con oscilaciones entre 7 y 14 grados centígrados. La temperatura y precipitación media anual son 18 grados centígrados y 345 mm respectivamente.

Suelo.

El suelo del área experimental del CIQA es de origen aluvial textura arcillo-limosa, con un valor de 0.95 % de materia orgánica (medianamente pobre), un pH de 8.4 (alcalinidad media), una conductividad eléctrica de 3.0 mmhos / cm (ligeramente salino), con una capacidad de campo de 28 %, un punto de marchitez permanente de 16.4 % y una densidad aparente de 1.22 gr / cm³ (Delgado (1986), citado por moreno (1988)).

Diseño Experimental y Arreglo de los Tratamientos

Se evaluaron dos dosis de fertirrigación en dos cultivares de chile, la primera recomendada en folleto técnico que promueve el uso de nitrato de potasio y la segunda que representa el 50 % de los nutrientes que recomienda la primera.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar. El experimento constó de 2 tratamientos con 4 repeticiones para cada cultivar de chile, dándonos un total de 16 unidades experimentales.

Cuadro 2.1. Descripción de los Tratamientos en Estudio.

Tratamiento	Descripción
1. Anaheim con dosis alta.	Anaheim Cv. TMR 23 con dosis 330-152-341
2. Anaheim con dosis baja.	Anaheim Cv. TMR 23 con dosis 167-078-171
3. Pimiento con dosis alta.	Pimiento Cv. Yolo Wonder con dosis 330-152-341
4. Pimiento con dosis baja.	Pimiento Cv. Yolo Wonder con dosis 167-078-171

Para la comparación de medias se utilizó la prueba de diferencia mínima significativa (DMS).

La dimensión del área experimental fue de 2 300 m². En el cuadro N° 2.2 se muestra el croquis del arreglo de los tratamientos que conformaron el área experimental.

Cuadro 2.2. Arreglo de los Diferentes Tratamientos.

	Dosis	
	167-078-171	330-152-341
Pimiento Cv. Yolo Wonder	Trat 4 Rep 4	Trat 3 Rep 4
	Trat 4 Rep 3	Trat 3 Rep 3
	Trat 4 Rep 2	Trat 3 Rep 2
	Trat 4 Rep 1	Trat 3 Rep 1
	Dosis	
	167-078-171	330-152-341
Anaheim Cv. TMR 23	Trat 2 Rep 4	Trat 1 Rep 4
	Trat 2 Rep 3	Trat 1 Rep 3
	Trat 2 Rep 2	Trat 1 Rep 2
	Trat 2 Rep 1	Trat 1 Rep 1

Cada unidad experimental para el cultivo de Anaheim Cv. TMR 23 constó de 5 camas con las siguientes características:

Longitud de la cama	10.8 m
Distancia entre camas	1.80 m
Distancia entre hileras	0.30 m
Distancia entre plantas	0.30 m
Numero de plantas / unidad experimental	360 plantas

Mientras que la unidad experimental para el cultivo de Pimiento Cv. Yolo Wonder constó de 3 camas con las siguientes características:

Longitud de la cama	9.80 m
Distancia entre camas	1.80 m
Distancia entre hileras	0.30 m

Distancia entre plantas	0.30 m
Numero de plantas / unidad experimental	195 plantas

Esta diferencia entre materiales biológicos y unidades experimentales nos llevó a la necesidad de evaluar los lotes como dos experimentos diferentes con las mismas variables y hacer comparaciones entre los resultados de los mismos. Se decidió continuar con un análisis estadístico de bloque al azar para ambos casos.

Establecimiento del Experimento

Preparación del Terreno e Instalación de Acolchado y Sistema de Riego.

Se llevaron a cabo las labores de rastreo, barbecho y nivelación del terreno, para después iniciar con la formación de camas. El acolchado y colocación de la cintilla se realizaron con acolchadora minikenncó el día 5 de mayo de 1997, la cintilla utilizada fue la de la marca T- Tape calibre 8 milésimas con emisores espaciados a 20 cm y un gasto de 250 lts/hr/100m, trabajando a una presión de 8 PSI, colocando una cintilla de riego por cama. Para el acolchado se utilizó plástico blanco de calibre 150. La perforación del plástico se llevo a cabo de forma manual el día 8 de mayo.

Siembra y Transplante.

Para este trabajo se utilizaron las variedades de chile Anaheim Var. TMR 23 y Pimiento Cv. Yolo Wonder. La siembra del almácigo se realizó el día 3 de marzo de 1997 en charolas de poliestireno de 200 cavidades, se utilizó el sustrato Sunshine n_o 1, una vez sembradas las semillas se procedió a regar las charolas y estibarlas, posteriormente se llevaron al invernadero. La emergencia de plantulas se dio a los 11 días en Pimiento Cv. Yolo Wonder y 12 en Anaheim Cv. TMR 23 posteriores a la siembra, una vez que las

plántulas emergieron se regaron con regadera dos veces por día y se les dio el siguiente tratamiento como lo muestra el cuadro 2.3.

**Cuadro 2.3. Fertilización, Control de Plagas y Enfermedades en Chile Anaheim
Var. TMR 23 y Pimiento Cv. Yolo Wonder en Estado de Plántula.**

Producto	Dosis	Fecha de 1997
Tecto	1.5 g/l	13/03
Ridomil Bravo	1.5 g/l	20/03
Foltron Plus	1 ml/l	
Captan	2 g/l	23/03
Foltron Plus	2ml/l	
Previcur N	1.5 ml/l	03/04
Nitrato de Calcio	2 g/l	04/04
Cupertron	1.5 ml/l	08/04
Flonex	3 ml/l	18/04
Raizal	2 g/l	
Previcur	1.5 ml/l	29/04
Nitrato de Calcio	2.5 g/l	01/05
Nitrato de Calcio	2 g/l	05/05

El nitrato de calcio se aplicó con la regadera en el agua de riego, el resto de agroquímicos se aplicaron con una aspersora manual de mochila.

El transplante se llevo a cabo el día 8 de mayo. Se manejo una densidad de población de 37,333 plantas / ha, con distancias entre plantas e hileras de 30 cm (tresbolillo) y entre camas de 1.80 m.

Manejo del Cultivo

Riegos.

Se aplico el riego por goteo cada tercer día con una duración de 3 horas al inicio del ciclo del cultivo y conforme aumento el área foliar, y por ende, la transpiración del cultivo, se aumentaron de 4 a 5 horas si el suelo o la planta así lo requerían.

Fertilización.

La fertilización fue aplicada en su totalidad por el sistema de riego, es decir que no hubo fertilización de fondo. Para ambos tratamientos se fraccionó la dosis como lo indican los programas en los cuadros 2.4 y 2.5, especificando las fuentes de fertilizante, la cantidad de cada uno de ellos y los días que duro aplicándose la fracción de tal dosis.

Cuadro 2.4. Programa de Fertilización para los Tratamientos que Llevaron la Dosis de Fertirrigación 330-152-341 (Alta).

Días Después del transplante	Fertilizantes (kg/día/ha)				Días de duración
	Nitrato de potasio	Nitrato de amonio	Fosfato monoamonico	Acido fosfórico	
11-30	4.00	3.06	2.90	1.40	24
31-50	6.00	3.76	2.00	1.00	24
51-75	6.50	5.86	2.00	1.00	24

76-final	10.00	8.52	1.00	0.50	38
Total en el ciclo (kg/ha).	776	628.08	203.60	100.60	110

Cuadro 2.4. Programa de Fertilización para los Tratamientos que Llevaron la Dosis de Fertirrigación 167-078-171 (Baja).

Días Después del trasplante	Fertilizantes (kg/día/ha)				Días de duración
	Nitrato de potasio	Nitrato de amonio	Fosfato monoamonico	Acido fosfórico	
11-30	2.00	2.05	0.00	2.02	24
31-50	3.00	2.70	0.00	1.44	24
51-75	3.25	3.25	0.00	1.44	24
76-final	5.00	4.30	0.00	0.72	38
Total en el ciclo (kg/ha).	338	355.4	0.00	144.96	110

Aporque.

Se realizó un aporque o tapa pie al cultivo para que las plantas tuvieran un mejor sostén y para evitar la salida de aire caliente por los orificios y promover así, se quemara la maleza.

Deshierbes.

Los deshierbes se realizaron en forma manual eliminando únicamente las hierbas en los orificios en donde se encontraban las plantas solo cuando fuera necesario. Sin embargo,

debido a que el plástico blanco permite el paso de la luz se presento una infestación fuerte de malezas haciéndose necesario retirarlas de forma manual levantando un poco la película plástica.

Entutorado de Plantas.

Fue necesario dar un soporte extra ya que las plantas que se desarrollan en acolchado y riego por goteo tienen un sistema radicular poco profundo, lo cual propicio que el viento llegara a acamar algunas plantas. Para esta practica se requirió de arcos de alambón con sus bases incrustadas en la cama a la misma altura de las hileras de plantas, a los que se les amarraba rafia, también siguiendo toda la hilera de plantas y terminando en otro arco de las mismas características y con la misma orientación. Esto permitió una mayor resistencia de las plantas a la fuerza del viento.

Aplicación de Agroquímicos.

Se hicieron diferentes aplicaciones de agroquímicos durante todo el ciclo del cultivo, para controlar y prevenir plagas y enfermedades. Los agroquímicos, tanto biocidas como fertilizantes foliares y adherentes o dispersantes utilizados, se presentan en el cuadro 2.6. Cabe mencionar que las plagas que mas se presentaron fue el minador de la hoja y pulgón; en cuanto a enfermedades, se puede decir que no presento ninguna en forma grave.

Cuadro 2.6. Fertilización Foliar y Control de Plagas y Enfermedades Durante el Desarrollo del Cultivo.*

Producto	Dosis	Fecha de 1997
PCNB	250 ml/15 l de Agua	08/05
Foltron Plus Bionex	30 ml 15 ml	15/05
Flonex Tamarón Foltron Plus Bionex	45 ml 30 ml 20 ml 15 ml	19/05
Promyl Folidol Foltron Plus Bionex	50 g 30 ml 20 ml 20 ml	22/05
Cupertron Basudin Foltron Plus Bionex	75 ml 50 ml 20 ml 15 ml	25/05
Lucation Decis Foltron Biorux Daconil	80 ml 80 ml 80 ml 80 ml 200 gr	24/06
Pounce	60 ml	01/07

Flonex	300 ml
Inex	60 ml
Foltron	80 ml

* Aplicado a ambos tipos de Chiles.

Variables Evaluadas

Altura de Planta.

Para evaluar la altura de planta se marcaron 5 plantas por repetición. Se utilizó una regla de 60 cm, posándola en la base del tallo y verificando la altura del brote apical. De esta forma, se realizaron tres evaluaciones dentro del ciclo del cultivo, en fechas que representaban momentos críticos en el desarrollo vegetativo del mismo tal como 45 días después del transplante, inicio de fructificación y producción plena.

Diámetro de Tallo.

El diámetro de tallo se evaluó en las mismas plantas que estaban marcadas para la variable anterior. Se utilizó un vernier, y se tomó la medida de el grosor en la base del tallo, haciéndolo también en las mismas fechas que marcan los momentos importantes en el desarrollo de la planta.

Area Foliar.

Se obtuvo tomando dos medidas en la parte aérea de la planta, una orientada hacia lo largo de la planta o en el sentido de la línea de plantas, y la otra, en sentido perpendicular a la primera. Después estos datos fueron procesados en la ecuación:

$$Area\ de\ Copa = \pi \left(\left(\frac{Largo}{2} \right) \left(\frac{Ancho}{2} \right) \right)$$

para obtener el área en cm^2 de una superficie en forma de ovalo. También se tomaron los datos de evaluaciones hechas en las mismas fechas críticas que las demás evaluaciones.

Número de Frutos.

Se contabilizaron los frutos cosechados por corte en cada unidad experimental sumándolos al final del cultivo y reportándolos en número de frutos / m^2 .

Rendimiento.

Se obtuvo pesando los frutos cosechados por corte y en cada unidad experimental sumándolos al final del cultivo y reportándolos en kg / m^2 .

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados y discusión se presentan y analizan basados en un diseño de bloques al azar. Para todas las variables, se presentan cuadros de comparación de medias resultado del análisis de varianza y prueba de rango múltiple (DMS), en donde se incluyen ambos tratamientos (fertilización alta y fertilización baja). Además, se presentan figuras con el desarrollo de las variables, en donde se puede apreciar mejor la diferencia o similitud entre los tratamientos.

Altura de Planta.

Para evaluar la altura de planta en el cultivo de Anaheim Cv. TMR 23, se tomo en cuenta el crecimiento de la misma en tres fechas dentro del ciclo de cultivo. El análisis de varianza para las tres fechas de esta variable no presenta diferencia significativa entre tratamientos, sin embargo, se observó diferencia numérica entre ellos; existe un 6.79, 8.01 y un 13.54 % de incremento en los tratamientos de dosis alta con respecto a los de dosis baja, correspondientes a las fechas de 18-19 de junio, 15-16 de julio y 24 de septiembre, respectivamente, como lo presenta el cuadro N° 3.1.

De la misma manera para el cultivo de Pimiento Cv. Yolo Wonder, se tomo en cuenta el crecimiento de las plantas en las mismas tres fechas dentro del desarrollo vegetativo. El análisis de varianza para las tres fechas tampoco presenta diferencia significativa entre tratamientos. Sin embargo, también muestra cierta diferencia numérica; existe un 2.86, 9.22 y un 4.53 % de incremento también atribuido a los tratamientos de dosis alta con respecto a los de dosis baja, correspondientes a las fechas de 18-19 de junio, 15-16 de julio y 24 de septiembre, respectivamente, como se observa en el cuadro N° 3. 2.

Los resultados en ambos cultivos nos muestran incrementos en la altura de las plantas tratadas con dosis mas altas de fertirrigación. Se piensa que este incremento puede deberse en gran parte a la mayor disponibilidad de nutrientes en el medio en que crecen. Sin embargo, la diferencia en las dosis de fertilización es de 50% y se cree que la diferencia entre tratamientos debió ser mayor sobre todo en el cultivo de Pimiento Cv. Yolo Wonder, ya que el cultivo de la Anaheim Cv. TMR 23 es mas rústico y por lo tanto mas resistente a las adversidades en el medio ambiente.

Diámetro de Tallo.

De igual forma que en la variable anterior, para evaluar el diámetro de tallo en el cultivo de Anaheim Cv. TMR 23, se tomo en cuenta el grosor de la base de la planta en tres fechas dentro del desarrollo del cultivo. El análisis de varianza no muestra diferencia significativa e incluso las diferencias numéricas son mínimas. En la primera fecha de toma de datos (18-19 de junio) el tratamiento con la dosis alta presenta un incremento de 8.89 % sobre el de la dosis baja; para la segunda fecha (15-16 de julio) el incremento lo presenta el tratamiento con la dosis baja, siendo mayor en un 1.59 %; y en la ultima fecha se presenta un incremento mínimo hacia la misma dirección, es 0.59 % mayor el dato de la dosis baja sobre la alta.

También, se tomaron los datos para el cultivo de Pimiento Cv. Yolo Wonder. El análisis de varianza, al igual que en Anaheim Cv. TMR 23, presenta diferencias significativas nulas y diferencias numéricas muy pequeñas. En la primera fecha de evaluación (18-19 junio) el tratamiento de dosis baja presenta un incremento sobre el de dosis alta de un 3.68 %; mientras que en la segunda fecha (15-16 julio) el dato mayor lo presentó el tratamiento con la dosis alta, siendo mayor en un 3.58 % sobre el de la dosis baja; al final, la ultima fecha de evaluación volvió a cambiar el lugar del dato mayor, ubicándolo en el tratamiento de la dosis baja con un 5.35 % de incremento sobre el de la dosis alta.

La diferencia entre los datos es muy pequeña y se puede decir que inconsistente. Para el cultivo de Anaheim Cv. TMR 23, la diferencia se atribuye primero al tratamiento con la dosis alta y luego, en las dos evaluaciones siguientes, se cambia al tratamiento de la dosis baja, aunque sea mínima la diferencia; por otro lado, el cultivo de Pimiento Cv. Yolo Wonder, presenta la diferencia atribuida primero al tratamiento con la dosis baja, cambiando después al de la dosis alta y por último, dejando de nuevo al tratamiento de la dosis baja con el dato más alto. Esta serie de cambios en las líneas de las figuras 3.3 y 3.4, que marcan el incremento en el grosor del tallo de estos cultivos es, hasta cierto punto rara, pero se piensa que pueda deberse a la actividad a la que la planta destine el uso de sus nutrientes. Probablemente el incremento de área foliar, el desarrollo de frutos o algún otro proceso fisiológico esté disminuyendo nutrientes que se pudieran destinar a engrosar el tallo. Cabe mencionar que aun no existen datos reportados en investigaciones sobre esta variable.

Area Foliar.

Para evaluar el área foliar fue necesario utilizar una ecuación que nos diera la superficie de el ovalo que marca la misma, en la cual se procesaran los datos de largo y ancho de copa tomados en las fechas marcadas como periodos críticos. Se tuvo como resultado que para Anaheim Cv. TMR 23 el análisis de varianza no presenta diferencia significativa (Cuadro N° 3.5), sin embargo, existe una diferencia numérica muy marcada a favor de el tratamiento con dosis alta, apreciándose un 7.29, 20.5 y 21.33 % de incremento sobre los tratamientos con dosis baja en las fechas 18-19 de junio, 15-16 de julio y 24 de septiembre respectivamente.

De igual forma se evaluó el área de copa foliar para Pimiento Cv. Yolo Wonder, teniendo que el análisis de varianza tampoco presentó diferencia mínima significativa (Cuadro N° 3.6). También se puede observar que la diferencia numérica que existe es muy pequeña y varía, en cuanto a cual tratamiento atribuirle el incremento. En la evaluación de 18-19 de junio el tratamiento con dosis alta presenta un incremento de 5.82

% sobre el de dosis baja, para después invertirse los resultados y a que el incremento en la evaluación del 15-16 de julio fue de 9.17 % pero a favor del tratamiento con dosis baja. Por ultimo, las plantas del tratamiento con dosis alta tuvieron un incremento y lograron superar con una diferencia mínima de 1.44 % a las plantas del tratamiento con dosis baja.

En esta variable encontramos que para Anaheim Cv. TMR 23, el incremento fue muy constante como lo marca la figura 3.5, además de que las plantas tratadas con dosis alta siempre fueron mayores que las tratados con dosis baja. Mientras que para Pimiento Cv. Yolo Wonder fue diferente, los tratamientos presentaron diferencias mínimas y en la segunda evaluación el tratamiento con dosis baja supera al de dosis alta, quedando en desacuerdo con Cordoba (1986), quien asegura que el vigor en plantas con fertirrigación alta y acolchado siempre será mayor.

Número de Frutos.

Para evaluar el numero de frutos, se tomaron en cuenta los frutos cosechados en cada corte (Cuadro N° 3.7) y se sumaron al final. El análisis de varianza para el caso de Anaheim Cv. TMR 23 (Cuadro N° 3.9), presenta que no hubo diferencia estadística. Sin embargo, el comportamiento de esta variable en la cosecha muestra que, aunque la diferencia numérica fue pequeña, prácticamente siempre el tratamiento con dosis baja fue superior que el de dosis alta, siendo mayor al final en un 7.63 %.

De la misma manera, para el chile Pimiento Cv. Yolo Wonder se tomaron en cuenta los frutos de cada corte (Cuadro N° 3.8), contabilizándolos al final de la cosecha. En este caso, el análisis de varianza (Cuadro N° 3.9) si presentó diferencia estadística, asegurando en un 95 % que el tratamiento con dosis alta fue superior, obteniendo 41.95 % mas frutos que el tratamiento con dosis baja.

Cuadro N° 3.9. Comparación de Medias de Numero de Frutos en la Cosecha de los Diferentes Tratamientos para los Cultivos de Chile Anaheim Cv. TMR 23 y Pimiento Cv. Yolo Wonder. (CIQA 1997).

Tratamiento	Rendimiento (Frutos / m ²)	
	Anaheim Cv. TMR 23	Pimiento Cv. Yolo Wonder
Dosis Alta	54.72	36.240 a
Dosis Baja	59.24	25.530 b
Coef de Variación	5.57	9.18
Nivel de Significancia	NS	*
Valor DMS		9.9663

Las figuras 3.7 y 3.8 muestran desarrollos diferentes. Mientras que en Anaheim Cv. TMR 23 la línea que representa el tratamiento con dosis baja prácticamente siempre supero a la del tratamiento con dosis alta, en el Pimiento Cv. Yolo Wonder sucedió lo contrario y con una diferencia mayor entre tratamientos que el primer caso.

Se piensa, concordando con González (1991), Soto (1996) y Plittstoesser (1984), que en el caso del Pimiento Cv. Yolo Wonder la combinación del acolchado, el riego por goteo y al fertirrigación proporcionaron un medio propicio para la absorción de nutrientes (sobre todo fósforo), permitiendo un balance en la planta que favoreció la diferenciación de yemas florales, así como el amarre de frutos logrando incrementar el número de los mismos por mata, además es un cultivo que demanda elevadas cantidades de nutrientes, por lo tanto la respuesta a dosis alta es mejor.

Para el caso de Anaheim Cv. TMR 23, aunque no hay mucha investigación en este tipo de chile y mocho menos para esta variable, de acuerdo con lo que la cita de Robledo (1988), asegurando que la elevación de la temperatura y humedad del suelo a consecuencia del acolchado favoreció en los tratamientos con dosis alta la disponibilidad de algunos nutrientes, provocando un desbalance en el suelo y creando un medio no tan propicio para que la planta diferenciase yemas florales o en su defecto, amarrase los frutos en desarrollo; y posiblemente, como es un cultivo con características de fruto muy diferentes al pimiento, su demanda de nutrientes es mucho menor, por lo tanto dosis muy elevadas por el contrario,

le pueden afectar negativamente reduciendo su número de frutos producidos, ya que ya que en este caso la dosis menor produjo mejor resultado que la dosis mas alta.

Rendimiento.

El rendimiento fue evaluado con el peso promedio por corte (cuadro N° 3.10), sumándolo al final. En Anaheim Cv. TMR 23, el análisis de varianza (Cuadro N° 3.12) reporto que hubo diferencia significativa entre tratamientos, asegurando en un 95 %, que el tratamiento con dosis baja fue mejor que el de dosis alta. También se puede observar, una diferencia numérica de un 16.18 % a favor del tratamiento reportado como mejor.

De igual modo fue evaluado el chile Pimiento Cv. Yolo Wonder. Se registro el peso promedio por corte (Cuadro 3.11) y se contabilizo al final. En este caso, esta variable también presento diferencia estadística, el análisis de varianza (Cuadro N° 3.12) reporto con un 95 % de seguridad, que el tratamiento con dosis alta supero al de dosis baja. Se puede observar un 35.27 % de incremento atribuido al tratamiento de dosis alta.

Esta variable presento cambios muy interesantes, sobre todo en el cultivo de Anaheim Cv. TMR 23, en donde el comportamiento de el rendimiento de la cosecha es mayor y mas estable en el tratamiento con la dosis baja que en de la dosis alta (Fig N° 3.9). Mientras que en Pimiento Cv. Yolo Wonder el caso es el contrario, superando siempre el tratamiento de la dosis alta al de la dosis baja, excepto en los últimos dos cortes (Fig N° 3.10), además de ser mas estable en cuanto a sus números.

También en este rubro coinciden varios autores para la explicación de este comportamiento en Pimiento Cv. Yolo Wonder. Guariento (1983) y Splittstoesser (1988) aseguran que el acolchado y el fertirriego mantienen una disposición constante y regular de los nutrientes, haciendo mas eficaz su absorción por la planta. Robledo (1988) que coincide con González (1991), asegura que el proceso de nitrificación es favorecido en estas

condiciones además de la actividad microbiana (producción de humus), aumentando así la eficiencia de los fertilizantes.

Cuadro N° 3.12. Comparación de Medias de Rendimiento (ton / ha) en la Cosecha de los Diferentes Tratamientos para los Cultivos de Chile Anaheim Cv. TMR 23 y Pimiento Cv. Yolo Wonder. (CIQA 1997).

Tratamiento	Cultivo (ton / ha)	
	Anaheim Cv. TMR 23	Pimiento Cv. Yolo Wonder
Dosis Alta	20.775 b	39.080 a
Dosis Baja	24.784 a	28.890 b
Coef de Variación	6.35	7.37
Nivel de Significancia	*	*
Valor DMS	3.2008	8.7948

Por lo anterior, pensamos que estas condiciones de cultivo le brindaron una mayor cantidad de nutrientes disponibles a las plantas de Pimiento Hib Yolo wonder, el cual por sus altos requerimientos, logro aprovecharlos traduciéndose en una mayor producción en el tratamiento de dosis alta.

En cambio, el cultivo de Anaheim Cv. TMR 23, por ser un cultivo mas rústico, sus requerimientos de nutrientes son bajos y la dosis alta en combinación con el acolchado y la fertirrigación otorgo una cantidad tal de nutrientes disponibles para la planta, que se pudo haber alcanzado cierto nivel de fitotoxicidad para el cultivo, resultando, incluso, en una disminución en la producción de los tratamientos con dosis altas.

Cuadro N° 3.1. Comparación de Medias de Altura de Planta en el Cultivo de Chile Anaheim Cv. TMR 23 con dos Dosis de Fertirrigacion (CIQA 1997).

Altura de Planta (cm)	Fecha de Evaluación
-----------------------	---------------------

Tratamiento	18 – 19 Junio	15 –16 Julio	24 Septiembre
Dosis Alta	18.850	33.700	49.050
Dosis Baja	17.650	31.200	43.200
Coef de Variación	4.15	6.27	7.89
Nivel de Significancia	NS	NS	NS

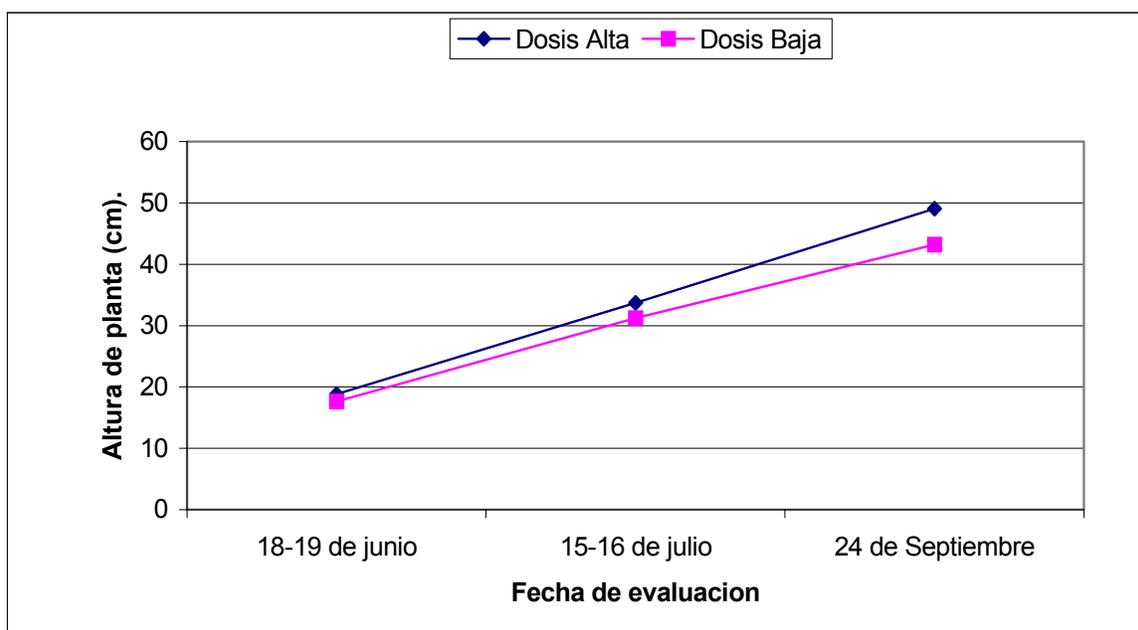


Figura N° 3.1. Comportamiento de las Medias de Altura de Planta en el Cultivo de Chile Anaheim Cv. TMR 23 con dos Dosis de Fertirrigación (CIQA 1997).

Cuadro N° 3.2. Comparación de Medias de Altura de Planta en el Cultivo de Chile Pimiento Cv. Yolo Wonder con dos Dosis de Fertirrigación (CIQA 1997).

Altura de Planta (cm)			
Tratamiento	Fecha de Evaluación		
	18 – 19 Junio	15 –16 Julio	24 Septiembre
Dosis Alta	21.600	32.470	41.530
Dosis Baja	21.000	29.730	39.730
Coef de Variación	1.15	7.25	11.97
Nivel de Significancia	NS	NS	NS

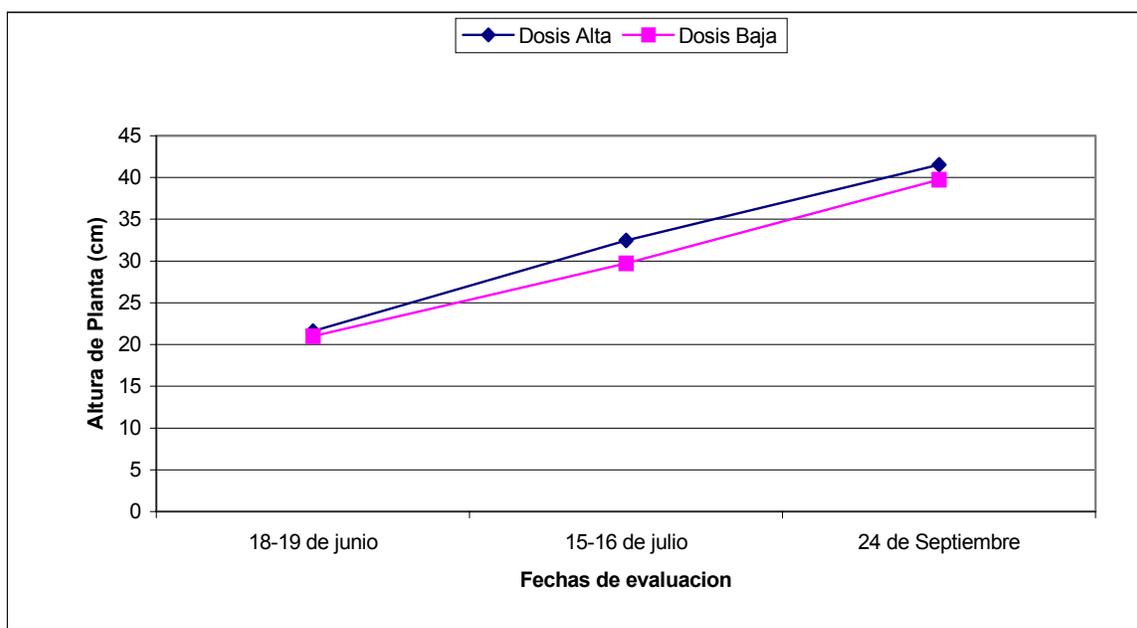


Figura N° 3.2. Comportamiento de las Medias de Altura de Planta en el Cultivo de Chile Pimiento Cv. Yolo Wonder con dos Dosis de Fertirrigación (CIQA 1997).

Cuadro N° 3.3. Comparación de Medias de Diámetro de Tallo en el Cultivo de Chile Anaheim Cv. TMR 23 con dos Dosis de Fertirrigación (CIQA 1997).

Diámetro de Tallo (cm).			
Tratamiento	Fecha de Evaluación		
	18 – 19 Junio	15 –16 Julio	24 Septiembre
Dosis Alta	0.453	0.864	1.341
Dosis Baja	0.416	0.878	1.349
Coef de Variación	8.74	8.19	6.48
Nivel de Significancia	NS	NS	NS

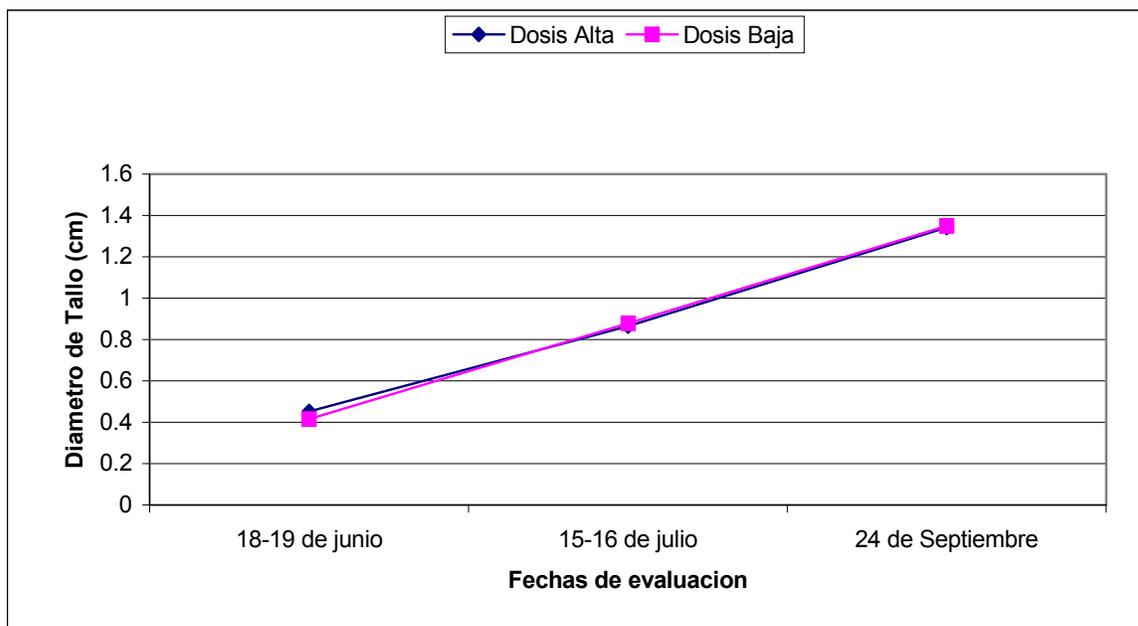


Figura N° 3.3. Comportamiento de las Medias de Diámetro de Tallo en el Cultivo de Chile Anaheim Cv. TMR 23 con dos Dosis de Fertirrigación (CIQA 1997).

Cuadro N° 3.4. Comparación de Medias de Diámetro de Tallo en el Cultivo de Chile Pimiento Cv. Yolo Wonder con dos Dosis de Fertirrigación (CIQA 1997).

Diámetro de Tallo (cm).			
Tratamiento	Fecha de Evaluación		
	18 – 19 Junio	15 –16 Julio	24 Septiembre
Dosis Alta	0.681	1.245	1.487
Dosis Baja	0.707	1.202	1.571
Coef de Variación	3.14	7.91	10.32
Nivel de Significancia	NS	NS	NS

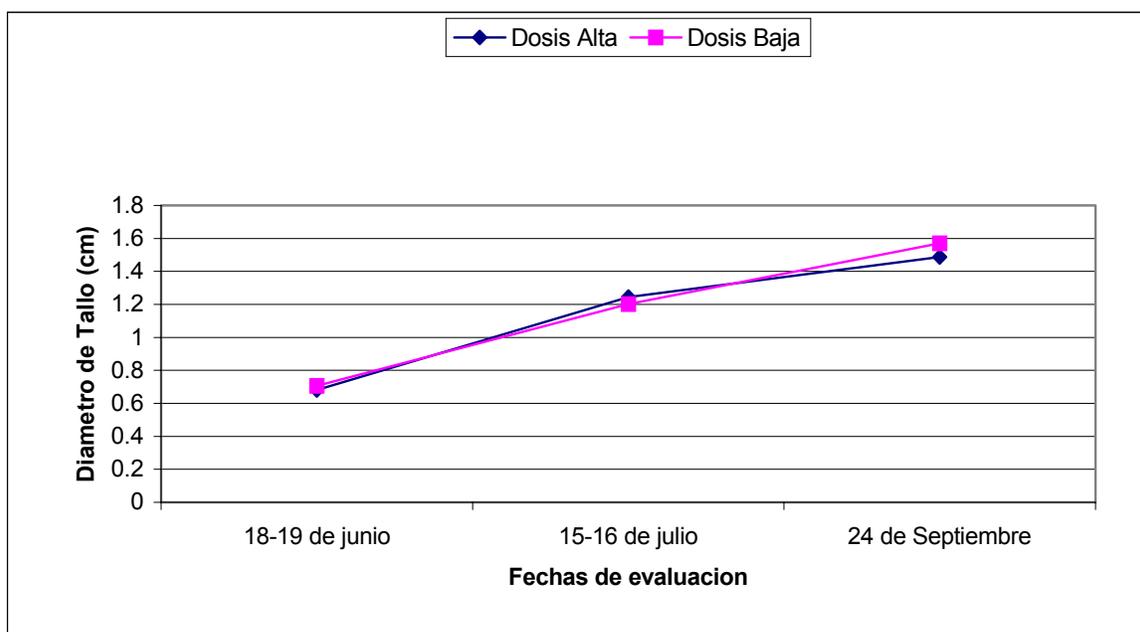


Figura N° 3.4. Comportamiento de las Medias de Diámetro de Tallo en el Cultivo de Chile Pimiento Cv. Yolo Wonder con dos Dosis de Fertirrigación (CIQA 1997).

Cuadro N° 3.5. Comparación de Medias de Area Foliar en el Cultivo de Chile Anaheim Cv. TMR 23 con dos Dosis de Fertirrigación (CIQA 1997).

Area Foliar (cm²)			
Tratamiento	Fecha de Evaluación		
	18 – 19 Junio	15 –16 Julio	24 Septiembre
Dosis Alta	114.393	694.020	1895.250
Dosis Baja	106.618	576.015	1562.000
Coef de Variación	15.63	18.20	19.92
Nivel de Significancia	NS	NS	NS

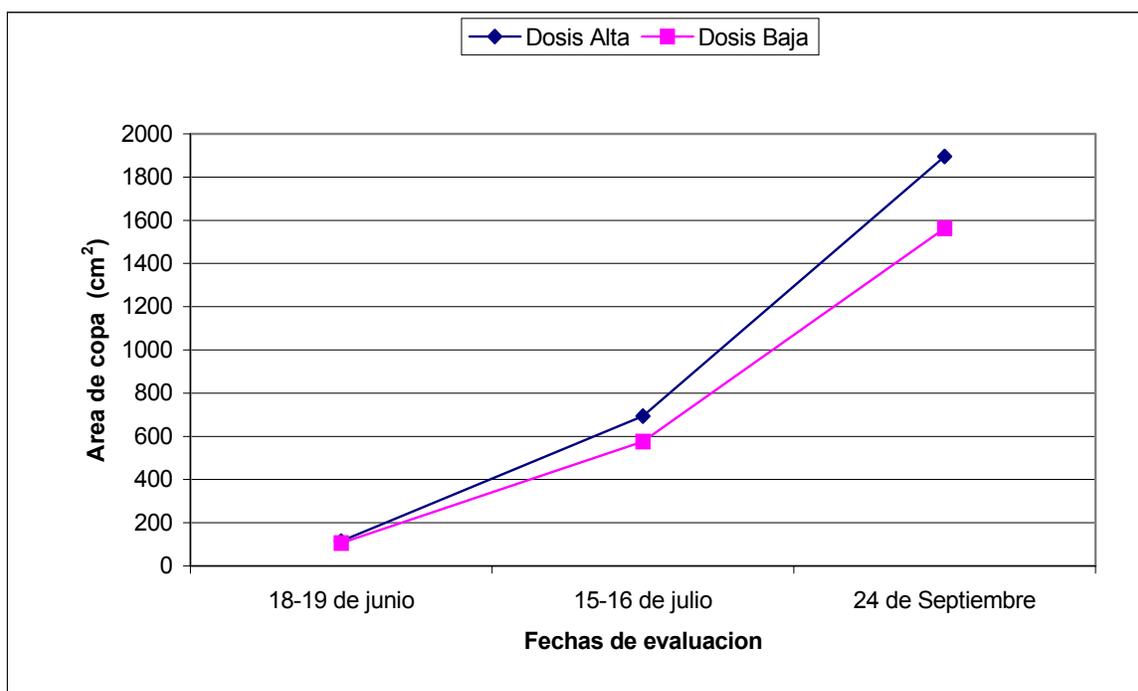


Figura N° 3.5. Comportamiento de las Medias de Area Foliar en el Cultivo de Chile Anaheim Cv. TMR 23 con dos Dosis de Fertirrigación (CIQA 1997).

Cuadro N° 3.6. Comparación de Medias de Area Foliar en el Cultivo de Chile Pimiento Cv. Yolo Wonder con dos Dosis de Fertirrigación (CIQA 1997).

Area Foliar (cm²)			
Tratamiento	Fecha de Evaluación		
	18 – 19 Junio	15 –16 Julio	24 Septiembre
Dosis Alta	282.782	939.600	1398.902
Dosis Baja	267.245	1034.477	1378.325
Coef de Variación	12.97	20.69	13.66
Nivel de Significancia	NS	NS	NS

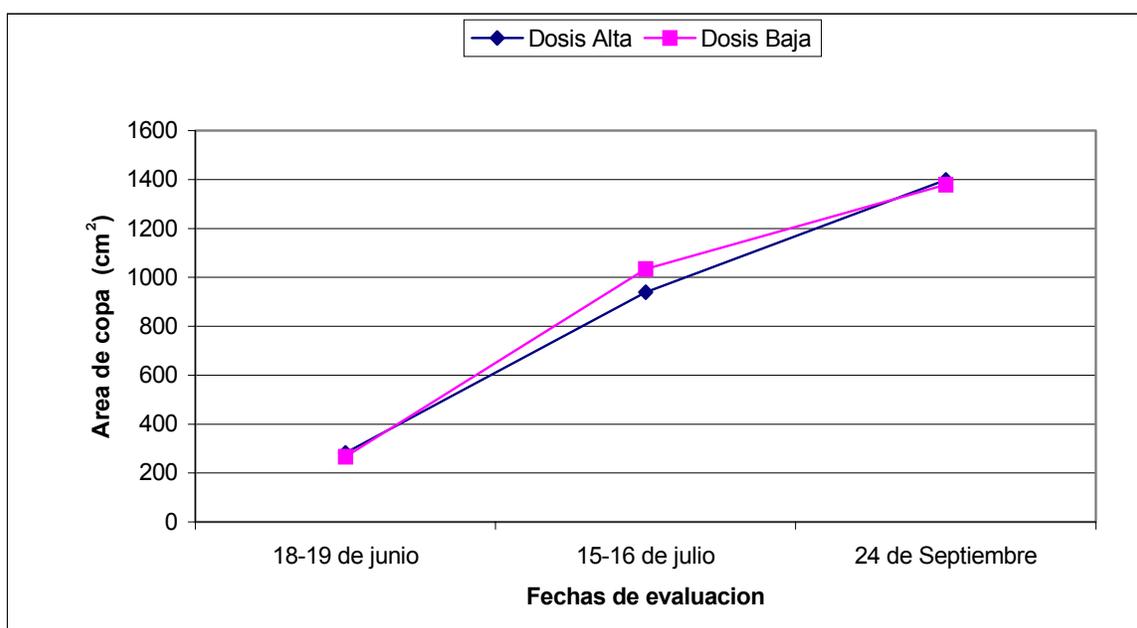


Figura N° 3.6. Comportamiento de las Medias de Area Foliar en el Cultivo de Chile Pimiento Cv. Yolo Wonder con dos Dosis de Fertirrigación (CIQA 1997).

**Cuadro N° 3.7. Comportamiento de la Cosecha en Cuanto a
Numero de Frutos en el Cultivo de Chile Anaheim Cv. TMR 23 en los
Diferentes Cortes a lo Largo del Ciclo (CIQA 1997).**

Tratamiento	Fechas de corte (Frutos / m ²)									
	4-Jul	11-Jul	18-Jul	25-Jul	1-Ago	8-Ago	18-Ago	28-Ago	10-Sep	22-Sep
Dosis Alta	0.770	1.417	1.125	2.074	11.53 6	8.778	20.042	10.617	7.573	9.027
Dosis Baja	1.374	1.245	1.444	3.624	18.79 1	7.952	14.549	13.009	7.119	9.880

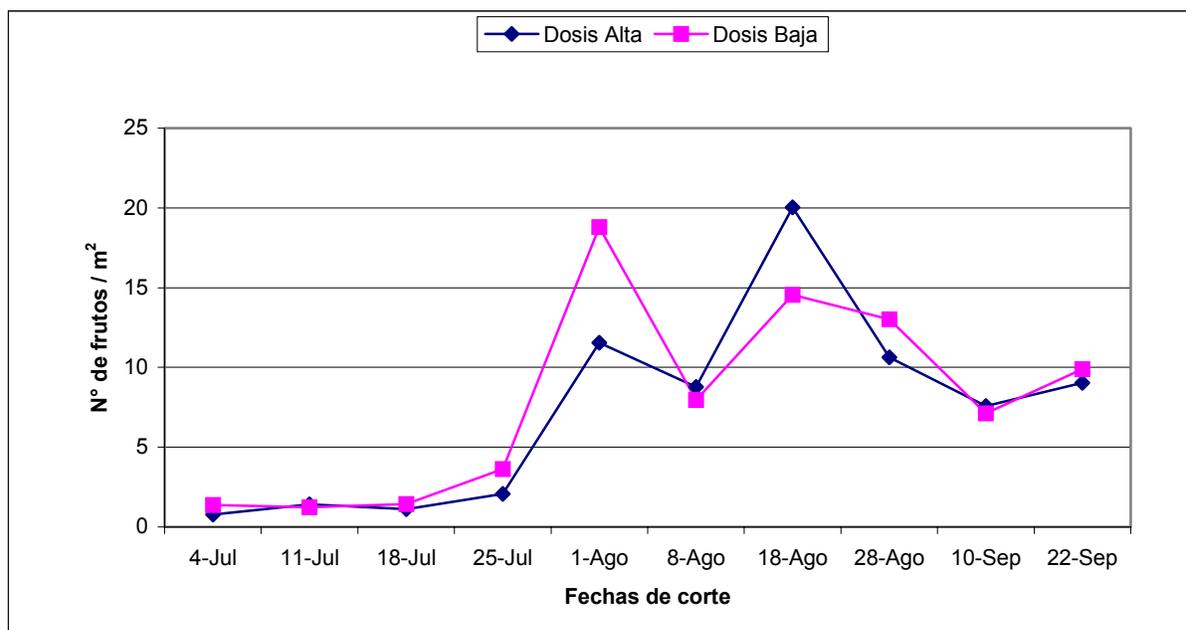


Figura N° 3.7. Comportamiento de las Medias de Numero de Frutos de cada Corte en la Cosecha del Cultivo de Chile Anaheim Cv. TMR 23 con dos Dosis de Fertirrigación (CIQA 1997).

**Cuadro N° 3.8. Comportamiento de la Cosecha en Cuanto a
Numero de Frutos de Chile Pimiento Cv. Yolo Wonder en los Diferentes
Cortes a lo Largo del Ciclo (CIQA 1997).**

	Fechas de corte (Frutos / m ²)									
Tratamiento	4-Jul	11-Jul	18-Jul	25-Jul	1-Ago	8-Ago	15-Ago	25-Ago	4-Sep	10-Sep
Dosis Alta	0.657	1.459	2.730	2.128	2.967	4.493	6.859	11.030	1.934	1.976
Dosis Baja	0.432	1.076	1.703	1.186	2.882	2.657	3.314	7.163	2.566	2.560

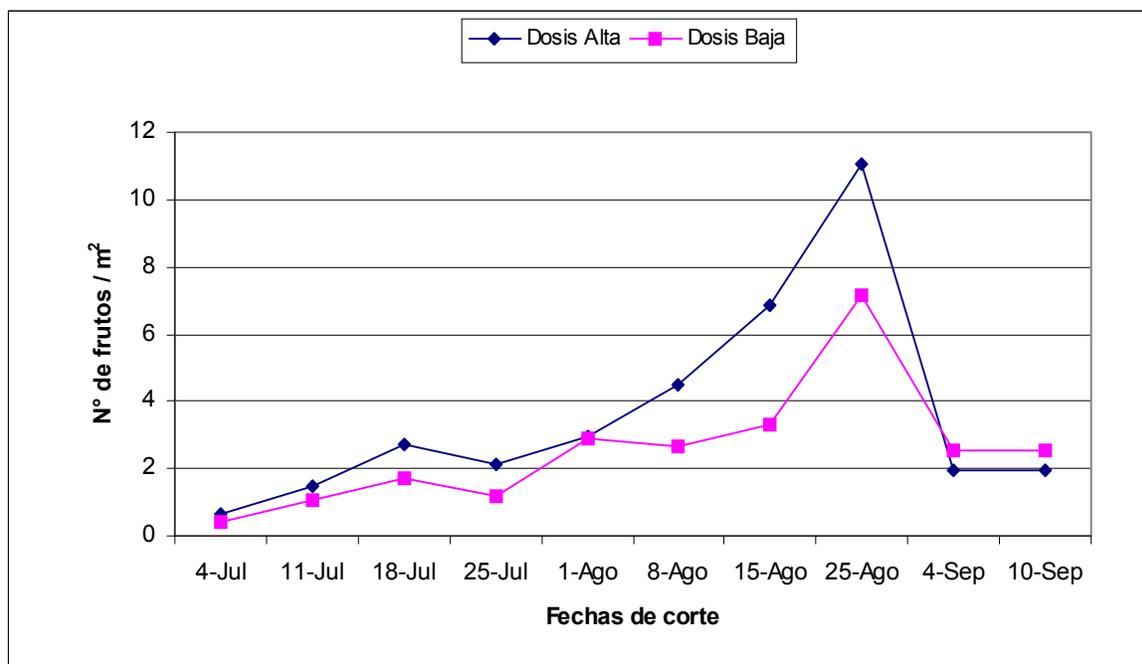


Figura N° 3.8. Comportamiento de las Medias de Numero de Frutos de cada Corte en la Cosecha del Cultivo de Chile Pimiento Cv. Yolo Wonder con dos Dosis de Fertirrigación (CIQA 1997).

Cuadro N° 3.10. Comportamiento de la Cosecha en Cuanto a Rendimiento en el Cultivo de Chile Anaheim Cv. TMR 23 en los Diferentes Cortes a lo Largo del Ciclo (CIQA 1997).

Tratamiento	Fechas de corte (gr / m ²)										
	4-Jul	11-Jul	18-Jul	25-Jul	1-Ago	8-Ago	18-Ago	28-Ago	10-Sep	22-Sep	
Dosis Alta	24.05	43.64	44.48	88.41	443.1	369.5	709.84	417.16	317.2	312.4	
	7	1	8	1	50	41	3	4	37	25	
Dosis Baja	40.70	41.55	53.79	148.2	744.9	356.3	663.11	573.47	317.9	364.1	
	4	1	7	48	22	32	6	7	34	31	

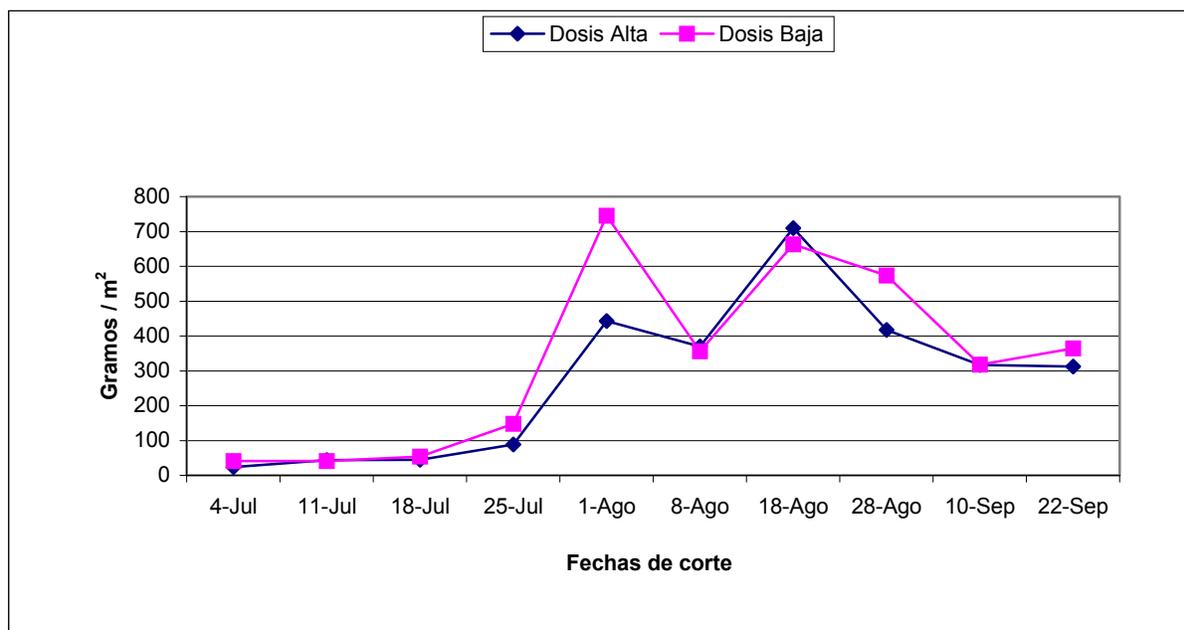


Figura N° 3.9. Comportamiento de las Medias de Rendimiento de cada Corte en la Cosecha del Cultivo de Chile Anaheim Cv. TMR 23 con dos Dosis de Fertirrigación (CIQA 1997).

Cuadro N° 3.11. Comportamiento de la Cosecha en Cuanto a Rendimiento en el Cultivo de Chile Pimiento Cv. Yolo Wonder en los Diferentes Cortes a lo Largo del Ciclo (CIQA 1997).

Rendimiento	Fechas de corte (gr / m ²)									
	4-Jul	11-Jul	18-Jul	25-Jul	1-Ago	8-Ago	15-Ago	25-Ago	4-Sep	10-Sep
Dosis Alta	68.71	172.2	343.2	298.5	434.0	612.1	731.60	954.33	169.9	123.1
Dosis Baja	43.29	121.6	212.6	168.4	403.8	364.8	428.73	709.59	238.6	197.3

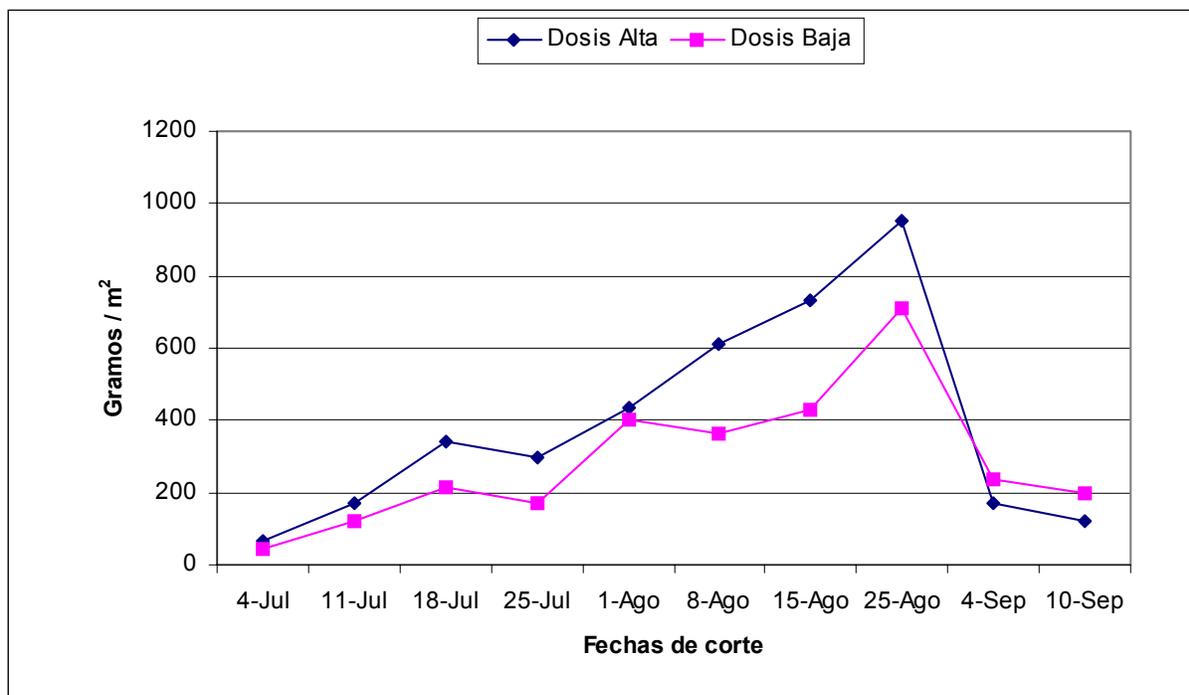


Figura N° 3.10. Comportamiento de las Medias de Rendimiento de cada Corte en la Cosecha del Cultivo de Chile Pimiento Cv. Yolo Wonder con dos Dosis de Fertirrigación (CIQA 1997).

CONCLUSIONES

1.- El cultivo de chile Pimiento Cv. Yolo Wonder responde favorablemente a las dosis altas de fertirrigación bajo condiciones de acolchado, lográndose mas frutos por planta y mas peso por fruto, lo que se traduce en mayor rendimiento y plusvalía al tener un mejor precio en el mercado por su mejor calidad.

2.- El cultivo de chile Anaheim Cv. TMR 23 bajo condiciones de acolchado se desarrollo mejor con la dosis de fertirrigación baja que con la alta, por lo que se piensa que no requiere de niveles tan altos de fertilización, incluso se puede afirmar que se llevo a un cierto desbalance nutricional que provoco en las plantas tratadas con la dosis alta, mucho crecimiento de follaje pero pocos y pequeños frutos en comparación con las tratadas con dosis baja.

LITERATURA REVISADA

- Alan, H. 1976. Solar Heting by Polyethylene Mulching for de Control of Diseases Caused by Soil-borne Pathogens. *Phytopathology*. 70: 530-535.
- Burgueño, H. 1997. La Fertigacion. Curso preparado para BANCO DE MEXICO-FIRA. Valle de Santiago, Guanajuato, Mexico.
- Cebolla, Et al. 1989. Control de hongos del suelo y malas hierbas mediante Solarizacion y Bromuro de Metilo. I Congreso Iberico de Ciencias Horticolas. Lisboa, Portugal.
- CENAMAR. 1983. El uso de los plasticos en la agricultura. Memorias. Subsecretaria de Agricultura y Operación. Direccion General de Distritos de Riego. Representacion en la Region Lagunera, Coahuila y Durango. SARH.
- Cordoba, G. H. 1986. Efecto del acolchado con peliculas de plastico negro y transparente sobre el rendimiento del Frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis profesional. U. A. A. N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico.
- Chakraborty, R. C. 1994 Effect of Mulch Type and Colour on Growth and Yield of Tomato (*Licopersicum esculentum* M.). *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 64:9, 608-612.
- Datos Tecnicos 1997. Explorador de Internet de Microsoft E. P. A.
- Exportadora de Plasticos Agricolas. 1996. Guadalajara, Jal.

- Fernandez, M. 1997. Productividad. Sistemas de irrigacion del algodono en Mexico. La nueva era en la agricultura. Año 2, No. 1. Primavera 1997. Mexico, D. F. pp 8.
- Flipps, G. 1993. Melons demonstrate drip under plastic efficiency. Texas A&M University. Irrigation Journal.
- Garcia, E. 1964. Modificaciones al sistema de clasificacion climatica de Koeppen, para adaptarlo a las condiciones de la Republica Mexicana. Chapingo, Mexico.
- Garzon, D. P. 1986. Efecto de diferentes fechas de siembra en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Cv. Pinto americano bajo acolchado de suelos con peliculas plasticas. Tesis profesional U. A. A. N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico.
- Hechmuth, G. Howeu, J. 1983. Effects of black Plastic Mulch and Rot Yield in a Northern region. Hort Science 467-468.
- Hensley, R. 1997. La nueva era en la agricultura. Año 2, No. 1. Primavera 1997. Mexico, D. F. pp 21.
- Hernandez, D. J. 1984. Usos de plastico en acolchamiento de suelos, para el cultivo del Tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) Chile (*Capsicum annuum* L.) y Maíz (*Zea mays* L.). Tesis profesional U. A. Ch. Mexico.
- Ibarra, J. L. Y Rodriguez, P. A. 1983. Acolchado de cultivos agricolas. Manual de Agroplasticos 1. C. I. Q. A. Saltillo, Coahuila, Mexico.
- Kren, L. 1995. El goteo de superficie puede dar mas tomates. Productores de Hortalizas. Mexico D. F. Pag 10.
- Lamont, W. J., Jr. 1993. Plastic Mulches for the Production of Vegetable Crops. Hort Technology. 3(1):35-38. U. S. A.

- LaVechia, G. 1994. Productores de Hortalizas. Revista. Septiembre. Mexico D. F.
- Linani, T. Haga la guerra a las malezas. Productores de Hortalizas. Mexico, D. F. Pag. 46-48.
- Mahrer. 1981. Spatial Soil Temperatures Regime under Transparent Polyethylene Mulch. Soil Science. P. 82-87.
- Melnick, R. 1997. Agroplasticos. Acolchados. Practicas de acolchado para maíz dulce. Productores de Hortalizas. Febrero de 1997. Mexico, D. F.
- Memorias. Curso Internacional sobre Agrotecnia del Cultivo en Invernaderos. Instituto de Fomento de Andalucia, España. 1991.
- Memorias. Curso Nacional de Plasticos en la Agricultura. C. I. Q. A. 1997.
- Munguia, L. J. P. 1983. El acolchado de suelos y la practica del riego en el cultivo de la espinaca (*Spinaca oleracea*) var. Viroflay. Tesis profesional U. A. A. A. N.
- Narro, C. A. 1985. El acolchado de suelos en el cultivo de Chicharo (*Pisum sativum* L.). Tesis Profesional U. A. A. A. N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico. P. 113-115.
- Petrov, K. H. 1982. Effect of Mulching on some Growthant Reproductive Characteristics of egg plant. Hort. Abs 52 (6): 3881.
- Productores de Hortalizas. Revista. Octubre de 1996.
- Ramirez, H. P. 1985. El riego en el cultivo de la espinaca bajo practica de acolchado. Tesis profesional U. A. A. A. N.

- Robledo, P. 1988. Aplicación de los plasticos en la agricultura. 2da Edicion, Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Robledo, P. F. y Martin, V. L. 1981. Aplicación de los plasticos en la agricultura. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Rodriguez, C. F. 1984. Comportamiento del cultivo del melon (*Cucumis melo* L.) var. Top Mart, bajo acolchado de suelos con pelicullas plasticas en diferentes ambientes en Saltillo, Coahuila, Mex. Tesis U. N. A. M. Cuautitlan, Mexico.
- Rodriguez, P. A. 1982. Usos de plastico en acolchamiento de suelos, para el cultivo del Tomate (*Licopersicum esculentum* M.) Chile (*Capsicum annunm* L.) y Maíz (*Zea mays* L.). Tesis profesional U. A. Ch. Mexico.
- Rojas, P. L., Briones, S. G. 1990. Sistemas de Riego. U. A. A. N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico.
- Salgado, V. J. 1986. Evaluacion de cinco cultivares de chile pimiento morron (*Capsicum annuum* L.) bajo el sistema de acolchado plastico. Tesis profesional. U. A. A. A. N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico.
- Splittstoesser, E. E. 1984. Vegetable Growing Handbook. Second Edition. AVI Publishing. Co. Inc. Westport, Connecticut, U. S. A.
- Torres, R. J. M. 1986. Respuesta del cultivo de la calabacita (*Cucurbita pepo* L.) Cv. Gray Zucchini, a la practica del acolchado de suelos. Tesis profesional U. A. A. N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico.
- Valadez, L. A. 1996. Produccion de Hortalizas. Editorial Limusa, 1ra edicion. Mexico D. F.

Venegas, V. C. 1995. Produccion. Ajo. Tecnologia intensiva para romper estandares de produccion en hortalizas. Productores de Hortalizas. Septiembre de 1995.

Villaseñor, L. A. 1996. Produccion de Hortalizas. Editorial Limusa, 1ra edicion. Mexico, D. F.

Zarate, G. M. 1984. Efecto del acolchado de suelos y el abatimiento de la humedad disponible en el frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis profesional. U. A. A. A. N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico.