

0038



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

“EFECTO DEL AGUA RESIDUAL EN LOS CULTIVOS DE CEBOLLA (*Allium cepa* L.) Y TOMATE DE CASCARA (*Physalis ixocarpa* Brot) EPIDEMIOLOGIA Y CONTROL DE MICROORGANISMOS PERJUDICIALES AL HOMBRE”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE DOCTOR EN CIENCIAS (BIOLOGIA)

PRESENTA:

ERNESTO CUENCA ADAME

DIRECTOR DE LA TESIS: DR. DAVID RIESTRA DIAZ

2000

2000



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria dependiente de la SEP y al CONACYT por el apoyo recibido en la realización de mis estudios de Doctor en Ciencias.

Afectuosamente al Dr. David Riestra Díaz, por su dirección y por su apoyo brindado durante la conducción de la presente investigación y realización de la tesis.

Al Dr Julián M. Pérez Mangas, M. en C. Alfredo Echegaray Alemán por sus valiosas asesorías y sugerencias durante la conducción experimental y realización de esta tesis.

Mi sincero agradecimiento a los Drs. David Flores Román y Jorge Gama Castro por sus enseñanzas de suelos y su colaboración en la revisión del manuscrito.

A los Drs. David Espinosa Victoria y J. Alberto Escalante Estrada por sus acertadas aportaciones en la revisión del presente trabajo.

Al Dr. Carlos Rodríguez Zavaleta (†) quien fue inicialmente mi tutor y me indujo al estudio de las aguas residuales en la producción de hortalizas.

A los químicos de la CNA Javier A. Reynoso Estudillo, Ubaldo Flores Gorostieta y Martín Montes por su valioso apoyo recibido en la capacitación para la determinación de coliformes.

Al M.C. Julian Cabrera R., por su apoyo recibido al facilitar permiso para que en terrenos del CIFAP, Zac., Mor. se realizara la fase experimental del presente trabajo.

Al C. Andres Barreto por su apoyo en el trabajo de campo de las diferentes fases experimentales.

DEDICATORIA

A mi compañera y esposa Catalina Salgado Román por su comprensión y decidido apoyo en todo momento durante mis estudios doctorales.

A mis hijos Jesús Alberto Cuenca Salgado y José Felipe Cuenca Saigado como estímulo para su superación continua en el desarrollo humano y la obtención del conocimiento científico.

A mis padres Amada Adame Barcoenas y Ceferino Cuenca García por inculcarme los valores humanos de la voluntad, perseverancia y honradez.

A mis hermanos: Caritina, Felipa, Marina, Arnulfo, Magdalena y Víctor por su apoyo moral.

Con especial afecto a mi sobrina Iris C. Aguirre Cuenca por su apoyo en la elaboración de gráficas

A mi compañero de trabajo y amigo M. en C. José O. Mena Ché.

A mis amigos y exalumnos: M. en C. Ricardo Vega M., M. en C. Alfonso Enriquez M., M. en C. Miguel A. Jaime, Ing. Benigno Musito e Ing. Antonio Calva Durán; y Técns. Agrops. Fernando Mendoza A. y Alfredo Hernández H.

CONTENIDO		Pág.
INDICE DE CUADROS		v
INDICE DE FOTOGRAFIAS		vi
INDICE DE FIGURAS		vii
INDICE DE CUADROS DEL APENDICE		xi
PROLOGO		xvii
RESUMEN		xviii
ABSTRACT		xx
I	INTRODUCCION	I
II	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
III	MARCO FISIOGRAFICO	5
3.1	El río Apatlaco y la contaminación	5
3.2	Localización de los trabajos experimentales dentro del área de estudio	7
3.3	Características climáticas y edáficas del área de estudio	7
3.3.1	Características climáticas	7
3.3.2	Características edáficas	9
3.4	Cultivo de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.)	11
3.4.1	Origen y distribución	13
3.4.2	Factores climáticos	13
3.5	Cultivo del tomate de cáscara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot)	13
3.5.1	Origen y distribución	15
3.5.2	Factores climáticos	15
3.6	Eficiencia del uso del agua	16
3.7	El riego con aguas residuales	17
3.8	Control de la contaminación microbiana	18
IV	MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL	20
4.1	Fertilización de los cultivos cebolla y tomate de cáscara	20
4.2	Requerimiento de riego de la cebolla y tomate de cáscara	21
4.3	Análisis de crecimiento	23
4.4	Coliformes totales	24
4.5	Coliformes fecales	25
4.6	Contaminación del agua y los alimentos	26
4.7	Contaminación del suelo	27
4.8	Helminetos	28
4.9	Protozoarios	31
4.10	Cloración del agua	31
4.11	Incorporación de la materia orgánica para incrementar los rendimientos y el control biológico de nemátodos	32
4.12	Algunas conclusiones derivadas del marco teórico y conceptual	34

	Pag	
V	DELIMITACION DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION	35
VI	OBJETIVOS	36
6.1	Objetivo general	36
6.2	Objetivos particulares	36
II	HIPOTESIS	37
7.1	Hipótesis general	37
7.2	Hipótesis particulares	37
VIII	MATERIALES Y METODOS	38
8.1	Estudios experimentales en el cultivo de cebolla	38
8.1.1	Material genético y siembra	38
8.1.2	Primera fase experimental en el cultivo de cebolla	38
8.1.3	Segunda fase experimental en el cultivo de cebolla	40
8.2	Estudios experimentales en el cultivo de tomate de cáscara	42
8.2.1	Material genético y siembra	44
8.2.2	Primera fase experimental en el cultivo de tomate de cáscara	44
8.2.3	Segunda fase experimental	45
8.3	Abonos verdes aplicados a las hortalizas en estudio	47
8.4	Gallinaza aplicada a los experimentos	50
8.5	Tratamiento adicional	51
8.6	Programación de riegos	52
8.7	Análisis de crecimiento	53
8.8	Muestras para determinaciones bacteriológicas	54
8.9	Metodología para la determinación de coliformes fecales	54
8.9.1	Equipo y material de laboratorio	55
8.9.2	Preparación del agua de dilución	55
8.9.3	Técnica de tubo múltiple para identificación de coliformes fecales en bulbo de cebolla y tomate de cáscara	57
8.9.3.1	Preparación de las diluciones	57
8.9.3.2	Preparación de medios de cultivo	57
8.9.3.2.1	Caldo lactosado con púrpura de bromocresol (CL) concentración simple	57
8.9.3.2.2	Medio EC	57
8.9.3.3	Prueba presuntivo y confirmativa	59
8.9.3.3.1	Prueba presuntiva	59
8.9.3.3.2	Prueba confirmativa	59
8.9.4	Cálculo del NMP de coliformes fecales	59
8.10	Determinación del cloro residual por el método DPD	61
8.10.1	Equipo, material y reactivo de laboratorio	61
8.10.2	Metodología	61
8.11	Metodología para la determinación de huevecillos de helmintos	61
8.12	Labores de cultivo	62

	Pág	
8.13	Control de plagas	62
8.13.1	Plagas en el cultivo de cebolla	62
8.13.2	Plagas en el cultivo de tomate de cáscara	62
8.14	Cosecha	63
8.14.1	Cultivo de cebolla	63
8.14.2	Cultivo de tomate de cáscara	63
8.15	Análisis estadístico	63
IX	RESULTADOS Y DISCUSION	64
9.1	Primer estudio experimental en el cultivo de cebolla	64
9.1.1	Variables climáticas	64
9.1.2	Análisis de crecimiento	67
9.1.3	Rendimiento total de bulbo	70
9.1.4	Calidad de bulbo de cebolla	72
9.1.4.1	Tamaño grande (diámetro > 7.0 cm)	72
9.1.4.2	Tamaño mediano (diámetro de 3.5 a 7.0 cm)	74
9.1.4.3	Tamaño chico (diámetro < 3.5 cm)	75
9.1.5	Evapotranspiración del cultivo	76
9.1.6	NMP de coliformes fecales presentes en agua, suelo y bulbo de cebolla	80
9.1.7	Huevecillos de helmintos	84
9.2	Primer estudio experimental con el cultivo de tomate de cáscara	84
9.2.1	Variables climáticas	86
9.2.2	Análisis de crecimiento	88
9.2.3	Rendimiento total de fruto	90
9.2.4	Calidad de fruto de tomate de cáscara	92
9.2.4.1	Tamaño grande (diámetro > 4cm)	92
9.2.4.2	Tamaño chico	94
9.2.5	Evapotranspiración	94
9.2.6	Coliformes fecales en el agua del río Apatlaco y fruto de tomate de cáscara	98
9.3	Segundo experimento de cebolla	99
9.3.1	Variables climáticas	99
9.3.2	Crecimiento	102
9.3.3	Rendimiento total de bulbo de cebolla	108
9.3.4	Calidad del bulbo	113
9.3.4.1	Tamaño grande	113
9.3.4.2	Rendimiento de bulbo mediano	116
9.3.4.3	Rendimiento de bulbo chico	116
9.3.5	NMP de coliformes fecales en bulbo de cebolla al momento de la cosecha	120
9.3.6	Huevecillos de helmintos	120
9.3.7	Coliformes fecales después del tratamiento químico de bulbos	122

	Pág	
9.4	Segundo experimento de tomate de cáscara	124
9.4.2	Crecimiento	126
9.4.3	Rendimiento total de tomate de cáscara	132
9.4.4	Calidad del fruto	134
9.4.4.1	Tamaño grande	134
9.4.4.2	Rendimiento de fruto chico	136
9.4.5	NMP de coliformes fecales en fruto de tomate de cáscara	138
9.4.6	NMP de coliformes fecales después del tratamiento químico	138
9.5	Discusión general	141
X	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	145
XI	LITERATURA CITADA	149
XII	APENDICE	162

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Tratamiento de humedad aprovechable al momento del riego, valores observados de evapotranspiración y número de riegos aplicados al cultivo de cebolla.	65
2	Programa de riego y cálculo de la lámina bruta para el cultivo de cebolla.	80
3	Programa de riego y cálculo de la lámina bruta del tomate.	98
4	Parámetros estimados a través del modelo de Weibull para cada uno de los tratamientos estudiados del segundo experimento de cebolla.	103
5	Parámetros estimados a través del modelo de Weibull para cada uno de los tratamientos estudiados del segundo experimento de tomate de cáscara.	127

INDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Ubicación geográfica del río Apatlaco en el Estado de Morelos	6
2	Ubicación geográfica del sitio experimental en el Centro de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias de Zacatepec, Morelos	8
3	Algunas características morfológicas y diferentes genotipos de cebolla	12
4	Planta de tomate de cáscara mostrando características morfológicas de sus órganos.	14
5	Distribución de los tratamientos bajo estudio, alojados en un diseño experimental de bloques completos al azar en la primera fase experimental del cultivo de cebolla.	43
6	Distribución de los tratamientos bajo estudio, alojados en un diseño experimental de bloques completos al azar en la segunda fase experimental del cultivo de cebolla.	43
7	Distribución de los tratamientos bajo estudio, alojados en un diseño experimental de bloques completos al azar en la primera fase experimental del tomate de cáscara variedad "Rendidora".	48
8	Distribución de los tratamientos bajo estudio, alojados en un diseño experimental de bloques completos en la segunda fase experimental de tomate de cáscara variedad "Rendidora".	48
9	Preparación de diluciones en frascos y tubos de ensaye para la determinación de coliformes por tubo múltiple.	58
10	Cantidad distribución de lluvia y fecha de aplicación de riegos con agua residual en el cultivo de cebolla en el primer estudio experimental. Las flechas indican el inicio y el final del ciclo.	66
11	Efecto de los niveles de humedad aprovechable al momento del riego sobre el crecimiento de la cebolla variedad "Contessa"	68
12	Efecto de los niveles de humedad aprovechable a la aplicación del riego sobre la tasa absoluta de crecimiento de la cebolla variedad "Contessa"	68

Figura		Pág.
13	Rendimiento total de bulbo de cebolla en función de los diferentes niveles de humedad aprovechable al momento del riego (%). Barras con letra similar son estadísticamente iguales (Tukey = 0.05).	71
14	Rendimiento de bulbo grande (a), mediano (b) y chico (c) de cebolla variedad "Contessa" en función de los niveles de humedad aprovechable al momento del riego (%).	73
15	Relación funcional entre la evapotranspiración y la producción de bulbo de cebolla variedad "Contessa".	77
16	Curva de requerimiento de riego acumulado y requerimiento de riego diario del cultivo de cebolla variedad Contessa, durante la primera fase experimental.	79
17	Número más probable de coliformes fecales g^{-1} de suelo antes y después de un riego y a la cosecha.	82
18	Número más probable de coliformes fecales en bulbo de cebolla al momento de la cosecha para diferentes niveles de humedad aprovechable al momento del riego.	83
19	Características morfológicas de los huevecillos de helmintos observados con más frecuencia en la presente investigación.	85
20	Cantidad, distribución de lluvia y fecha de aplicación de riegos con agua residual en el cultivo de tomate de cáscara durante el primer estudio experimental. Las flechas indican el inicio y el final del ciclo.	87
21	Efecto de los niveles de humedad aprovechable al momento del riego sobre el crecimiento del tomate de cáscara variedad "Rendidora".	89
22	Efecto de los niveles de humedad aprovechable a la aplicación del riego sobre la tasa absoluta de crecimiento del tomate de cáscara variedad "Rendidora".	89
23	Rendimiento total de fruto de tomate de cáscara variedad "Rendidora" en función de diferentes niveles de humedad aprovechable al momento del riego.	91
24	Rendimiento de fruto grande (a) y chico (b) de tomate de cáscara variedad "Rendidora" en función de los niveles de humedad (%) al momento del riego.	93

Figura		Pág.
25	Relación funcional entre la evapotranspiración y producción de fruto de tomate de cáscara variedad "Rendidora".	96
26	Curva de requerimiento de riego acumulado y requerimiento de riego diario del cultivo de tomate de cáscara, durante la primera fase experimental.	97
27	Número más probable de coliformes fecales en fruto de tomate de cáscara en función de diferentes niveles de humedad aprovechable al momento del riego.	100
28	Cantidad, distribución y fecha de aplicación de riegos con agua residual en el cultivo de cebolla variedad "Contessa", durante el segundo experimento. Las flechas indican el inicio y final del ciclo.	101
29	Efecto de la aplicación de gallinaza (2 t ha ⁻¹), soya como abono verde y fertilización química sobre el crecimiento (a) y tasa absoluta de crecimiento (b) de la cebolla variedad "Contessa".	105
30	Efecto de la aplicación de gallinaza (4 t ha ⁻¹), soya como abono verde y fertilización química sobre el crecimiento (a) y tasa absoluta de crecimiento (b) de la cebolla variedad "Contessa".	107
31	Efecto de la aplicación de gallinaza, soya como abono verde y fertilización química sobre el crecimiento (a) y tasa absoluta de crecimiento (b) de la cebolla variedad "Contessa".	109
32	Efecto de la gallinaza, soya como abono verde y fertilización química sobre el rendimiento total de bulbo de cebolla de la variedad "Contessa".	110
33	Efecto de la gallinaza, soya como abono verde y fertilización química sobre el rendimiento de bulbo clasificación grande de la variedad "Contessa".	114
34	Efecto de la gallinaza, soya como abono verde y fertilización química sobre el rendimiento de bulbo clasificación mediano de la variedad "Contessa".	117
35	Efecto de la gallinaza, soya como abono verde y fertilización química sobre el rendimiento de bulbo clasificación chico de la variedad "Contessa".	118

Figura		Pág.
36	Efecto de la gallinaza, soya como abono verde y fertilización química sobre la sobrevivencia de coliformes fecales en bulbo variedad "Contessa".	121
37	Efecto de la aplicación de hipoclorito de sodio (HS) en diferentes concentraciones y microdyn sobre la sobrevivencia de coliformes fecales en bulbo variedad "Contessa".	123
38	Cantidad, distribución y fecha de aplicación de riegos con agua residual al cultivo de tomate de cáscara durante la segunda fase experimental Las flechas indican el inicio y final del ciclo.	125
39	Efecto de la aplicación de soya como abono verde, gallinaza y fertilización química sobre el crecimiento (a) y tasa absoluta de crecimiento (b) del tomate de cáscara variedad "Rendidora"	129
40	Efecto de la aplicación de soya como abono verde, gallinaza y fertilización química sobre el crecimiento (a) y tasa absoluta de crecimiento (b) del tomate de cáscara variedad "Rendidora".	131
41	Efecto de la gallinaza, soya como abono verde y fertilización química sobre el rendimiento total de fruto de tomate de cáscara variedad "Rendidora".	133
42	Rendimiento de fruto de tomate de cáscara clasificación grande en función de la aplicación de soya como abono verde, gallinaza y fertilización química.	135
43	Rendimiento de fruto de tomate de cáscara clasificación chico en función de la aplicación de soya como abono verde, gallinaza y fertilización química.	137
44	Efecto de la aplicación de la soya como abono verde, gallinaza y fertilización química en la sobrevivencia de coliformes fecales en fruto de tomate de cáscara variedad "Rendidora".	139
45	Efecto de la aplicación de hipoclorito de sodio en diferentes concentraciones y microdyn sobre la sobrevivencia de coliformes fecales en fruto de tomate de cáscara variedad "Rendidora".	140

INDICE DE CUADROS DEL APENDICE		Pág.
Cuadro		
1	Variables climáticas registradas en la estación climatológica del Campo Agrícola Experimental de Zacatepec, Mor., durante el primer experimento de cebolla. Noviembre. 1995.	162
2	Variables climáticas registradas en la estación climatológica del Campo Agrícola Experimental de Zacatepec, Mor., durante el primer experimento de cebolla. Diciembre, 1995.	162
3	Variables climáticas registradas en la estación climatológica del Campo Agrícola Experimental de Zacatepec, Mor., durante el primer experimento de cebolla. Enero. 1996.	163
4	Variables climáticas registradas en la estación climatológica del Campo Agrícola Experimental de Zacatepec, Mor., durante el primer experimento de cebolla. Febrero 1996.	163
5	Valores observados de materia seca de bulbo de cebolla (g planta^{-1}) y los estimados de acuerdo al modelo de Weibull, durante la primera fase experimental.	164
6	Valores de TAC obtenidos en el primer experimento de cebolla al derivar el modelo de Weibull para cada uno de los tratamientos.	165
7	Rendimiento total de bulbo de cebolla obtenido en cada uno de los tratamientos, durante la primera fase experimental.	166
8	Análisis de varianza para la variable rendimiento total de bulbo.	166
9	Rendimiento de bulbo de cebolla clasificación "grande" obtenido en cada uno de los experimentos, durante la primera fase experimental.	167
10	Análisis de varianza para la variable rendimiento de bulbo de cebolla clasificación "grande".	167
11	Rendimiento de bulbo de cebolla clasificación "mediana" obtenido en cada uno de los tratamientos, durante la primera fase experimental.	168
12	Análisis de varianza para la variable rendimiento de bulbo de cebolla clasificación "mediana".	168

Cuadro		Pág.
13	Rendimiento de bulbo de cebolla clasificación “chica” obtenido en cada uno de los tratamientos, durante la primera fase experimental.	169
14	Análisis de varianza para la variable rendimiento de bulbo de cebolla clasificación “chica”	169
15	Estimación del requerimiento de riego acumulado del cultivo de cebolla durante la primera fase experimental.	170
16	NMP de coliformes fecales antes de un riego obtenido en el primer experimento de cebolla.	171
17	Análisis de varianza para la variable NMP de coliformes fecales antes de un riego.	171
18	NMP de coliformes fecales después de un riego obtenido en el primer experimento de cebolla.	172
19	Análisis de varianza para la variable NMP de coliformes fecales.	172
20	NMP de coliformes fecales al momento de la cosecha en cada uno de los tratamientos, durante la primera fase experimental.	173
21	Análisis de varianza para la variable NMP de coliformes fecales en suelo al momento de la cosecha.	173
22	NMP de coliformes fecales por 100 g de bulbo de cebolla en el primer experimento.	174
23	Análisis de varianza para la variable NMP de coliformes fecales en bulbo de cebolla	174
24	Variabes climáticas registradas en la estación climatológica del Campo Agrícola Experimental de Zacatepec, Mor., durante el primer experimento de tomate de cáscara. Abril 1996.	175
25	Variabes climáticas registradas en la estación climatológica del Campo Agrícola Experimental de Zacatepec, Mor., durante el primer experimento de tomate de cáscara. Mayo 1996.	175

INDICE DE CUADROS DEL APENDICE

Cuadro	Pág.
26	Variables climáticas registradas en la estación climatológica del Campo Agrícola Experimental de Zacatepec, Mor., durante el primer experimento de tomate de cáscara. Junio 1996. 176
27	Valores observados de materia seca de tomate de cáscara (g planta ⁻¹) y los estimados de acuerdo al modelo de Weibull, durante la primera fase experimental. 177
28	Valores de TAC obtenido en el primer experimento de tomate de cáscara al derivar el modelo de Weibull para cada uno de los tratamientos. 178
29	Rendimiento total de tomate de cáscara obtenido en cada uno de los tratamientos, durante la primera fase experimental. 179
30	Análisis de varianza para la variable rendimiento total de tomate de cáscara. 179
31	Rendimiento de tomate de cáscara clasificación "grande" en cada uno de los tratamientos, durante la primera fase experimental. 180
32	Análisis de varianza para la variable rendimiento de tomate de cáscara clasificación "grande". 180
33	Rendimiento de tomate de cáscara clasificación "chico" obtenido en cada uno de los tratamientos, durante la primera fase experimental. 181
34	Análisis de varianza para la variable rendimiento de tomate de cáscara clasificación "chico". 181
35	Estimación del requerimiento de riego acumulado del cultivo de tomate de cáscara durante la primera fase experimental. 182
36	NMP de coliformes fecales por 100 g de fruto de tomate de cáscara correspondiente al primer experimento, durante la primera fase experimental. 183
37	Análisis de varianza para la variable número de coliformes fecales en fruto de tomate de cáscara. 183

Cuadro		Pág
38	VARIABLES CLIMÁTICAS REGISTRADAS EN LA ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA DEL CAMPO AGRÍCOLA EXPERIMENTAL DE ZACATEPEC, MOR., DURANTE EL SEGUNDO EXPERIMENTO DE CEBOLLA NOVIEMBRE, 1996.	184
39	VARIABLES CLIMÁTICAS REGISTRADAS EN LA ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA DEL CAMPO AGRÍCOLA EXPERIMENTAL DE ZACATEPEC, MOR., DURANTE EL SEGUNDO EXPERIMENTO DE CEBOLLA. DICIEMBRE, 1996.	184
40	VARIABLES CLIMÁTICAS REGISTRADAS EN LA ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA DEL CAMPO AGRÍCOLA EXPERIMENTAL DE ZACATEPEC, MOR., DURANTE EL SEGUNDO EXPERIMENTO DE CEBOLLA. ENERO, 1997.	185
41	VARIABLES CLIMÁTICAS REGISTRADAS EN LA ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA DEL CAMPO AGRÍCOLA EXPERIMENTAL DE ZACATEPEC, MOR., DURANTE EL SEGUNDO EXPERIMENTO DE CEBOLLA. FEBRERO, 1997.	185
42	VALORES DE MATERIA SECA (g PLANTA ⁻¹) OBSERVADOS Y ESTIMADOS DE ACUERDO AL MODELO DE WEIBULL, DATOS DEL SEGUNDO EXPERIMENTO DE CEBOLLA.	186
43	VALORES DE TAC OBTENIDOS DEL EXPERIMENTO DE CEBOLLA AL DERIVAR EL MODELO DE WEIBULL PARA CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS, DURANTE LA SEGUNDA FASE EXPERIMENTAL.	187
44	RENDIMIENTO TOTAL DE BULBO DE CEBOLLA DEL SEGUNDO EXPERIMENTO OBTENIDO EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS.	190
45	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO TOTAL DE BULBO DE CEBOLLA.	190
46	RENDIMIENTO DE BULBO DE CEBOLLA DEL SEGUNDO EXPERIMENTO CLASIFICACIÓN "GRANDE".	191
47	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO DE BULBO DE CEBOLLA CLASIFICACIÓN "GRANDE".	191
48	RENDIMIENTO DE BULBO DE CEBOLLA DEL SEGUNDO EXPERIMENTO CLASIFICACIÓN "MEDIANA" OBTENIDO EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS.	192
49	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO DE BULBO DE CEBOLLA CLASIFICACIÓN "MEDIANA".	192

INDICE DE CUADROS DEL APENDICE

Cuadro		Pág
50	Rendimiento de bulbo de cebolla del segundo experimento clasificación "chica"	193
51	Análisis de varianza para la variable rendimiento de bulbo de cebolla clasificación "chica".	193
52	Efecto de la gallinaza, incorporación de soya como abono verde y fertilización química sobre la supervivencia del NMP de coliformes fecales en bulbo de cebolla.	194
53	Análisis de varianza para la variable coliformes fecales en bulbo de cebolla.	194
54	NMP de coliformes fecales en bulbo de cebolla en cada uno de los tratamientos después de aplicar hipoclorito de sodio en diferentes concentraciones y microdyn, durante la segunda fase experimental.	195
55	Análisis de varianza para la variable NMP de coliformes fecales en bulbo de cebolla después de aplicar microdyn y diferentes dosis de hipoclorito de sodio.	195
56	Variables climáticas registradas en la estación climatológica del Campo Agrícola Exp de Zactepec, Mor., durante el segundo experimento de tomate de cáscara. Mayo, 1997.	196
57	Variables climáticas registradas en la estación climatológica del Campo Agrícola Exp. De Zactepec, Mor., durante el segundo experimento de tomate de cáscara. Junio, 1997.	196
58	Variables climáticas registradas en la estación climatológica del Campo Agrícola Exp. De Zactepec, Mor., durante el segundo experimento de tomate de cáscara. Julio, 1997.	197
59	Valores observados de materia seca de tomate de cáscara (g planta^{-1}) del segundo experimento y los estimados de acuerdo al modelo de Weibull	198
60	Valores de TAC obtenidos en el tomate de cáscara al derivar el modelo de Weibull para cada uno de los tratamientos, durante la segunda fase experimental.	199

Cuadro		Pág.
61	Rendimiento total de fruto de tomate de cáscara correspondiente a la segunda fase experimental.	201
62	Análisis de varianza para la variable rendimiento total de fruto de tomate de cáscara.	201
63	Rendimiento de fruto de tomate de cáscara clasificación “grande” correspondiente a la segunda fase experimental.	202
64	Análisis de varianza para la variable rendimiento de fruto de tomate de cáscara clasificación “grande”.	202
65	Rendimiento de fruto de tomate de cáscara clasificación “chico” correspondiente a la segunda fase experimental.	203
66	Análisis de varianza para la variable rendimiento de fruto de tomate de cáscara clasificación “chico”.	203
67	NMP de coliformes fecales por 100 g de fruto de tomate de cáscara, correspondiente a la segunda fase experimental.	204
68	Análisis de varianza para la variable coliformes fecales por 100 g de fruto de tomate de cáscara.	204
69	NMP de coliformes fecales en fruto de tomate de cáscara después de aplicar microdyn y diferentes dosis de hipoclorito de sodio, durante la segunda fase experimental.	205
70	Análisis de varianza para la variable NMP de coliformes fecales después de aplicar microdyn y diferentes dosis de hipoclorito de sodio en fruto de tomate de cáscara.	205

PROLOGO

El Agua es el medio donde surgió la vida en nuestro planeta, y la vida misma depende permanentemente de la existencia de ésta, ya que es fundamental en los procesos metabólicos que realizan los seres vivos. En la actualidad su manejo es altamente ineficiente tanto en la ciudad como en el campo. Aunado a esto, el desarrollo industrial y agrícola ha dado origen a la contaminación de las aguas, los alimentos, los suelos y la atmósfera.

El estudio de medidas que contribuyan a hacer más eficiente el uso del agua y reduzcan la contaminación del ambiente y alimentos son prioritarios, ya que en México y el mundo los mantos acuíferos están siendo sobreexplotados, se tiene constante caída en la captación, baja disponibilidad y mayores demandas de este vital líquido en las zonas metropolitanas del país.

En los primeros capítulos de este trabajo se exponen ciertas teorías recientes propuestas por algunos autores a fin de abordar la problemática del uso eficiente del agua de residual de riego, la fertilización en cebolla y tomate de cáscara, la contaminación microbiana y el crecimiento de las plantas, principalmente.

La presente investigación reúne avances sobre el control de la contaminación microbiana de las hortalizas cebolla y tomate de cáscara regadas con aguas residuales de río Apatlaco en el Estado de Morelos. En la primera fase experimental se evaluó la contaminación microbiana en bulbo de cebolla y fruto de tomate de cáscara desarrollado en vertisoles bajo diferentes niveles de humedad del suelo al momento del riego; en la segunda fase experimental para reducir la contaminación microbiana, en bulbo de cebolla y fruto de tomate, se evaluó la incorporación de abonos verdes, gallinaza y métodos químicos con base en hipoclorito de sodio en diferentes concentraciones y un bactericida comercial microdyn.

RESUMEN

En los terrenos del Centro de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias de Zacatepec, Mor., durante el periodo del 1º noviembre 1996 al 30 de julio de 1997, se condujeron investigaciones en los cultivos de cebolla y tomate de cáscara con el propósito de generar conocimientos que permitan el desarrollo de prácticas agrícolas para el manejo eficiente y ambiental de suelos que reciben aguas residuales para la producción de hortalizas.

Durante la primera fase experimental en ambos cultivos se estudiaron los niveles de humedad al momento del riego de 0, 20, 40, 60 y 80%. Durante la segunda fase experimental se estudio la incorporación de gallinaza y soya como abono verde en los cultivos hortícolas mencionados con el propósito de eliminar bacilos coliformes y huevecillos de helmintos.

En los cuatro experimentos se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Para estudiar el efecto de los tratamientos sobre el crecimiento de los cultivos, se realizaron muestreos de materia seca cada 12 días durante cada ciclo de cultivo; los datos de crecimiento (g planta^{-1}) se ajustaron al modelo de Weibull (Hunt, 1982). Para la cuantificación del número más probable de coliformes en suelo, bulbo de cebolla y fruto de tomate de cáscara se utilizó el método de tubo múltiple. En la segunda fase experimental al final de la cosecha, se procedió a desinfectar el bulbo de cebolla y fruto de tomate de cáscara con inmersiones de hipoclorito de sodio (cloralex 6%) en concentraciones de 10 y 20 ml L^{-1} de agua con tiempos de exposición de 5, 10, 15 minutos, en bulbo de cebolla y 5, 10, 15, 20 y 25 minutos, en fruto de tomate de cáscara.

Los resultados experimentales del cultivo de cebolla y tomate de cáscara mostraron un efecto positivo a la aplicación del riego, los rendimientos más altos en cebolla (70 370 y 73 047 kg ha^{-1}) y tomate de cáscara (11 234 y 12 906 kg ha^{-1}) se alcanzaron con los niveles de humedad al momento del riego de, 60 y 80%,

respectivamente. Estos resultados mostraron que es posible incrementar significativamente los rendimientos cuando se manejan adecuadamente los niveles de humedad al momento de aplicar los riegos

El bulbo de cebolla y fruto de tomate de cáscara mostraron un alto grado de contaminación con coliformes fecales y huevecillos de helmintos. Los abonos aplicados al suelo (abono verde y gallinaza) no afectaron la sobrevivencia de estos microorganismos. De los tratamientos químicos evaluados, los más eficientes para el control de coliformes en bulbo de cebolla fue hipoclorito de sodio 20 mL L⁻¹ de agua durante 5, 10 y 15 minutos de inmersión; en tomate de cáscara la concentración más efectiva se obtuvo con 20 mL L⁻¹ de agua durante 25 minutos de exposición.

El análisis de crecimiento mostró que los niveles de humedad durante la primera fase experimental y el nitrógeno en la segunda fase ejercen un efecto marcado sobre el rendimiento biológico y tasa absoluta de crecimiento de los cultivos estudiados. Los mayores rendimientos biológicos y tasas absolutas de crecimiento estuvieron asociados con los más altos rendimientos de bulbo de cebolla y fruto de tomate de cáscara

ABSTRACT

The present research was conducted on onion and green tomato crop, at the Zacatepec Research Center for Agricultural Forestry and Cattle in Morelos state during november 1, 1996 to july 30, 1997, with the purpose to generate knowledges that allow develop agricultural practices for wastewater efficient management and some enviromental factors in soils irrigated by this type of waters to produce both crops.

During the 1st experimental phase studies on moisture levels at the beginning of irrigation of 0, 20, 40, 60 y 80% on both crops were carried out. During the 2nd phase soil addition of soybean green manure and chicken manure on both crops were studied with the aim to eliminate fecal coliforms and helminth eggs.

Four experiments were carried on a complete randomized block design with four replications to study the treatment effects on growth crops. Dry matter samples were taken every day along the crop cicle. Growth data (g planta^{-1}) were adjusted to the Weibull model (Hunt, 1982). To determine the most probable number of coliforms in soil, onion bulb and husk green tomato fruit, the multiple tube method was used. During the 2nd experimental phase at the end of harvest it was proceeded to disinfect onion bulb and husk green tomato fruit with sodium hipochlorite (cloralex 6 %) at 10 and 20 ml L^{-1} water with exposition times of 5, 10 and 15 minutes on onion bulbs and 5, 10, 15, 20 and 25 minutes on husk green tomato fruits.

Results on both crops showed a positive effect to the 60 and 80% irrigación aplicacion at the beginning of the irrigation respectiveley. These data showed that it's possible increase yield significantly when moisture levels are adecuate managed.

High coliform populations and presence of helminth eggs on onion bulbs and husk green tomato fruits showed high grade of microbial contamination, soil applied fertilizers (green soybean plants and chicken manure) did not affect faecal coliforms and

It was proceeded to disinfect onion and green
tomato with sodium hypochloride at 6 percent
1^o 10 y 20 milliliter per liter water with
exposition times of 10 and 15 minutes on
onion and 15 20 and 25 minutes on
green tomato fruits. It was used
a randomized block design. To determine
the most probable number of cell-forms

To determine the most probable number of cell-forms in onion and green tomato fruits, a randomized block design was used. The most probable number of cell-forms was determined by the method of Reed and Munnell (1938).

helminths eggs. From all chemical treatments the most efficient to control coliforms on onion bulb was sodium hypochlorite 20 ml L⁻¹ water with immersion exposures of 5, 10 y 15 minutes. On husk tomato fruits the most effective concentration was 20 mL L⁻¹ water 25 minutes exposition.

Growth analysis showed that moisture levels during the 1st experimental phase and nitrogen during the 2nd phase exert deep effect on the biological yield and absolute growth rate on the studied crops. The greatest biological yields and absolute growth rates were associated with the greatest onion bulb and husk tomato fruits yields.

I. INTRODUCCION

En la República Mexicana la superficie agrícola nacional estimada bajo riego es de 8 7 millones de hectáreas, de las cuales los Vertisoles son los de mayor importancia, ya que en un 38% de la superficie son dominantes (Ortiz, 1985). Estos suelos están considerados como estratégicos, por su alto potencial para la producción futura (Lomeli, 1996), a pesar de que presentan limitantes, como son: su baja permeabilidad, dificultad de labranza y problemas que ocasionan en la germinación de las semillas. Sin embargo, en estos suelos se produce con éxito principalmente cultivos hortícolas y granos básicos.

Morelos es una de las principales entidades federativas productoras de cebolla y tomate de cáscara a nivel nacional, destinándose a estos cultivos 5 800 y 1 500 ha, respectivamente. Las tierras cultivadas en los municipios de Temixco, Xochitepec, Puente de Ixtla, Zacatepec y Jojutla, son regadas por gravedad, sin técnicas adecuadas y con baja eficiencia de aplicación. El agua de riego derivada del río Apatlaco es de tipo residual y proviene de la ciudad de Cuernavaca y pueblos aledaños. El uso de estas aguas en la agricultura, es una práctica común. La materia orgánica presente en las aguas mejora las condiciones del suelo y productividad de las plantas, pero paralelamente a tal beneficio, contribuye a la contaminación del suelo, de las plantas y el ambiente, poniendo en peligro la salud humana, no solo en el sector rural, sino también de la población consumidora de estos productos agrícolas.

Lo anterior queda fundamentado por Cortés (1989), quien señala que las aguas residuales pueden considerarse insalubres al llegar a la parcela, debido a que estas aguas superan los lineamientos de contaminación microbiana propuestos en Engelberg, Suiza, los cuales establecen que el agua residual para riego de hortalizas, prados y frutales no debe de contener más de 1000 coliformes fecales por 100 mL de agua y no debe exceder a un huevecillo de helminto L^{-1} de agua (WHO, 1989)

La presencia de dichos microorganismos en aguas residuales, suelos y frutos, como es el caso de bacterias coliformes (*Escherichia coli* y *Klebsiella pneumoniae*), cocos (*Streptococcus faecalis*, y *E. zymogenes*), pseudomonas (*Pseudomonas spp.*), salmonelas (*Salmonella typhi* y *S. paratyphi*) y huevecillos de helmintos (*Ascaris lumbricoides* y *Trichuris trichuria*), ocasionan riesgos reales y potenciales a la salud pública. Al respecto, un estudio realizado por Calderón (1991) señala que los principales padecimientos por contaminación de hortalizas regadas con aguas residuales se encuentran infecciones intestinales, enteritis, amibiasis, giardiasis y shigelosis. Estos organismos patógenos han proliferado en nuestro país a tal grado que es la segunda causa de decesos, presentándose con mas frecuencia en niños menores de cuatro años y en personas adultas mayores de 55 años. Según las estadísticas, en México se enferman por infecciones intestinales más de diez millones de pacientes anualmente, lo que representa mas del 30% de la atención médica.

Los riesgos para la salud pueden reducirse mediante el tratamiento de las aguas residuales, pero este tratamiento es muy costoso. En muchos casos se ha mencionado que la mejor manera de proteger la salud pública es limitar el riego con aguas residuales en hortalizas que crecen en contacto con el suelo y que se consumen en crudo. Esta medida ha traído como consecuencia problemas sociales, como la pérdida de empleo por jornaleros y empobrecimiento de los productores. Finalmente, estos cultivos se han seguido sembrando ilegalmente, tal es el caso de cebolla, tomate y jícama en el Estado de Morelos; fresa en Zumpahuacán, Estado de México; así como alfalfa y hortalizas en el Valle de Mezquital, Hgo. (Peña, 1996).

Investigaciones recientes han señalado que la contaminación microbiana de hortalizas regadas con aguas residuales pueden eliminarse al tratar los productos hortícolas con diluciones de hipoclorito de sodio y otros desinfectantes (Dr. Julián M. Pérez Mangas, 1995, comunicación personal). Por su parte, Crow *et al.*, 1995, lograron reducir el efecto del daño por nemátodos fitopatógenos en plantas cultivadas, al incorporar abonos verdes y nitrógeno amoniacal. Esta práctica además de ser un

mejorador de suelo contribuye a eliminar los efectos negativos de la contaminación química del suelo por aplicaciones de nematicidas.

En virtud de que el uso del agua residual en la producción de alimentos es una realidad estatal y nacional, por el abatimiento de acuíferos y la reducción en los escurrimientos superficiales, es justificable realizar investigaciones que contribuyan a efficientar el uso del agua de riego y reducir la contaminación microbiana de los cultivos en estudio.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

México con una superficie de tierra de labor de aproximadamente 23.8 millones de hectáreas es un país que en los últimos años ha tenido un crecimiento acelerado en su población, la cual en 1990 fue de 81.14 millones de habitantes. Por lo tanto, la disponibilidad de las tierras de labor fue de 0.29 ha per cápita en el año mencionado y se estima que será de 0.23 para el año 2000 (Turrent, 1995). El mismo autor, señala que Estados Unidos y Canada, con mejores suelos, disponen en conjunto de 0.75 ha por habitante; también en conjunto Australia y Nueva Zelanda disponen de una hectárea per cápita. Aun bajo estas condiciones nuestro país puede ser autosuficiente en materia alimentaria si se maneja adecuadamente el suelo y se tecnifica la agricultura mediante el uso de semillas mejoradas, control fitosanitario de plagas y enfermedades, manejo y aplicación oportuna del agua de riego, entre otras prácticas de manejo.

En base al régimen hídrico, aproximadamente 18 millones de hectáreas cultivan bajo condiciones de temporal y 5.8 millones bajo condiciones de riego, siendo la agricultura de riego la parte más dinámica que contribuye con un poco más del 50 % del valor de la producción agrícola (Palacios, 1987).

En nuestro país el agua es un recurso muy limitativo y mal distribuido, su eficiencia de conducción en muchos distritos aún se mantiene en porcentajes bajos, debido a su mala infraestructura, a nivel nacional el promedio es de 63%. Además,

mejorador de suelo contribuye a eliminar los efectos negativos de la contaminación química del suelo por aplicaciones de nematicidas.

En virtud de que el uso del agua residual en la producción de alimentos es una realidad estatal y nacional, por el abatimiento de acuíferos y la reducción en los escurrimientos superficiales, es justificable realizar investigaciones que contribuyan a eficientar el uso del agua de riego y reducir la contaminación microbiana de los cultivos en estudio.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

México con una superficie de tierra de labor de aproximadamente 23.8 millones de hectáreas es un país que en los últimos años ha tenido un crecimiento acelerado en su población, la cual en 1990 fue de 81.14 millones de habitantes. Por lo tanto, la disponibilidad de las tierras de labor fue de 0.29 ha per cápita en el año mencionado y se estima que será de 0.23 para el año 2000 (Turrent, 1995). El mismo autor, señala que Estados Unidos y Canada, con mejores suelos, disponen en conjunto de 0.75 ha por habitante; también en conjunto Australia y Nueva Zelanda disponen de una hectárea per cápita. Aun bajo estas condiciones nuestro país puede ser autosuficiente en materia alimentaria si se maneja adecuadamente el suelo y se tecnifica la agricultura mediante el uso de semillas mejoradas, control fitosanitario de plagas y enfermedades, manejo y aplicación oportuna del agua de riego, entre otras prácticas de manejo.

En base al régimen hídrico, aproximadamente 18 millones de hectáreas cultivan bajo condiciones de temporal y 5.8 millones bajo condiciones de riego, siendo la agricultura de riego la parte más dinámica que contribuye con un poco más del 50 % del valor de la producción agrícola (Palacios, 1987).

En nuestro país el agua es un recurso muy limitativo y mal distribuido, su eficiencia de conducción en muchos distritos aún se mantiene en porcentajes bajos, debido a su mala infraestructura, a nivel nacional el promedio es de 63%. Además,

recientemente tal eficiencia se ha estimado que se ha reducido a un 60%. Por otra parte, se ha determinado que dentro de la superficie regable existen poco más de 300 000 ha ociosas, que no se cultivan por diversas causas, siendo las principales: salinidad, malas condiciones físicas del terreno, y problemas de tenencia de la tierra, así como falta de crédito (Ramos, 1997).

Debido a la baja disponibilidad del agua, y alta competencia en su uso y aprovechamiento, ésta ha dejado de ser considerada un recurso renovable, tanto en cantidad como en calidad. La infraestructura hidroagrícola resulta insuficiente para la producción, las alteraciones del ciclo hidrológico, las sequías, la erosión del suelo, además de la contaminación del suelo y el agua, hacen que este recurso apenas alcance para satisfacer las demandas de la población, la industria y el riego agrícola.

En el Estado de Morelos los Vertisoles especialmente los que se cultivan bajo riego, a pesar de ser considerados los suelos más productivos, presentan problemas de contaminación microbiana y los rendimientos promedio de las principales hortalizas cultivadas entre ellas cebolla y el tomate de cáscara, son de 17.8 y 11.6 t ha⁻¹, respectivamente (SARH-DGEA, 1981 y CIFAP, 1988) Tales rendimientos son sumamente bajos de acuerdo a los reportados en otras áreas productoras de estas hortalizas también bajo riego.

Al respecto, un estudio realizado por Bartolo (1994) sobre la respuesta de la cebolla a la aplicación del riego, indicó que el rendimiento potencial de este bulbo es ligeramente superior a 80 t ha⁻¹. Este rendimiento como se observa es superior en más del 400% al rendimiento promedio que se obtienen en la región bajo estudio. A nivel experimental, Pérez (1995) logró un rendimiento de 47 t ha⁻¹ en tomate de cáscara en el área de Chapingo, México, triplicando el rendimiento promedio nacional.

Las plantas hortícolas cuando son regadas con aguas residuales, durante su proceso productivo, propician la transmisión de enfermedades infecto-contagiosas. En México existen elevadas tasas de mortalidad y morbilidad cuya etiología puede atribuirse al

consumo de alimentos contaminados por la utilización de aguas residuales que contienen cantidades altas de bacterias como: *Salmonella sp.*, *Escherichia coli*, *Shigella sp.*, *Clostridium sp.*, *Proteus spp.*; Protozoarios como la *Entamoeba histolytica* y helmintos como: *Ascaris lumbricoides* y *Trichiura sp.* entre otros (Niedrum *et al.*, 1991).

Por lo anterior, el estudio de la contaminación y control microbiano de las hortalizas regadas con aguas residuales, requiere prioridad dentro de las actividades de investigación (Fernández, 1982).

III. MARCO FISIOGRAFICO

3.1 El río Apatlaco y la contaminación

El río Apatlaco se forma en una serie de barrancas situadas al Oeste de Cuernavaca, Morelos, entre los que se encuentran las de Tetlama, del Tunel, de San Antón, de la India y de Coajomulco. La trayectoria que sigue es prácticamente de Norte a Sur. A lo largo de esta corriente, cuenta con varias obras de toma, agua que se aprovecha para riego de cultivos como caña de azúcar, arroz y hortalizas como cebolla y tomate de cáscara (Figura 1). El agua beneficia a los poblados de Temixco, Acatlipa, Xochitepec, Atlacholoaya, Xoxocotla, Tetelpa, Zacatepec y Jojutla.

El río Apatlaco está contaminado por desechos domésticos, urbanos y es potencialmente peligroso para la salud humana, debido al alto índice de bacterias coliformes. La materia orgánica ha producido en el río una disminución en la concentración de oxígeno disuelto, cambios en el pH, incremento en la turbiedad y de los sólidos sedimentables, aumento de la temperatura y crecimiento de organismos indeseables (IMTA, 1994).

Por la capital del Estado de Morelos escurren a diario adicionalmente más de 30 mil m³ de aguas residuales con mínimo o nulo tratamiento en su mayor parte vertida de manera directa a las barrancas del río (Sparza y Gonzalez, 1997)

consumo de alimentos contaminados por la utilización de aguas residuales que contienen cantidades altas de bacterias como: *Salmonella sp.*, *Escherichia coli*, *Shigella sp.*, *Clostridium sp.*, *Proteus spp.*, Protozoarios como la *Entamoeba histolytica* y helmintos como: *Ascaris lumbricoides* y *Trichiura sp.* entre otros (Niedrum *et al.*, 1991).

Por lo anterior, el estudio de la contaminación y control microbiano de las hortalizas regadas con aguas residuales, requiere prioridad dentro de las actividades de investigación (Fernández, 1982).

III. MARCO FISIOGRAFICO

3.1 El río Apatlaco y la contaminación

El río Apatlaco se forma en una serie de barrancas situadas al Oeste de Cuernavaca, Morelos, entre los que se encuentran las de Tetlama, del Tunel, de San Antón, de la India y de Coajomulco. La trayectoria que sigue es prácticamente de Norte a Sur. A lo largo de esta corriente, cuenta con varias obras de toma, agua que se aprovecha para riego de cultivos como caña de azúcar, arroz y hortalizas como cebolla y tomate de cáscara (Figura 1). El agua beneficia a los poblados de Temixco, Acatlipa, Xochitepec, Atlacholoaya, Xoxocotla, Tetelpa, Zacatepec y Jojutla.

El río Apatlaco está contaminado por desechos domésticos, urbanos y es potencialmente peligroso para la salud humana, debido al alto índice de bacterias coliformes. La materia orgánica ha producido en el río una disminución en la concentración de oxígeno disuelto, cambios en el pH, incremento en la turbiedad y de los sólidos sedimentables, aumento de la temperatura y crecimiento de organismos indeseables (IMTA, 1994).

Por la capital del Estado de Morelos escurren a diario adicionalmente más de 30 mil m³ de aguas residuales con mínimo o nulo tratamiento en su mayor parte vertida de manera directa a las barrancas del río (Sparza y Gonzalez, 1997)

Localización de los trabajos experimentales dentro del área de estudio

En esta entidad, la prohibición del uso de las aguas residuales para riego en hortalizas en 1991, afectó a 2 000 productores agrícolas, 3 500 jornaleros y 36 000 ha, poniendo en peligro la subsistencia económica y social de los afectados (Macedma, 1994). Sin embargo, los productores siguen sembrando al margen de las disposiciones oficiales.

Las 37 plantas existentes en el estado son insuficientes para reducir la contaminación en virtud de la alta contaminación microbiana existente en los escurrimientos de los ríos Apatlaco y Cuautla, como lo ha señalado IMTA (1994). Por tal motivo, la instalación de plantas puede contribuir a reducir la contaminación pero no es una alternativa de rápida solución, por su costo alto y la crisis financiera del país. Por lo anterior, una probable solución más pronta al problema de la contaminación microbiana y económica debe basarse en tratamiento de los productos hortícolas al momento de la cosecha con productos bactericidas tal es el caso del hipoclorito de sodio y el microdyn entre otros.

3.2 Localización de los trabajos experimentales dentro del área de estudio.

Los trabajos experimentales se condujeron en el Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de Zacatepec, Mor., (18° 39' de Norte y 99° 12' Oeste y 920 msnm, Figura 2).

3.3 Características climáticas y edáficas del área de estudio

En el Estado de Morelos los valles desde Tetecala hasta Cuautla, constituyen la región más fértil y húmeda del estado, notable por la riqueza de sus aguas, su clima y la excelente condición para la producción agropecuaria (Sparza y Gonzalez, 1997).

3.3.1 Características climáticas

De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por García (1988), el clima del área de influencia del campo experimental se caracteriza como Awo(w)(i)g

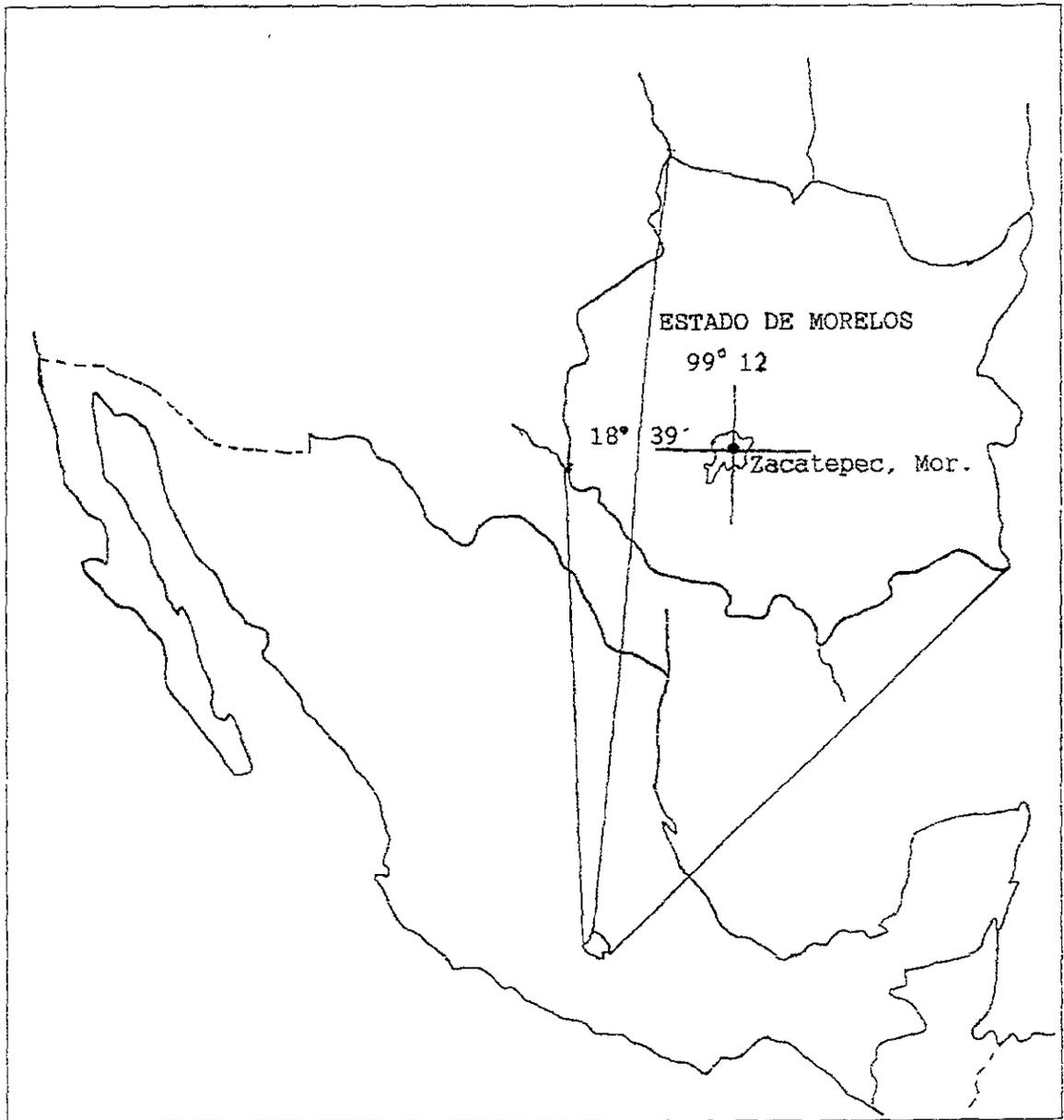


Figura 2. Ubicación geográfica del sitio experimental en el Centro de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias de Zacatepec, Morelos.

w'', el más seco de los cálidos subhúmedos, con lluvias en verano, porcentaje de lluvia invernal menor del 5% de la lluvia total anual, una oscilación de las temperaturas medias mensuales entre 5 y 7 °C, el mes más caliente del año ocurre antes de junio

La temperatura media anual de la región es de 24.1 °C, la temperatura media del mes más frío es de 21.8 °C, la lluvia promedio anual es de 832.4 mm. El 68% de las regiones del Estado presentan este clima.

3.3.2 Características edáficas

Según la clasificación FAO-UNESCO (1990), el suelo donde se estableció el experimento es un Vertisol, caracterizado por presentar: textura arcillosa (48.8 %), pH 7.3; materia orgánica 1.17 %; nitrógeno total 0.09%; capacidad de intercambio catiónico 47 meq por 100 g de suelo; fósforo (P) 24 ppm y potasio asimilable 450 kg ha⁻¹. Para los estratos de 0-30 y 30-60 cm con fines de riego, la densidad aparente fue de 1.2 g cm⁻³, capacidad de campo de 42.14 y 42.88% y punto de marchitamiento permanente de 23.10 y 22.0% para los estratos 0-30 y 30-60 cm, respectivamente.

Entre las principales características que distinguen a un Vertisol, es el alto contenido de arcilla montmorillonítica expandible (2:1). Sus materiales originales incluyen rocas sedimentarias calcáreas, rocas ígneas básicas, basaltos, cenizas y aluviones de esos materiales.

Por lo general, están limitados en su mayor parte a terrenos con pendiente de 1 a 8%. La estructura y las amplias grietas son probablemente las características más sobresalientes de los Vertisoles. En la mayoría de los casos, la superficie muestra grandes bloques angulares o estructura prismática, aunque una capa de gránulos finos puede ocurrir variando de unos milímetros a unos pocos decímetros (International Society of Soil Science, 1994).

Durante la estación seca, el suelo se agrieta hasta la superficie, debido a la contracción de las arcillas dilatables (2:1). Por lo común, las grietas se extienden a

profundidades de un metro a más. Mientras están abiertas, cae en ellas material de la superficie al suelo. El material superficial se puede ver desalojado por diversos mecanismos, tales como las actividades de los animales, el viento o el agua. Al comienzo de la temporada de lluvias, las arcillas se hidratan y vuelven a dilatarse. Al efectuarse la expansión, las grietas se cierran; sin embargo, debido al material extra que se encuentra en las partes inferiores del perfil se requiere un volumen mayor y el material dilatante se comprime y hace que se deslicen los agregados, unos contra otros, desarrollando una estructura de bloque angular. Esta expansión riza el terreno, formando el microrrelieve que se conoce como gilgai (Buol *et al.*, 1990)

Al implementar un sistema de manejo de los suelos arcillosos se deben identificar dos metas principales: La primera, impedir la deterioración del suelo es decir, evitar la erosión excesiva, el agotamiento de la fertilidad y la acumulación de sales en la zona radical. La segunda meta, es intentar el mejoramiento del sistema suelo y se refleje en el incremento de la producción de cultivos. Estas dos metas son muy amplias y por consiguiente muchos de los aspectos de la ciencia del suelo y agronómicos deben estar integrados para lograrlos (Volke y Etchevers, 1994). Los elevados contenidos de arcillas y la baja permeabilidad asociada de esos suelos cuando están húmedos, los hace convenientes para cultivos que requieren retención del agua superficial. Debido a su textura fina, una débil estructura, propiedades de expansión y agrietamiento de los suelos y un muy pobre drenaje interno, los Vertisoles no son adecuados para frutales. Las gramíneas tales como caña de azúcar, arroz y pastos son los más adecuados para estos suelos por presentar raíces vigorosas, extensas y pueden mejor resistir el daño causado por el agrietamiento del suelo.

Las hortalizas pueden crecer sobre estos suelos con algo de éxito. Estos suelos no son los más adecuados para leguminosas como chícharo de vaca (*Vigna spp.*), pigeón (*Cajanus cajan*) y cacahuete (*Arachis hypogea*). Los pastos nativos han demostrado bajo niveles de productividad en estas unidades de suelos (Ahmad, 1988).

Existen amplias evidencias de que los cultivos que crecen en Vertisoles son beneficiados con aplicaciones de fertilizantes nitrogenados. Las concentraciones de N en estos suelos están en relación a la materia orgánica, éstos son menores a 0.17%. Bajo estas condiciones, la infiltración de NO_3 no es excesiva. La respuesta al N es mayor en estaciones con lluvias bien distribuidas y cuando hay deficiencias de otros elementos particularmente P. Los Vertisoles formados de basaltos tienen una concentración alta de P, siendo superior a los Vertisoles originados de rocas sedimentarias. La mayoría del P en estas unidades está presente en forma asociada al Ca más que al Fe y Al.

Reportes de investigación han mostrado que existe una apreciable respuesta al P solamente donde el P extractable es menor a 2.5 ppm. Hay una ausencia de reportes en Vertisoles deficientes en K. Sin embargo, en suelos donde el K intercambiable son bajos, se aplica fertilizante potásico, especialmente en caña de azúcar (Probert *et al.*, 1987). La falta de respuesta al K es debido a que éste se encuentra clasificado como extremadamente rico.

Los nutrimentos S, Ca, y Mg generalmente no se consideran limitativos del rendimiento de los cultivos en Vertisoles. El límite crítico en los suelos es de 10 ppm. Donde se han encontrado deficiencias de azufre en Vertisoles se ha sugerido el uso de fertilizantes como $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Sin embargo, el Dr. David Flores Román, 1998 (Comunicación personal) recomienda que no se debe abusar de estas aplicaciones, ya que este fertilizante tiende a acidificar el pH de los suelos. En Vertisoles bajo riego, el paso de la maquinaria compacta el suelo por lo que será necesario un mayor número de barbechos o rastreos. Las operaciones de preparación del suelo pueden dañar la estructura del suelo particularmente cuando esta práctica es conducida en condiciones inapropiadas de humedad.

3.4 Cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.)

La cebolla se encuentra situada dentro del grupo de las nueve hortalizas más importantes en la alimentación del país. Su contribución relativa en el volumen

exportado es de solo 4.3%. Estudios como cultivo regado con aguas residuales son muy limitados.

La cebolla es una planta anual, con bulbo grande. La raíz es fibrosa. El tallo es un escarpo y mide 0.6 a 1.6 m de altura, es hueco y ensanchado en la parte media baja, es mucho más alto que las hojas. Las hojas del primer año, son radicales y basales, fistulosas y densas debajo de la parte media.

Las flores son en su mayoría de color lila o cercanas al blanco, se encuentran en una gran umbela sustentada en 2 ó 3 brácteas inclinadas hacia atrás, los pedicelos miden de 2.5 cm o menos de longitud, con segmentos angostos, lanceolados, agudos, los estambres son exsertos, los tres filamentos internos están expandidos en la base y están lobulados o dentados externamente. Algunas de sus características morfológicas se pueden apreciar en la Figura 3



Figura 3 Algunas características morfológicas y diferentes genotipos de cebolla.

3.4.1 Origen y distribución.

La mayoría de los autores señalan que la cebolla es originaria de Asia Central específicamente de Irán, Turquía y Afganistán (Morotto, 1983) Aunque Robles (1963) señala que el noroeste de la India y sureste de Asia es el centro de origen de la cebolla.

Hanett (1990) menciona que la distribución de ésta es mundial y que los países con mayor superficie cultivada son: China, India, Estados Unidos, Turquía, Japón, España, Brasil e Irak. En México los principales estados productores de cebolla son: Guanajuato, Tamaulipas, Chihuahua, Michoacán, Morelos, Baja California, Jalisco y Puebla (Luján, 1986).

3.4.2 Factores climáticos

La temperatura y fotoperiodo presentan una fuerte influencia sobre la formación de bulbo en cebolla (Casseres, 1989) La cebolla requiere de una variación en temperatura de 3-15 °C durante la etapa de plántula y de 18 a 36 °C durante la formación de bulbo (Edmond *et al*, 1984) En relación al fotoperiodo Adriance y Brison (1939) señalan que las variedades difieren en sus exigencias de fotoperiodo; indicando que algunas requieren de 13-16 horas (fotoperiodo largo) y otras requieren de fotoperiodo relativamente corto (10-12 horas). Sin embargo, un mínimo de fotoperiodo es necesario para inducir el desarrollo del bulbo Por ejemplo, la variedad Creangold no desarrolló el bulbo en fotoperiodo de 14 horas y temperaturas de 18 y 10 °C durante el día y la noche, respectivamente (Steer, 1980).

3.5 Cultivo del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot)

El tomate de cáscara es una de las especies hortícolas importantes por tener grandes perspectivas en el mercado nacional, se cotiza a buen precio y su ciclo vegetativo es relativamente corto.

El tomate de cáscara es una planta herbácea anual con tallo erecto y ramificado, de 0.90 a 1.20 m de altura. Su tallo es glabro o casi glabro, herbáceo o ligeramente leñoso en la base. Las hojas son delgadas, ovaladas o lanceo-ovaladas, de 5 a 7.5 cm de largo, dentadas o con muescas, con peciolo largo con textura suave.

Las flores son grandes y abiertas, de 1.8 cm de diámetro, con bordes amarillos brillantes, la entrada del tubo de la corola presenta cinco manchas de color café negruzco, las anteras son púrpuras, generalmente las flores están sobre pedicelos axilares o extra axilares, el cáliz es pentadentado, presenta cinco estambres, el estilo es delgado, el estigma es casi bilobulado. El fruto es una baya amarilla o verduzca más o menos viscosa de tamaño variable de 1 a 5 cm de diámetro (Figura 4).



Figura 4. Planta de tomate de cáscara mostrando características morfológicas de sus órganos.

3.5.1 Origen y distribución

Esta especie es originaria de México, en donde se encuentra en forma silvestre en una franja que va desde Centro América (Guatemala) hasta California. Ocupa el sexto lugar en cuanto al consumo de hortalizas. En 1985 se cosecharon 15 688 ha con un rendimiento promedio de 11.65 t ha⁻¹ y los principales estados productores fueron. Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Puebla y Sinaloa (Síntesis Hortícola, 1989).

3.5.2 Factores climáticos

La alta temperatura afecta el desarrollo del tomate de cáscara reduciendo el ciclo de vida de la planta, la producción y calidad de cosecha. Asimismo, incrementa la incidencia de la enfermedad viral conocida como “chino”. Estudios realizados por Pérez en 1977, en el CIFAP de Zacatepec, Mor., mostraron que la incidencia del “chino” en dicho cultivo alcanza del 65 al 100%, especialmente en el ciclo otoño-invierno. Además, dicho investigador, señala que la sintomatología de la enfermedad corresponde a un complejo viral debido a la aparición de diferentes síntomas (enrollamiento de folíolos hacia el haz, clorosis entre nervaduras, mosaico, enaciones, acorchamiento de hojas, necrosis de pedúnculos florales, caída de flores y escasa formación de frutos los cuales son pequeños y de mala calidad) en las diferentes etapas fenológicas del cultivo.

Las temperaturas óptimas que requiere el tomate son de 20 a 22 °C, su crecimiento vegetativo requiere de 22 a 25 °C; con temperaturas de 30 °C el crecimiento disminuye. Sin embargo, este puede aún continuar hasta los 40 °C. Durante la floración se requieren temperaturas de 30 a 32 °C; a temperaturas mayores de 32 °C se puede provocar la deshidratación del tubo polínico, lo cual puede causar una polinización incompleta y frutos mal formados (Jaime, 1997).

3.6 Eficiencia del uso del agua

El riego tiene el propósito fundamental de aumentar el rendimiento de las cosechas, mediante el suministro oportuno y suficiente del agua de acuerdo a las necesidades fisiológicas de las plantas (Rojas, 1981).

Por lo tanto, el fomento del riego es considerado como condición básica para el incremento de la producción alimentaria. La agricultura bajo riego; constituye la fuente más segura de alimentos para nuestro país, pues generalmente se registran rendimientos superiores a los obtenidos bajo condiciones de temporal que en general es deficiente y errático.

El territorio nacional cuenta con una gran diversidad de climas, suelos y vegetación, lo cual hace que existan diferentes regiones ecológicas, y con una gran variedad de cultivos, los cuales poseen una amplia adaptación en el país. En cada una de estas regiones se tienen condiciones específicas, y éstas requieren también de tecnologías específicas para que los cultivos produzcan satisfactoriamente.

Palacios y Exebio (1989) señalan que es más importante la oportunidad del riego, que la cantidad de agua consumida por el cultivo. Esta situación implica que para mejorar el rendimiento y consecuentemente aumentar la eficiencia económica en el uso del agua, no solo debe importar el uso racional del agua en cuanto a cantidad, sino también debe vigilarse la oportunidad con que se dan los riegos. La oportunidad del riego es tan importante, que en varios distritos de riego del suroeste de los Estados Unidos de América, el asesoramiento a los usuarios por técnicos del gobierno federal y estatal se concreta principalmente, a indicarle a dichos usuarios cuándo deben regar, y mencionan que para definir el momento del riego, es necesario conocer hasta que punto puede dejarse secar el suelo antes de regar, de manera que no se castigue al cultivo ni se desperdicie agua, por lo que las funciones de producción permiten conocer estas incógnitas.

3.7 El riego con aguas residuales

El agua es probablemente el recurso natural más importante del mundo, ya que sin ella no podría existir la vida y la industria no funcionaría. A diferencia de muchas otras materias primas, el agua no tiene sustituto en muchas aplicaciones. Esta tiene un papel vital en el desarrollo de las comunidades, ya que es indispensable que su abastecimiento sea seguro para que la comunidad se establezca.

En la composición química del agua, el oxígeno está ligado a los dos hidrógenos, y la molécula tiene una figura inclinada con un ángulo de 105 grados entre las dos ligaduras. Las cargas negativas (electrones) están amontonadas en forma más apretada alrededor del átomo de oxígeno, que las cargas positivas (protones). Las fuerzas eléctricas que ligan las moléculas de agua unas a otras pueden servir también para ligar moléculas de agua a las sustancias extrañas (Fernández, 1982).

Los términos de contaminación del agua implica la presencia de materia extraña indeseable que deteriora su calidad. La materia extraña contaminante puede ser materia viva como la de los microorganismos o materia inerte como la de los compuestos de plomo o mercurio. Por tal razón, bacteriológicamente se considera por regla general, que el agua es aceptable para beber si contiene menos de 10 bacterias coliformes por L. (Turk *et al.*, 1997).

Con el crecimiento de la población los pueblos se van haciendo más grandes, los desechos se tiran directamente a lo largo de los ríos, de esta forma la contaminación ha ido creciendo aún en ríos grandes. Por lo tanto, se requiere cuidar los ríos, las corrientes fluviales de toda índole; ya que en la actualidad es común observar problemas de contaminación en lagos como el de Chapala y Patzcuaro y en ríos como el Apatlaco y Cuautla en el Estado de Morelos.

El agua contaminada podrá ser sucia, mal oliente, corrosiva, poco apta para lavar en ella la ropa o desagradable al gusto. Sin embargo, el efecto más perjudicial del agua contaminada para el hombre ha sido ciertamente el de la transmisión de enfermedades.

La escasez de agua con calidad adecuada para consumo humano y la competencia que se establece con la demanda del líquido para la agricultura y actividades industriales es un problema reconocido ampliamente, en particular para las grandes ciudades (Herrera, 1990).

En México con un gasto total de $170 \text{ m}^3 \text{ seg}^{-1}$ de aguas residuales, por razones económicas solamente el 10% de esta agua son tratadas adecuadamente. El riego con aguas residuales ha sido propuesto como estrategia para la producción agrícola en zonas áridas (Pescond, 1992). De acuerdo con Peña (1996), el uso de las aguas residuales en la agricultura ofrece los beneficios siguientes: a) Incrementar el abasto de agua para la producción agrícola, de especial importancia en áreas donde el agua es un recurso crítico como en las zonas áridas; b) Mejorar los suelos por los micronutrientes que aporta y c) reducir la contaminación de fuentes de aguas, pues su paso por los campos de cultivo significa en rigor un proceso de purificación

Sin embargo, el uso y manejo del agua residual representa un alto riesgo sanitario. Esta comprobada la relación de agua contaminada bacteriológicamente con 40 enfermedades humanas, entre las que destacan el cólera, la hepatitis infecciosa, la fiebre tifoidea, giardiasis y otras en particular en el medio rural (Chudy, 1993). También, han sido señaladas la disentería y la gastroenteritis, aunque es posible que algunas otras enfermedades rurales, tales como la poliomielitis sea también transmitida por el agua (Turk *et al.*, 1997)

3.8 Control de la contaminación microbiana

Las mayores experiencias sobre este tópico se han obtenido en plantas de tratamiento de aguas residuales. En estas plantas no es posible garantizar que la

remoción de los microorganismos sea completa con los tratamientos de coagulación o filtración. Por esta razón, es necesario efectuar una desinfección para asegurar la eliminación de microorganismos potencialmente dañinos. La mayoría de las aguas residuales y efluentes tratados contienen gran cantidad de microorganismos por lo que puede ser conveniente desinfectar tales líquidos.

El cloro se usa ampliamente para la desinfección del agua porque se obtiene fácilmente como gas, líquido o polvo; es barato; es fácil de aplicar debido a una solubilidad relativa alta; deja residuo en solución que no es dañino y es muy tóxico para la mayoría de los microorganismos, ya que detiene las actividades metabólicas. Además, se ha utilizado plata coloidal en concentraciones de 0.05 mg L^{-1} , la plata es tóxica para la mayoría de los microorganismos (Tebbutt, 1998). El mismo autor señala que es importante observar la diferencia entre la esterilización (la muerte de todos los organismos), que rara vez se practica o se necesita, y la desinfección (la de los organismos potencialmente dañinos, que es el requerimiento normal).

En relación a los huevecillos de helmintos, Soulsby (1989) señala que las aguas residuales constituyen una ruta importante de diseminación de los huevos. Los huevos pueden pasar por las plantas de tratamiento de aguas residuales, ser eliminados a los ríos y continuar en las partes abonadas con lodos, o ser diseminados por las aves que se alimentan sobre los residuos. Los huevos pueden permanecer viables durante 33 días o más en aguas residuales, ríos, pastos o en suelo.

El control microbiano con productos tales como el hipoclorito sodio (HS) y microdyn en productos hortícolas al momento de la cosecha ha sido muy poco estudiado. Este método de control puede ser una opción viable, ya que no se reduciría la materia orgánica de las aguas residuales que de acuerdo a varios estudios, ha mostrado tener una gran capacidad formadora de suelos y amortiguadora de condiciones nocivas para el riego. Otra ventaja sería la reducción de los riesgos de contraer enfermedades por el consumo de estos productos hortícolas. Además, se lograría un

incremento de las utilidades de los productores debido a que sus productos no perderán valor por proceder de regiones regadas con aguas residuales. Una ventaja adicional sería un ahorro en el tratamiento de aguas residuales debido a que únicamente el costo de tratamiento de este tipo de aguas de la Ciudad de México se estima en un poco más de cuatro mil millones de pesos, sin incluir los costos de operación y mantenimiento (Tejeda, 1996).

IV. MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL

En este capítulo se exponen ciertas teorías y principios propuestos por algunos autores a fin de abordar la problemática de la agricultura en relación al mejoramiento de la producción de la cebolla y tomate de cáscara, mediante la fertilización, el uso eficiente del agua de riego, abonado, el crecimiento de las plantas, así como lo referente a la contaminación microbiana.

4.1 Fertilización de los cultivos cebolla y tomate de cáscara

Aplicaciones de fertilizantes nitrogenados son necesarios para asegurar producciones máximas. Sin embargo, sobredosis de N en las etapas iniciales de crecimiento, produce un excesiva crecimiento y retarda la maduración del bulbo (Riekel *et al.*, 1972).

Los rendimientos de bulbo se incrementan cuando los niveles de N fueron de: 0 a 84 kg ha⁻¹ (Batal *et al.*, 1994), 0-90 kg ha⁻¹ (Hassan, 1984), 0-143 kg ha⁻¹ (Wiedenfeld, 1986) y entre 111 y 150 kg ha⁻¹ (Greenwood *et al.*, 1992; Henriksen, 1987). Las diferentes respuestas de las plantas de cebolla a un amplio rango de niveles de N puede ser atribuido a los diferentes genotipos, a los grupos de suelos y condiciones climáticas bajo el cual estos estudios fueron conducidos (Batal *et al.*, 1994).

La acumulación de materia seca en bulbo de cebolla resulta ser mayor en las plantas fertilizadas con nitrógeno. Sin embargo, al inicio del crecimiento las diferencias son mínimas y solamente después del quinto muestreo alcanzan significancia estadística (Uribe *et al.*, 1995).

incremento de las utilidades de los productores debido a que sus productos no perderán valor por proceder de regiones regadas con aguas residuales. Una ventaja adicional sería un ahorro en el tratamiento de aguas residuales debido a que únicamente el costo de tratamiento de este tipo de aguas de la Ciudad de México se estima en un poco más de cuatro mil millones de pesos, sin incluir los costos de operación y mantenimiento (Tejeda, 1996).

IV. MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL

En este capítulo se exponen ciertas teorías y principios propuestos por algunos autores a fin de abordar la problemática de la agricultura en relación al mejoramiento de la producción de la cebolla y tomate de cáscara, mediante la fertilización, el uso eficiente del agua de riego, abonado, el crecimiento de las plantas, así como lo referente a la contaminación microbiana.

4.1 Fertilización de los cultivos cebolla y tomate de cáscara

Aplicaciones de fertilizantes nitrogenados son necesarios para asegurar producciones máximas. Sin embargo, sobredosis de N en las etapas iniciales de crecimiento, produce un excesiva crecimiento y retarda la maduración del bulbo (Riekel *et al.*, 1972).

Los rendimientos de bulbo se incrementan cuando los niveles de N fueron de 0 a 84 kg ha⁻¹ (Batal *et al.*, 1994), 0-90 kg ha⁻¹ (Hassan, 1984), 0-143 kg ha⁻¹ (Wiedenfled, 1986) y entre 111 y 150 kg ha⁻¹ (Greenwood *et al.*, 1992; Henriksen, 1987). Las diferentes respuestas de las plantas de cebolla a un amplio rango de niveles de N puede ser atribuido a los diferentes genotipos, a los grupos de suelos y condiciones climáticas bajo el cual estos estudios fueron conducidos (Batal *et al.*, 1994).

La acumulación de materia seca en bulbo de cebolla resulta ser mayor en las plantas fertilizadas con nitrógeno. Sin embargo, al inicio del crecimiento las diferencias son mínimas y solamente después del quinto muestreo alcanzan significancia estadística (Uribe *et al.*, 1995).

remoción de los microorganismos sea completa con los tratamientos de coagulación o filtración. Por esta razón, es necesario efectuar una desinfección para asegurar la eliminación de microorganismos potencialmente dañinos. La mayoría de las aguas residuales y efluentes tratados contienen gran cantidad de microorganismos por lo que puede ser conveniente desinfectar tales líquidos.

El cloro se usa ampliamente para la desinfección del agua porque se obtiene fácilmente como gas, líquido o polvo; es barato, es fácil de aplicar debido a una solubilidad relativa alta; deja residuo en solución que no es dañino y es muy tóxico para la mayoría de los microorganismos, ya que detiene las actividades metabólicas. Además, se ha utilizado plata coloidal en concentraciones de 0.05 mg L^{-1} , la plata es tóxica para la mayoría de los microorganismos (Tebbutt, 1998). El mismo autor señala que es importante observar la diferencia entre la esterilización (la muerte de todos los organismos), que rara vez se practica o se necesita, y la desinfección (la de los organismos potencialmente dañinos, que es el requerimiento normal).

En relación a los huevecillos de helmintos, Soulsby (1989) señala que las aguas residuales constituyen una ruta importante de diseminación de los huevos. Los huevos pueden pasar por las plantas de tratamiento de aguas residuales, ser eliminados a los ríos y continuar en las partes abonadas con lodos, o ser diseminados por las aves que se alimentan sobre los residuos. Los huevos pueden permanecer viables durante 33 días o más en aguas residuales, ríos, pastos o en suelo.

El control microbiano con productos tales como el hipoclorito sodio (HS) y microdyn en productos hortícolas al momento de la cosecha ha sido muy poco estudiado. Este método de control puede ser una opción viable, ya que no se reduciría la materia orgánica de las aguas residuales que de acuerdo a varios estudios, ha mostrado tener una gran capacidad formadora de suelos y amortiguadora de condiciones nocivas para el riego. Otra ventaja sería la reducción de los riesgos de contraer enfermedades por el consumo de estos productos hortícolas. Además, se lograría un

CIFAP (1988) recomienda el tratamiento 140-60-00 para alcanzar rendimientos máximos. Un estudio realizado por Patel (1994) señala que niveles de P ($0-60 \text{ kg ha}^{-1}$) no tuvieron efecto significativo sobre el rendimiento de bulbo. Por su parte, Vaechhani y Patel (1996) señalan que aplicaciones de P ($25-75 \text{ kg ha}^{-1}$) incrementaron el número de hojas planta⁻¹, tamaño y rendimiento de bulbo.

Estudios sobre fertilización en tomate de cáscara son muy limitativos; al respecto CIFAP (1988) recomienda la dosis 120-40-00 en dos etapas. La primera aplicación debe hacerse al momento del trasplante, agregando al suelo la mitad del N y todo el P. La segunda aplicación se debe incorporar a los 15 o 20 días posteriores al trasplante.

4.2 Requerimientos de riego de la cebolla y tomate de cáscara

En la mayoría de las plantas la humedad es el principal factor que influye en el rendimiento. (Boyer, 1982). Así cuando los cultivos se desarrollan en condiciones óptimas de humedad en el suelo, ocurre una proporción similar entre la absorción y transpiración de las plantas, las células oclusivas y las que rodean a éstas, se encuentran turgentes y los estomas permanecen abiertos y como resultado de ello, el CO_2 se difunde dentro de las hojas, incrementando la proporción de la fotosíntesis. Con altas tasas fotosintéticas, durante el día y tasas normales de respiración durante el día y la noche; lo cual resulta en mayor abundancia de carbohidratos aprovechables para el crecimiento y desarrollo; y si la planta es manejada convenientemente, el rendimiento será elevado (Edmond *et al.*, 1984).

Es posible obtener las mejores cosechas de un cultivo, si se desarrolla en condiciones óptimas de humedad; es decir, con tendencia al 100% de humedad durante el ciclo, pero las experiencias han demostrado, que varios cultivos se desarrollan mejor y dan mejores cosechas cuando en ciertas épocas se permite una reducción considerable en el nivel de humedad aprovechable (Palacios, 1966).

* La estimación de la evapotranspiración (E_t) es crucial para la conservación y manejo del agua, en particular para la planeación de la eficiencia del riego en las plantas cultivadas (Molz, 1981). Un estudio realizado por Bertuzzi *et al.*, (1994), señala que la variabilidad

espacial de la E_t no es insignificante y que la exactitud de la medición diaria puede ser alcanzada por un incremento en el número de sitios muestreados.

En la literatura técnico-científica existe poca información referente a los requerimientos hídricos del tomate de cáscara. Las plantas de tomate requieren mucha agua en el transplante. En el resto del ciclo, incluyendo crecimiento, floración y fructificación, la humedad del suelo no debe abatirse por abajo del 60% de la capacidad de campo. La sequía ocasiona una aceleración de la floración en la planta, tal situación acelera la maduración y consecuentemente, los frutos son pequeños, escasos y algunos se deforman tomando un sabor ácido (Saray, 1977).

La cebolla es un cultivo adaptado al clima tropical seco del Estado de Morelos. Durante su ciclo el cultivo debe tener humedad adecuada, especialmente en la formación del bulbo (Fobes y Ayeh, 1980). Un estudio realizado por Kariem *et al.* (1994) señalan que con la aplicación del riego, cuando se consumía el 25, 50 y 75% de la humedad aprovechable, se incrementó el rendimiento de bulbo de 23.9 a 38.4 t ha⁻¹ en el tratamiento seco y húmedo, respectivamente.

Con relación al consumo total de agua por ciclo de cultivo, Doorenbos y Kassan (1979) señalan que para alcanzar rendimientos máximos se requieren de 350-550 mm. Sin embargo, Pfulb (1991), en otro trabajo similar obtuvo la máxima productividad con una lámina de agua total de 588.5 mm. Bajo condiciones experimentales y aplicación de niveles adecuados de humedad, Maier *et al.* (1992) lograron un rendimiento de 70 a 80 t ha⁻¹ con niveles de fertilización de nitrógeno de 299 a 358 kg ha⁻¹. Sin embargo, Imtiyaz y Singh (1992) con rendimientos máximos de 40.7 t ha⁻¹ reportaron una relación lineal entre el rendimiento de bulbo y la E_t del cultivo. Por su parte, Rahn *et al.* (1996) mencionan que el rendimiento de bulbo se incrementó linealmente en una tasa de 0.3 t ha⁻¹ de rendimiento comercial por cada cm de lámina aplicada al cultivo.

4.3 Análisis de crecimiento

Aitken (1974) define al crecimiento como el aumento diario en el número y tamaño de las células y consecuentemente en el aumento de peso seco. Hunt (1982) define al crecimiento como los cambios en tamaño, forma y número de células que ocurren en los organismos, y señala que el crecimiento de las plantas puede ser evaluado al analizar el peso en función del tiempo, expresando este análisis mediante curvas de crecimiento que permiten medir el comportamiento de la población vegetal.

Sarmah *et al.* (1994) mencionan que los factores que contribuyen a un crecimiento máximo son: a) El genotipo. b) La nutrición mineral, particularmente N. c) Una densidad de plantas optimas y d) La interacción. Otros autores como Awasthy y Bhan (1994) incluyen además de los anteriores al factor humedad disponible del suelo.

Por su parte Radford (1967) señala que al realizar un análisis de crecimiento la materia seca (Y) y la tasa absoluta de crecimiento (TAC) son las variables más comunes. La TAC es definida como el incremento de materia seca por unidad de tiempo y se obtiene de la siguiente forma:

$$TAC=dY/dt \quad (4.1)$$

El objetivo en gran parte de las investigaciones consiste en determinar si diferentes tratamientos producen diferentes respuestas; muchos de estos estudios tienen la desventaja de buscar solo diferencias en las respuestas finales, sin tomar en cuenta "cómo" es que se producen esas diferencias, es decir, el desarrollo de diferencias que cada uno de los tratamientos provoca en el fenómeno (Walker, 1979).

Una de las técnicas más útiles para detectar el "cómo", es el ajuste de curvas que permitan hacer comparaciones estadísticas entre distintas modalidades de un fenómeno. Al respecto, se han propuesto numerosos modelos que explican el crecimiento de las plantas a través del tiempo. Entre ellos, Hunt (1982) propuso el modelo de Weibull.

Las plántulas de cebolla son de crecimiento lento y por lo tanto presentan baja demanda de nutrimentos minerales en sus fases iniciales. No obstante, en general se ha reportado que la cebolla responde en forma favorable a la fertilización; sin embargo, aplicaciones excesivas de nitrógeno, además de ser económicamente incosteables, pueden deteriorar la calidad del cultivo y originar problemas ambientales (Uribe *et al.*, 1995).

En general, las plantas que crecen con altos niveles de N, presentan abundante follaje, con hojas de color oscuro, suculentas y con un sistema radical pequeño. Además, reduce la eficiencia en la fotosíntesis debido al sombreado mutuo (Engels y Marchner, 1995). La deficiencia de N retarda e incluso detiene el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los síntomas de deficiencia se manifiesta por una clorosis, especialmente en las hojas más viejas, como resultado de una reducción en la concentración de clorofila, capacidad fotoquímica (asimilación de CO₂) y traslocación de éstos a otros puntos de demanda a excepción de las hojas jóvenes recientemente formadas (Nevins y Loomis, 1970; Salisbury y Ross, 1994). La dosis óptima fisiológica de N, aumenta la síntesis de proteínas, se intensifica y mantiene más la vitalidad del organismo, se acelera el crecimiento y se retarda la senescencia. Las plantas forman tallos vigorosos y las hojas son de intenso color verde con mayor extensión, mejora la formación y desarrollo de los órganos reproductivos y como resultado aumenta el rendimiento (Yágin *et al.*, 1986).

4.4 Coliformes totales

Los coliformes totales incluyen, los coliformes fecales y algunas especies de *Citrobacter sp.*, *Enterobacter sp.*, y *Klebsiella sp.* Todos ellos, excepto *Escherichia sp.*, pueden existir como saprófitos de vida libre y además estar en el intestino de los organismos. Algunas especies se encuentran comunmente en la flora bacteriana de vegetales o bien en la naturaleza. Estos son bacilos cortos, no esporulados y aerobios que fermentan la lactosa con producción de gas y acidez a $35 \pm 0.5^\circ\text{C}$ en 48 horas. Ellos son fáciles de aislar y normalmente sobreviven más tiempo que otros organismos (Moeller y Ferat, 1991).

4.5 Coliformes fecales

Incluyen a *Escherichia coli* y *Klebsiella pneumoniae*. Estos están presentes siempre en las excretas de los animales de sangre caliente y humanos y su presencia en el agua es un indicador de la contaminación fecal (Hunt *et al.*, 1979). La diferencia de este grupo con el de los totales, es su capacidad para multiplicarse a 44°C. El grupo coliforme fecal constituye aproximadamente el 90% de los coliformes totales en las excretas. Los coliformes fecales son bacilos cortos, gram negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de acidez y gas a temperaturas entre 35.5 y 44.5°C en períodos de 24 y 48 horas (SARH, 1976).

Varias cepas de *E. coli* producen diarrea infantil. Se citan 14 casos de enfermedades en adultos producidas por *E. coli*. Los datos epidemiológicos y clínicos indican como causa los alimentos. La enfermedad es de presentación rápida, después de un período de incubación de 7 a 12 horas, se presenta diarrea abdominal, dolor de cabeza y vómito (Costin, *et al.* 1964).

Estudios epidemiológicos sobre contaminación de verduras en el Distrito Federal, realizados por Echeverría y Ordonez (1974) indicaron que la frecuencia y el grado de contaminación por coliformes fecales son elevados, ya que las verduras llegan contaminadas a esta metrópoli. Por lo general, aumenta la frecuencia de contaminación en los mercados al menudeo y más aún en el medio familiar cuando el lavado de verduras, que se consumen crudas, se realiza con agua corriente sin asearse las manos de los manipuladores. Los mismos autores señalan que la contaminación por el uso de aguas negras, en la siembra de vegetales, todavía es causa de discusión; pero tan pronto como los frutos y vegetales son recogidos en cajas, bolsas, cestos o carretillas durante la cosecha están sujetos a contaminación, si los manipuladores y los recipientes no están debidamente higienizados.

Vaz de Costa (1991), en Eborá ciudad ubicada en la región semiárida de Portugal cuantificó altos niveles de coliformes fecales en el cultivo de lechuga cuando fue regada

con agua residual, pero después del riego las condiciones de calor y sequía fueron suficientes para eliminar estas bacterias de las lechugas.

4.6 Contaminación del agua y los alimentos

Las aguas negras son fundamentalmente las aguas de abastecimiento de una población después de haber sido impurificadas por diversos usos. Desde el punto de vista de su origen, resultan de la combinación de los líquidos o desechos arrastrados por el agua, procedentes de las casas habitación, edificios comerciales e instituciones, junto con los provenientes de los establecimientos industriales y las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que pueden agruparse (Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York, 1994).

Cuando el agua superficial es contaminada por las descargas residuales e industriales, pueden contener millones de bacterias por mL, entre las que se incluyen coliformes, estreptococos, estafilococos, *Yersinia sp.*, *Salmonella sp.*, *Shigella sp.*, amibas y otras especies más que proceden del tracto intestinal humano y animal. Además de protozoarios, virus, nematelmintos y platelmintos los cuales son agentes causantes de enfermedades entéricas (Fernández *et al.* 1982; Mlejnkova y Zákova, 1996).

Un estudio sobre brotes epidemiológicos de transmisión hídrica señalan que las hospitalizaciones de personas con enfermedades gastrointestinales se produjeron entre los 5 a 24 años y los agentes causales más sobresalientes fueron *Salmonella typhi*, rotavirus y virus (Borja *et al.*, 1995). Cuando la calidad del agua es mejorada las enfermedades gastrointestinales se reducen en un 30% (Esrey *et al.*, 1985). Con relación a los nutrientes el agua residual es benéfica, ya que contiene altas cantidades de N ($5-30 \text{ mg L}^{-1}$), tales cantidades pueden causar severos problemas como excesivo crecimiento vegetal, retardar la madurez fisiológica y reducir el azúcar o los almidones de algunos cultivos agrícolas (Crook, 1991).

Los alimentos pueden contaminarse ya sea por el contacto con el suelo o por la utilización del agua que contenga bacterias entéricas, protozoarios y helmintos. También se pueden contaminar microbiológicamente durante su recolección, transporte, conservación, venta, preparación en el hogar y actividades en las cuales los alimentos pueden ponerse en contacto con otros agentes provenientes de manos mal aseadas, utensilios sucios, refrigeración inadecuada, utilización de hielo contaminado o de agua sucia para la limpieza de los productos (Fernández *et al.*, 1982).

Expertos reunidos en Engelberg y Adoben, Suiza en 1985 y 1987 señalaron que el criterio bacteriológico en el uso del agua para irrigación es que ésta debe contener menos de 1000 coliformes fecales por 100 mL en el caso de riego de cultivos de ingestión cruda y una media aritmética de 1 huevo viable de helminto litro^{-1} . Está bien documentado que los microorganismos causan enfermedades a través del consumo de alimentos que provienen de cultivos regados con aguas residuales (Feachem *et al.*, 1983; Rodríguez *et al.*, 1993; Armon *et al.*, 1993). Al respecto, un estudio microbiológico del agua para reuso en la agricultura, señala que no es recomendable el uso de las aguas residuales de calidad bacteriológica y helmíntica que rebasan los lineamientos emitidos en Engerberg, Suiza, si lo que se desea es proteger el ambiente y los recursos hidráulicos y sobre todo, mejorar el nivel de salud de la población (Cortes, 1989).

Sin embargo, Rodríguez *et al.*, (1993) señalaron que dada la escasez de agua se prevé que el riego de cultivos con aguas residuales se incrementará de manera considerable en los próximos años. El mismo autor, observó que los coliformes presentes en los bulbos regados con aguas residuales, tratadas y aguas claras, desaparecen a los 70 días después de haber aplicado el último riego a este cultivo.

4.7 Contaminación del suelo

Los suelos que repetidamente son contaminados con descargas fecales o expuestas a contaminación contendrán cantidades variables de coliformes fecales y estreptococos fecales. Los suelos que no son regados con aguas contaminadas contienen bajas

densidades de coliformes fecales, tales ocurrencias están probablemente relacionadas a la casual contaminación en el contacto de los animales y el suelo (Geldreich, 1970).

En la mayoría de los casos las bacterias patógenas en el suelo sobreviven menos de tres meses. El contenido de humedad alto, la temperatura y pH son los principales factores que influyen en la sobrevivencia de estas bacterias. La aplicación de aguas residuales por grandes periodos ocasiona la acumulación de altas poblaciones de bacterias en la superficie del suelo, mientras que algunas pueden ser eliminadas unos cuantos metros debajo de la capa superficial, otras logran penetrar a los acuíferos subterráneos recorriendo cientos de metros (Gerba et al., 1975).

Estudios realizados por Edwards *et al.*, (1997) indican que las practicas agrícolas tales como aplicaciones de abonos de animales pueden contribuir relativamente con altas concentraciones de coliformes fecales y estreptococos fecales en los escurrimientos superficiales de una cuenca. Las más altas concentraciones de estos microorganismos fueron cuantificados durante los meses más calientes y el 89% de las muestras analizadas rebasaron los límites permitidos de coliformes fecales (< 1000 coliformes por 100 mL de agua).

4.8 Helmintos

Los parásitos encontrados en aguas residuales incluyen nemátodos, céstodos y tremátodos. Todos son conocidos como helmintos. De los helmintos aproximadamente el 25% de la población mundial esta infestada con *Ascaris lumbricoides* (Blummental *et al.*, 1989).

México ofrece ventajas ecológicas para la existencia de helmintiasis que se transmiten al hombre a través del suelo contaminado con excrementos. El desarrollo de estos gusanos se favorece por condiciones de insalubridad y falta de educación higiénica. Por lo anterior, no es de extrañar que en gran parte del territorio nacional las helmintiasis transmitidas por el suelo constituyan las infecciones de mayor prevalencia, causando el deterioro paulatino en el individuo que las padece con repercusión en el

rendimiento físico e intelectual (Lara, 1984). Estos microorganismos se filtran en aguas, fuentes, cisternas, frutas, legumbres, carnes y otros productos comestibles (Chavarría *et al.*, 1984).

Los huevos de helmintos se encuentran comúnmente presentes en aguas residuales. Estos parásitos causan diversas enfermedades en comunidades con una sanidad inadecuada, los más importantes incluyen. *Acaris lumbricoides*, *Enterobius vermicularis*, *Trichuris trichura* y *Taenia solium*. La mayoría de los helmintos no se multiplican dentro del huésped por lo que, la severidad de su infección está asociada a la continua reinfección por ingestión de dichos parásitos. Debido a esto, la intensidad de la manifestación cíclica de infección por helmintos es generalmente el resultado de cargas acumulativas de gusanos llevados por varios años como producto de infecciones repetidas. Esto contrasta con las infecciones causadas por microorganismos con virus, bacterias y protozoarios, los cuales pueden causar una infección severa en unos cuantos días, después de haber ingerido una sola dosis infectante (CNA, 1993)

Las características más importantes de las principales especies de helmintos por su incidencia en la población mexicana, son las siguientes:

Ascaris lumbricoides. Este parásito es el más grande y alargado de los nemátodos, es de forma alargado cilindroide y el extremo anterior termina en punta, siendo más alargado en su parte posterior. Los machos miden de 15 a 31 cm de longitud por 2 a 4 mm de diámetro, mientras que las hembras miden de 20 a 35 cm de longitud por 3 a 6 mm de diámetro. *Ascaris lumbricoides* vive en el intestino humano y una hembra es capaz de producir 200 000 huevos en un día. Los huevos miden de 45 a 75 μ de longitud por 35 a 50 μ de ancho. Este parásito se nutre principalmente de proteínas (0.7 g día⁻¹), provocando desnutrición en el huésped. La infección se produce por la ingestión de huevos embrionados tomados del agua o suelo contaminado. Es muy común en zonas tropicales, rurales con suelos delgados y poca higiene, esta helmintiasis es la más frecuente en México (CNA, 1993).

Enterobius vermicularis. Son parásitos pequeños que habitan en el colon. Las hembras de cuerpo blanquesino miden de 8 a 16 mm de largo por 0.3 mm de ancho. Los machos miden de 2 a 5 mm de largo por 0.2 mm de ancho y presentan una cavidad caudal enroscada como órgano sexual. Estos parásitos son conocidos vulgarmente como "oxiuros". Los huevos embrionados son ovoides alargados y apianados en su lado ventral, miden de 50 a 60 μ de largo por 20 a 30 μ de ancho. Cada hembra pone cerca de 5 000 a 17 000 huevecillos. Cuando estos huevos infectados son ingeridos por el hombre, los embriones eclosionan al llegar al duodeno. Las formas juveniles se trasladan lentamente hacia el intestino grueso, donde de dos a cuatro semanas alcanzan su madurez sexual (Zinzer, 1987). Entre los síntomas más frecuentes pueden señalarse las molestias gastrointestinales, el prurito anal y nasal, el insomnio y la irritabilidad. El prurito anal se presenta por las noches durante las primeras horas del sueño. Entre la población mexicana representa un 26% de las enfermedades causadas por helmintos. Los movimientos del sujeto parasitado, auxiliados por la rascadura anal, favorecen la dispersión de los huevos, por las ropas y el suelo de las habitaciones, pudiendo permanecer viables durante tres semanas aproximadamente si la humedad relativa del ambiente es elevada.

Trichuris trichura. Los adultos son de color blanco rosado en forma de látigo, las hembras miden de 35 a 50 mm por 2 mm de ancho, pueden poner hasta 12 000 huevos al día. Los machos miden de 30 a 45 mm de largo y se encuentran enrollados en forma de espiral, son parásitos que habitan en las mucosas del ciego y colon. Los huevos son muy característicos en forma de limón, su tamaño aproximadamente es de 50 a 55 μ . Su ciclo se cumple en 2 a 3 semanas. Los huevecillos en el hombre eclosionan en el duodeno. Las larvas a medida que van creciendo se desplazan lentamente hacia el ciego y alcanzan la madurez sexual en 2 o 3 meses. Cuando las infestaciones son muy intensas pueden provocar diarreas acentuadas, vómitos y pérdida de apetito, así como, irritación e insomnios. Este parásito se encuentra albergado en un sexto de la población mundial y un 21% en la población mexicana (CNA, 1993).

Taenia solium. La longitud del adulto varía entre 2 y 7 m. Cuenta con un excólex globoso con cuatro ventosas y tres pares de ganchos. Los huevos son esféricos con una capa finalmente radiada, sus medidas son aproximadamente de 30 a 40 μ , son amarillo pardusco y cada segmento grávido contiene desde 30 000 hasta 50 000 huevos. El hombre solo alberga en el intestino delgado un ejemplar único, el cual puede alcanzar una longitud de hasta 25 m (Zinzer, 1987).

4.9 Protozoarios

En el Valle de Mezquital, Hgo., la infección por *Entamoeba histolítica* y *Giardia lamblia* es más frecuente en los individuos menores de 15 años expuestos al agua residual sin tratamiento. Estos resultados se correlacionan con las mayores carencias higiénico-sanitarias que caracterizan a muchas comunidades de esta zona (Cifuentes *et al.*, 1994).

La *Giardia spp.*, ha sido responsable de un considerable número de casos de enfermedades diarreicas (Gassmann and Schwartzbrod, 1991). En agua residual de la India, estos protozoarios se presentaron en poblaciones más altas que los helmintos (Panicker and Krishamoorthi, 1981).

4.10 Cloración del agua

La desinfección de los sistemas de abastecimiento de agua potable, se lleva a cabo casi universalmente mediante el uso del gas cloro o compuestos de cloro (hipocloritos). Su capacidad para eliminar organismos patógenos y mantener una concentración residual en el sistema de distribución, así como también su amplia disponibilidad y costo moderado en la mayoría de las regiones del mundo, los hace adecuados para la desinfección (AWWA, 1968).

La cloración del agua es la introducción de cloro en el agua, no solo para desinfectarla, sino también para lograr otros resultados biológicos o químicos (AWWA,

1968). El cloro puede aplicarse en forma de gas, solución acuosa o en forma de hipoclorito ya sea de sodio o de calcio, que al disolverse en el agua, desprenden cloro

Según ciertas teorías el cloro ejerce una acción directa contra la célula bacteriana, destruyéndola. Una teoría más reciente admite que el cloro, debido a su carácter tóxico, inactiva a las enzimas de las células de las cuales, dependen los microorganismos para la utilización de sus alimentos, dando como resultado que los organismos mueran de inanición. Experimentos de laboratorio y la experiencia real en las plantas de tratamiento, han demostrado que si se agrega cloro suficiente para que a los 15 minutos de agregado a las aguas negras quede una concentración de cloro residual de 0.5 ppm, se logra la desinfección. La cloración para la desinfección destruye también muchos organismos saprófitos, afortunadamente, los organismos patogénicos son menos resistentes al cloro que la mayoría de los saprófitos (Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York, 1994)

4.11 Incorporación de la materia orgánica para incrementar los rendimientos y control biológico de nemátodos

La producción de residuos orgánicos como abonos verdes se utilizan para reducir la erosión, mejorar la estructura, los procesos microbiológicos, la conservación del ambiente, mejorar la fertilidad del suelo y elevar la calidad de la producción agrícola (Mc Kenney et al., 1993).

Se ha demostrado también que los abonos verdes mejoran la eficiencia del uso del nitrógeno al incrementar la producción y calidad del melón con respecto al tratamiento testigo. Un estudio realizado por Pérez *et al.*, (1995) señala que con la incorporación de *Crotolaria sp.*, *Clitoria sp.*, Sorgo forrajero var. Fortuna, maleza y un testigo sin incorporación de abonos verdes se obtuvieron rendimientos de: 63, 57, 56, 41, 47 t ha⁻¹, respectivamente. El efecto benéfico probablemente fue inducido por una mejora en las propiedades físicas y químicas del suelo que generan los abonos verdes.

Otro estudio realizado por Pérez (1995) señala que la incorporación de *Crotalaria sp.*, y *Crotolaria sp.*, como abonos verdes incrementaron la producción en cantidad y calidad de melón. También se produjo otro efecto benéfico como el incremento en la retención de humedad con respecto al testigo sin incorporación de abonos verdes. Estos resultados se debieron probablemente a que la materia orgánica incorporada al suelo proporciona abundantes cargas negativas en humus que retienen los cationes nutritivos, además de una mejor estabilización de nutrimentos, que de otra manera no estarían disponibles en cantidades suficientes para las plantas y la liberación de hierro como resultado de la actividad microbiana en la descomposición del abono; así como por ser fuente de N, P y S (WHF, 1975; Stevenson, 1994).

Una estrategia para explotar el potencial de las bacterias y nemátodos como posibles agentes de control biológico para nemátodos, sería la de proporcionar condiciones adecuadas para que las bacterias y nemátodos antagonicos del suelo y/o rizósfera ejerzan sus propiedades contra los nemátodos. Estas propiedades antagonicas se pueden alcanzar mediante la incorporación de materiales orgánicos al suelo que ocasionen un incremento en población de bacterias, hongos filamentosos y actinomicetos (Zavaleta, 1985). Durante el proceso de descomposición de los materiales orgánicos por los microorganismos del suelo, se liberan sustancias tóxicas a los fitopatógenos. Entre las más comunes y abundantes está el amoníaco (NH_3). Este producto ha sido reconocido ampliamente como poseedor de propiedades fungicidas y nematicidas (Eno, 1955).

Con respecto a la incorporación de abonos verdes en el control biológico de nemátodos, Crow *et al.*, (1995) mencionan que la incorporación de abonos verdes y nitrógeno amoniacal redujeron significativamente los niveles de infestación de nemátodos en las raíces de plantas hortícolas, eliminando los efectos negativos de contaminación de los productos por la aplicación de nematicidas al suelo.

La gallinaza usualmente contiene altos contenidos de P y N, además contiene patógenos como coliformes, *Clostridium sp.*, *Salmonella sp.* y *Streptococos sp.*, pero ello no representa un serio problema ya que pueden ser destruidos por calor o tratamiento químico (Fontenot and Webb, 1975).

4.12 Algunas conclusiones derivadas del marco teórico y conceptual

En relación al riego y contaminación microbiana de las hortalizas regadas con aguas residuales se puede concluir lo siguiente.

En el Estado de Morelos los cultivos de cebolla y tomate de cáscara son cultivos cuyo rendimiento promedio, en Vertisoles, pueden incrementarse con un mejor uso y manejo del agua de riego ya que no se han alcanzado las productividades potenciales por unidad de superficie.

En la mayoría de las publicaciones se menciona que los ríos y las hortalizas regadas con aguas residuales están altamente contaminados principalmente por bacterias entéricas, helmintos y protozoarios. Su consumo en crudo, sin tratamiento previo ocasionan enfermedades gastrointestinales, parasitismo y en extremo la defunción tal es caso de la cisticercosis.

Cuando los suelos son regados con esta clase de aguas se incrementan las densidades de estos microorganismos. El contenido de humedad, la temperatura y el pH son factores que influyen en la sobrevivencia de las bacterias. Las bacterias entéricas pueden permanecer por largo tiempo en el suelo, otras pueden infiltrarse a través del suelo y contaminar los acuíferos subterráneos.

La eliminación de las bacterias presente en las hortalizas contaminadas pueden eliminarse con hipoclorito de sodio (HS) y otros productos como el microdyn. No obstante, el efecto de éstos ha sido nulo en la destrucción de huevecillos de helmintos. A este respecto, se ha reportado que los abonos verdes y estiércoles de animales han reducido poblaciones de nemátodos en suelos cultivados.

El incremento de la población y la escasez de agua incrementará la superficie regable con aguas residuales por lo que, estudios que reduzcan los riesgos de enfermedades producidas por el consumo de hortalizas regadas con aguas residuales es una necesidad actual.

V. DELIMITACION DEL PROBLEA DE INVESTIGACION

Por las condiciones climatológicas y topográficas de México, el riego es de primordial importancia para lograr una agricultura sustentable, diversificada y con un alto grado de seguridad en la cosecha. La producción de alimentos y de materias primas para la industria proveniente del campo es indispensable para satisfacer las necesidades de la población que exige cada vez más satisfactores. En los últimos años debido al notable incremento de la población en el país y la escasez de lluvias, la disponibilidad de este líquido se ha reducido tanto en cantidad como calidad.

El Estado de Morelos por sus recursos hídricos es un importante productor de hortalizas, principalmente de cebolla y tomate de cáscara, sus rendimientos y calidad actualmente son reducidos. Sin embargo, el rendimiento y la calidad pueden superarse con prácticas agrícolas como son: el buen uso y manejo apropiado del agua de riego, desarrollo de mejores prácticas de abonado de los suelos que son regados con aguas residuales, así como la siembra de genotipos mejor adaptados a las condiciones agroecológicas donde se producen estas hortalizas en el estado

Gran parte de la superficie regada en esta entidad federativa proviene de presas derivadoras localizadas a lo largo de los ríos Apatlaco y Cuautla, las aguas han sido reportadas microbiológicamente como altamente contaminantes y se aprovechan para el riego de cultivos hortícolas (cebolla; tomate de cáscara) y gramíneas (caña de azúcar; maíz), principalmente.

Por lo que se propone la necesidad de generar conocimientos con el objeto de incrementar los rendimientos de cebolla y tomate de cáscara mediante el empleo de un mejor uso del agua de riego. Asimismo, se requiere reducir la contaminación microbiana de estas hortalizas regadas con aguas residuales. Con base a lo anterior se definen las interrogantes siguientes: a) ¿Cuál es el nivel adecuado de humedad aprovechable del suelo al momento del riego con el cual se obtienen los máximos rendimientos en los cultivos de cebolla y tomate de cáscara? y b) ¿Cuál es el efecto que producen la

gallinaza, la soya como abono verde y el hipoclorito de sodio sobre la sobrevivencia de coliformes fecales y huevecillos de helmintos

VI. OBJETIVOS

6.1 Objetivo general

Generar conocimientos que permitan contribuir al desarrollo de prácticas agrícolas para el manejo eficiente, productivo y ambiental en suelos que reciben aguas residuales para la producción de cebolla y tomate de cáscara en el Estado de Morelos.

6.2 Objetivos particulares

- a) Conocer la relación funcional existente entre el rendimiento de los cultivos de cebolla y tomate de cáscara y niveles variables de la humedad del suelo al momento de ser regados con aguas residuales
- b) Conocer la fluctuación poblacional de los principales microorganismos patógenos a la salud humana, que se presentan bajo diferentes niveles de humedad del suelo al momento del riego con aguas residuales en el proceso productivo de los cultivos de cebolla y tomate de cáscara.
- c) Estudiar epidemiológicamente los principales microorganismos patogénicos contaminantes del agua, suelo y productos hortícolas en estudio.
- d) Estudiar la incorporación de gallinaza y abonos verdes al suelo, y la aplicación de productos desinfectantes que eliminen microorganismos peligrosos a la salud humana.

gallinaza, la soya como abono verde y el hipoclorito de sodio sobre la sobrevivencia de coliformes fecales y huevecillos de helmintos

VI. OBJETIVOS

6.1 Objetivo general

Generar conocimientos que permitan contribuir al desarrollo de prácticas agrícolas para el manejo eficiente, productivo y ambiental en suelos que reciben aguas residuales para la producción de cebolla y tomate de cáscara en el Estado de Morelos.

6.2 Objetivos particulares

- a) Conocer la relación funcional existente entre el rendimiento de los cultivos de cebolla y tomate de cáscara y niveles variables de la humedad del suelo al momento de ser regados con aguas residuales.
- b) Conocer la fluctuación poblacional de los principales microorganismos patógenos a la salud humana, que se presentan bajo diferentes niveles de humedad del suelo al momento del riego con aguas residuales en el proceso productivo de los cultivos de cebolla y tomate de cáscara
- c) Estudiar epidemiológicamente los principales microorganismos patogénicos contaminantes del agua, suelo y productos hortícolas en estudio.
- d) Estudiar la incorporación de gallinaza y abonos verdes al suelo, y la aplicación de productos desinfectantes que eliminen microorganismos peligrosos a la salud humana.

V. DELIMITACION DEL PROBLEA DE INVESTIGACION

Por las condiciones climatológicas y topográficas de México, el riego es de primordial importancia para lograr una agricultura sustentable, diversificada y con un alto grado de seguridad en la cosecha. La producción de alimentos y de materias primas para la industria proveniente del campo es indispensable para satisfacer las necesidades de la población que exige cada vez más satisfactores. En los últimos años debido al notable incremento de la población en el país y la escasez de lluvias, la disponibilidad de este líquido se ha reducido tanto en cantidad como calidad.

El Estado de Morelos por sus recursos hídricos es un importante productor de hortalizas, principalmente de cebolla y tomate de cáscara, sus rendimientos y calidad actualmente son reducidos. Sin embargo, el rendimiento y la calidad pueden superarse con prácticas agrícolas como son: el buen uso y manejo apropiado del agua de riego, desarrollo de mejores practicas de abonado de los suelos que son regados con aguas residuales, así como la siembra de genotipos mejor adaptados a las condiciones agroecológicas donde se producen estas hortalizas en el estado.

Gran parte de la superficie regada en esta entidad federativa proviene de presas derivadoras localizadas a lo largo de los ríos Apatlaco y Cuautla, las aguas han sido reportadas microbiológicamente como altamente contaminantes y se aprovechan para el riego de cultivos hortícolas (cebolla; tomate de cáscara) y gramíneas (caña de azúcar; maíz), principalmente.

Por lo que se propone la necesidad de generar conocimientos con el objeto de incrementar los rendimientos de cebolla y tomate de cáscara mediante el empleo de un mejor uso del agua de riego. Asimismo, se requiere reducir la contaminación microbiana de estas hortalizas regadas con aguas residuales. Con base a lo anterior se definen las interrogantes siguientes: a) ¿Cuál es el nivel adecuado de humedad aprovechable del suelo al momento del riego con el cual se obtienen los máximos rendimientos en los cultivos de cebolla y tomate de cáscara? y b) ¿Cuál es el efecto que producen la

VII. HIPOTESIS

7.1 Hipótesis general

Bajo las condiciones edáficas y climáticas del Estado de Morelos, es posible generar prácticas agrícolas de manejo eficiente productivo y ambiental en suelos regados con aguas residuales que eleven significativamente la producción de cebolla y tomate de cáscara.

7.2 Hipótesis particulares

- a) Existe una relación funcional entre el rendimiento de cebolla y tomate de cáscara en Vertisoles y en condiciones de riego con aguas residuales, si se emplean niveles adecuados de humedad.
- b) Dada la alta variabilidad en las poblaciones bacterianas de coliformes fecales, es posible encontrar a mayor nivel de humedad en el suelo, mayor el nivel poblacional y persistencia de los microorganismos perjudiciales a la salud del hombre.
- c) La presencia de microorganismos patógenos en aguas residuales destinadas al riego de cultivos hortícolas, representan riesgos potenciales a la salud de agricultores y consumidores por su persistencia en aguas, suelos y alimentos.
- d) Es posible eliminar los microorganismos que representan un peligro para la salud de los consumidores con incorporación de materia orgánica, así como con inmersiones de los productos hortícolas en estudio en soluciones de productos desinfectantes

VIII. MATERIALES Y METODOS

8.1 Estudios experimentales en el cultivo de cebolla

La cebolla es un cultivo de suma relevancia socioeconómica en el ciclo de riego, ya que ocupa el segundo lugar después del jitomate, su producción representa un 22.3% del total nacional sembrado con esta especie y un 28.7% del total estatal sembrado con hortalizas. Sin embargo, el riego de la cebolla con aguas residuales representa un alto riesgo para el público consumidor por la gran cantidad de microorganismos presentes en el bulbo.

8.1.1 Material genético y siembra

Se utilizó semilla de la variedad "Contessa" la cual se caracteriza por presentar bulbo color blanco, de alto rendimiento y emite un reducido porcentaje de inflorescencia a la primera cosecha. La semilla fue sembrada en charolas de unicel de 200 cavidades y se utilizó como sustrato bagazo de caña. Las plantas se regaron diariamente mediante un aspersor nebulizador y fueron fertilizadas cada tercer día con una solución nutritiva (nitrato de amonio 100 g, sulfato de potasio 90 g y sulfato diamónico 35 g, disueltos en 200 L de agua). La preparación del terreno consistió en un barbecho y dos pasos de rastra, la distancia entre surcos fue de 50 cm y al final se trazó el experimento. Las plántulas se trasplantaron al terreno definitivo, 45 días después de la germinación, en el talud del surco y a una distancia de 10 cm entre plantas.

8.1.2 Primera fase experimental en el cultivo de cebolla

Esta fase se condujo durante el periodo del 1º de noviembre de 1995 al 28 de febrero de 1996. Los niveles de humedad estudiados fueron: T1=0, T2=20, T3=40, T4=60 y T5=80% de humedad aprovechable (HA) al momento del riego (Foto 1). La unidad experimental consistió de 6 x 2.5 m y 0.5 m de separación, los tratamientos ocuparon una superficie de 300 m². En esta fase se cuantificó el número más probable

VII. HIPOTESIS

7.1 Hipótesis general

Bajo las condiciones edáficas y climáticas del Estado de Morelos, es posible generar prácticas agrícolas de manejo eficiente productivo y ambiental en suelos regados con aguas residuales que eleven significativamente la producción de cebolla y tomate de cáscara

7.2 Hipótesis particulares

a) Existe una relación funcional entre el rendimiento de cebolla y tomate de cáscara en Vertisoles y en condiciones de riego con aguas residuales, si se emplean niveles adecuados de humedad.

b) Dada la alta variabilidad en las poblaciones bacterianas de coliformes fecales, es posible encontrar a mayor nivel de humedad en el suelo, mayor el nivel poblacional y persistencia de los microorganismos perjudiciales a la salud del hombre

c) La presencia de microorganismos patógenos en aguas residuales destinadas al riego de cultivos hortícolas, representan riesgos potenciales a la salud de agricultores y consumidores por su persistencia en aguas, suelos y alimentos.

d) Es posible eliminar los microorganismos que representan un peligro para la salud de los consumidores con incorporación de materia orgánica, así como con inmersiones de los productos hortícolas en estudio en soluciones de productos desinfectantes.

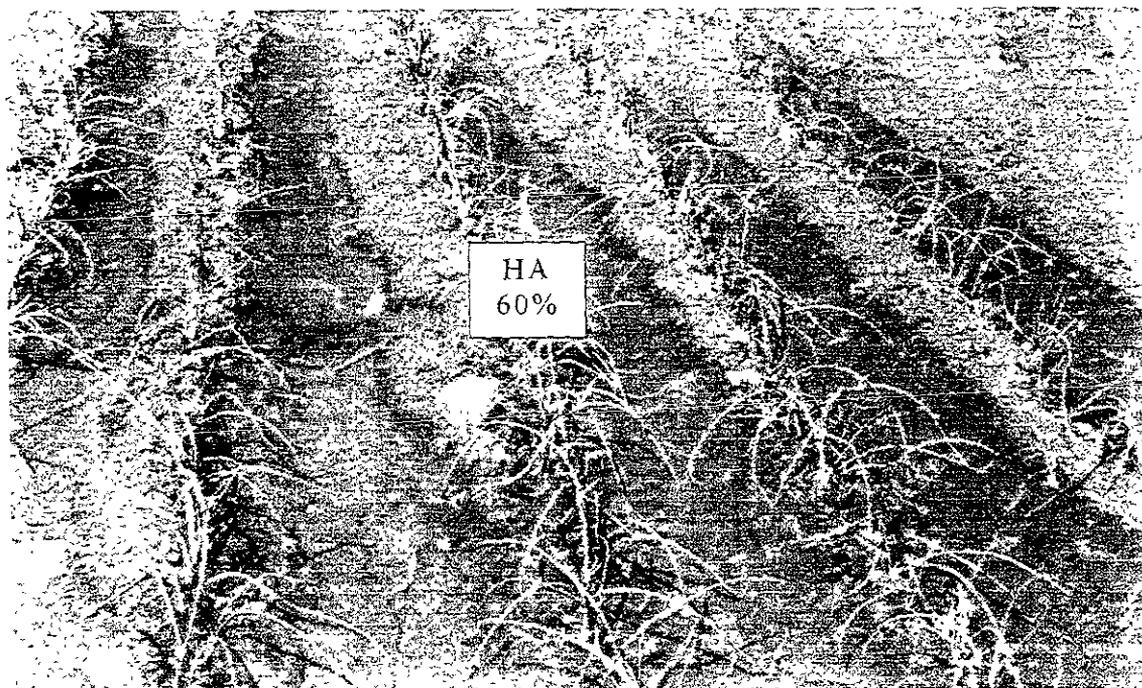


Foto 1. Panorámica de la primera fase experimental en el cultivo de cebolla

(NMP) de coliformes fecales en el suelo, el agua y los bulbos, así como tasa evapotranspirativa, acumulación de materia seca, y rendimiento de bulbo.

En la fertilización se aplicó el tratamiento 140-60-00 recomendado para el Estado de Morelos(CIFAP, 1988). La fuente nitrogenada fue sulfato de amonio, y de fósforo, el superfosfato de calcio triple. La primera aplicación consistió de 70 kg ha^{-1} de nitrógeno y todo el fósforo al momento del trasplante, mientras que en la segunda fertilización, 30 días después del trasplante, se aplicó el resto del nitrógeno

En el suministro de los riegos se delimitó a la parcela experimental y el agua fue aplicada directamente con manguera, contabilizando los volúmenes con un medidor volumétrico. Para llevar a cabo el control de la humedad del suelo se utilizó el método gravimétrico a profundidades de 0-30 y 30-60 cm, el cálculo de la lámina necesaria de riego se basó en la media ponderada de los diferentes espesores del suelo (Palacios y

Martínez, 1978), en la cual el contenido de humedad aprovechable en el suelo se estima en base al consumo relativo de agua con respecto a la lámina total de agua aprovechable que el suelo puede retener hasta la profundidad explorada por las raíces en ese período

Esto es:

$$X_i = \frac{Lr_i}{La_i} \quad (8.1)$$

Donde.

X_i = Parte del agua aprovechable que queda en el suelo antes de aplicar el riego en el i -ésimo período (%).

Lr_i = Contenido de humedad aprovechable en la i -ésima capa ($i=1,2,\dots,n$) (cm)

La_i = Lámina de agua aprovechable total en la i -ésima capa ($i=1,2,\dots,n$) (cm).

La aplicación práctica del riego se realizó cuando existió en el suelo un rango de variación de $\pm 2\%$ de HA en cada uno de los tratamientos seleccionados

8.1.3 Segunda fase experimental en el cultivo de cebolla

Esta fase se realizó del 2 de noviembre de 1996 al 2 de marzo de 1997. Los tratamientos consistieron en la aplicación de 2 y 4 t ha⁻¹ de gallinaza (G), incorporación de soya como abono verde (S) y la fertilización química (FQ) 140-60-00 (kg ha⁻¹ de N, P y K). Así los tratamientos experimentales bajo estudio estuvieron conformados de la manera siguiente:

Trat. exp.	Simbología	Descripción
T1	S+G (4 t ha ⁻¹) + FQ	Soya como abono verde+gallinaza (4 t ha ⁻¹) + fertilización química
T2	S+ G (4 t ha ⁻¹) + 60 kg P ha ⁻¹	Soya como abono verde+gallinaza (4 t ha ⁻¹)+ fósforo
T3	S+G (2 t ha ⁻¹) + FQ	Soya como abono verde+gallinaza (2 t ha ⁻¹)+ fertilización química
T4	S+G (2 t ha ⁻¹) + 60 kg P ha ⁻¹	Soya como abono verde+gallinaza (2 t ha ⁻¹)+ fósforo
T5	S+ FQ	Soya como abono verde + fertilización química
T6	S + 60 kg P ha ⁻¹	Soya como abono verde + fósforo
T7	G (4 t ha ⁻¹)+FQ	Gallinaza(4 t ha ⁻¹) + fertilización química.
T8	G (4 t ha ⁻¹)+60 kg P ha ⁻¹	Gallinaza (4 t ha ⁻¹) + fósforo
T9	G (2 t ha ⁻¹) +FQ,	Gallinaza (2 t ha ⁻¹) + fertilización química
T10	G (2 t ha ⁻¹) +60 kg P ha ⁻¹	Gallinaza (2 t ha ⁻¹) + fósforo
T11	Testigo fertilizado (140-60-00)	Fertilización química
T12	Testigo absoluto	Testigo sin fertilización

La G, la S y el P se incorporó totalmente al momento del trasplante (Foto 2) El N se fraccionó en dos partes, la mitad fue aplicado al momento del trasplante y la parte faltante, 30 días después. En ambas investigaciones (primera y segunda fase experimental) se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental consistió de 6 x 2.5 m y 0.5 m de separación entre surcos, los tratamientos ocuparon una superficie de 720 m² (Figuras 5 y 6). En esta fase se cuantificó el número más probable (NMP) de coliformes fecales en el agua de riego y bulbos, materia seca, huevecillos de helmintos en bulbo y rendimiento de bulbo por unidad de superficie.



Foto 2. Panorámica de la segunda fase experimental en el cultivo de cebolla.

Al final de la cosecha, se procedió a desinfectar la cebolla con inmersiones del bactericida hipoclorito de sodio (HS) a concentraciones de 10 y 20 mL L⁻¹ de agua, con tiempos de exposición de 5, 10 y 15 min. Además se evaluó el efecto del microdyn (solución de plata coloidal 0.32%) y un testigo absoluto, sobre el NMP de coliformes fecales. Posterior a estas evaluaciones y en el tratamiento de mayor concentración y tiempo de exposición se evaluó el cloro residual en los bulbos tratados, de acuerdo al método del reactivo indicador N,N-dietil-p-fenilendiamina (DPD) recomendado por APHA (1989).

8.2 Estudios experimentales en el cultivo de tomate de cáscara

El Estado de Morelos es uno de los principales productores de tomate de cáscara. En siembras de riego la zona más importante se localiza en los valles de Cuautla,

I	5	2	3	1	4
II	3	4	1	5	2
III	5	2	4	1	3
IV	1	3	4	5	2

Figura 5: Distribución de los tratamientos bajo estudio, alojados en un diseño experimental de bloques completos al azar en la primera fase experimental del cultivo de cebolla

I	2	1	1	9	1	6	1	5	3	7	8	4
II	6	4	7	8	3	5	1	1	1	1	2	9
III	3	1	1	9	1	2	7	8	6	4	1	5
IV	6	5	7	1	8	3	4	9	1	1	1	2

Figura 6. Distribución de los tratamientos bajo estudio, alojados en un diseño experimental de bloques al azar en la segunda fase experimental del cultivo de cebolla

Zacatepec y Jojutla. Cuando esta hortaliza es sembrada con aguas residuales los microorganismos presentes en dichas aguas y frutos pueden causar en la población consumidora enfermedades gastro-intestinales a través de su consumo directo

8.2.1 Material genético y siembra

Se utilizó la variedad “Rendidora”, sembrada en charolas de unicel de 200 cavidades. A los 25 días después de la germinación, fueron trasplantadas al terreno definitivo, en el talud del surco, dos plantas por mata a una distancia de 0.5 m. La preparación del terreno se realizó en forma similar al de los experimentos de cebolla, la unidad experimental se surco a 1 m de separación entre surcos. Para evitar problemas de presencia temprana de virosis todas las plantas fueron cubiertas con tela sintética agribón, descubriéndose hasta el inicio de la floración. En la fertilización (FQ) se empleó el tratamiento de fertilización 120-40-00 recomendado para el estado Morelos (CIFAP, 1988). La fuente de nitrogenada fue sulfato de amonio y como fuente fosfórica, superfosfato de calcio triple. La primera aplicación se realizó con 60 kg de nitrógeno y todo el fósforo al momento del trasplante y en la segunda fertilización (a los 25 días después del trasplante) se aplicó el resto del nitrógeno. Se eligió sulfato de amonio debido a que este fertilizante tiende a reducir el pH del suelo y el superfosfato de calcio triple porque es un fertilizante de fácil aplicación, que no contiene yeso que eleve el pH del suelo experimental.

8.2.2 Primera fase experimental en el cultivo de tomate de cáscara

Esta fase se realizó del 10 de marzo al 24 de junio de 1996, donde también se estudiaron la aplicación de diferentes niveles de la humedad al momento del riego (0, 20, 40, 60 y 80% HA) como puede observarse en la Foto 3. Asimismo se estudió el número más probable (NMP) de coliformes fecales (ÁPHA, 1989) y el crecimiento de las plantas en términos de la acumulación de materia seca.



Foto 3. Panorámica de la primera fase experimental en el cultivo de tomate de cáscara.

Los volúmenes de agua aplicados a los surcos fueron medidos y controlados a través de un medidor volumétrico. Para llevar el control de la humedad en las parcelas experimentales se utilizó el muestreo gravimétrico. En la determinación del momento del riego se utilizó la metodología propuesta por Palacios y Martínez (1978).

8.2.3 Segunda fase experimental

Se realizó del 7 de mayo al 30 de julio de 1997. Los tratamientos consistieron en la aplicación de 6 t ha^{-1} de gallinaza (G), incorporación de abono verde de soya (S) y la fertilización química (FQ). Estos tratamientos (Foto 4) estuvieron conformados de la manera siguiente:



Foto 4 Panorámica de la segunda fase experimental en el cultivo de tomate de cáscara

Trat. exp	Simbología	Descripción
T1	S+G(6 t ha ⁻¹) + FQ	Soya como abono verde+gallinaza+ fertilización química
T2	S+G(6 ha ⁻¹)+60 kg P ha ⁻¹	Soya como abono verde+ gallinaza+ fosforo
T3	S+ FQ	Soya como abono verde + fertilización química
T4	S+ 60 kg P ha ⁻¹	Soya como abono verde+fósforo
T5	G(6 t ha ⁻¹) + FQ,	Gallinaza + fertilización química
T6	G(6 t ha ⁻¹) + 60 kg P ha ⁻¹	Gallinaza + fósforo
T7	FQ	Fertilización química
T8	Testigo absoluto	Testigo sin fertilización

En esta fase se cuantificó el NMP de coliformes fecales y huevecillos de helmintos por fruto, materia seca y rendimiento de fruto

En ambas investigaciones fue utilizado el diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, la parcela experimental consistió de 6 x 4 x 1 m de separación entre surcos Figuras 7 y 8.

Al final de la cosecha se procedió a desinfectar el fruto con inmersiones de hipoclorito de sodio (cloralex 6%) en concentraciones de 10 y 20 ml L⁻¹ de agua con tiempos de exposición de 5, 10, 15 minutos; además, los tratamientos 20 ml L⁻¹ de agua con tiempos de exposición de 20 y 25 min. También se evaluó el microdyn y un testigo absoluto sobre la sobrevivencia de coliformes fecales. Posterior a esta evaluación y en el tratamiento de mayor concentración y tiempo de exposición se evaluó el cloro residual en frutos tratados de acuerdo a APHA (1989).

8.3 Abonos verdes aplicados a las hortalizas en estudio

A dos meses antes de dar inicio a las investigaciones en sus segundas fases y para los tratamientos donde se incorporó abono verde, se sembró por separado, semillas de soya de la variedad BM-2 a una separación de 1.0 m entre surcos y 6 cm entre plantas. La soya se sembró manualmente a doble hilera y en el lomo del surco, se pretendió obtener al menos una población de 300 000 plantas ha⁻¹. Al momento de la floración, las plantas de soya fueron molidas mediante un molino de martillo y se incorporó al suelo al momento del trasplante (13.3 t ha⁻¹), mezclada con gallinaza y FQ, según el tratamiento (Fotos 5 y 6). La superficie de soya molida para cada tratamiento fue de 15 y 24 m² para los segundos experimentos de cebolla y tomate de cáscara, respectivamente.

I	3	1	5	2	4
II	4	2	4	1	3
III	5	2	1	3	5
IV	1	4	3	5	2

Figura 7. Distribución de los tratamientos bajo estudio, alojados en un diseño experimental de bloques completos al azar en la primera fase experimental del tomate de cáscara variedad "Rendidora".

I	2	1	3	5	6	7	8	4
II	4	6	7	8	3	5	1	2
III	3	1	2	7	8	6	4	5
IV	6	5	1	8	3	4	7	2

Figura 8. Distribución de los tratamientos bajo estudio, alojados en un diseño experimental de bloques completos al azar en la segunda fase experimental del tomate de cáscara variedad "Rendidora".



Foto 5 Desarrollo de plantas de soya al momento de la molienda para su incorporación al suelo.



Foto 6 Demostración de la aplicación de soya como abono verde y su incorporación al suelo

8.4 Gallinaza aplicada a los experimentos

La gallinaza fue molida con molino de martillo y se colocó en un estercolero a granel durante dos meses, donde se hacían aplicaciones periódicas de agua con un aspersor para dar inicio a las primeras etapas de descomposición y evitar pérdidas de nitrógeno amoniacal al reducirse la temperatura con la humedad. La cantidad de abono aplicado se calculó en base a su peso seco y fue incorporada totalmente al momento del trasplante (Foto 7).



Foto 7. Incorporación de gallinaza al suelo

8.5. Tratamiento adicional

Como tratamiento adicional, a la segunda fase experimental de los cultivos de cebolla y tomate de cáscara, se estableció un tratamiento más en macetas de 12 kg de suelos estériles con cuatro repeticiones. El tratamiento fue regado con agua de pozo profundo, con la finalidad de evaluar la contaminación por coliformes fecales en el bulbo de cebolla y en el fruto de tomate de cáscara. El suelo fue esterilizado en un tambo de 200 L con fuego producido por un tanque de gas por un tiempo de 15 horas (Foto 8)

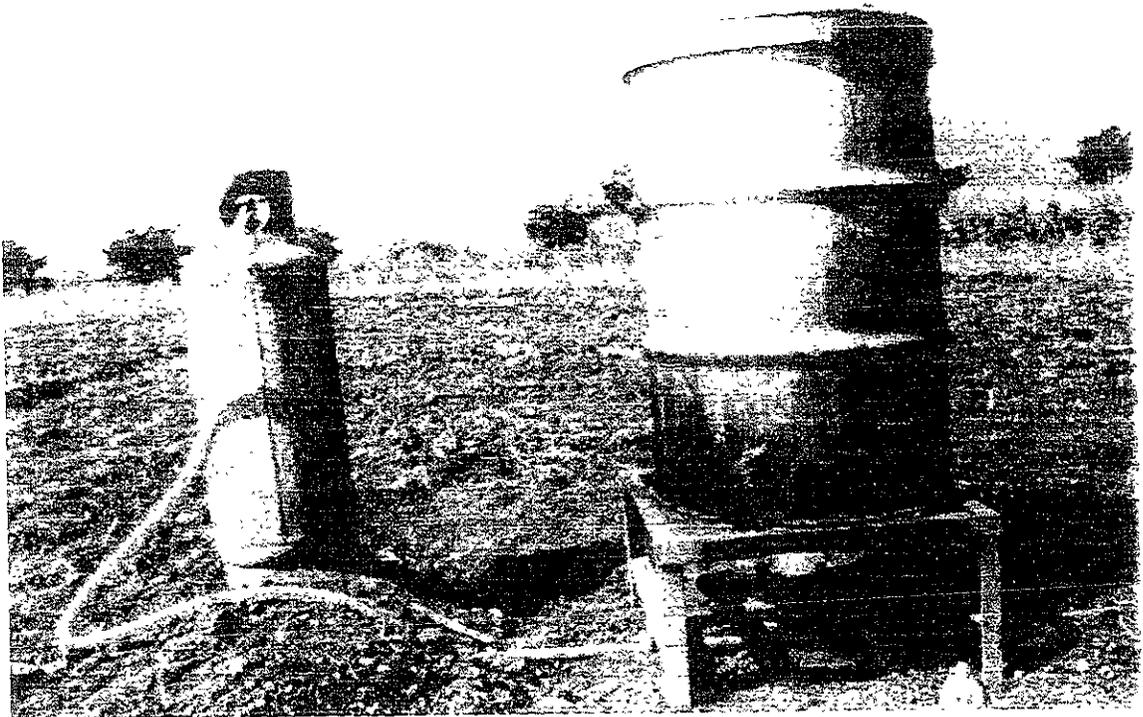


Foto 8. Esterilización del suelo para el tratamiento adicional

8.6 Programación de riegos

En la obtención de la calendarización de riegos se consideró al tratamiento de mejor respuesta al rendimiento de bulbo de cebolla y fruto de tomate de cáscara (60 % HA) Elegido el tratamiento se calculó el requerimiento de riego acumulado (Rra) de los cultivos en estudio. Con los datos de Rra y el tiempo se ajustaron al modelo logístico propuesto por Hunt (1982)

$$Rra = \frac{A}{1 + be^{-kt}} \quad (8.2).$$

Donde:

Rra = Requerimiento de riego acumulado (mm)

t = Tiempo en días después del trasplante

A, b, k = Son constantes del modelo

Para la obtención de los parámetros del modelo se utilizó el paquete estadístico SAS Institute (1988) Con los valores obtenidos en cada uno de los parámetros se procesaron las curvas de crecimiento para el tratamiento de humedad aprovechable de 60%, para ambos cultivos bajo estudio El requerimiento de riego diario (Rrd) de los cultivos cebolla y tomate de cáscara se obtuvieron a partir de la primera derivada de la función (8.2). Esto es

$$Rrd = \frac{dw}{dt} = \frac{Abk e^{-kt}}{(1 + be^{-kt})^2} \quad (8.3)$$

La programación de riegos para este nivel de humedad fue estimado al despejar la variable tiempo (t) en días y al substituir la fórmulas por los parámetros conocidos y la lámina acumulada cada vez que se consumía (40% HA) 5.74 cm de lámina de riego.

Esto es.

$$t = \frac{1}{c} \ln \left[\frac{1}{b} \left[\frac{A}{y} - 1 \right] \right] \quad (8.4)$$

8.7 Análisis de crecimiento

Para estudiar el efecto de los tratamientos sobre el crecimiento del cultivo se realizaron muestreos de materia seca cada 12 días durante el ciclo del cultivo. Con los datos obtenidos para cada tratamiento y con el uso del paquete estadístico SAS (1988) se obtuvieron los parámetros del modelo de Weibull propuesto por Hunt (1982).

$$Y = Y_{\max} (1 - e^{-(t/b)^c}) \quad (8.5)$$

Donde:

Y = Rendimiento de materia seca (g planta^{-1})

t = Número de días después del trasplante

Y_{\max} = Valor máximo de materia seca (g planta^{-1})

b = Parámetro de respuesta del tiempo que indica el punto de inflexión cuando $t=b$

c = Parámetro de forma de la respuesta que indica los cambios de la tasa de acumulación de materia seca

Procesadas las curvas con los parámetros obtenidos, se obtuvieron los valores de las tasas absolutas de crecimiento (TAC) a partir de la primera derivada del modelo (8.2).

$$Y' = \text{TAC} = \frac{a c t^{c-1} e^{-(t/b)^c}}{(b)^c} \quad (8.6)$$

8.8 Muestreos para determinaciones bacteriológicas

Para la determinación del número más probable (NMP) de coliformes fecales en agua, suelo, bulbo de cebolla y fruto de tomate de cáscara se realizaron muestreos en frascos ámbar, esterilizados en autoclave a una presión de 1.05 kgf cm^{-2} durante 15 minutos. Los muestreos de suelo fueron extraídos del estrato 0-30 cm, el cual es considerado como el de mayor concentración de bacterias (Gideon *et al.*, 1991). De cada tratamiento se tomó una muestra de suelo se pesó 1 g y se diluyó en 1000 mL de agua de dilución estéril. De los bulbos y frutos muestreados se pesaron 30 g, se homogenizaron en licuadora durante un minuto, posteriormente esta solución se aforó a 1000 mL y se procedió como en el análisis de agua (Thatcher y Clark, 1973).

Los frascos para muestreos de agua fueron lavados y esterilizados. Para evitar la acción del cloro residual, se usó tiosulfato de sodio el cual se aplicó a los frascos limpios antes de la esterilización en una cantidad que proporcione 100 mg L^{-1} . Se recogió 1.0 L de agua para su análisis bacteriológico. En el canal principal la muestra fue tomada a 15 cm debajo de la superficie a la mitad de lo ancho del canal, durante el transporte las muestras se conservaron a una temperatura de 0 a 4 °C. Los recipientes se rotularon indicando número de muestra, fecha y hora de obtención. Los análisis se realizaron en su mayor parte, el mismo día de la toma de muestra y cuando esto no fue posible las muestras se mantuvieron a una temperatura inferior a 4 °C y se realizó su análisis al día siguiente.

8.9 Metodología para la determinación de coliformes fecales

Por lo general, la determinación de los coliformes fecales constituye un parámetro suficiente para conocer la calidad sanitaria del agua y los alimentos. Representan una población en la que se presume que hay una alta proporción de *E. coli*. La finalidad de la prueba es indicar que los organismos, puestos de manifiesto por el método empleado proceden de las heces de animales de sangre caliente.

8.9.1 Equipo y material de laboratorio

- Estufa de esterilización de aire caliente capaces de indicar con precisión, temperaturas entre 160 y 180 °C.
- Equipo para la determinación de pH (Foto 9)
- Balanzas con sensibilidad menor de 2.0 g.
- Autoclaves en perfecto funcionamiento, con termómetro y manómetro (Foto 10)
- Recipiente de cristal para preparar los medios.
- Pipetas con error de calibración menor de 2.5%
- Pipeteros de aluminio o acero inoxidable de medidas necesarias para conservar las pipetas estériles.
- Frascos o tubos de dilución con tapones de cristal.
- Tubos de ensaye con capacidad (25 X 150 mm).
- Frascos de muestreo de vidrio resistente que no produzcan sustancia tóxica al ser esterilizados.
- Gradilla metálica
- Mecheros
- Asas de siembra

8.9.2 Preparación del agua de dilución

- Para la preparación del agua de dilución se disolvieron 34 g de fosfato monobásico de potasio en 1000 mL de agua destilada, ajustándose a pH 7.2 con hidróxido de sodio 1 N y se diluyó en 1.0 L con agua destilada (solución stock A). Se preparó la solución stock B con la composición siguiente: cloruro de magnesio ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) 81.1 g disuelto en 1000 mL de agua destilada. Se esterilizó en autoclave a 121°C durante 15 minutos y se almacenó en refrigerador. Se adicionó 1.25 mL de solución stock A y 5 mL de solución stock B a un litro de agua destilada y se distribuyó en frascos o tubos con volúmenes que permitan esterilizar por 15 minutos a 121 °C.

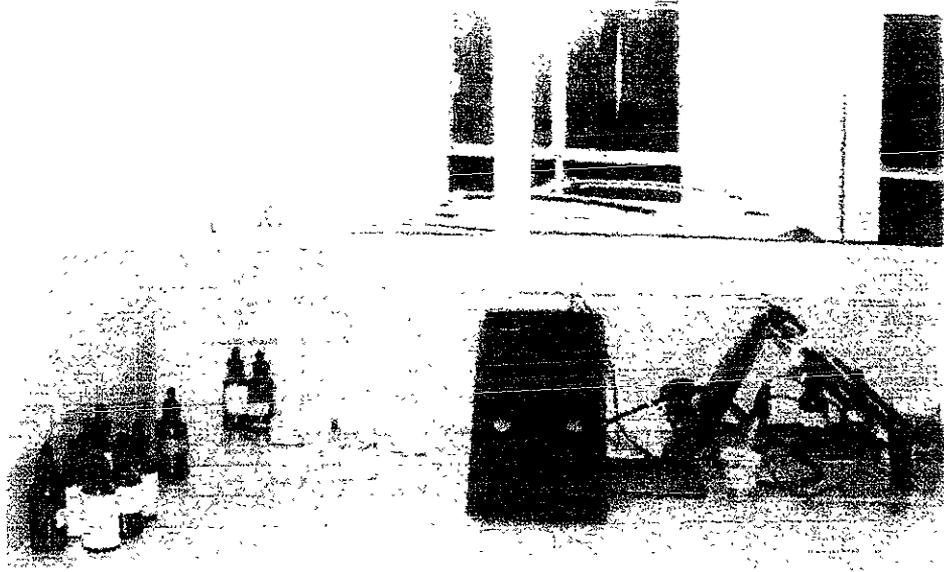


Foto 9. Material y reactivos de laboratorio para determinación de coliformes fecales.

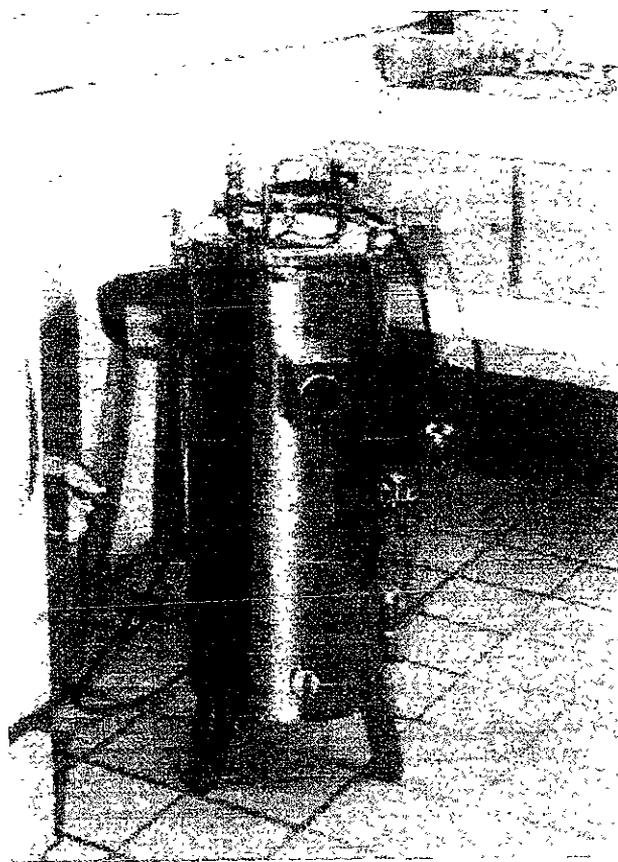


Foto 10. Equipo de esterilización utilizada en la investigación

8.9.3 Técnica de tubo múltiple para identificación de coliformes fecales en bulbo de cebolla y tomate de cáscara

La técnica de tubo múltiple sirve para conocer el grado de contaminación por coliformes fecales en aguas limpias y de desecho, así como en alimentos. En este método se utiliza caldo lactosado en la prueba presuntiva y caldo E.C. en la confirmativa.

8.9.3.1 Preparación de las diluciones

En las diluciones se utilizan series de tubos, los cuales constan de tres (Figura 9) diluciones por lo menos (10, 1, .1 mL) y por cada dilución se utilizaron 5 tubos.

8.9.3.2 Preparación de medios de cultivo

Los medios deshidratados de caldo lactosado y E.C. fueron adquiridos a un proveedor de DIVICO, S.A., los medios fueron preparados de acuerdo a las normas establecidas por la compañía proveedora.

8.9.3.2.1. Caldo lactosado con púrpura de bromocresol (CL) concentración simple

Se pesó 13 g del medio deshidratado CL y se disolvió en 1000 mL de agua destilada fría. Se calentó agitando frecuentemente, hasta la completa disolución del medio, teniendo cuidado de no alcanzar la temperatura de ebullición. Posteriormente se distribuyeron volúmenes de 10 mL en tubos de ensayo de 16 mm x 150 mm, conteniendo en su interior tubos Durham invertidos. Se taparon con tapones de acero inoxidable y se esterilizaron en autoclave a 121 °C durante 15 minutos.

8.9.3.2.2 Medio EC

Se rehidrataron 37.6 g del medio de cultivo en un litro de agua destilada, se calentó agitándose frecuentemente hasta su completa disolución, teniendo cuidado de no alcanzar la temperatura de ebullición. En tubos de ensayo de 18 mm x 180 mm, conteniendo en su interior tubos Durham invertidos, se distribuyeron volúmenes

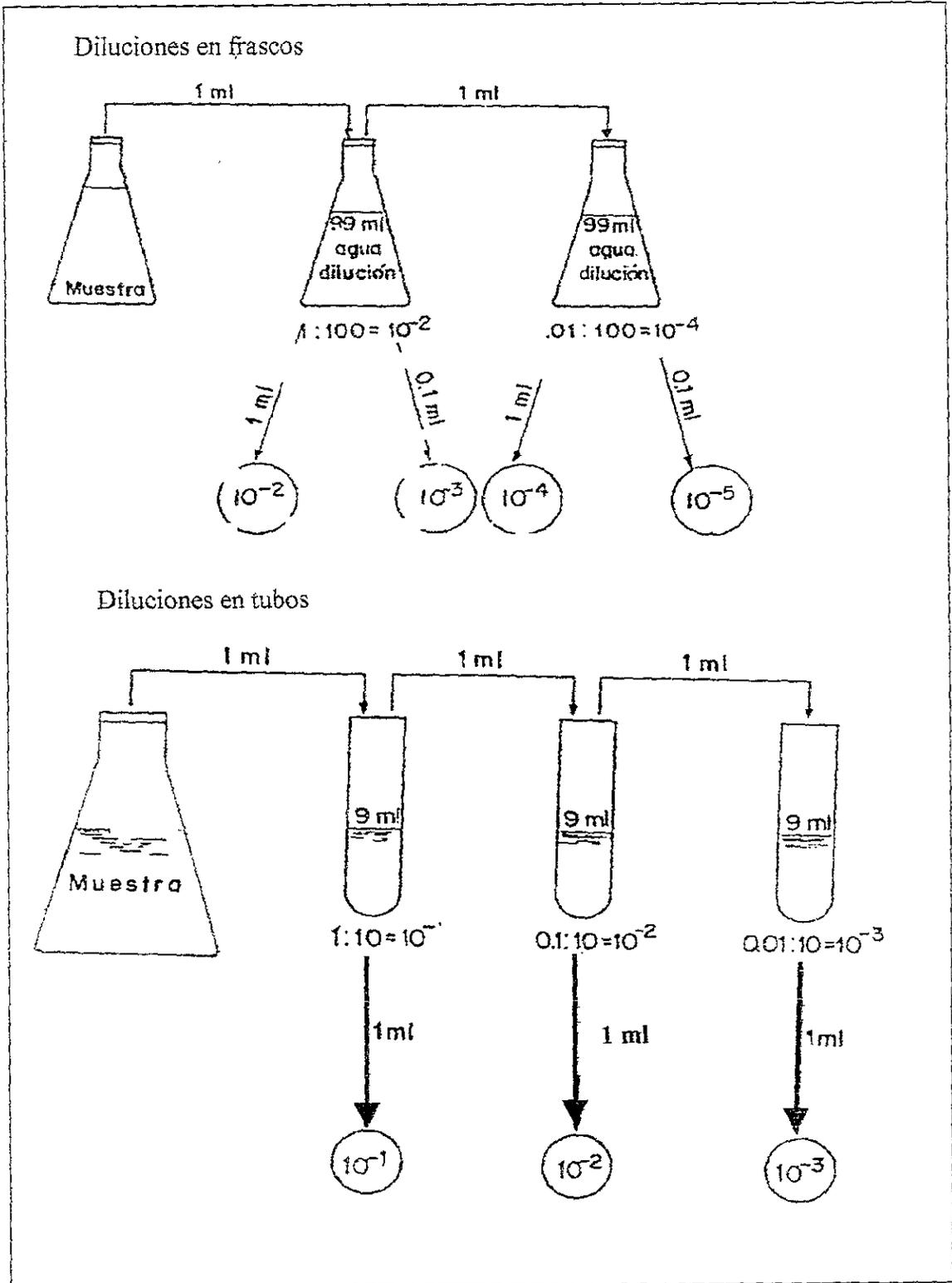


Figura 9. Preparación de diluciones en frascos y tubos de ensaye para la determinación de coliformes por tubo múltiple.

adecuados para que el volumen final, después de la esterilización fuera de 10 mL. Posteriormente, se cubrieron con tapones de acero inoxidable y se procedió a la esterilización del medio en autoclave a 121 °C, durante 15 minutos.

8.9.3.3 Prueba presuntiva y confirmativa

Con el objeto de tener resultados más confiables en la determinación del NMP de coliformes se realizó la prueba presuntiva y confirmativa.

8.9.3.3.1 Prueba presuntiva

Se transfirió 1.0 mL de las diluciones decimales apropiadas a los tubos de fermentación con caldo lactosado y se incubó a 35 ± 0.5 por 24 ± 48 horas. Una prueba positiva es la producción de gas que produce una burbuja dentro del tubo Durham.

8.9.3.3.2 Prueba confirmativa

De los tubos positivos (que presentaron producción de gas), se inocularon con una asa a tubos de fermentación con medio EC, y se incubaron a $44.5 \pm .2$ °C en baño María por 24 ± 2 horas. Una prueba positiva sería la producción de gas. Con los resultados obtenidos de los tubos positivos, se leyeron los índices del NMP en la Tabla 1. Esta etapa del análisis disminuye la posibilidad de ocurrencia de resultados falsos positivos.

8.9.4 Cálculo del NMP de coliformes fecales

El NMP de coliformes fecales se calculó mediante el empleo de la ecuación siguiente:

$$NMP = \frac{\text{Número del índice} \times 10}{\text{Dilución más alta}} \quad (8.7)$$

Tabla 1. Índice del NMP para diversas combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se utilizan cinco alícuotas de 10 ml, cinco alícuotas de 1 mL y cinco alícuotas de 0.1 mL.

Número de tubos positivos del total de			Índice del NMP por 100 mL
5 tubos	5 tubos	5 tubos	
0	0	0	2
0	0	1	2
0	1	0	2
0	2	0	4
1	0	0	2
1	0	1	4
1	1	0	4
1	1	1	6
1	2	0	6
2	0	0	4
2	0	1	7
2	1	0	7
2	1	1	9
2	2	0	9
2	3	0	12
3	2	0	14
3	2	1	17
4	0	0	13
4	0	1	17
4	1	0	17
4	1	1	21
4	1	2	26
4	2	0	22
4	2	1	26
4	3	0	27
4	3	1	33
3	0	0	8
3	0	1	11
3	1	1	14
4	4	0	34
3	1	0	11
5	0	0	23
5	0	1	30
5	0	2	43
5	1	0	30
5	1	1	50
5	1	2	60
5	2	0	50
5	2	1	70
5	3	0	80
5	5	4	1600

8.10 Determinación de cloro residual por el método DPD

Después de que los bulbos de cebolla y frutos de tomate de cáscara fueron tratados con HS para evaluar la sobrevivencia de coliformes fecales, en el tratamiento de mayor concentración y tiempo de exposición, los bulbos de cebolla y frutos de tomate de cáscara fueron licuados y colocados en tubos de ensaye para el análisis del cloro residual.

8.10.1 Equipo, material y reactivo de laboratorio

Colorímetro Hach/100 con celdas y pilas, papel para limpiar las celdas, papel indicador de pH. Reactivo DPD.

8.10.2 Metodología

Se abrió una almohadilla del indicador DPD (N,N-dietil-p-fenilendiamina) y se agregó al jugo de cebolla y tomate de cáscara. El DPD que reacciona instantáneamente con el cloro libre en ausencia del ión yoduro para producir un color rosado. La intensidad de este color se midió con el colorímetro HACH, el cual proporciona las concentraciones directamente. Las lecturas comprende los rangos de 0-2 mg L⁻¹ y 0-3.5 mg L⁻¹.

8.11 Metodología para la determinación de huevecillos de helmintos

Los frutos de tomate y de bulbos de cebolla fueron lavados en recipientes, con 200 mL de agua. Se dejó sedimentar la muestra y se decantó el sobrenadante. En 8 tubos de centrifuga de 15 mL se centrifugó a 3,000 rpm durante 2 minutos y se desechó el sobrenadante. Posteriormente, se distribuyó el sedimento en partes iguales en dos tubos de centrifuga de 15 mL y se centrifugó a 3 000 rpm. Se Adicionó a los tubos, sulfato de zinc al 33%, hasta 1.0 cm debajo del borde del tubo y se centrifugó a 3000 rpm. Finalmente, se agregó sulfato de zinc 33% a los tubos hasta formar un menisco y se dejó

reposar 30 min. Para mayor seguridad los cubreobjetos se observaron al microscopio con los objetivos 10X y 40X.

8.12 Labores de cultivo

Con el fin de evitar la competencia de malezas con los cultivos en estudio, por agua, luz y nutrimentos en todos los experimentos, se realizaron dos deshierbes el primero a los 15 días después del trasplante y el segundo a los 30 días. Estas labores se realizaron en forma manual con azadón con el cual la tierra fue aflojada para dar mayor aireación a las plantas.

8.13 Control de plagas

El combate de las plagas en los cultivos de cebolla y tomate de cáscara se realizó con base a las recomendaciones de CIFAP (1988).

8.13.1 Plagas en el cultivo de cebolla

Durante el desarrollo del cultivo en los dos fases experimentales se presentó la mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum* West), la cual fue combatida mediante aspersiones con el insecticida de acción sistémico Nuvacrón 60 E., en la dosis de 2 mL L⁻¹ de agua.

8.13.2 Plagas en cultivo de tomate de cáscara

Las plagas principales que se presentaron durante el desarrollo de este cultivo en las dos fases experimentales fueron la mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum* West) y gusano de fruto (*Heliothis suflexa* Gueneé), ambas fueron combatidas con aspersiones de Lannate en la dosis de 1.0 g L⁻¹ de agua.

8.14 Cosecha

La cebolla se cosechó cuando las plantas se doblaron al ras del suelo. En tomate se realizó cuando los frutos llenaron completamente la bolsa.

8.14.1 Cultivo de cebolla

La cosecha se realizó a los 120 días después del trasplante. Inicialmente se arrancó la cebolla e inmediatamente después se eliminó el rabo con tijeras, se pesó y clasificó por tamaño y se arpilló en envase de plástico con capacidad para 60 kg. La cebolla de arpillas con bulbo grande tuvo un diámetro mayor de 7 cm de diámetro. La clasificación mediana se clasificó con diámetros de 3.5 a 7.0 cm y la chica con diámetros menores de 3.5 cm.

8.14.2 Cultivo de tomate de cáscara

La cosecha se inició cuando la mayoría de las plantas tenían 1 ó 2 frutos maduros lo cual, ocurrió a los 65 días después del trasplante. Durante el periodo de cosecha se realizaron 4 cortes a intervalos de 4-5 días. En la clasificación del fruto por tamaño, fueron considerados frutos grandes aquellos que presentaron diámetro mayor de 4 cm y fruto chico los que presentaron diámetro menor de 4 cm.

8.15 Análisis estadísticos

Los datos para cada una de las variables de respuesta de los cultivos en estudio, fueron analizados bajo el diseño de bloques al azar. Estos análisis se realizaron mediante el paquete estadístico elaborado por Olivares(1989). En el análisis de varianza, se empleó el nivel de significancia al 5%, el modelo que describe el diseño se enuncia a continuación.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j X + E_{ij} \quad (8.8)$$

Donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta (materia seca, rendimiento, etc.)

μ = Efecto de la media general

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

β = Efecto del i -ésimo bloque

E_{ij} = Error experimental

Para comparar las medias de los tratamientos de cada una de las variables en estudio se utilizó la prueba de Tukey de acuerdo con Martínez (1995).

IX. RESULTADOS Y DISCUSION

9.1 Primer estudio experimental en el cultivo de cebolla

Actualmente el cultivo de la cebolla ha adquirido mucha importancia en Morelos debido a la dificultad de cultivar otras hortalizas (jitomate, melón y tomate de cáscara), debido a la alta susceptibilidad a las enfermedades virosas que hace a estos cultivos no redituables.

9.1.1 Variables climáticas.

El presente estudio se trasplantó el 1° de noviembre de 1995. En relación al régimen de lluvias durante el ciclo del cultivo, se registró una precipitación total de 6.62 cm, lo cual contribuyó poco al proceso evapotranspirativo, presentándose tal distribución al inicio del ciclo y a la mitad de éste.

Donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta (materia seca, rendimiento, etc.)

μ = Efecto de la media general

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

β = Efecto del i-ésimo bloque

E_{ij} = Error experimental

Para comparar las medias de los tratamientos de cada una de las variables en estudio se utilizó la prueba de Tukey de acuerdo con Martínez (1995).

IX. RESULTADOS Y DISCUSION

9.1 Primer estudio experimental en el cultivo de cebolla

Actualmente el cultivo de la cebolla ha adquirido mucha importancia en Morelos debido a la dificultad de cultivar otras hortalizas (jitomate, melón y tomate de cáscara), debido a la alta susceptibilidad a las enfermedades virosas que hace a estos cultivos no redituables.

9.1.1 Variables climáticas.

El presente estudio se trasplantó el 1° de noviembre de 1995. En relación al régimen de lluvias durante el ciclo del cultivo, se registró una precipitación total de 6.62 cm, lo cual contribuyó poco al proceso evapotranspirativo, presentándose tal distribución al inicio del ciclo y a la mitad de éste.

8.14 Cosecha

La cebolla se cosechó cuando las plantas se doblaron al ras del suelo. En tomate se realizó cuando los frutos llenaron completamente la bolsa.

8.14.1 Cultivo de cebolla

La cosecha se realizó a los 120 días después del trasplante. Inicialmente se arrancó la cebolla e inmediatamente después se eliminó el rabo con tijeras, se pesó y clasificó por tamaño y se arpilló en envase de plástico con capacidad para 60 kg. La cebolla de arpillas con bulbo grande tuvo un diámetro mayor de 7 cm de diámetro. La clasificación mediana se clasificó con diámetros de 3.5 a 7.0 cm y la chica con diámetros menores de 3.5 cm.

8.14.2 Cultivo de tomate de cáscara

La cosecha se inició cuando la mayoría de las plantas tenían 1 ó 2 frutos maduros lo cual, ocurrió a los 65 días después del trasplante. Durante el periodo de cosecha se realizaron 4 cortes a intervalos de 4-5 días. En la clasificación del fruto por tamaño, fueron considerados frutos grandes aquellos que presentaron diámetro mayor de 4 cm y fruto chico los que presentaron diámetro menor de 4 cm.

8.15 Análisis estadísticos

Los datos para cada una de las variables de respuesta de los cultivos en estudio, fueron analizados bajo el diseño de bloques al azar. Estos análisis se realizaron mediante el paquete estadístico elaborado por Olivares(1989). En el análisis de varianza, se empleó el nivel de significancia al 5%, el modelo que describe el diseño se enuncia a continuación.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j X + E_{ij} \quad (8.8)$$

Los datos climatológicos diarios de temperatura y precipitación registrados durante el ciclo, se reportan en los Cuadros 1 a 4 del Apéndice. En la Figura 10 se observa que la temperatura presentó una variación de 2 a 36 °C. Estas temperaturas se consideran adecuadas al cultivo ya que Brewster (1990) señala como temperaturas óptimas entre 11 y 25 °C para esta planta en estudio.

En la Figura 10, se observa que los riegos suministrados cubrieron el periodo de sequía, iniciando el primer riego el 1° de noviembre de 1995, cuando con una lámina de 7.39 cm se regaron simultáneamente los tratamientos T1=0%, T2=20%, T3=40%, T4=60% y T5=80% de HA. La evapotranspiración (Et) del cultivo de cebolla y el número de riegos aplicados a través del ciclo se resume en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos de humedad aprovechable al momento del riego, valores observados de evapotranspiración y número de riegos aplicados al cultivo de cebolla.

Tratamiento (HA)	Et (cm)	Núm. de riegos
T1= 0%	42.89	4
T2=20%	47.96	4
T3=40%	52.31	6
T4=60%	58.70	8
T5=80%	61.58	16

Cantidad, distribución de lluvia y fecha de aplicación de riegos

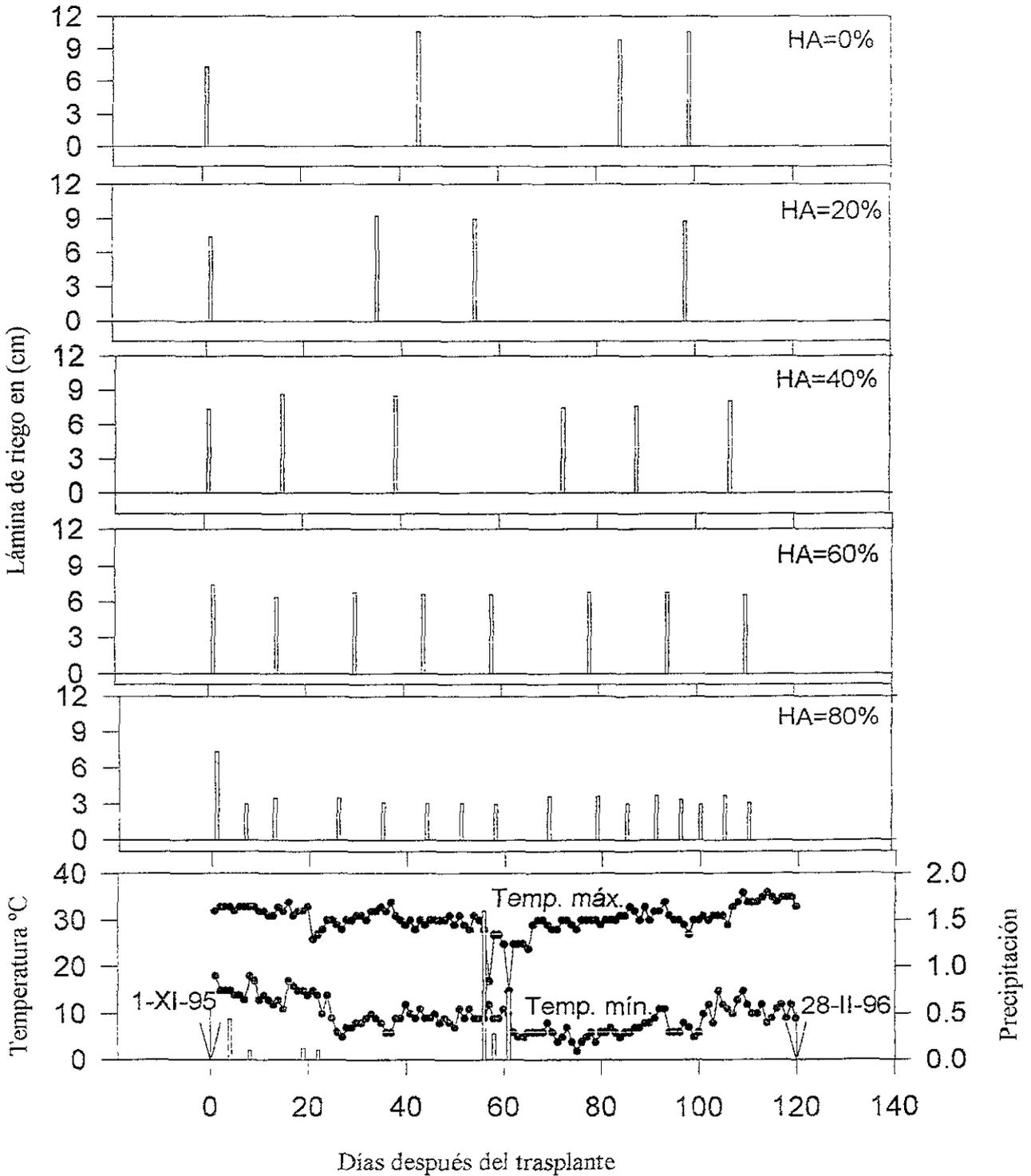


Figura 10. Cantidad, distribución de lluvia y fecha de aplicación de riegos con agua residual en el cultivo de cebolla en el primer estudio experimental. Las flechas indican el inicio y final del ciclo.

Para calcular la Et del cultivo por tratamiento fue sumada la lámina de riego aplicada por el riego menos la precipitación efectiva.

9.1.2 Análisis de crecimiento

El crecimiento del cultivo expresado como la acumulación de materia seca (g planta) a través del ciclo vegetativo del cultivo es el resultado de una serie de procesos fisiológicos que ocurren en las plantas dentro de determinado ambiente o condiciones de manejo impuestas. Así, a través del análisis de crecimiento es posible estudiar el efecto que producen diferentes factores tecnológicos de manejo (riego) sobre el crecimiento y parámetros de crecimiento como la tasa absoluta de crecimiento (TAC).

Los datos obtenidos de materia seca (g planta^{-1}) y los estimados para cada uno de los tratamientos estudiados, se presentan en el Cuadro 5 del Apéndice. Los valores de los parámetros del modelo de Weibull de crecimiento como resultado del ajuste realizado a los datos acumulados de materia seca en cada uno de los tratamientos estudiados se presentan en la Figura 11. La similitud de los resultados entre los valores observados y los estimados de crecimiento (Cuadro 5 del Apéndice) muestran un excelente ajuste del modelo utilizado. Los valores de TAC se presentan en el Cuadro 6 del Apéndice.

El contraste del efecto producido por los niveles de HA, aplicados al momento del riego (0, 20, 40, 60 y 80%) sobre la TAC en $\text{g planta}^{-1} \text{ día}^{-1}$ se presentan en las Figura 12. La Figura 11 muestra que desde el trasplante hasta los 50 días, las plantas crecieron muy lentamente. Los valores máximos de crecimiento y TAC (Figura 11 y 12)

Efecto de los niveles de humedad aprovechable sobre el crecimiento

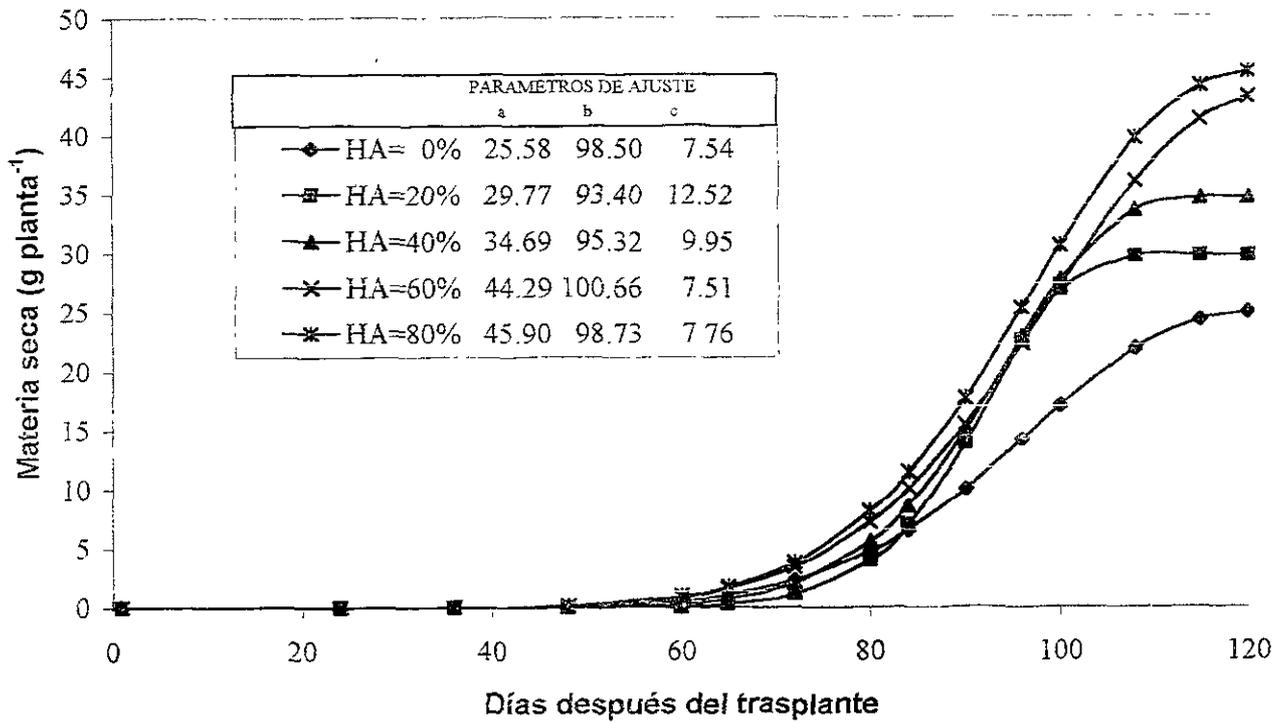


Figura 11. Efecto de los niveles de humedad aprovechable al momento de aplicar los riegos sobre el crecimiento de cebolla variedad Contessa.

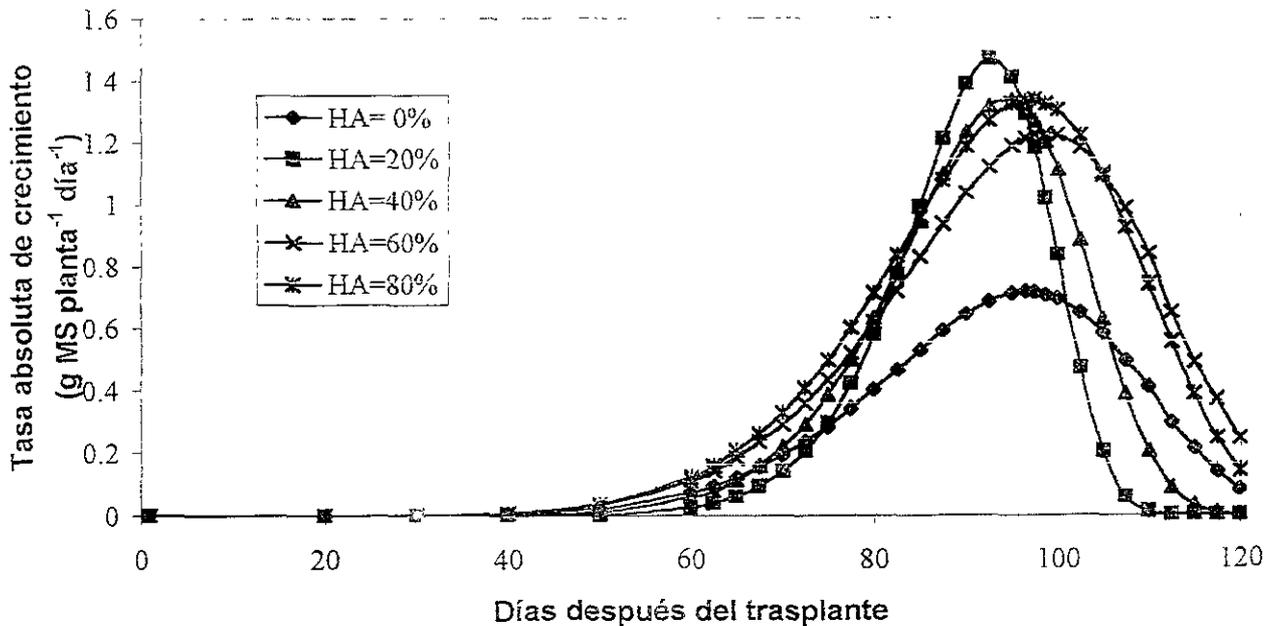


Figura 12. Efecto de los niveles de humedad aprovechable al momento de aplicar los riegos sobre la tasa absoluta de crecimiento de cebolla variedad Contessa.

se obtuvieron bajo las condiciones del tratamiento T5 (HA 80%) y T4 (HA 60%), es decir; cuando el cultivo de cebolla fue regado cuando se consumió el 20% y el 40% de la humedad aprovechable, respectivamente.

Los resultados anteriores coinciden con los obtenidos Mondal *et al* (1986) quienes señalan que la cebolla al crecer bajo altos niveles de humedad no presentan ninguna limitación en el crecimiento y rendimiento de bulbo. Valores menores se obtuvieron en los tratamientos (T3 y T2) con niveles de HA de 40 y 20%, respectivamente. Los valores más bajos se registraron en el tratamiento T1 (HA 0%), cuando las plantas se desarrollaron en condiciones de menor humedad aprovechable, ya que solo recibieron riego, cuando se consumía el 100% de esta humedad aprovechable.

En las gráficas de TAC (Figura 12), también se puede apreciar que el cultivo obtiene sus más altos valores entre los 85 y 105 días después del trasplante, fechas en que el riego debe ser fundamental para alcanzar el rendimiento máximo. Esta misma Figura 12 muestra que a partir de los 100 días después del trasplante, los valores de TAC para niveles de HA más bajos, 0, 20 y 40% tienden al valor cero más rápidamente, en comparación con aquéllos que se desarrollaron en condiciones de humedad óptima (60 y 80%). Lo anterior, fue un factor determinante para que las plantas bajo los niveles de humedad primeramente mencionados iniciaran su madurez fisiológica con mayor precocidad (5 a 10 días) que los tratamientos, T4 y T5. Las condiciones de desarrollo de la cebolla bajo déficit hídrico prolongado aceleraron su madurez fisiológica, lo cual fue también mencionado por Mondal *et al.*, (1986).

9.1.3 Rendimiento total de bulbo

Los rendimientos promedio de bulbo en kg ha^{-1} obtenido en cada uno de los tratamientos, se presentan en la Figura 13. El análisis de varianza para esta variable (Cuadro 8 del Apéndice), mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos, al nivel del 5% y de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), la máxima respuesta ($73\ 047 \text{ kg ha}^{-1}$) se obtuvo con el tratamiento T5, siendo este rendimiento estadísticamente igual al tratamiento T4 con $70\ 370 \text{ kg ha}^{-1}$. El rendimiento obtenido en el tratamiento T3 obtuvo un valor de producción intermedia con $60\ 491 \text{ kg ha}^{-1}$. Los rendimientos más bajos se obtuvieron en los tratamientos T1 y T2 donde los niveles de HA fueron de 0 y 20%, respectivamente.

Tendencias similares han sido encontradas por Sathiyavelu *et al.*, (1994) quienes señalan que en condiciones de niveles óptimos de humedad y disponibilidad de nutrimentos (principalmente N) se obtienen los rendimientos más altos.

Si se promedian los valores absolutos de los tratamientos T4 (60 % HA) y T5 (80% HA), los cuales fueron estadísticamente iguales da un rendimiento de bulbo de $71\ 708 \text{ kg ha}^{-1}$. Por otro lado, si se promedian los tratamiento T1(0% HA) y T2(20% HA) da un rendimiento de $43\ 014 \text{ kg ha}^{-1}$. Restando estos valores promedio da un rendimiento de bulbo de $28\ 694 \text{ kg ha}^{-1}$ el cual es un valor que representa el incremento de la producción de bulbo debido al efecto de regar adecuadamente, dentro de un patrón de manejo óptimo del agua de riego.

Estadísticas de producción muestran que la producción media de cebolla en el Estado de Morelos es de $17\ 820 \text{ kg ha}^{-1}$. Los resultados de

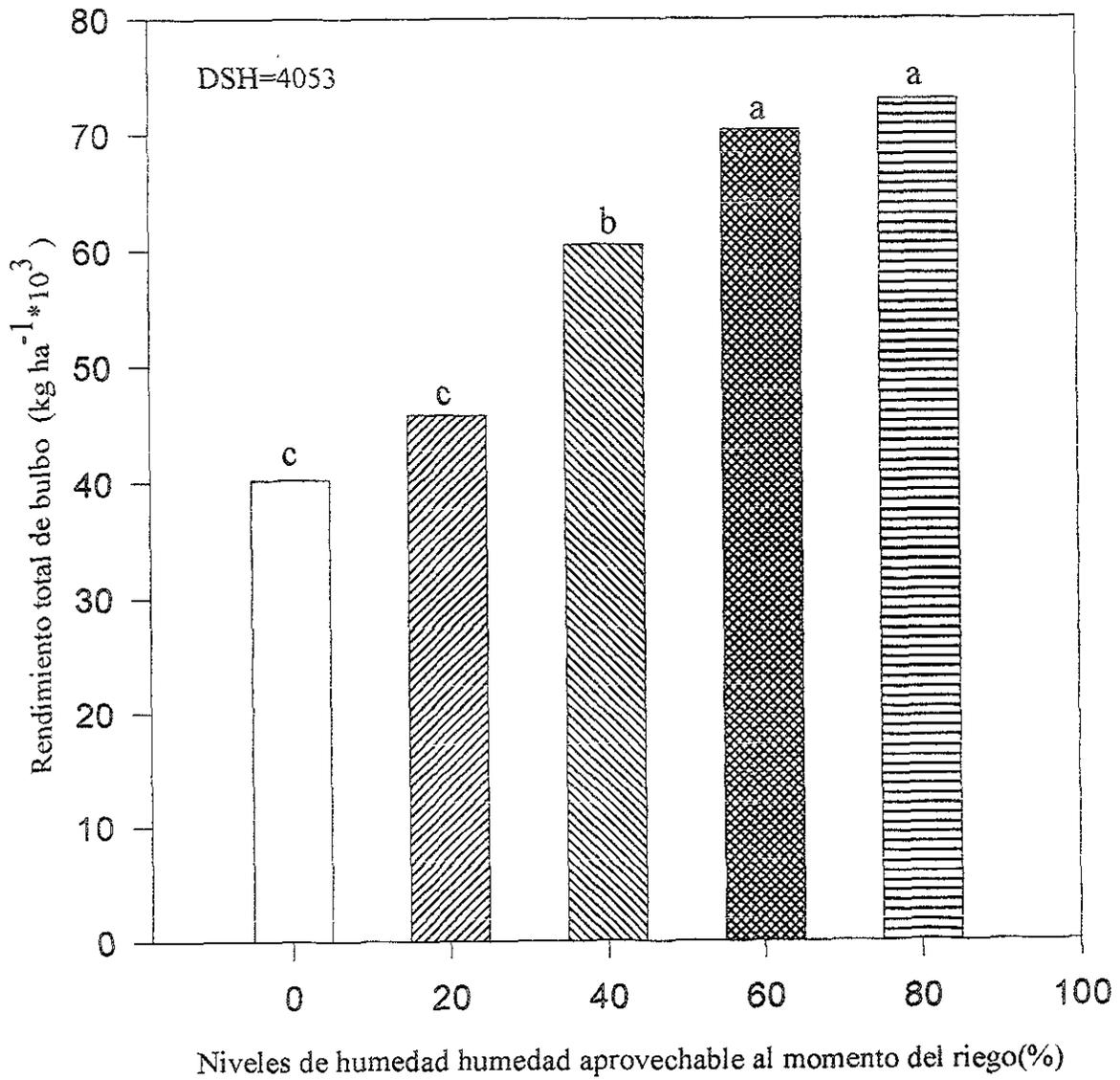


Figura 13. Rendimiento total de bulbo de cebolla en función de diferentes niveles de humedad aprovechable al momento del riego (%). Barras con letra similar son estadísticamente iguales (Tukey ≤ 0.05).

esta investigación indican claramente que es posible mejorar de manera significativa los rendimientos promedio de la región en más de 300%, así como, la calidad del bulbo de cebolla en la variedad "Contessa", cuando se manejan niveles adecuados de humedad. Por otro lado, es interesante observar que el tratamiento T1 con rendimiento de bulbo de 40 208 kg ha⁻¹ y en el cual las plantas se desarrollaron bajo las condiciones máximas de déficit hídrico superó en 125% al rendimiento promedio obtenido a nivel regional.

Los anteriores resultados experimentales ponen de manifiesto que es posible mejorar substancialmente los rendimientos unitarios de bulbo de cebolla; siempre y cuando se apliquen los riegos cuando existan niveles de humedad aprovechable en el suelo de 60 y 80 %.

9.1.4 Calidad del bulbo de cebolla

El bulbo de cebolla grande es el más preferido en el mercado y el de mayor precio en comparación con los tamaños mediano y chico

9.1.4.1 Tamaño grande (diámetro > 7.0 cm).

El rendimiento de bulbo obtenido en cada uno de los tratamientos estudiados se presenta en Figura 14a. El análisis de varianza mostró diferencias entre tratamientos al nivel del 5% de probabilidad (Cuadro 10 del Apéndice).

En la Figura 14a, se puede apreciar que el máximo rendimiento absoluto de 68 365 kg ha⁻¹ se obtuvo en el tratamiento 5, cuando se aplicó el riego al consumirse el 20% de la HA. Sin embargo, este rendimiento fue estadísticamente igual al tratamiento T4, con 66 544 kg

Rendimiento de bulbo grande, mediano y chico

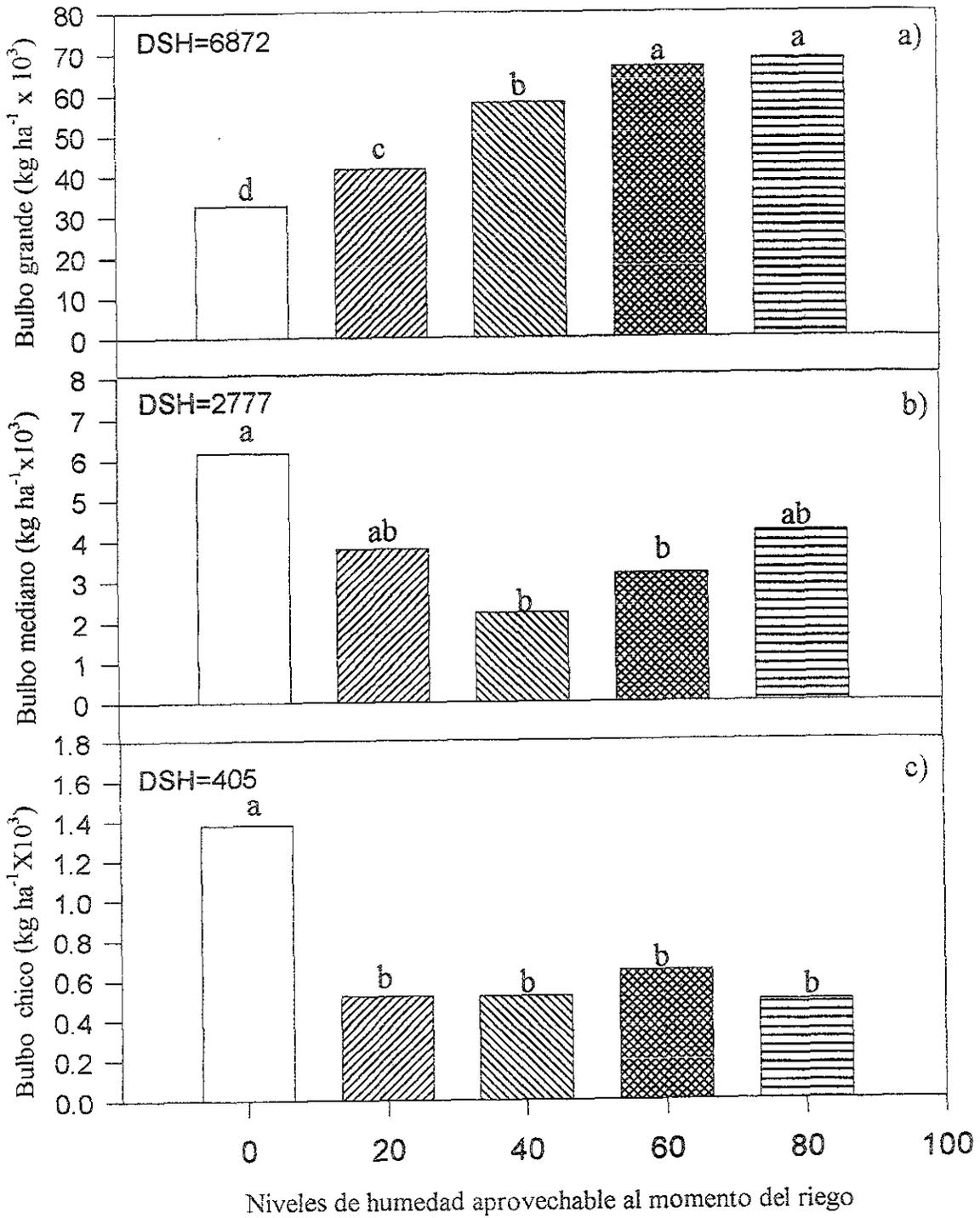


Figura 14. Rendimiento de bulbo grande (a), mediano (b) y chico (c) de cebolla variedad "Contessa" en función de niveles de humedad aprovechable al momento del riego (%)

ha⁻¹ cuando se regó el cultivo, al abatirse el 40% de la HA del suelo. El valor medio fue obtenido con el tratamiento T3 con 57 850 kg ha⁻¹. El rendimiento más bajo correspondió a los tratamientos T2 y T1 con 41 519 y 32 673 kg ha⁻¹, respectivamente.

Estos resultados muestran que al regar el cultivo, cuando se abate el 100 % de la HA la calidad del bulbo se reduce, así como el rendimiento también se reduce en un 109% en comparación con el tratamiento T5 (HA 80%); tratamiento que recibió el riego en periodos más frecuentes y láminas más pequeñas.

También se puede apreciar que bajo este sistema de producción de cebolla con riego por gravedad, con el auxilio de sifones y en surcos cerrados, los valores mayores correspondieron al tamaño de bulbo grande. En el tratamiento T1 la calidad de bulbo grande representó el 78%, mientras, que en el tratamiento T3 fue del 96% con esta misma calidad en el total de la producción. Respuestas similares han sido reportadas por De Santa *et al.*(1994) quienes encontraron que los niveles óptimos de HA impuestos al cultivo produjeron la mejor calidad de bulbo (bulbos de 6 y 9 cm de diámetro).

9.1.4.2 Tamaño mediano (diámetro de 3.5 a 7.0 cm)

Los resultados del tamaño mediano expresado en kg ha⁻¹, obtenidos en cada uno de los tratamientos se presentan en la Figura 14b. El análisis de varianza ($P \leq 0.05$) indicó que hubo diferencias significativas entre tratamientos para esta variable (Cuadro 12 del Apéndice).

Al analizar la Figura 14b, se puede observar que el tratamiento T1=HA 0% promovió el mayor rendimiento de bulbo ($6\ 158\ \text{kg ha}^{-1}$), sin embargo este tratamiento fue estadísticamente igual a los tratamientos T2= 40% y T5= 80% de HA

Los valores menores en el rendimiento de bulbo clasificación mediana se obtuvieron en los tratamientos T3=HA 40% y T4=HA 60%.

De acuerdo a los resultados obtenidos para esta variable de respuesta se puede deducir que existe la tendencia de producir un mayor rendimiento de bulbo clasificación mediana cuando al cultivo de la cebolla es regado en condiciones de bajos niveles de HA, es decir, cuando existe un mayor abatimiento de la HA del suelo (T1=HA 0% y T2=HA 20%).

9.1.4.3 Tamaño chico (diámetro < 3.5 cm)

Los resultados del rendimiento de bulbo tamaño chico para cada uno de los tratamientos estudiados se presentan en la Figura 14 c. El análisis de varianza en esta variable (Cuadro 14 del Apéndice) mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

La Figura 14 c y el Cuadro 13 del Apéndice, muestran que el máximo rendimiento de bulbo clasificación chica ($1\ 377\ \text{kg ha}^{-1}$) fue obtenido con el T1=HA 0%. Los tratamientos T2,T3,T4 y T5 con 20, 40, 60, y 80 % de HA, respectivamente, resultaron estadísticamente iguales. Estos resultados están en línea con los obtenidos por Hugh y Skogerboe (1980) quienes señalan que el déficit de agua influye en la reducción de la calidad y rendimiento de plantas cultivables, debido a que el estrés de

la humedad del suelo es el principal factor limitante del crecimiento de las plantas.

9.1.5 Evapotranspiración del cultivo

La evapotranspiración (Et) es un proceso físico muy importante que realizan las plantas, depende de la interacción del suelo, la planta, la atmósfera y las condiciones de manejo (factores tecnológicos) que en un momento dado se imponen en este complejo sistema, con el fin de optimizar el aprovechamiento de los recursos e insumos agrícolas involucrados en el mismo (Marín, 1989).

Las tasas evapotranspirativas estimadas para cada uno de los tratamientos estudiados durante el ciclo del cultivo, correspondieron a los valores siguientes: T1(0% HA)= 42.89, T2(20% HA)=47.96, T3(40%HA)=52.31, T4(60 HA)=58.7 y T5(80% HA)=61.58 cm. Estos resultados indican que los valores adecuados de Et, oscilan entre los rangos de 58.7 y 61.58 cm, los cuales produjeron los más altos rendimientos de bulbo con 70 370 y 73 047 kg ha⁻¹, respectivamente.

Al relacionar el rendimiento de bulbo con la Et del cultivo (Figura 15), se encontró una relación de tipo lineal entre estas dos variables:

$$R.B. = -45\,782 + 1\,889.6 Et; \quad r^2 = 0.97 \quad (9.1)$$

Donde:

RB= Rendimiento de bulbo (kg ha⁻¹)

Et= Evapotranspiración (cm).

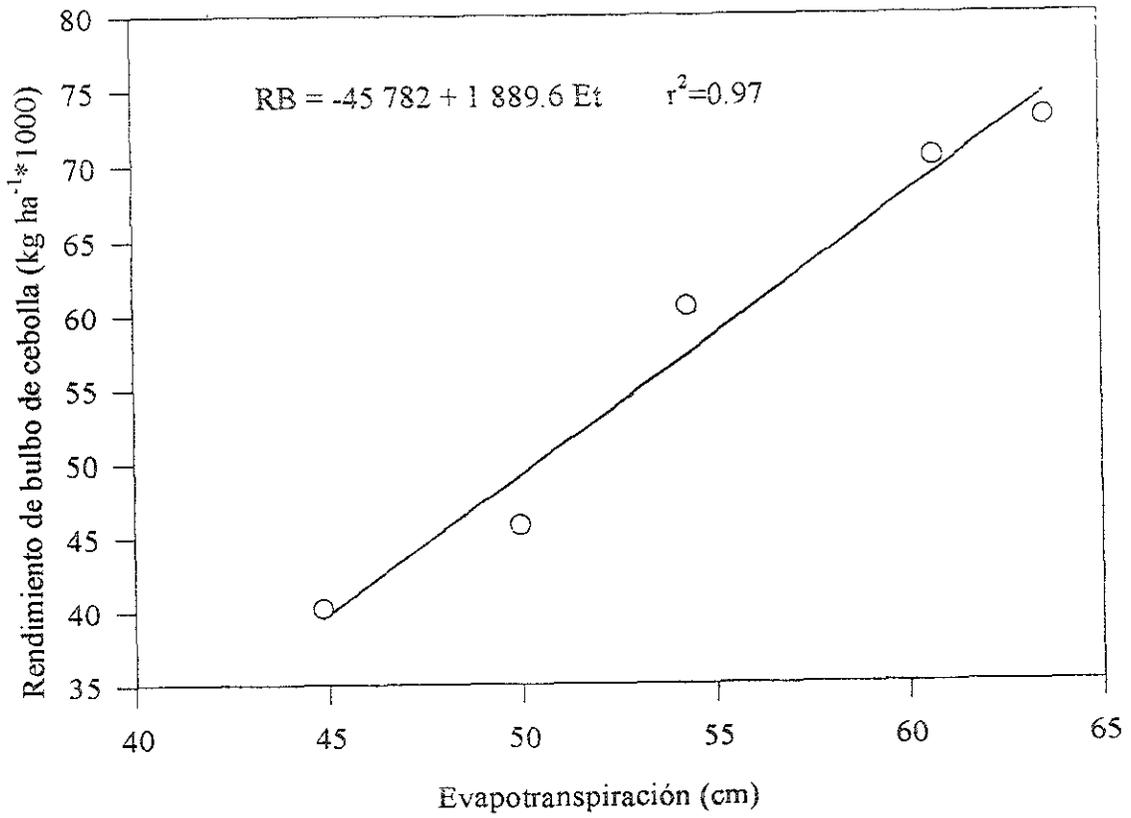


Figura 15. Relación funcional entre la evapotranspiración y la producción de bulbo de cebolla variedad "Contessa".

Esta relación indica que el rendimiento de bulbo se incrementa en $1\ 889.6\ \text{kg}\ \text{ha}^{-1}$ por cada centímetro de lámina consumida. De acuerdo con el rango de evapotranspiración explorado en el experimento, el valor $-45\ 782$ es un factor de ajuste de la recta de regresión. Substituyendo el valor máximo de la E_t ($63.58\ \text{cm}$) en la ecuación (9.1), resulta el rendimiento máximo esperado de:

$$RB = 74\ 359\ \text{kg}\ \text{ha}^{-1}$$

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Imtiyaz y Shing (1992), quienes reportaron una relación del mismo tipo entre estas variables. De manera general se puede apreciar en la regresión que el rendimiento de bulbo se relacionó con una mayor E_t , mayor producción de materia seca ($\text{g}\ \text{planta}^{-1}$) y TAC ($\text{g}\ \text{planta}^{-1}\ \text{día}^{-1}$) más alta, mientras que los rendimientos más bajos estuvieron asociados a una reducción en la E_t , el crecimiento y TAC.

Para la programación del riego, se calculó el requerimiento de riego acumulado (R_{ra}) del cultivo (Cuadro 15 del Apéndice), correspondiente al nivel de humedad aprovechable que produjo los rendimientos de bulbo más altos (60%). Así los datos de R_{ra} y el tiempo de riego acumulado se ajustaron al modelo logístico (función 8.2). La primera derivada del modelo logístico proporcionó el requerimiento de riego diario (Figura 16) el cual se manifestó como máximo a los 70 días después del trasplante. Por otra parte, al substituir las láminas de riego de auxilio acumuladas en la función (8.4) se estimó el intervalo de riego obteniéndose los resultados siguientes los cuales pueden observarse en el Cuadro 2.

Curva de requerimiento de riego acumulado

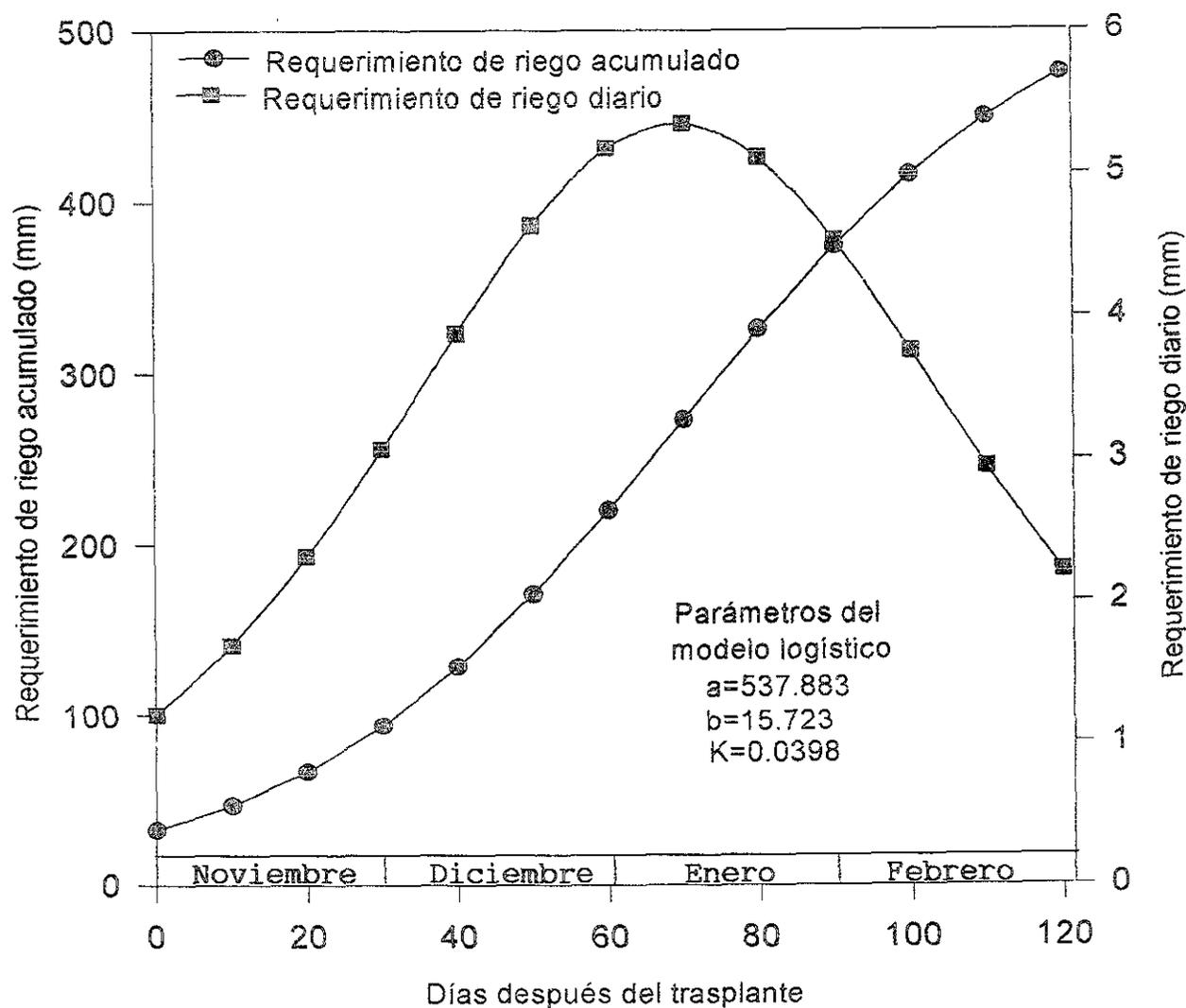


Figura 16. Curva de requerimiento de riego acumulado y requerimiento de riego diario del cultivo de cebolla variedad "Contessa", durante la primera fase experimental.

Cuadro 2. Programa de riegos y cálculo de la lámina bruta en cebolla.

Núm.de riego	Intervalo de riego (días)	Lamina neta de reposición(mm)	Fecha del riego	Eficiencia de aplicación del riego.	Lámina bruta de reposición (mm)
1	0	92.3	1° Nov.	0.63	146.5
2	20	57.4	20 Nov.	0.63	91.1
3	35	57.4	5 Dic.	0.63	91.1
4	46	57.4	16 Dic	0.63	91.1
5	57	57.4	27 Dic.	0.63	91.1
6	68	57.4	7 Ene.	0.63	91.1
7	81	57.4	20 Ene	0.63	91.1
8	99	57.4	8 Feb.	0.63	91.1

Del cuadro 2, se puede concluir que para alcanzar el máximo rendimiento de bulbo de cebolla en la región sur del Estado de Morelos es recomendable aplicar 8 riegos, siendo el primero 92.3 mm y los subsecuentes de 57.4 mm. Además es necesario su aplicación de los mismos sea en las fechas señaladas.

9.1.6 NMP de coliformes fecales presentes en agua, suelo y bulbo de cebolla.

Durante el presente experimento la contaminación microbiana en agua del río Apatlaco varió de 5×10^4 a 4.6×10^5 coliformes fecales por 100 mL, los valores corresponden al inicio y final del ciclo del cultivo, respectivamente. Los valores mayores se deben probablemente a que en este periodo de febrero los aportes de los drenajes de la ciudad al río

también son mayores en comparación con los aportes de agua de las pequeñas tributarias de la cuenca al mismo río Apatlaco.

Para las variables coliformes fecales en suelo y bulbo de cebolla, el análisis de varianza no detectó diferencias estadísticas en todos los tratamientos estudiados (Cuadros 17, 19, 21 y 23 del Apéndice). La alta variabilidad en la cuantificación de bacterias en suelo ha sido mencionado por Alexander (1994), quien señala que el suelo es un medio altamente heterogéneo, ya que la presencia de una simple raicilla puede causar efectos microecológicos suficientes para cambiar los cálculos de 10 a 100 veces. Además, En la Figura 17, se puede observar que antes del riego las poblaciones de coliformes fueron inferiores a las poblaciones cuantificadas después del riego. Al momento de la cosecha, las poblaciones de coliformes tienden a reducirse. Resultados similares fueron reportados por Vaz da Costa *et al* (1991), quienes señalaron que las poblaciones de coliformes fecales decrecieron después del riego por efecto de las condiciones climáticas del suelo, principalmente humedad y radiación solar.

Sin ser estadísticamente diferente, el nivel más alto de contaminación por coliformes fecales correspondió al nivel más alto de humedad T5 (80% HA), con 2 442 coliformes por 100 g de bulbo. Valores menores fueron obtenidos con los tratamientos T4 (60% HA), T3 (40% HA), T2 (20% HA) y T1(0% HA) con 490, 342, 380, y 312 coliformes fecales por 100 g de bulbo de cebolla, respectivamente.

La Figura 18, muestra que el cultivo de cebolla regada por gravedad con aguas residuales del río Apatlaco, presenta en sus catáfilas un alto

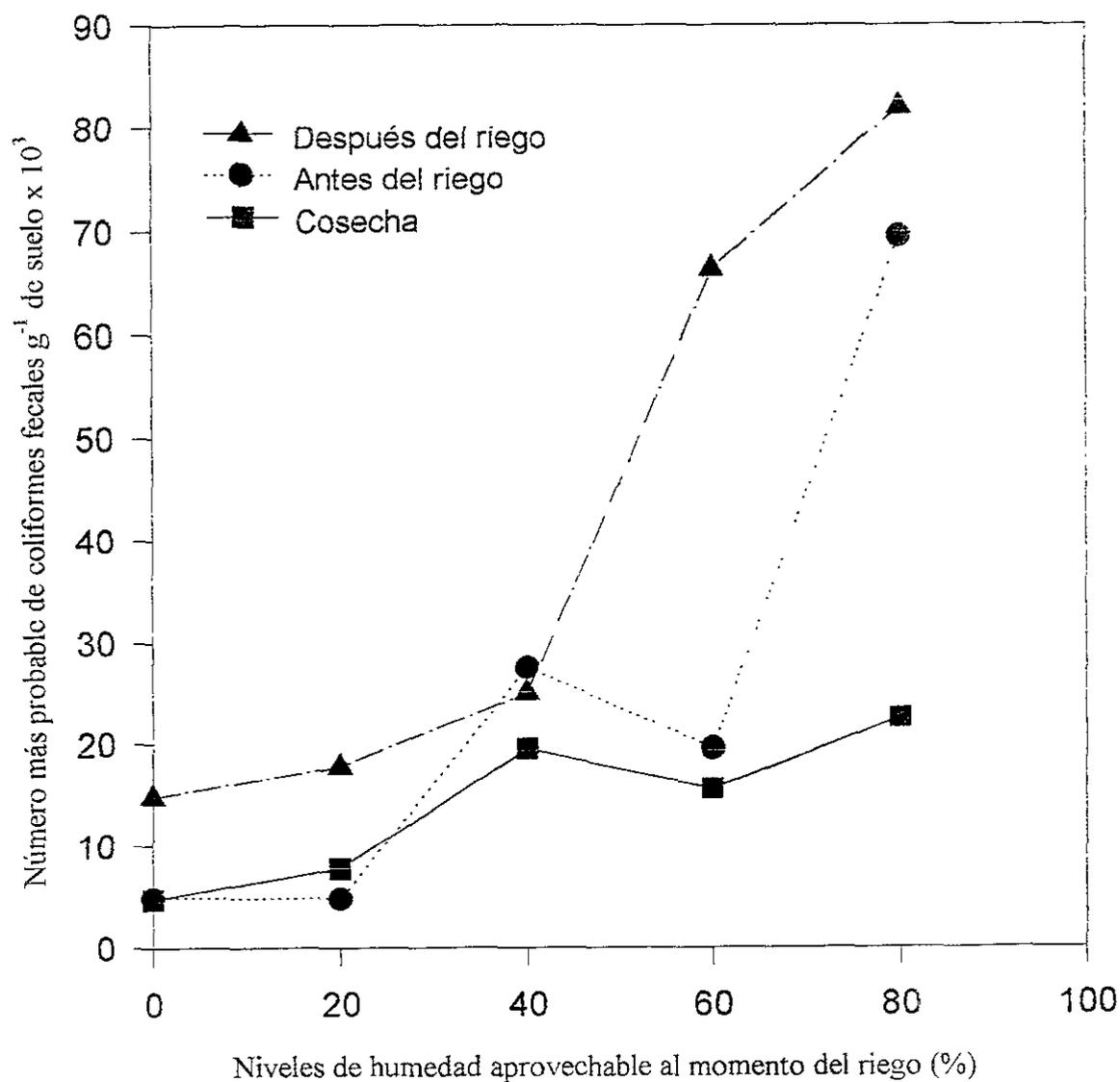


Figura 17. Número más probable de coliformes fecales g^{-1} de suelo antes, después de un riego y a la cosecha.

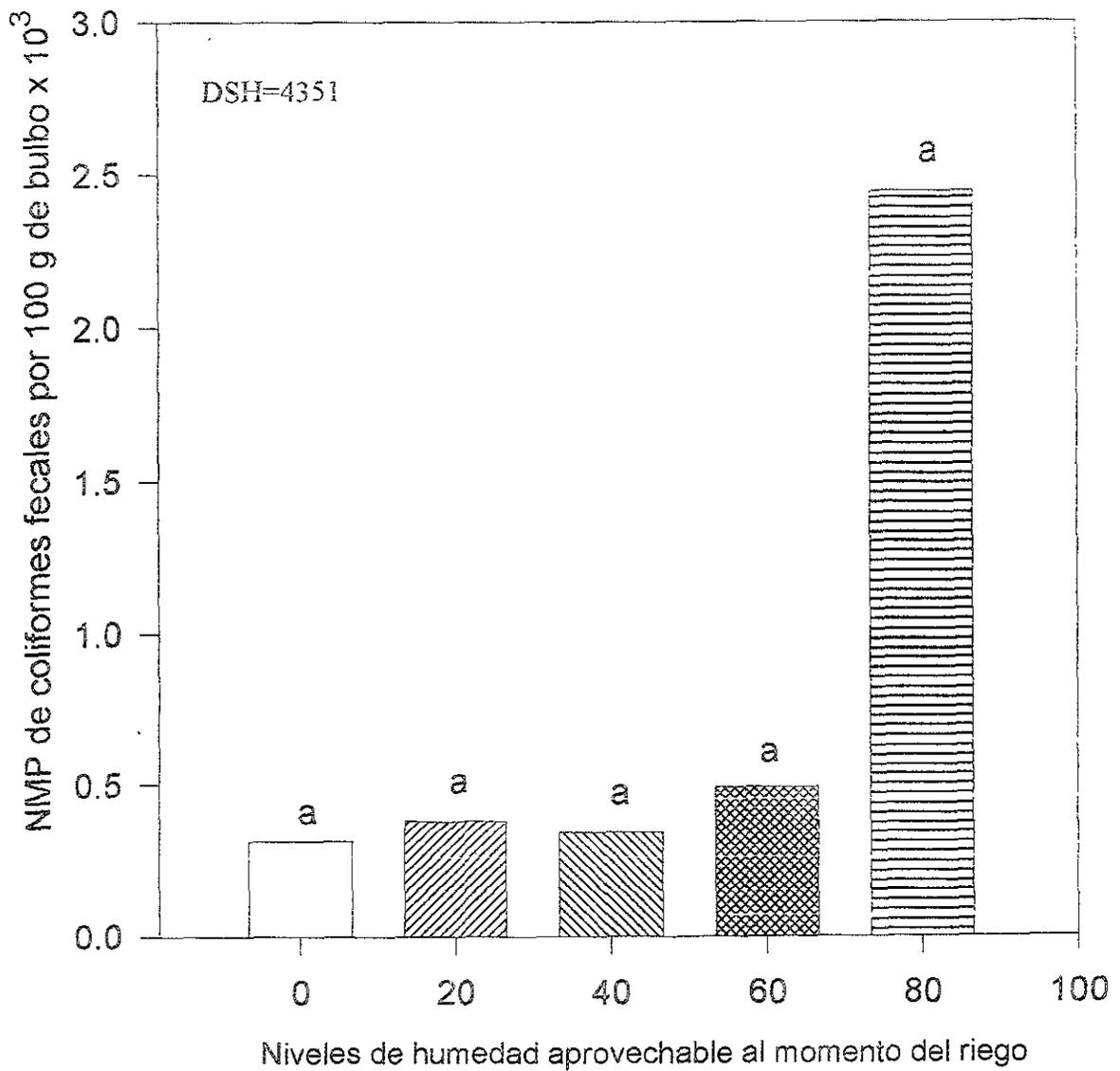


Figura 18. Número más probable de coliformes fecales en bulbo de cebolla al momento de la cosecha para diferentes niveles de humedad aprovechable al momento del riego.

grado de contaminación microbiana, de coliformes fecales que representan un gran riesgo para la salud de los consumidores.

9.1.7 Huevecillos de helmintos

En relación con esta variable el promedio por bulbo por tratamiento fue inferior a la unidad, para los cinco niveles de HA estudiados. De un total de 20 bulbos analizados (4 bulbos por tratamiento) únicamente 3 bulbos contenían 1.0 huevecillo; el parásito más frecuente fue *Ascaris lumbricoides* con dos unidades y en segundo de lugar *Trichuris trichiura* con una unidad.

En la Figura 19 se ilustra las características morfológicas de estos microorganismos. La reducida presencia de huevecillos en la parte externa y la forma redondeada del bulbo, puede facilitar su eliminación en el proceso de lavado, antes de su consumo; por lo que medidas higiénicas pueden contribuir significativamente a la solución del problema ocasionado por los helmintos, cuando se consume cebolla en fresco y que ha sido regada con aguas residuales. Si los huevecillos no son eliminados en el proceso de lavado, al eclosionar en el organismo humano, ocasionan las infecciones de mayor prevalencia en México, causando deterioro paulatino en el individuo que las padece con repercusión en el rendimiento físico e intelectual (Lara, 1984).

9.2 Primer estudio experimental con el cultivo de tomate de cáscara

En la actualidad la siembra de tomate de cáscara muestra susceptibilidad a riegos pesados que inducen daños severos al tallo por *Fusarium sp*; asimismo amarillamiento del follaje por lo cual se ha

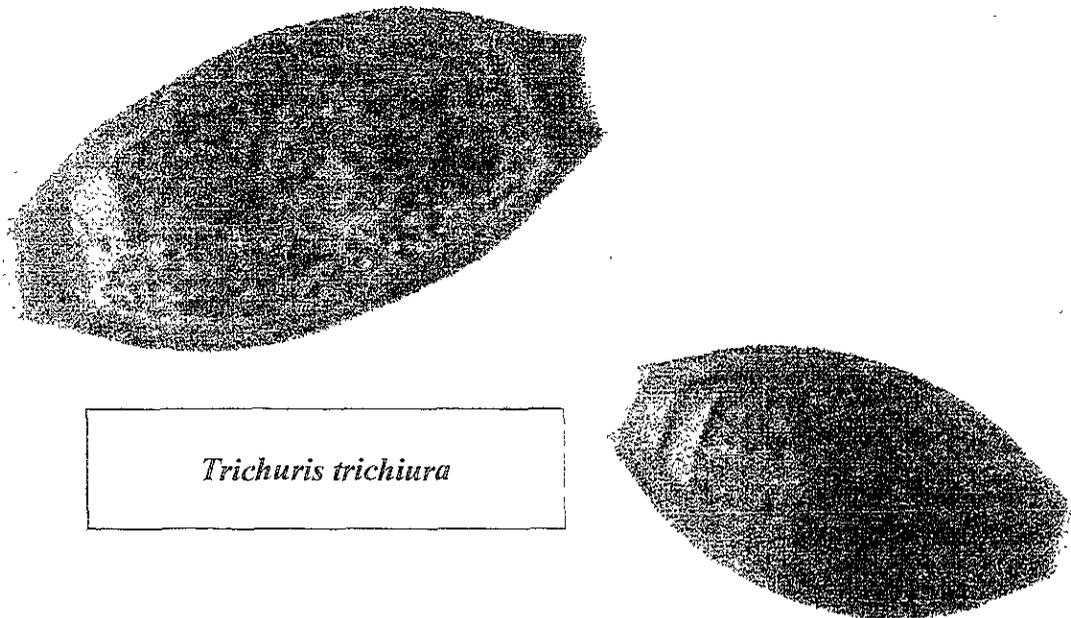
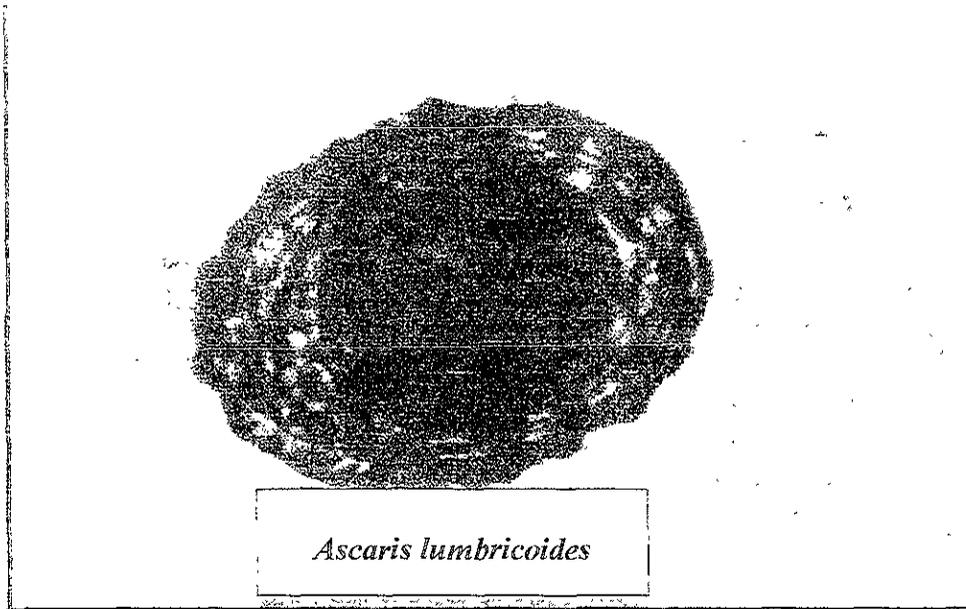


Figura 19 Características morfológicas de los huevecillos de helmintos observados con más frecuencia en la presente investigación.

reducido drásticamente la superficie cultivada y los rendimientos del cultivo

9.2.1 Variables climáticas

Las temperaturas registradas durante el desarrollo del experimento variaron entre las 39 y 11 °C como se puede apreciar en la Figura 20. Durante este periodo se registran las más altas temperaturas en la región de Zacatepec, Mor., lo que trae como consecuencia la rápida producción de plagas como la mosquita blanca y presencia de áfidos que transmiten en la planta la enfermedad de etiología viral denominada "chino" del tomate, que es la más devastadora del cultivo, ya que ocasiona el arrollamiento de las hojas ocasionando baja productividad de la planta.

Durante el desarrollo del experimento, como se puede apreciar en la Figura 20, se presentaron algunas lluvias ligeras en el mes mayo y junio correspondientes al inicio de la temporada lluviosa en la región. El total de lluvias registradas en este periodo fue de 20.33 cm, las cuales contribuyeron al proceso evapotranspirativo del cultivo.

Los datos climatológicos diarios de temperatura, precipitación y evaporación que se registraron durante ésta fase experimental, se reportan en los Cuadros del 24 al 26 del Apéndice.

En la Figura 20, se observa que el día 1 de abril de 1996 se inició el riego al cultivo aplicándose simultáneamente una lámina de 9.8 cm en todos los tratamientos bajo estudio. En el tratamiento más seco T1= 0% HA, se aplicó una lámina de 26.8 cm en un total de 3 riegos. En el tratamiento T2= 20% HA, la lámina total aplicada fue equivalente a 32.12

Cantidad, distribución de lluvia y fecha de aplicación de riegos

ESTADÍSTICA DE LAS ANÁLISIS DE LOS DATOS DE LOS RIEGOS CON AGUA RESIDUAL EN EL CULTIVO DE TOMATE DE CÁSCARA DURANTE EL PRIMER ESTUDIO EXPERIMENTAL

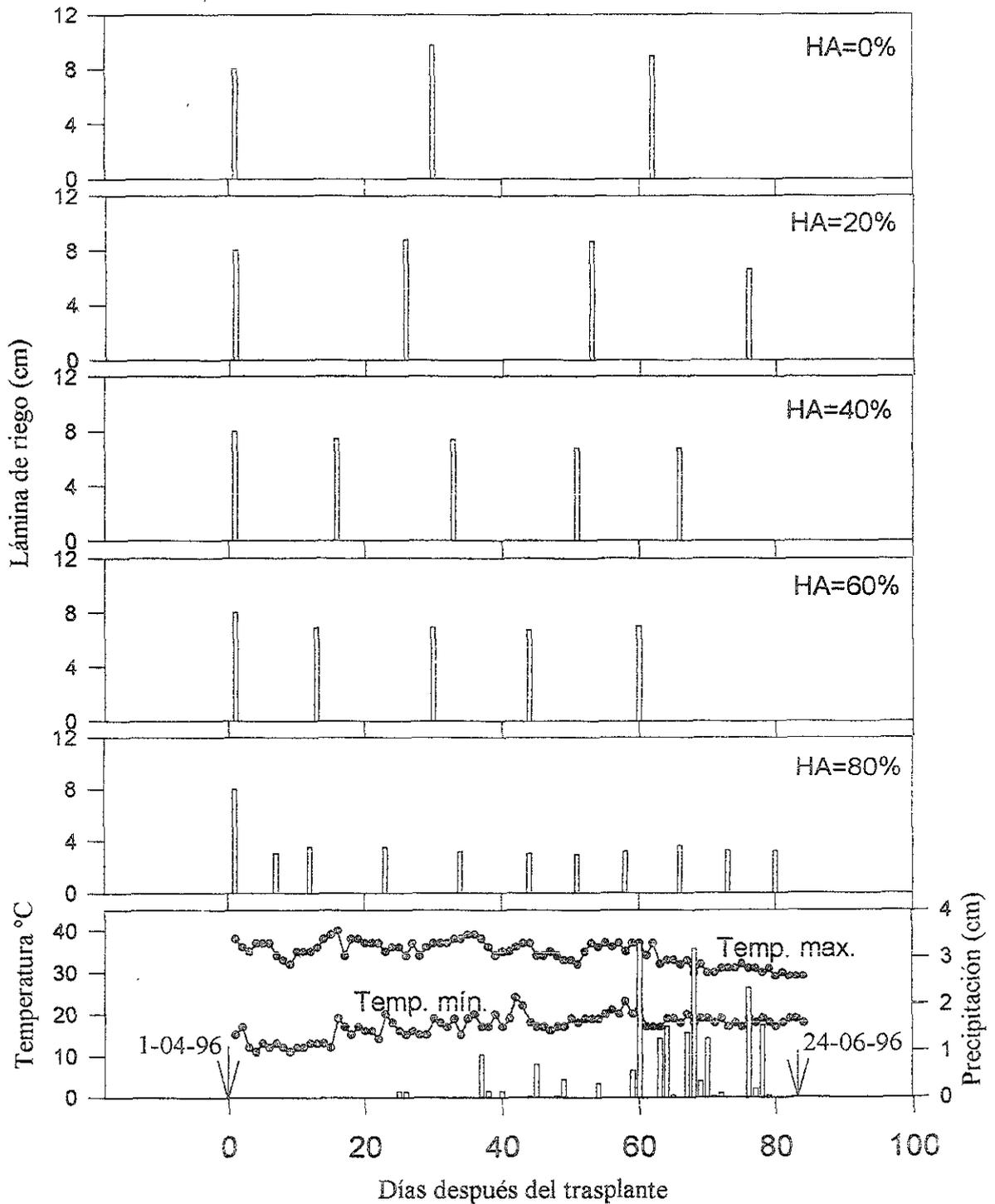


Figura 20. Cantidad, distribución de lluvia y fecha de aplicación de riegos con agua residual en el cultivo de tomate de cáscara, durante el primer estudios experimental. Las flechas indican el inicio y final del ciclo.

cm, distribuida en un total de 4 riegos. El tratamiento T3= 40% HA recibió una lámina total de 33.17 cm con un total de 5 riegos. El tratamiento T4=60% HA, recibió una lámina total de 35.47 cm distribuida en un total de 5 riegos. Finalmente, en el tratamiento T5=80% HA correspondiente al tratamiento más húmedo, se aplicó una lámina total de 40.37 cm con un total de 11 riegos.

9.2.2 Análisis de crecimiento

Los datos obtenidos de materia seca g planta^{-1} para cada uno de los tratamientos bajo estudio se presentan en el Cuadro 27 del Apéndice. En la Figura 21 se registran los valores de los parámetros obtenidos de acuerdo al modelo de crecimiento de Weibull, como resultado del ajuste realizado a los datos de materia seca acumulados en cada uno de los tratamientos. Los valores de TAC se presentan en el Cuadro 28 del Apéndice.

Las Figuras 21 y 22 muestran el crecimiento de las plantas en términos de materia seca (g planta^{-1}) y la TAC ($\text{g planta}^{-1} \text{ día}^{-1}$) después del trasplante. La Figura 21, muestra que desde el trasplante hasta los 20 días, las plantas crecieron muy lentamente. Los valores más altos de crecimiento fueron obtenidos con los tratamientos T5 y T4 (80 y 60% HA), valores medios de crecimiento fueron obtenidos con el tratamiento T3 (40% HA) y los valores más bajos con los tratamientos (T2 20% y T1 0% HA). La Figura 22, muestra que los valores más altos de TAC fueron obtenidos con los tratamientos T5 y T4; es decir, cuando las plantas de tomate de cáscara consumían el 20 y 40 % de la humedad aprovechable al momento de aplicar el riego.

Efectos de los niveles de humedad aprovechable sobre el crecimiento

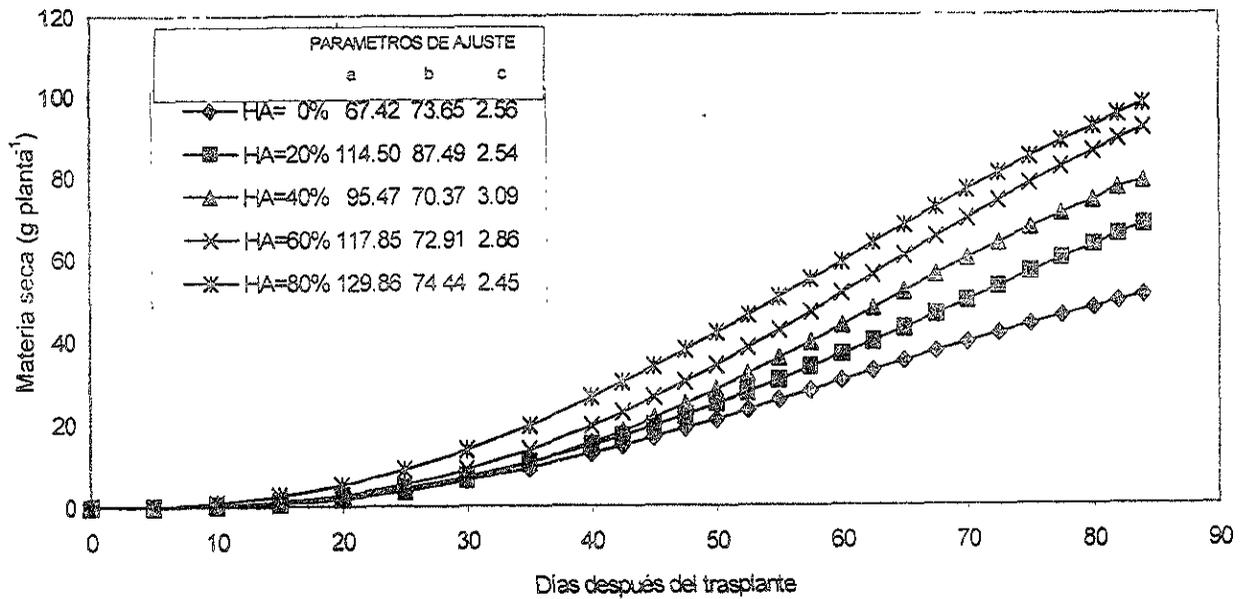


Figura 21. Efecto de niveles de humedad aprovechable al momento del riego sobre el crecimiento del tomate de cáscara variedad "Rendidora".

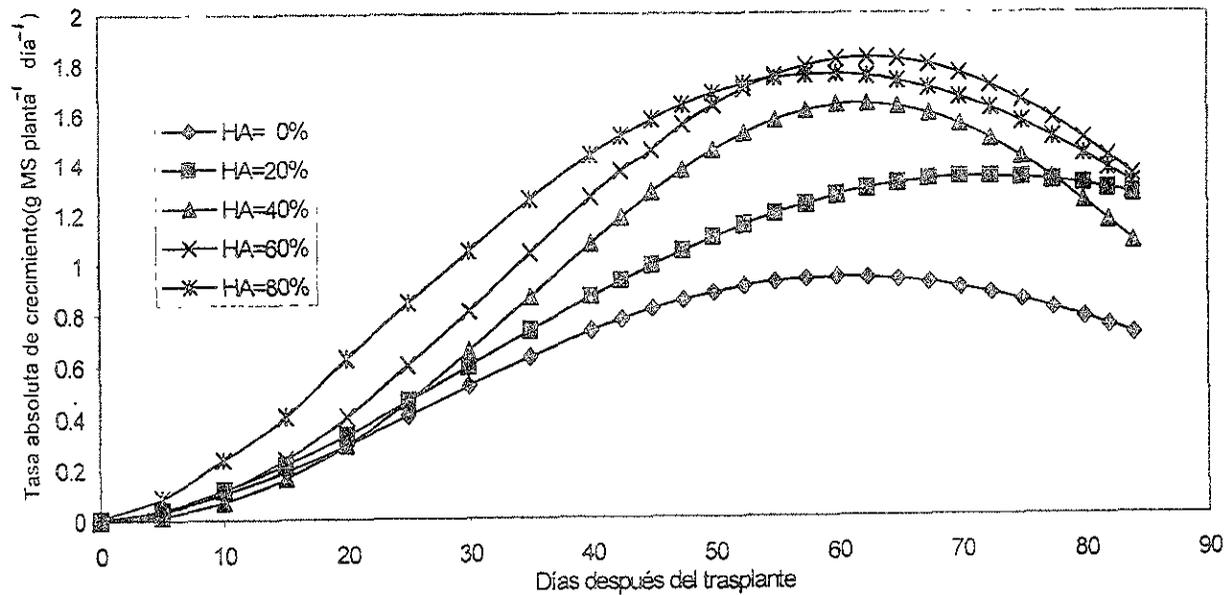


Figura 22. Efecto de niveles de humedad aprovechable a la aplicación del riego sobre la tasa absoluta de crecimiento del tomate de cáscara variedad "Rendidora"

Los valores más bajos de TAC correspondieron a los tratamientos de HA más bajos. Se puede observar que esta planta obtiene sus valores máximos de TAC entre los 50 y 70 días después del trasplante. Los niveles más bajos de HA al momento del riego ocasionaron al final del ciclo valores más bajos de TAC, por lo que es posible obtener un mayor número de cortes con niveles de HA cercanos a la capacidad de campo. Estos resultados coinciden con Mondal *et al.*, (1986) quienes señalan que las plantas, cuando crecen bajo altos niveles de humedad, no presentan ninguna limitación en el crecimiento.

9.2.3. Rendimiento total de fruto

El análisis de varianza (Cuadro 30 del Apéndice) mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$). El rendimiento total máximo de fruto (Figura 23), se obtuvo con el tratamiento T5(80% HA) con 12 907 kg ha⁻¹, cuando el cultivo consumía el 20% de la humedad aprovechable antes de recibir el riego; sin embargo, este resultado fue estadísticamente igual a los tratamientos T4(60% HA) y T3(40% HA), aunque sólo el tratamiento T5 superó significativamente a los tratamientos T2 y T1.

De acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) los rendimientos más bajos correspondieron a T3(40% HA), T2(20% HA) y T1(0% HA). Estos resultados coinciden con Acevedo *et al.*, (1971), quienes indican que los cultivos pueden mostrar un pronunciado incremento en el rendimiento cuando el agua no es un factor limitante. Asimismo, el máximo rendimiento (T5 80% HA) fue ligeramente superior al máximo alcanzado por Jaime (1997), quien en condiciones de medio riego y temporal obtuvo 10 190 kg ha⁻¹ en suelos calcareos.

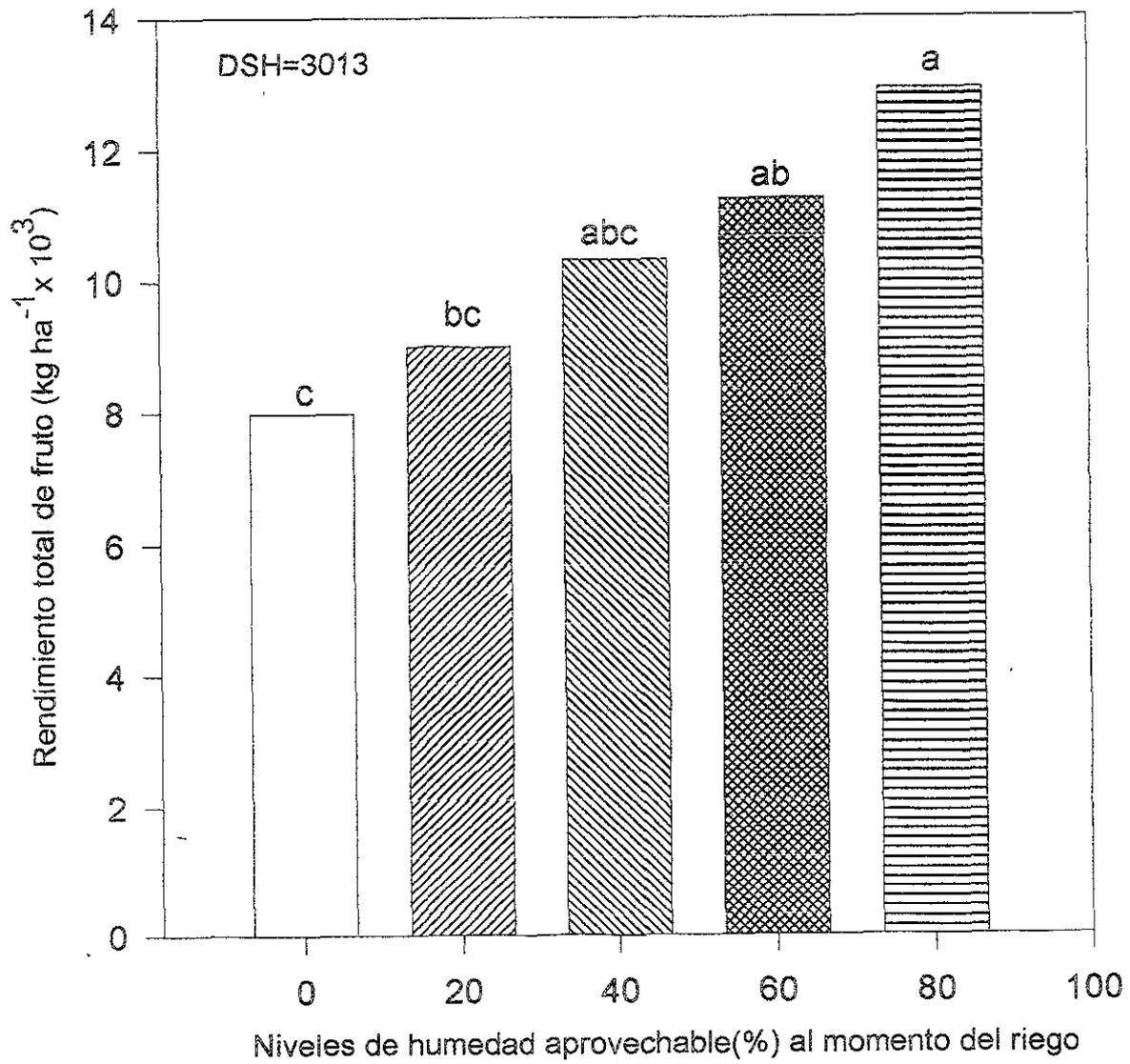


Figura 23. Rendimiento total de fruto de tomate de cáscara variedad "Rendidora" en función de diferentes niveles de humedad aprovechable al momento del riego.

Los anteriores resultados muestran que es posible incrementar significativamente el rendimiento hasta en 63%, cuando se manejan adecuados niveles de humedad en este cultivo. El presente experimento de campo establecido durante el periodo marzo - junio 1996, coincidió con la época de mayor incidencia de plagas y enfermedades, por lo que los rendimientos obtenidos en el presente experimento se consideran aceptables ya que superaron en 11% a la producción media nacional la cual es de 11 650 kg ha⁻¹.

9.2.4 Calidad del fruto de tomate de cáscara

En la selección de la calidad del fruto para el mercado nacional, se considera el tamaño grande, chico y la sanidad, principalmente.

9.2.4.1 Tamaño grande (diámetro > 4 cm)

El fruto grande se cotiza a mayor precio en los mercados. El análisis de varianza para esta variable, arrojó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos al 5% de probabilidad (Cuadro 32 del Apéndice), indicando que los niveles de humedad estudiados al momento de aplicar los riegos, influye sobre esta variable.

El rendimiento promedio de tamaño grande de fruto se presenta en la Figura 24a, donde se observa que el mayor rendimiento de fruto como era de esperarse, se obtuvo en el tratamiento que fue regado con el mayor nivel de humedad T5=80% HA con 10 148 kg ha⁻¹, siendo estadísticamente igual a los tratamientos T4=60 % HA y T3=40 %HA. El rendimiento más bajo se logró con los tratamientos T1=0% HA, T2=20% HA y T3=40% con 6 249, 7 164 y 7 732 kg ha⁻¹, respectivamente.

Rendimiento de fruto grande y chico de tomate

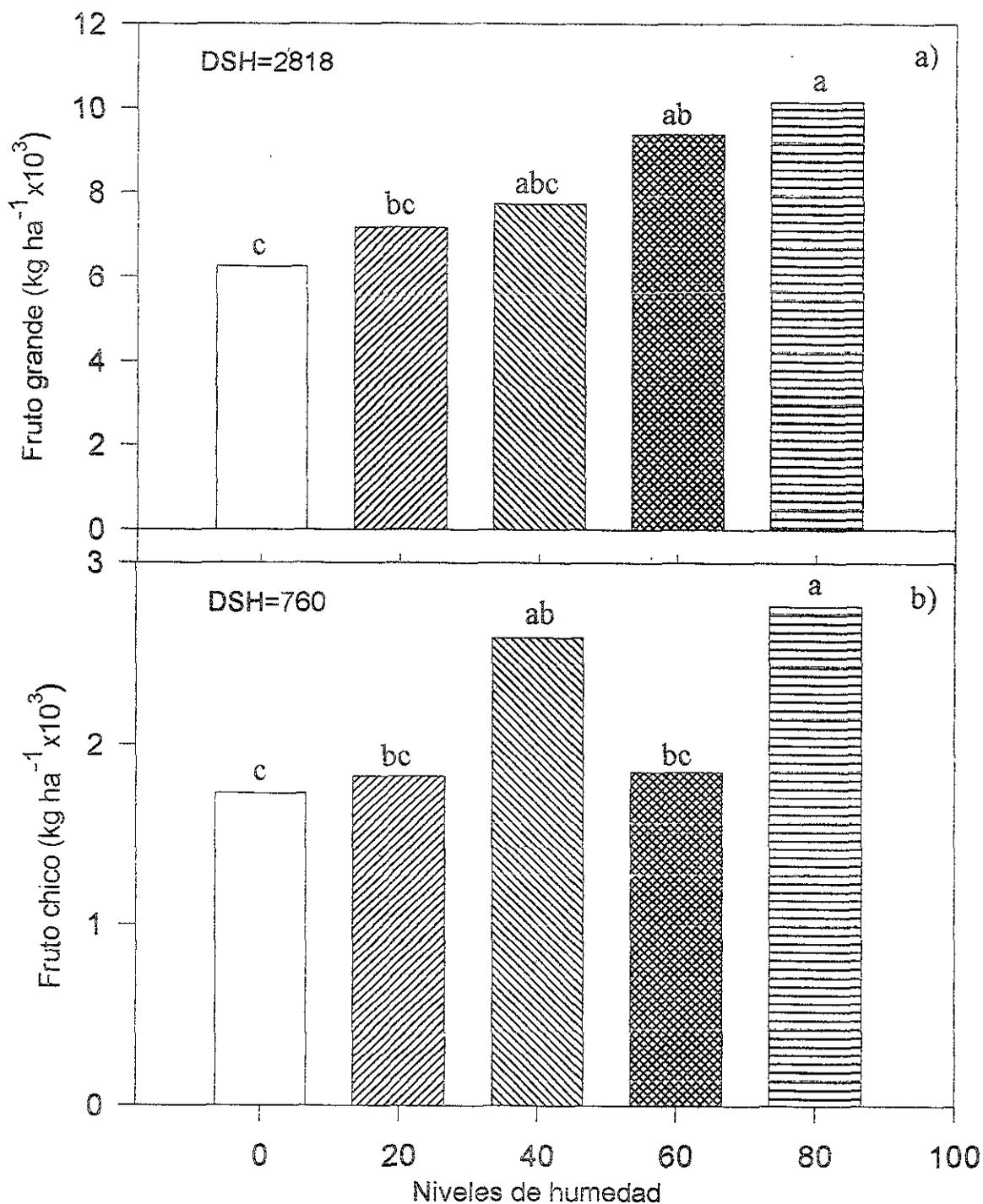


Figura 24. Rendimiento de fruto grande (a) y chico (b) de tomate de cáscara variedad “Rendidora” en función de niveles de humedad (%) al momento del riego.

De acuerdo a los resultados obtenidos y con fines prácticos bajo el sistema de riego por gravedad, el nivel de humedad que se recomienda para obtener fruto de mayor tamaño es el de regar el cultivo con el nivel HA 60%, ya que con el nivel de humedad 80% de HA se riegan láminas muy pequeñas, que dificultan su aplicación bajo este sistema de riego. El nivel de humedad de 80%, podría ser recomendado bajo un sistema de producción de tomate con riego por goteo, ya que este sistema aplica láminas pequeñas y frecuentes.

9.2.4.2 Tamaño chico (diámetro < 4.0 cm)

El tamaño de fruto pequeño es menos demandado en el mercado y por ello es de menor precio. El rendimiento promedio de fruto de tomate clasificación pequeño se presentan en la Figura 24b, el análisis de varianza para esta variable (Cuadro 34 del Apéndice) mostró diferencias significativas entre tratamientos al nivel del 5% de probabilidad.

El rendimiento más alto (2 758 y 2 575 kg ha⁻¹) fue alcanzado con los tratamientos T5=80% HA y T3=40% HA cuando se consumió la HA en un 20 y 60%, respectivamente. El rendimiento más bajo se logró con los tratamientos T4= 60%, T2=20% y T1=0% HA.

9.2.5 Evapotranspiración

Las tasas evapotranspirativas para cada uno de los tratamientos durante el ciclo del cultivo correspondieron a los valores siguientes: T1 (0% HA)=47.13, T2(20% HA)= 52.45, T3(40% HA)=53.45, T4(60% HA)=55.8 y T5 (80% HA)=61.10 cm.

Al relacionar el rendimiento total de tomate de cáscara con la Et se encontró una relación de tipo lineal (Figura 25) entre estas variables

$$RF = -9\,595.53 + 368.26 Et, \quad r^2 = 0.95 \quad (9.2)$$

Donde.

RF= Rendimiento de fruto (kg ha^{-1})

Et = Evapotranspiración del cultivo (cm).

Esta relación indica que el rendimiento de tomate se incrementa $368.26 \text{ kg ha}^{-1}$ por cada cm de lámina de riego consumida en el proceso evapotranspirativo del cultivo bajo las condiciones en que se manejó este experimento. El valor $-9\,595.53$ es un factor de ajuste en la recta de regresión (ordenada al origen).

En la programación de riegos se calculó los requerimientos de riego acumulado (Cuadro 35 del Apéndice), correspondiente al nivel de HA que estadísticamente produjo los más altos rendimientos (60%) y la lámina de riego correspondiente a este nivel fuese factible de regarse por el sistema de riego de gravedad. Así, los datos de Rra (mm) con el tiempo acumulado se ajustaron al modelo logístico (8.2). La primera derivada del modelo logístico proporcionó el requerimiento de riego diario (Figura 26) el cual alcanzó su valor máximo a los 20 días después del trasplante. Por otra parte, al substituir los valores obtenidos en la función (8.4) se estimó el Intervalo de riego (días), obteniéndose los resultados presentados en el Cuadro 3.

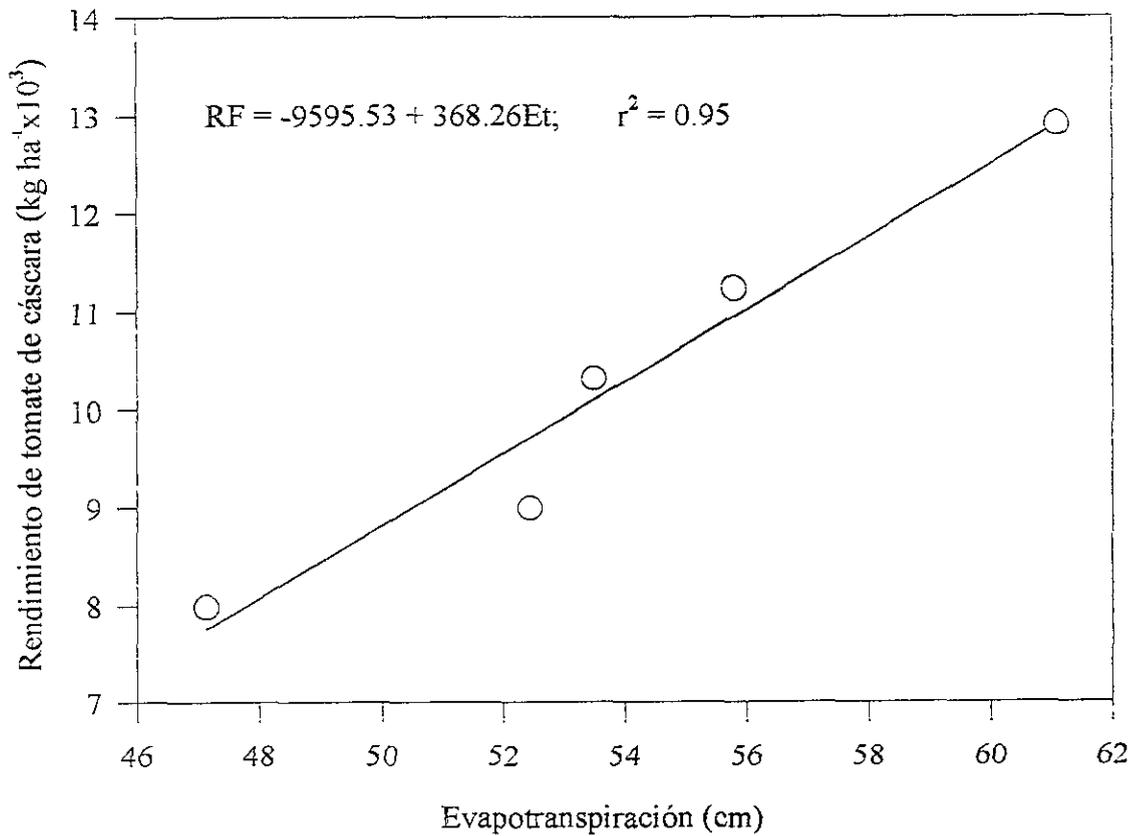


Figura 25. Relación funcional entre la evapotranspiración y producción de fruto de tomate de cáscara variedad "Rendidora".

Curva de requerimiento de riego acumulado

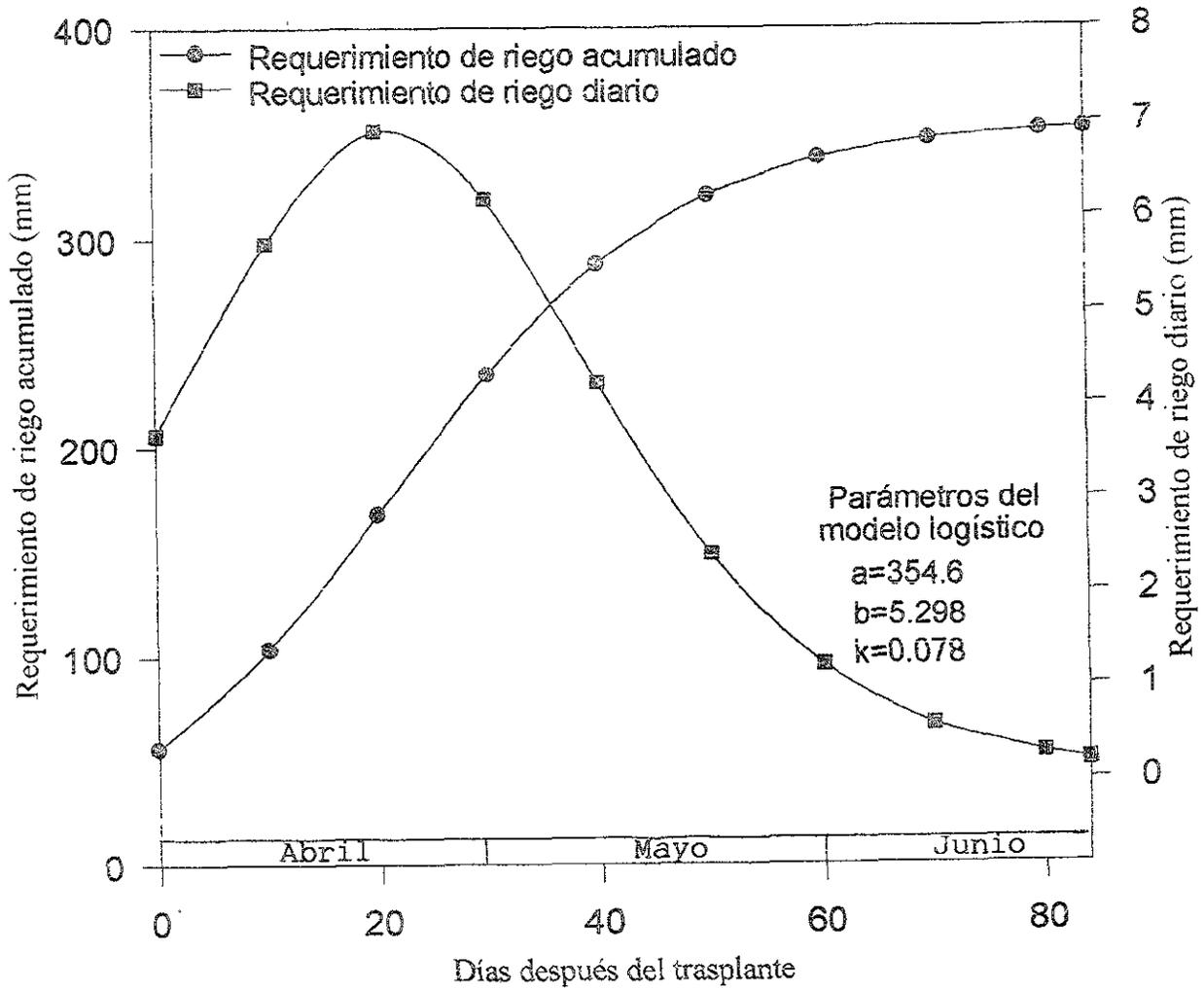


Figura 26. Curva de requerimiento de riego acumulado y requerimiento de riego diario del cultivo de tomate de cáscara, durante la primera fase experimental.

Cuadro 3. Programa de riegos y cálculo de la lámina bruta del tomate.

No. de riego	Intervalo de riego (días)	Lámina neta de reposición (mm)	Fecha del riego	Eficiencia de aplicación	Lámina bruta de reposición (mm)
1	1	80.0	1° abril	0.63	126.98
2	12	57.4	12 abril	0.63	91.11
3	21	57.4	21 abril	0.63	91.11
4	30	39.9	30 abril	0.63	91.11

Del cuadro anterior se puede concluir que para alcanzar los máximos rendimientos de tomate de cáscara en la región sur del Estado de Morelos, durante el periodo de abril a junio es recomendable aplicar 4 riegos siendo el primero de 80.0 mm de lámina de riego y los restantes de 57.4 mm. Además es necesario su aplicación en las fechas señaladas

9.2.6 Coliformes fecales en el agua del río Apatlaco y fruto de tomate de cáscara

En dos muestreos realizados en el agua del río Apatlaco durante la conducción del presente experimento, el número de coliformes varió de 4.6×10^6 a 5×10^6 por 100 mL de agua, la cual se clasifica como altamente contaminante y no adecuada para el riego de hortalizas de acuerdo a las normas internacionales

El NMP de coliformes fecales por 100 g de fruto, es presentado en el Cuadro 36 del Apéndice. El análisis de varianza (Cuadro 37 del

Apéndice) arrojó diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05\%$).

En la Figura 27, se puede apreciar que de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) el número de coliformes fecales en fruto de tomate de cáscara fue mayor en los tratamientos que recibieron riego con mayor frecuencia. (T5, T4, T3 y T2). Así, las poblaciones más bajas de NMP correspondieron a los tratamientos más secos, donde el riego se aplicó con menor frecuencia. Estos resultados coinciden con Vaz da Costa *et al.*, (1991) quienes señalan que las poblaciones de coliformes decrecieron por el efecto de la reducción de la humedad en el suelo y la radiación solar producido por las altas condiciones de calor presentes en zonas desérticas.

9.3 Segundo experimento de cebolla.

En el presente experimento se estudió el control de la contaminación microbiana con la incorporación al suelo de abonos orgánicos (gallinaza y abonos verdes) usando el nivel de humedad del 60%.

9.3.1 Variables climáticas

Las principales variables en climas cálidos secos son la precipitación y la temperatura. Las temperaturas registradas durante el desarrollo del experimento variaron entre 0 y 35 °C como se puede observar en Figura 28. Las temperaturas máximas y mínimas son presentadas en los Cuadros 38 al 41 del Apéndice. Las temperaturas mínimas registradas durante este periodo no se encontraron dentro del intervalo observado en el periodo histórico de 10 años, ya que a los 72,

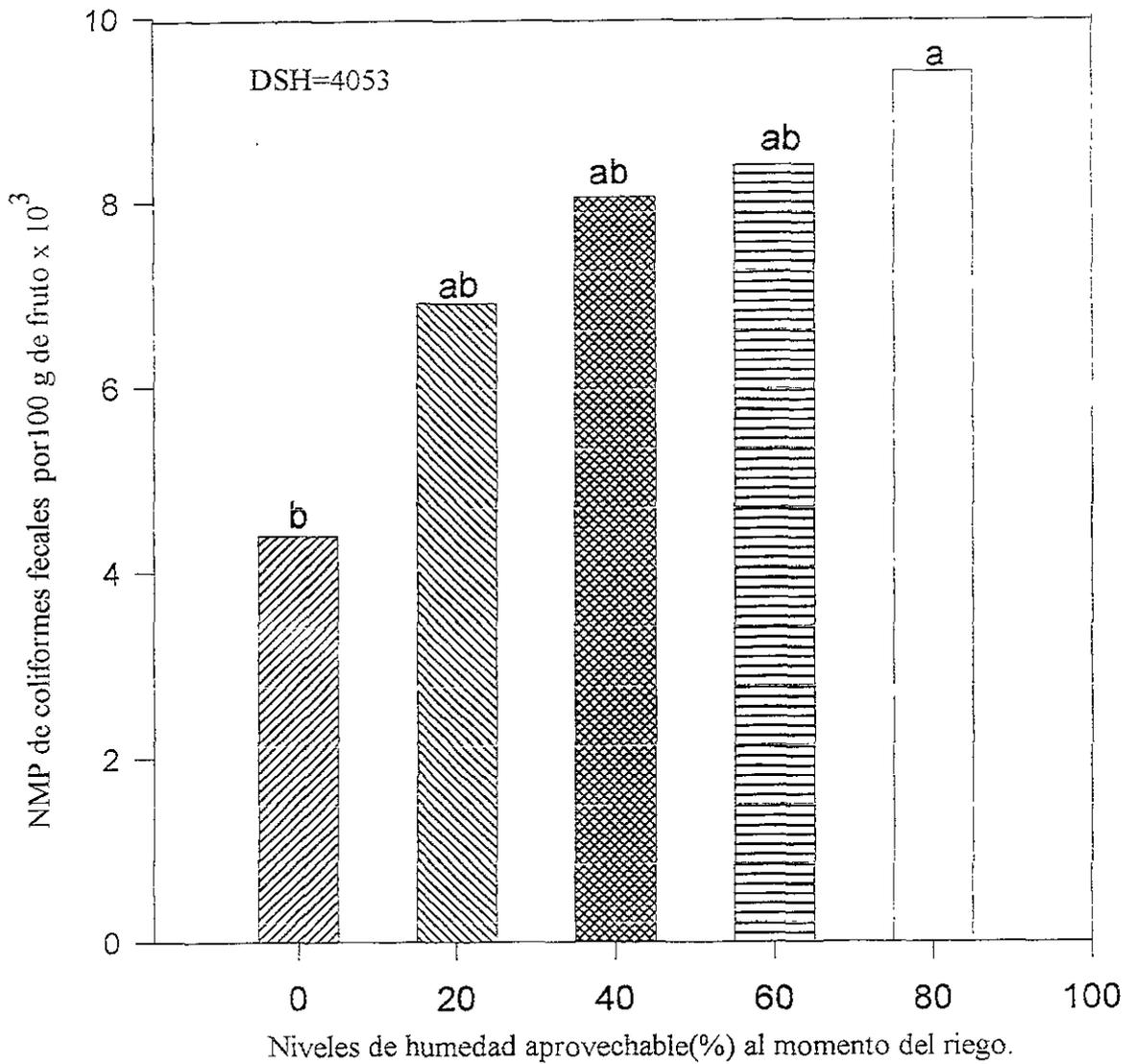


Figura 27. Número más probable de coliformes fecales en fruto de tomate de cáscara en función de diferentes niveles de humedad aprovechable al momento del riego.

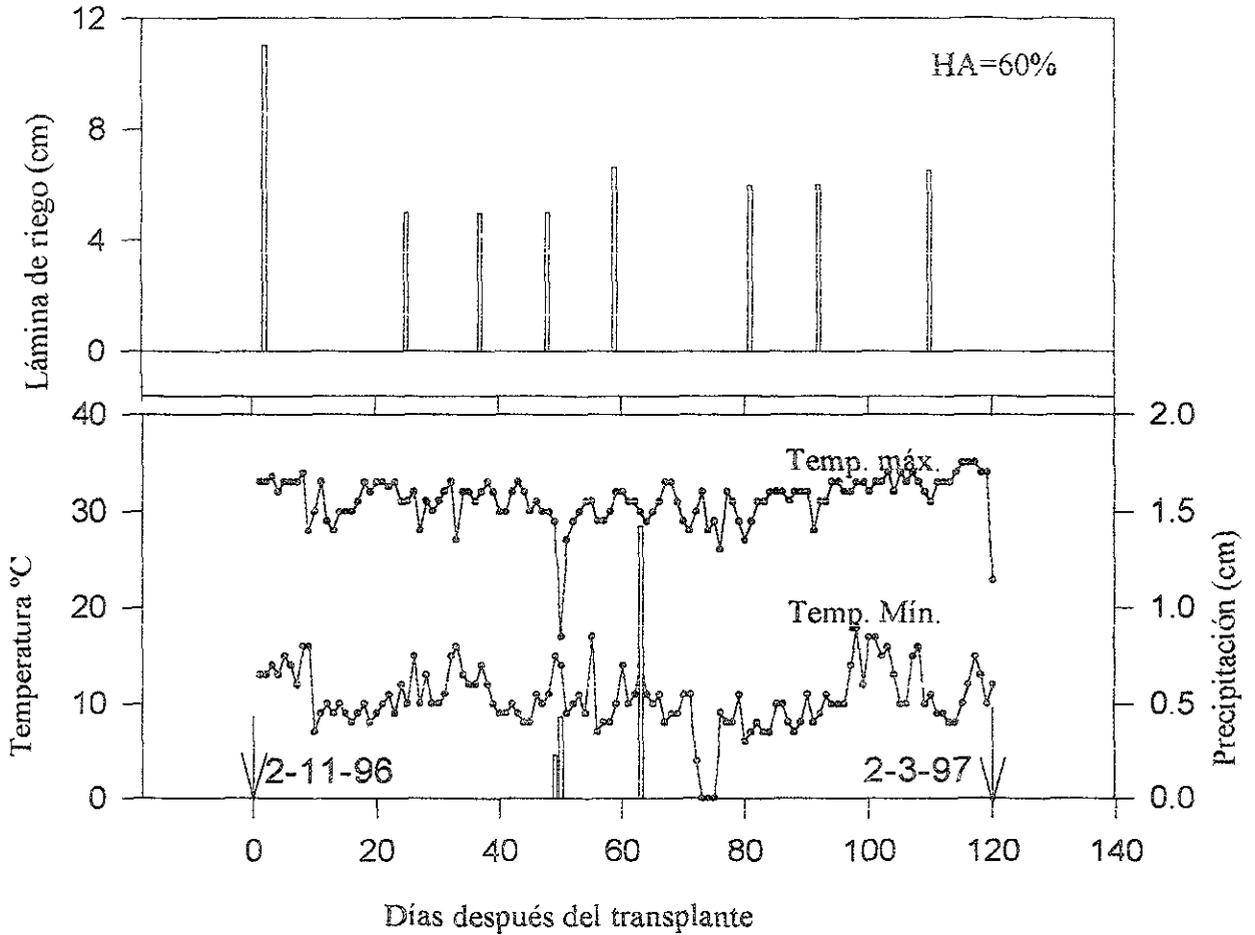


Figura 28. Cantidad, distribución y fecha de aplicación de riegos con agua residual en el cultivo de cebolla variedad "Contessa", durante el segundo experimento. Las flechas indican el inicio y final del ciclo.

73, y 74 días después del trasplante la temperatura mínima fue de 0°C, que no ocasionó daño por quemadura a las plantas. Estos eventos demuestran que la variedad de cebolla “Contessa” está bien adaptada a las condiciones adversas del clima de la región.

La precipitación durante el ciclo de crecimiento de las plantas, fue errática en cantidad (2.09 cm) y distribución, motivo por lo cual durante el ciclo del cultivo se aplicó una lámina total de 43.63 cm, distribuida en 8 riegos (Figura 28).

9.3.2 Crecimiento

Los datos obtenidos y estimados de materia seca para cada uno de los tratamientos se presentan en el Cuadro 42 del Apéndice. En el Cuadro 1, se presentan los valores estimados de los parámetros del modelo de crecimiento de Weibull, como resultado del ajuste de los datos de materia seca en cada uno de los tratamientos. Del análisis del Cuadro 1, se observa que los rendimientos más altos de materia seca (parámetro a) fueron aquellos que recibieron FQ + aplicación de gallinaza ó abonos verdes ó la combinación de ambos (T1, T3, T5, y T7). Es interesante observar, que los tratamientos que recibieron abonos orgánicos T2=S+G (4 t ha⁻¹)+P y T8= G(4 t ha⁻¹)+P superaron ligeramente la producción de materia seca al tratamiento T11= FQ (140-60-00). Los más bajos valores del parámetro a , fueron alcanzados en el testigo absoluto, el cual fue ligeramente superado por los tratamientos T10=G(2 t ha⁻¹)+P y T6=S+P, que se caracterizaron por recibir soya como abono verde ó gallinaza en la dosis más baja en el presente estudio.

La contrastación del efecto producido por la aplicación de gallinaza (2 y 4 t ha⁻¹) abonos verdes y la fertilización química sobre el

Cuadro 4. Parámetros estimados a través del modelo de Weibull para cada uno de los tratamientos estudiados del segundo experimento de cebolla.

Núm. *	Tratamiento	Parámetro		
		a	b	c
T1	S+G(4 t ha ⁻¹)+FQ	45.0826	99.3755	7.8650
T2	S+G(4 t ha ⁻¹)+ 60 kg P ha ⁻¹	38 2834	107 3203	6.6086
T3	S+G(2 t ha ⁻¹)+FQ	39.2212	102.5617	5.9587
T4	S+G(2 t ha ⁻¹)	33.8503	105.6500	6.8851
T5	S+FQ	37.2502	100.4443	6.9817
T6	S+60 kg P ha ⁻¹	33.1825	105.8993	7.6467
T7	G(4 t ha ⁻¹) + FQ	41.6131	102.8171	6.5927
T8	G(4 t ha ⁻¹)+60 kg P ha ⁻¹	37.6409	113.8662	6.4431
T9	G(2 t ha ⁻¹)+FQ	36.6637	97.5135	10.1750
T10	G(2 t ha ⁻¹)+60 kg P ha ⁻¹	26.3187	101.2650	5.5012
T11	FQ (140-60-00)	35.4301	103.4028	7.2302
T12	Testigo absoluto	23.1810	108.9605	6.4445

* Para descripción de los tratamientos véase página 41.

crecimiento (g planta^{-1}) y TAC (g planta^{-1}) se presentan en las Figuras 29, 30 y 31, respectivamente, observándose que durante los primeros días posteriores al trasplante, los tratamientos estudiados no produjeron un efecto notable sobre el rendimiento de materia seca; sin embargo, a partir de los 50 días se observó un mayor incremento en la acumulación de materia seca así como en la TAC.

En la Figura 29, se observa que con la aplicación de gallinaza (2 t ha^{-1}), los valores máximos de crecimiento y TAC (Cuadro 42 y 43 del Apéndice) se obtuvieron bajo las condiciones de manejo del tratamiento $T9 = G(2 \text{ t ha}^{-1}) + \text{FQ}$. Valores de crecimiento ligeramente inferiores se registraron en los tratamientos: $T3 = S + G(2 \text{ t ha}^{-1})$ y $T4 = S + G(2 \text{ t ha}^{-1})$. Los valores más bajos se obtuvieron en el tratamiento $T10 = G(2 \text{ t ha}^{-1}) + P$ es decir, cuando el cultivo creció bajo la ausencia de la FQ, y sin la adición de soya como abono verde.

La TAC ($\text{g planta}^{-1} \text{ día}^{-1}$) expresa la velocidad con que el cultivo puede producir materia seca en respuesta a las condiciones impuestas de manejo. En la misma Figura 29, también se observa el efecto marcado que se produjo de esta variable en la aplicación combinada de gallinaza (2 t ha^{-1}), soya como abono verde y fertilización química.

En la Figura 29 se aprecia que la soya incorporada como abono verde combinada con $\text{FQ} + G$ ($T3$), manifestó un ligero crecimiento al compararse con el tratamiento $T9 = G(2 \text{ t ha}^{-1}) + \text{FQ}$. Mayores diferencias se pueden apreciar al comparar estos mismos tratamientos en relación a TAC. La comparación de los tratamientos $T3 = S + G(2 \text{ t ha}^{-1}) + \text{FQ}$ y $T4 = S + G(2 \text{ t ha}^{-1}) + P$ muestra el efecto del N sobre el crecimiento y TAC, correspondiendo los valores más altos al tratamiento con fertilización completa ($T3$). Del contraste de tratamiento entre $T9 = G(2 \text{ t ha}^{-1}) + \text{FQ}$ y

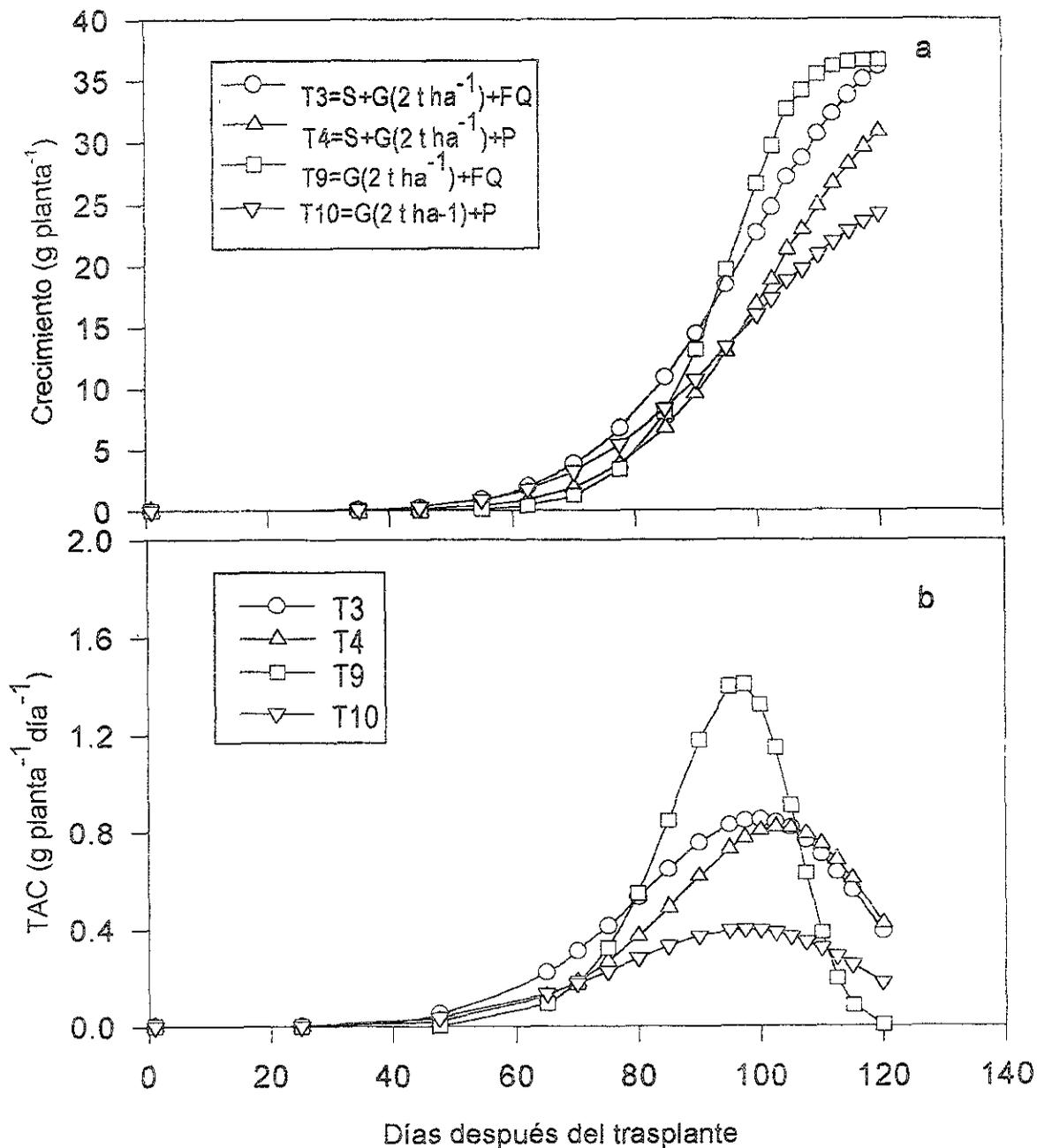


Figura 29. Efecto de la aplicación de gallinaza (2 t ha⁻¹), soya como abono verde y fertilización química sobre el crecimiento (a) y tasa absoluta de crecimiento (b) de la cebolla variedad "Contessa".

T10=G(2 t ha⁻¹)+P se observa el efecto positivo del N sobre estos parámetros de crecimiento, en ausencia de abonos verdes.

Para la aplicación de gallinaza 4 t ha⁻¹ (Figura 30), los máximos valores de crecimiento y TAC se produjeron en el tratamiento T1=S+G(4 t ha⁻¹)+FQ, mientras que valores ligeramente inferiores fueron obtenidos en los tratamientos T7= G(4 t ha⁻¹)+FQ y T2=S+G(4 t ha⁻¹)+P. Los valores más bajos en este parámetro fisiológico se obtuvieron en el tratamiento T8=G (4 t ha⁻¹)+P, o sea, con la aplicación de gallinaza y P. La máxima TAC (1.32 g planta⁻¹ día⁻¹) producida por el tratamiento T1, ocurrió a los 97.5 días después del trasplante; mientras que, las máximas en los tratamientos T7 y T2 ocurrieron a los 100 días después del trasplante. El tratamiento T8 produjo los valores más bajos de TAC, y su máximo valor (0.7907 g planta⁻¹ día⁻¹) lo obtuvo a los 110 días después del trasplante.

La comparación de los tratamientos T1=S+G(4 t ha⁻¹)+FQ T2=S+G(4 t ha⁻¹)+P de la Figura 30, muestra el efecto marcado del N sobre el crecimiento y TAC. Asimismo, el contraste de los tratamientos T7=G(4 t ha⁻¹)+FQ y T8=G (4 t ha⁻¹)+P manifiesta el efecto del N sobre el crecimiento y TAC cuando no es incorporada la soya. En ambas comparaciones los valores mayores para estos parámetros fisiológicos se alcanzaron en los tratamientos con FQ (T1 y T7). Estos resultados coinciden con Muchow y Davis (1988), quienes señalan que el N genera incrementos en la producción de biomasa al incrementarse el área foliar y la intersección de la radiación solar

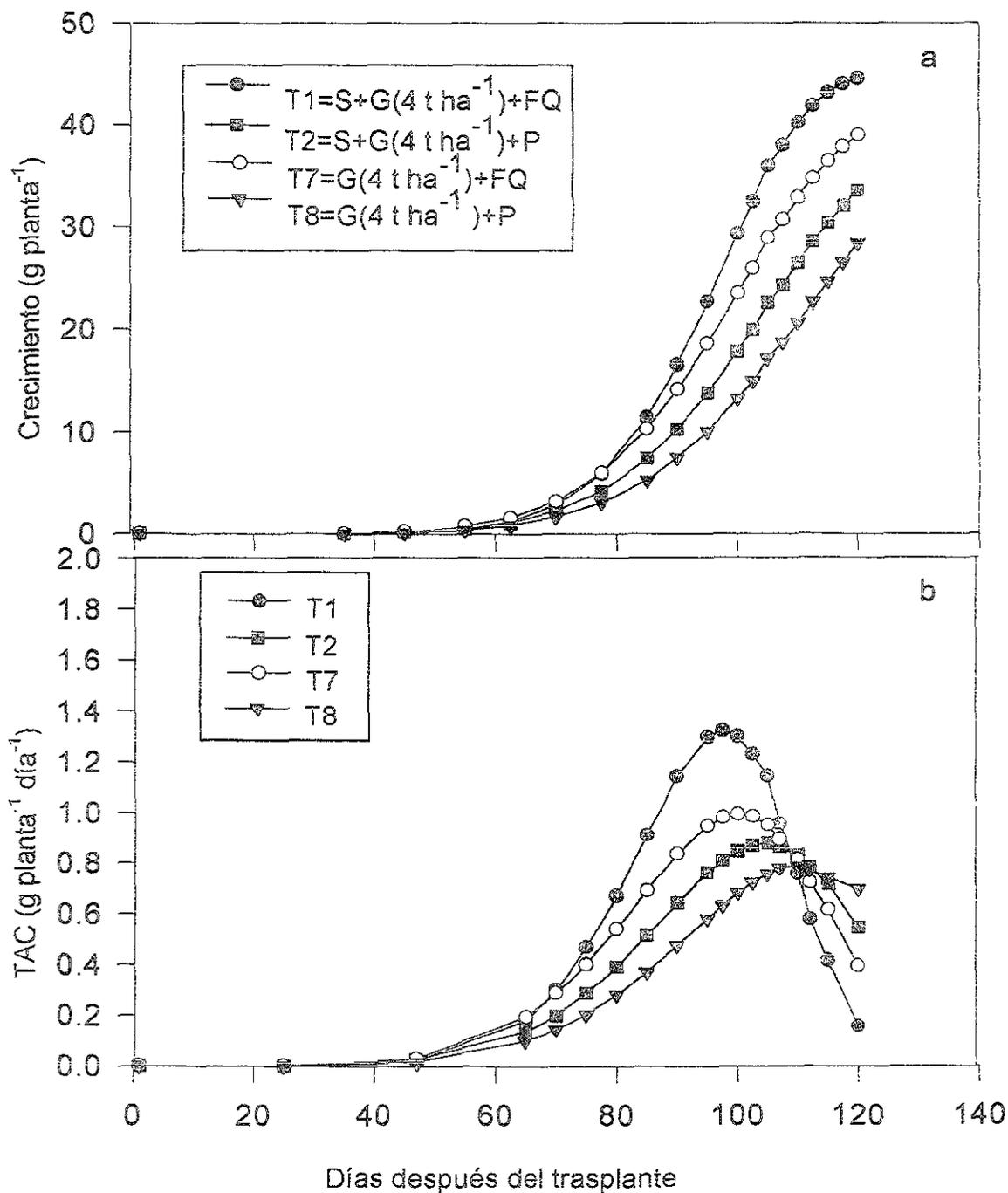


Figura 30. Efecto de la aplicación de gallinaza (4 t ha⁻¹), soya como abono verde y fertilización química sobre el crecimiento (a) y tasa absoluta de crecimiento (b) en el cultivo de cebolla variedad "Contessa".

El efecto de la FQ, la aplicación de la materia orgánica (G y S) y el testigo absoluto sobre el crecimiento y TAC se presentan en la Figura 31

En este grupo de tratamientos, el T5= S+FQ registró los valores más altos en el crecimiento y TAC, siendo éstos ligeramente superiores a los valores registrados en los tratamientos T11=FQ(140-60-00) y T6=S+P. Los valores más bajos se produjeron en el tratamiento T12=Testigo absoluto.

Al comparar los tratamientos T5=S+FQ y T11=FQ(140-6000) se observa un ligero efecto sobre el crecimiento y TAC al incorporar la soya como abono verde, pero el efecto más pronunciado se presentó al eliminar la FQ en T6 (T5=S+FQ y T6=S+P). La comparación del tratamiento T6=S+P y T12=Testigo absoluto, muestra claramente que la ausencia de soya como abono verde y P, produce una disminución marcada en la producción de materia seca y en la TAC

9.3.3 Rendimiento total de bulbo de cebolla

Los rendimientos promedio del peso total de bulbo se presentan en la Figura 32. El análisis de varianza ($P \leq 0.05$) mostró diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 45 del Apéndice). La Figura 32 manifiesta una marcada diferencia en los tratamientos que recibieron fertilización química completa, la fertilización más la incorporación de materia orgánica en comparación con los tratamientos que recibieron únicamente abonos verdes, gallinaza (2 y 4 t ha⁻¹) y su correspondiente combinación.

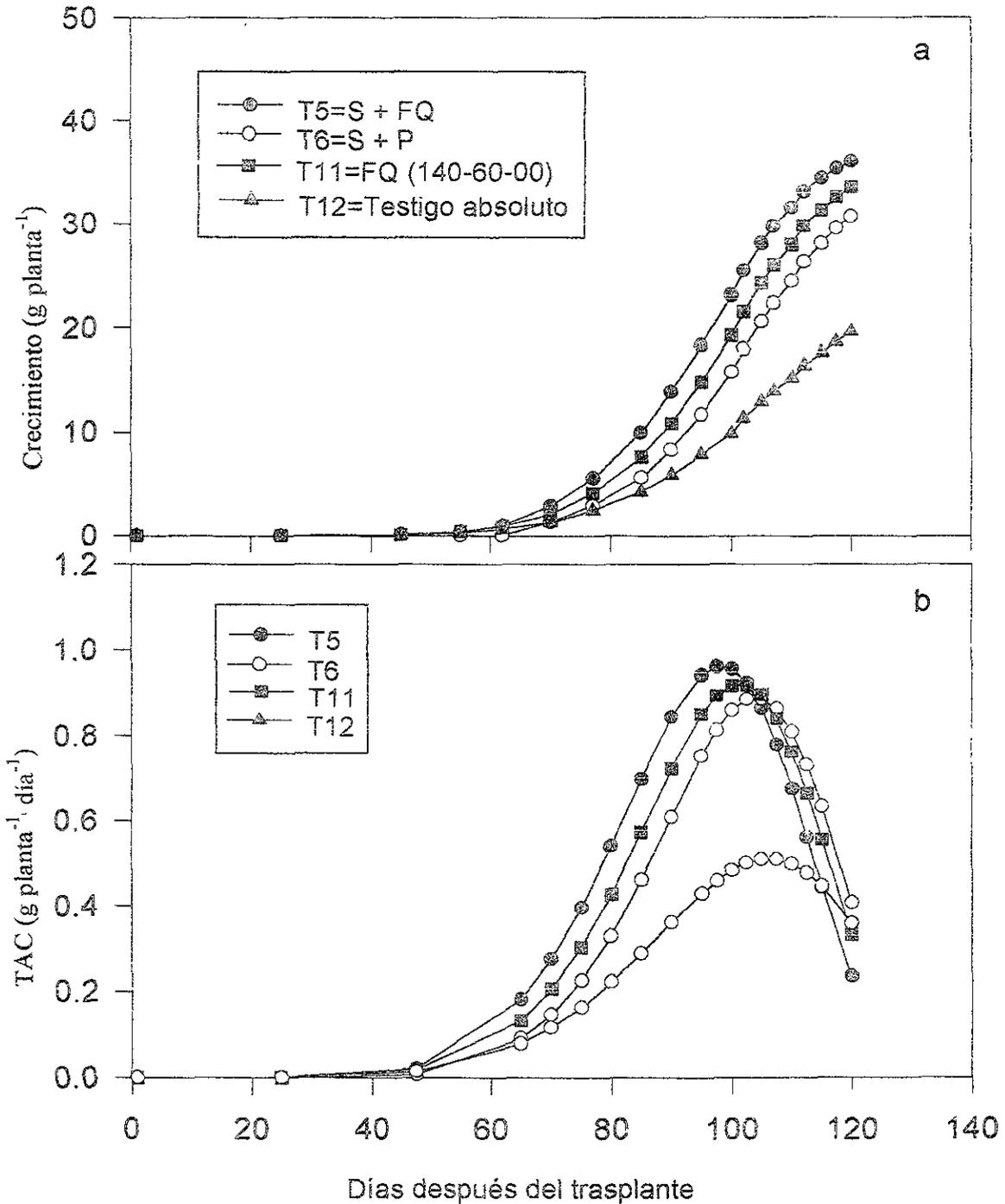


Figura 31. Efecto de la aplicación de gallinaza, soya como abono verde y fertilización química sobre el crecimiento (a) y tasa absoluta de crecimiento (b) en el cultivo de cebolla variedad "Contessa".

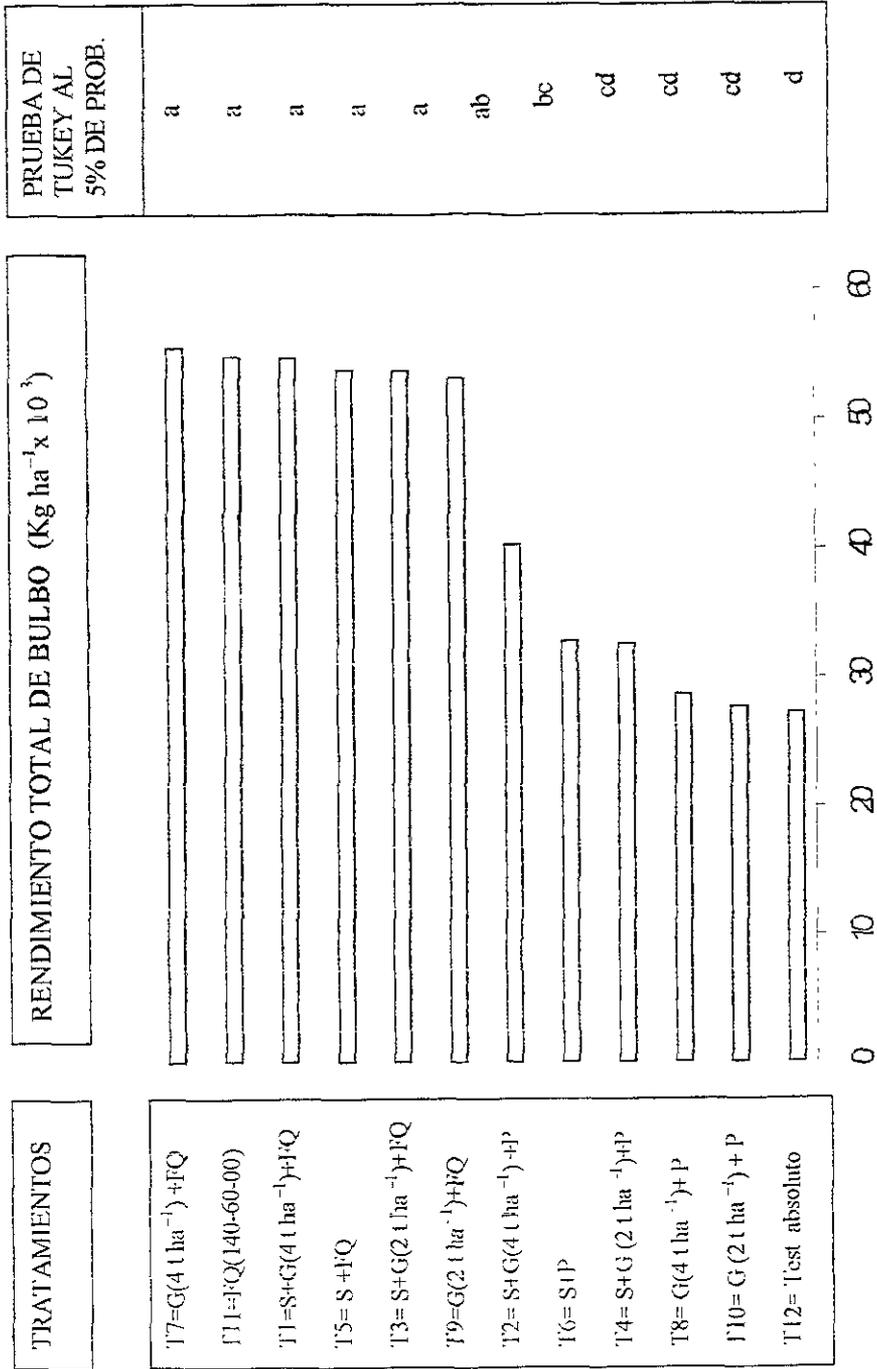


Figura 32. Efecto de la gallinaza, soya como abono verde y fertilización química sobre el rendimiento total de bulbo de cebolla variedad "Contessa"

La Figura 32, muestra que el rendimiento de bulbo mas alto se encontró en los tratamientos: G (4 y 2 t ha⁻¹) + FQ. Soya incorporada como abono verde + FQ, Soya + G (4 y 2 t ha⁻¹) + FQ, y solamente FQ (T7, T9, T5, T1, T3 y T11). El incremento en producción de bulbo se atribuye a una mayor acumulación de materia seca y mayor TAC en estos tratamientos.

Los resultados concuerdan con los encontrados por Escalante (1992), en girasol y Cuenca (1989) en maíz. Asimismo, estos resultados sugieren que la cebolla variedad "Contessa", bajo las condiciones estudiadas, aparentemente satisface sus requerimientos nutrimentales con la fertilización química recomendada, ya que la materia orgánica aplicada al cultivo no mejoró la eficiencia de la fertilización química; debido probablemente, a que la materia orgánica requirió de un mayor tiempo para su descomposición en compuestos asimilables para la planta.

Los resultados obtenidos probablemente se debieron a que estos materiales orgánicos fueron incorporados al suelo al momento del trasplante. Al respecto, Pérez *et al.*, (1995) con la incorporación de *Crotolaria sp.*, al suelo dos meses antes del establecimiento del cultivo incrementaron la calidad y rendimiento de melón.

Es interesante observar que el T2=Soya +G (4 t ha⁻¹) + 60 kg P ha⁻¹ fue estadísticamente superior a los tratamientos: T6= Soya + 60 kg P ha⁻¹, T4 = Soya + G (2 t ha⁻¹) + 60 kg P ha⁻¹, T8= G (4 t ha⁻¹) + 60 kg P ha⁻¹, T10 =G (2 t ha⁻¹)+ 60 kg P ha⁻¹ y T12 = testigo absoluto. Estos resultados muestran que cuando se dejan de aplicar 140 kg de N ha⁻¹ al cultivo, la mineralización y la humificación de la materia orgánica

incorporada al suelo (T2) tiene un efecto positivo sobre el rendimiento del bulbo. Estos incrementos pueden deberse a que en los procesos mencionados se liberan iones que son aprovechados eficientemente por las plantas para su crecimiento y desarrollo. Por su parte, Stevenson (1994), señala que la materia orgánica es fuente de nutrimentos mayores, particularmente de N, P y S.

La comparación de los tratamientos $T8=G(4 \text{ t ha}^{-1})+P$ y $T10= G(2 \text{ t ha}^{-1})+P$, muestra que la gallinaza en dosis de 4 y 2 t ha^{-1} produjeron rendimientos estadísticamente iguales. Probablemente esto se debe a que los vertisoles difícilmente presentan deficiencias de P y K, presentes en altas cantidades en gallinaza (Flores, 1987). La importancia de la incorporación de los abonos orgánicos a los suelos que han sido intensamente laborados en la producción de cultivos, radica en el mejoramiento de la fertilidad y propiedades físicas y química del suelo Figueroa y Cerda (1995).

Es importante mencionar que gran parte de la materia orgánica en el suelo es humificada y el N contenido en ella es lentamente aprovechada por las plantas, por lo que su efecto en la producción puede observarse en ciclos posteriores. Además de que la materia orgánica favorece la macroestructura, conservación del agua y prevención del endurecimiento del suelo.

Sin ser diferentes estadísticamente, cuando se incorporó soja como abono verde en los tratamientos $T6=S+P$ y $T4=S+G (2 \text{ t ha}^{-1})+P$ se elevó ligeramente la producción de bulbo en comparación con los tratamientos que recibieron solamente gallinaza y P (tratamientos $T8=G(4 \text{ t ha}^{-1})+P$ y $T10=G (2 \text{ t ha}^{-1})+P$).

Los más bajos rendimientos de bulbo correspondieron a los tratamientos que no recibieron FQ, los cuales produjeron los valores más bajos de crecimiento y TAC.

9.3.4 Calidad del bulbo

Para medir la calidad del bulbo se consideró el tamaño de bulbo separándose en bulbo grande mediano y chico; así como la sanidad del mismo.

9.3.4.1 Tamaño grande

Los resultados obtenidos para esta variable, se presentan en la Figura 33, incluyendo la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). El análisis de varianza (Cuadro 47 del Apéndice), muestra diferencias significativas entre tratamientos.

La Figura 33, gerarquiza a los tratamientos $T7=G(4 \text{ t ha}^{-1})+FQ$, $T1=S+G(4 \text{ t ha}^{-1})+FQ$, $T11=FQ(140-60-00)$, $T9=G(2 \text{ t ha}^{-1})+FQ$, $T5=S+FQ$, con los rendimientos más altos lo que indica que la FQ fue el factor que más influyó en el tamaño de bulbo grande. Asimismo, no se manifestó incremento en esta calidad de bulbo por el efecto de la incorporación de la soya como abono verde y gallinaza ($2 \text{ y } 4 \text{ t ha}^{-1}$).

La comparación de los tratamientos $T1=S+G(4 \text{ t ha}^{-1})+FQ$ y $T2=S+G(4 \text{ t ha}^{-1})+P$ muestra que con la aplicación de $140 \text{ kg de N ha}^{-1}$ se produjo un incremento de la producción en un 106.8%. Esto indica que el N es el elemento esencial más importante en el cultivo de cebolla, ya que es requerido en la síntesis de clorofila y como parte de la molécula de la clorofila está involucrada en el proceso de la fotosíntesis. La

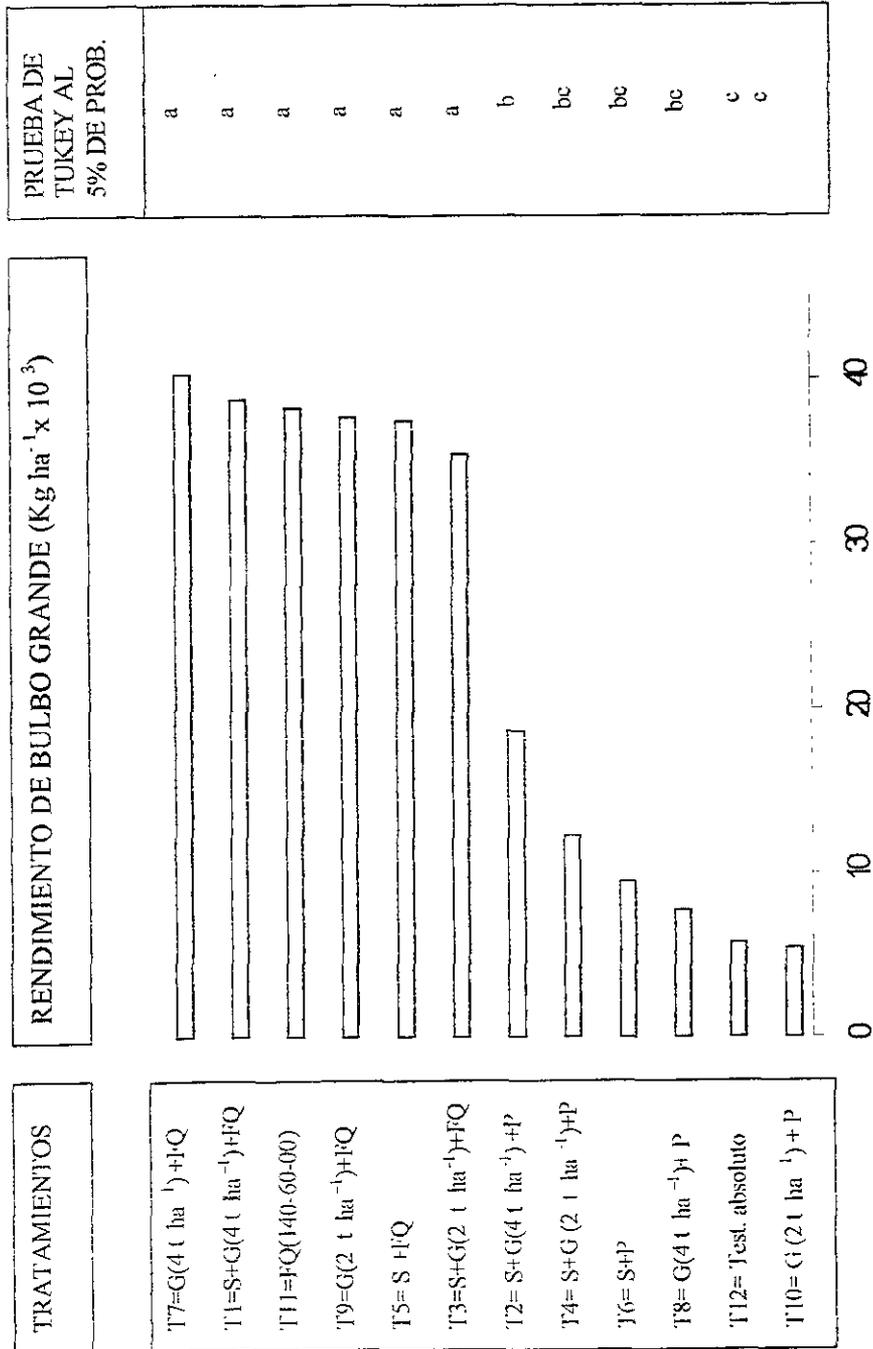


Figura 33. Efecto de la gallinaza, soya como abono verde y fertilización química sobre el rendimiento de bulbo clasificación grande variedad "Contessa".

carencia de N y en consecuencia la carencia de clorofila no permite que la planta utilice la luz solar como fuente de energía en el proceso de la fotosíntesis y también pierde habilidad de ejecutar funciones esenciales como la absorción de nutrimentos. Estos resultados son consistentes con los reportados por Batal et al., (1994), quien señala que el N es el elemento de mayor importancia en la nutrición de la cebolla

En la misma Figura 33, en orden decreciente es interesante observar que bajo la ausencia de la aplicación de N con incorporación de S+G(4 t ha⁻¹)+P (tratamiento 2) fue ligeramente superior en rendimiento de bulbo a los tratamientos T4=S+G(2 t ha⁻¹)+P, T6=S+P, y T8=G(4 t ha⁻¹)+P y estadísticamente diferente al T12=Testigo absoluto y T10=G(2 t ha⁻¹)+P, lo cual manifiesta que la aplicación de Soya como abono verde y la aplicación de 4 t ha⁻¹ de G (T2) fue el que más aportó nutrimentos al cultivo, principalmente N, influyendo ligeramente en la calidad de bulbo en comparación con los tratamientos que únicamente recibieron Soya o Gallinaza (2 y 4 t ha⁻¹) y su combinación con 2 t ha⁻¹ (T4, T6, T8, T10) y el testigo absoluto T12. Este ligero efecto probablemente se debió a que el N mineralizado y humificado de la materia orgánica incorporada en el experimento fue aprovechado en forma parcial y lenta.

El menor rendimiento de bulbo en los tratamientos T12=Testigo absoluto y T10=G(2 t ha⁻¹)+P, indica que el N presente en el suelo no satisface los requerimientos del cultivo, dado a que la fertilidad natural y la aplicación de 2 t ha⁻¹ de G+P, mostró un efecto nulo sobre esta calidad de bulbo.

9.3.4.2 Rendimiento de bulbo mediano

El análisis de varianza en esta variable, mostró diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 49 del Apéndice). La prueba de Tukey ($O \leq 0.05$) mostró una estratificación de dos grupos (Figura 34)

El rendimiento máximo de bulbo correspondió al tratamiento T2 = S+G(4 t ha⁻¹)+P con 16 875 kg ha⁻¹, seguido por los tratamientos T3=S+G(2 t ha⁻¹)+FQ, T6=S+P, T5=S+FQ, T1=S+G(4 t ha⁻¹)+FQ, T9=G(2 t ha⁻¹)+FQ, T7=G(4 t ha⁻¹)+FQ, T4=S+G(2 t ha⁻¹)+P, T11=FQ(140-60-00), T10=G(2 t ha⁻¹)+P y T12= Testigo absoluto, aún cuando el T2= superó significativamente al Tratamiento T8.

Es necesario hacer notar el efecto positivo que mostró la incorporación del abono verde y su combinación con G(4 y 2 t ha⁻¹) y la FQ sobre el rendimiento de bulbo mediano al obtener numéricamente los rendimientos más altos (T2, T3, T6, T5, y T1) con excepción del T4. Este efecto fue más notable al comparar el T2=S+G(4 t ha⁻¹)+P Y T8= G(4 t ha⁻¹)+P, lo cual indica que la incorporación de la soya incrementó la producción en un 62%. También se puede apreciar en esta Figura, que la G en la dosis de 4 y 2 t ha⁻¹ (T10 y T8) no influyeron sobre esta variable estudiada.

9.3.4.3. Rendimiento de bulbo chico

Los resultados obtenidos para esta variable se presenta en la Figura 35, donde se incluye la comparación de medias por la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). El análisis de varianza (Cuadro 51 del Apéndice) para esta variable indicó que existen diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos, lo que permite concluir que la G y S como abono verde y la FQ influyen en el tamaño de bulbo clasificación chico.

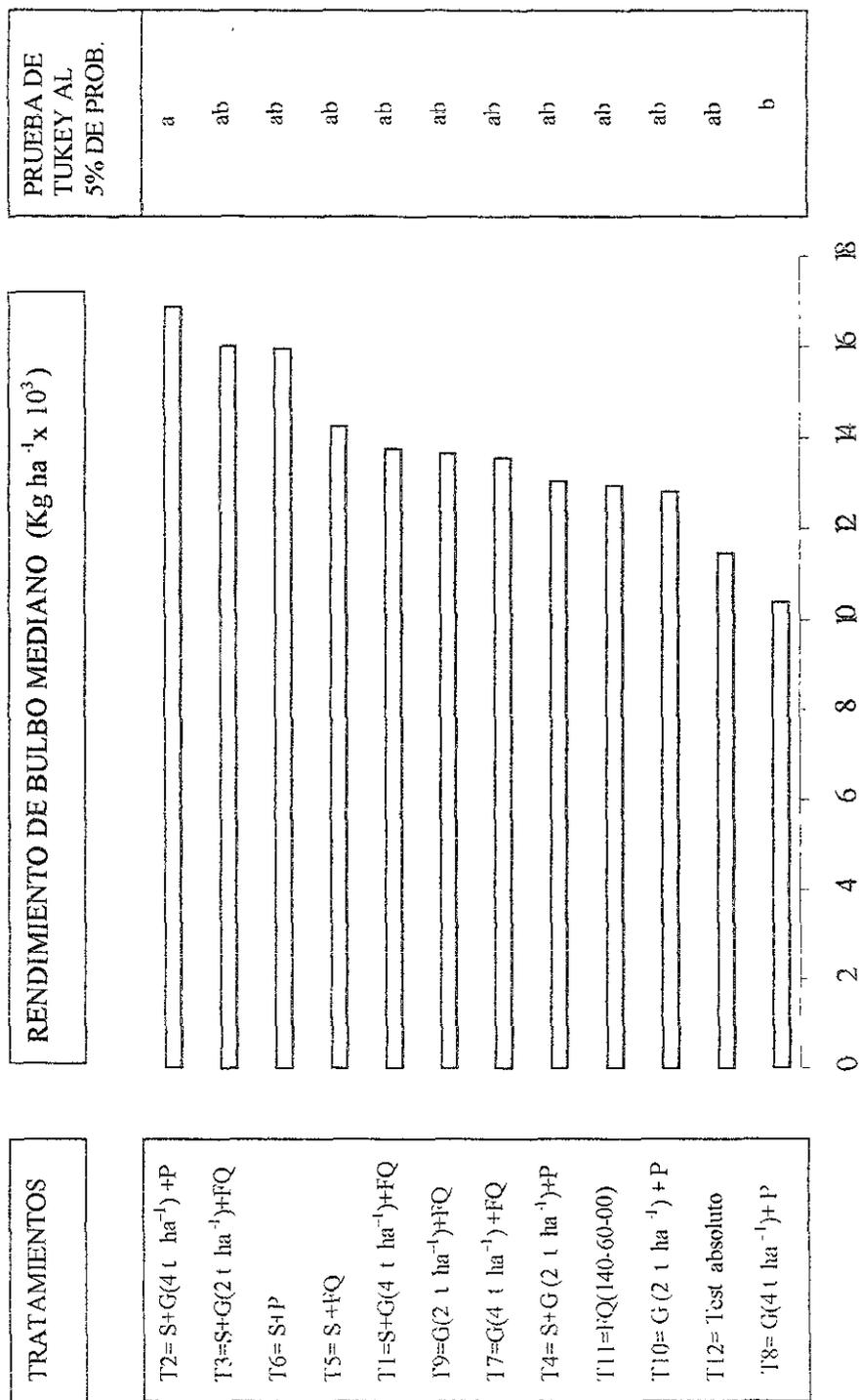


Figura 34. Efecto de la gallinaza, soya como abono verde y fertilización química sobre el rendimiento de bulbo clasificación mediano variedad "Contessa".

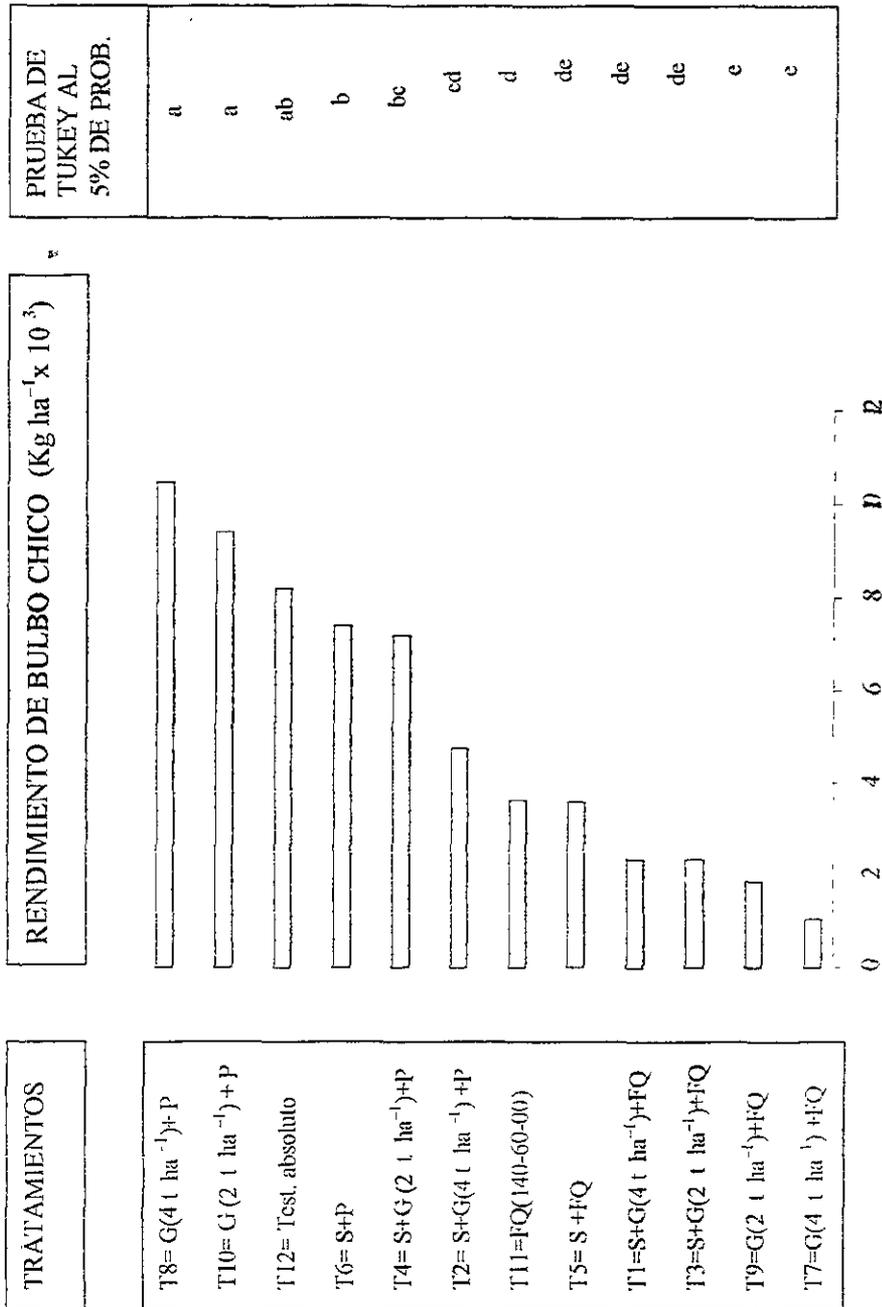


Figura 35. Efecto de la gallinaza, soya como abono verde y fertilización química sobre el rendimiento de bulbo clasificación chico variedad "Contessa"

Los diferentes promedios mostraron una estratificación de 5 grupos estadísticos. En la misma Figura 35 se observa que el tratamiento T8= $G(4 \text{ t ha}^{-1})+P$ promovió el mayor rendimiento de bulbo chico, no obstante, fue estadísticamente igual a los tratamientos T12=Testigo absoluto y T10= $G(2 \text{ t ha}^{-1})+P$, de lo que se puede deducir que, la falta de N en estos tratamientos, así como de la FQ en el Tratamiento T12 manifestó un efecto positivo en el rendimiento de bulbo de esta clasificación

Los tratamientos T6= $S+P$ y T4= $S+G(2 \text{ t ha}^{-1})+P$, fueron estadísticamente iguales al T10 y ocuparon el segundo bloque de rendimiento, lo cual indica que la materia orgánica de la $S+P$ y $G(2 \text{ t ha}^{-1})+P$ en ausencia de N incrementan este rendimiento de bulbo

Valores intermedios de rendimiento de bulbo fueron alcanzados en los tratamientos T2= $S+G(4 \text{ t ha}^{-1})$ y T11=FQ(160-60-00), aunque estadísticamente fueron iguales a los tratamientos T1, T3 y T4, lo cual demuestra que con la combinación de S como abono verde y niveles altos de $G(4 \text{ t ha}^{-1})$ se reduce el rendimiento de bulbo en comparación con los tratamientos T8, T12, T10, T6, y T4.¹

Los valores más bajos de bulbo fueron obtenidos en los tratamientos T1= $S+G(4 \text{ t ha}^{-1})+FQ$, T3= $S+G(2 \text{ t ha}^{-1})+FQ$, T5= $S+FQ$, T9= $G(2 \text{ t ha}^{-1})+FQ$ y T7= $G(4 \text{ t ha}^{-1})+FQ$, bajo las condiciones de manejo de FQ y su combinación con la G (4 y 2 t ha⁻¹) o la S como abono verde.

Por otra parte, al comparar los tratamientos T4= $S+G(2 \text{ t ha}^{-1})+P$ y T2= $S+G(4 \text{ t ha}^{-1})+P$ se observa que cuando se reduce la aplicación de 4 a 2 t ha⁻¹ de G en presencia de S como abono verde se incrementa estadísticamente el rendimiento de bulbo.

9.3.5 NMP de coliformes fecales en bulbo de cebolla al momento de la cosecha

Al analizar estadísticamente esta variable (Cuadro 53 del Apéndice), no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. La prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (Figura 36), estableció que para esta variable el número de coliformes fecales fue estadísticamente igual para todos los tratamientos, lo que sugiere que la aplicación de gallinaza en las cantidades de 2 y 4 t ha⁻¹, así como la incorporación de soya como abono verde no influyeron sobre el control de coliformes fecales. Los resultados obtenidos probablemente se deben a que la materia orgánica, incorporada al suelo, requiere de un mayor tiempo para la formación de NH₃, el cual reduce el crecimiento de bacterias (Smith, 1964).

En relación al tratamiento adicional T13=Cebolla regada con agua clara de pozo profundo, el número de coliformes fecales promedio fue de dos coliformes por 100 g de bulbo (Cuadro 52 del Apéndice), dicho contenido bacteriológico es considerado como confiable para la población consumidora. Es importante mencionar que el agua utilizada en el riego presentó 90 coliformes fecales por 100 mL de agua.

9.3.6 Huevecillos de helmintos

Dos muestreos realizados en agua del río Apatlaco señalaron que ésta contiene de uno a tres huevecillo litro⁻¹, la cual la hace potencialmente peligrosa para riego de hortalizas de acuerdo a las normas internacionales

De 72 bulbos muestreados correspondientes a los 12 tratamientos estudiados, solamente seis resultaron positivos, lo cual indica que la

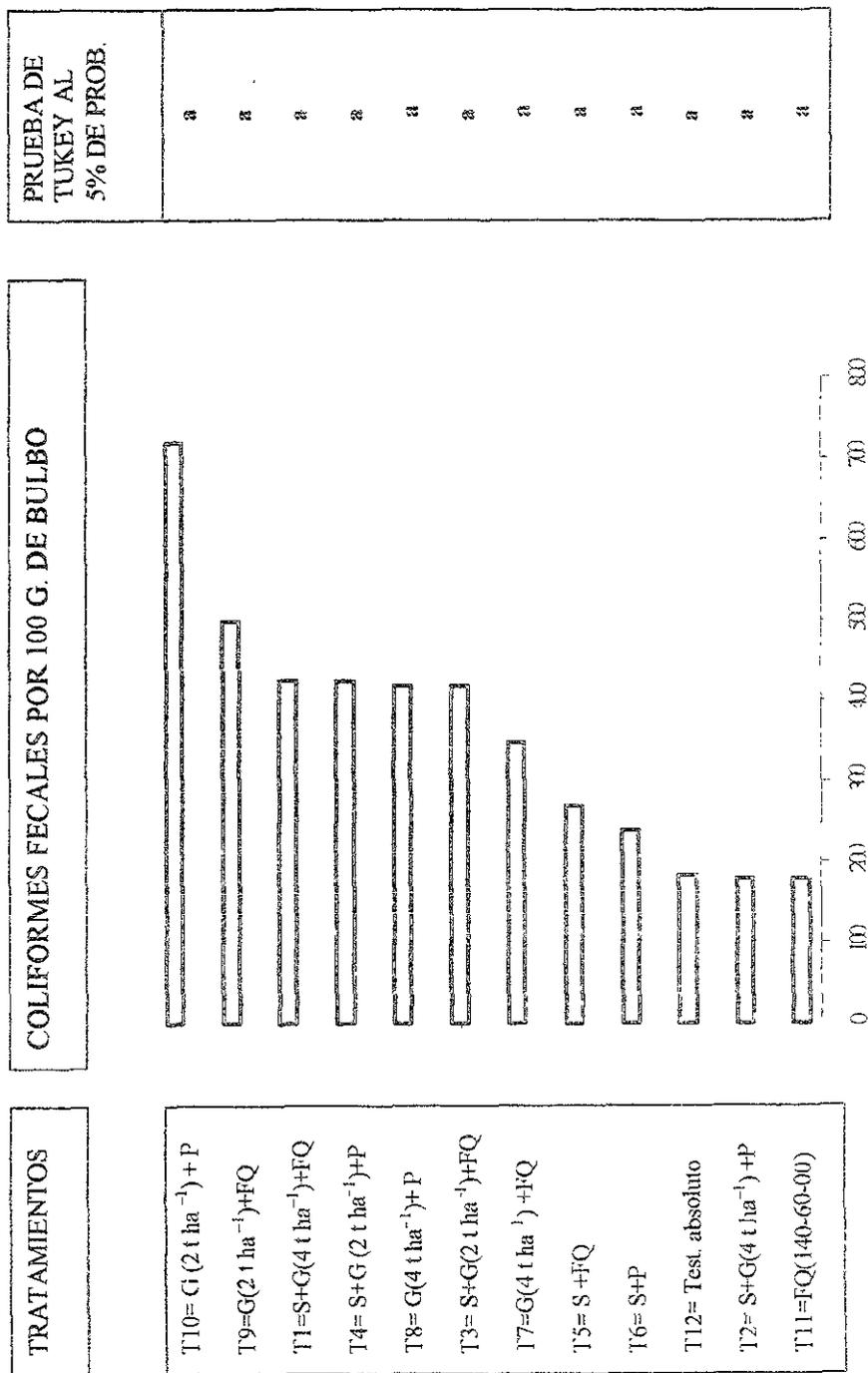


Figura 36. Efecto de la gallinaza, soya como abono verde y fertilización química sobre la sobrevivencia de coliformes fecales en bulbo variedad "Contessa".

materia orgánica incorporada al suelo (gallinaza y abonos verdes) en las cantidades estudiadas, no tuvo efecto de destrucción total sobre el número de huevecillos de helmintos. La mayor presencia correspondió a cinco huevecillos de *Ascaris lumbricoides* y uno de *Trichuris trichuria*. Estos resultados están correlacionados con los publicados por Lara (1984) quien señala que *Ascaris lumbricoides* y *Trichuris trichuria* ocupan los primeros lugares en frecuencia parasitaria en México

Para lograr la destrucción total de huevecillos probablemente se requieren mayores dosis de gallinaza y un mayor tiempo de exposición de la materia orgánica aplicada, pero también es importante considerar el aspecto económico, considerando que no es práctica común entre los productores incorporar materia orgánica en sus parcelas.

9.3.7 Coliformes fecales después del tratamiento químico de bulbos

Como se observa en la Figura 37, se presentó una marcada diferencia entre los tratamientos que recibieron concentraciones de productos químicos y el testigo absoluto. El análisis de varianza permitió diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 55 del Apéndice).

En el Figura 37 se puede apreciar que el tratamiento T8 (testigo absoluto) fue el de mayor contaminación microbiana, con 240 coliformes fecales por 100 g de bulbo. De los tratamientos químicos evaluados, los más eficientes en el control de la contaminación microbiana de la cebolla fueron: HS 20 mL L⁻¹ de agua por 15, 10 y 5 min. de inmersión (T6, T5 y T4). Aunque fueron estadísticamente igual a los anteriores, los tratamientos T7= Microdyn 5 gotas L⁻¹, T2= HS 10 mL L⁻¹ de agua por 10 min., T3= HS 10 mL L⁻¹ de agua por 15 min

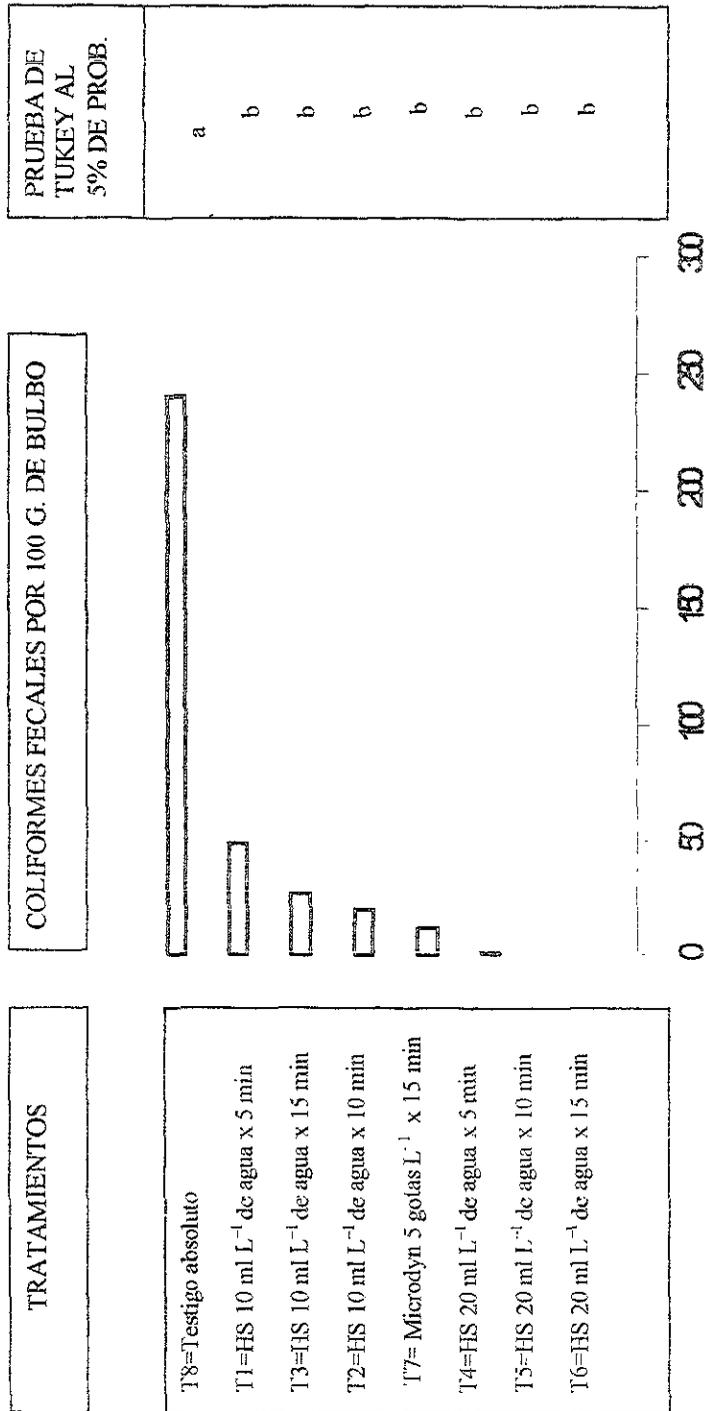


Figura 37. Efecto de la aplicación de hipoclorito de sodio (HS) en diferentes concentraciones y microdyn sobre la sobrevivencia de coliformes fecales en bulbo de cebolla, variedad "Confessa".

y T1= HS 10 mL L⁻¹ de agua mostraron un menor efecto sobre el control de la contaminación.

La evaluación del cloro residual en bulbo del tratamiento con mayor concentración de HS y tiempo de exposición (T6) indicó un valor inferior a 0.2 ppm. La Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos recomienda que el cloro residual no debe de exceder 1.0 ppm (Gordon *et al.*, 1990). Existe información científica que el efecto del cloro en altas concentraciones tiene propiedades toxicológicas, sin embargo, cuando se utiliza en las concentraciones recomendadas, sus efectos se vuelven menos riesgosos para la población. (Bernard *et al.*, 1990).

9.4 Segundo experimento de tomate de cáscara.

El trasplante al terreno definitivo se realizó el 7 de mayo de 1977 y el último corte se llevó a cabo el 30 de julio del mismo año. Durante el ciclo del cultivo se aplicó una lámina de riego de 23.6 cm, distribuida en tres riegos, siendo el primero al momento del trasplante, el segundo a los 18 días después del primero y el tercero a los 64 días después del segundo con 10, 6.5 y 7.1 cm, respectivamente (Figura 38) Asimismo, durante este ciclo se presentaron lluvias equivalentes a 38.27 cm, lo cual evitó la aplicación de riegos.

Con la sumatoria del riego aplicado y la precipitación efectiva ocurrida (24.15 cm), se obtuvo la lámina total que recibió el cultivo, la cual fue de 47.75 cm. De lo anterior se puede deducir que la humedad no fue limitativa sobre la producción total de biomasa y fruto ya que la lámina evapotranspirativa del cultivo fue substituida por el riego aplicado y la precipitación efectiva

Cantidad, distribución y fecha de aplicación de riegos

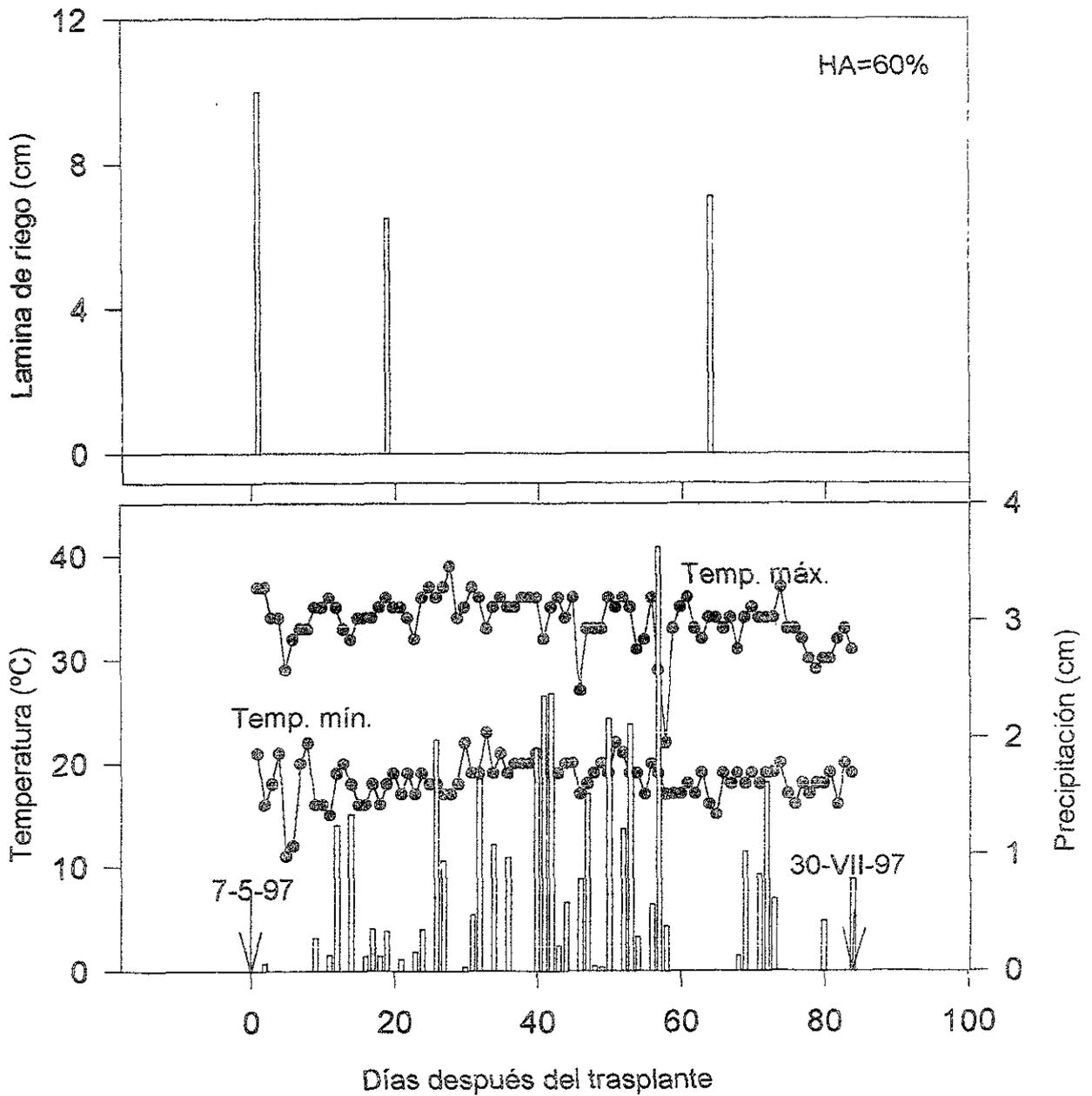


Figura 38. Cantidad, distribución y fecha de aplicación de riegos con agua residual al cultivo de tomate de cáscara durante la segunda fase experimental. Las flechas indican el inicio y final del ciclo.

La Figura 38, muestra que las temperaturas variaron de 37 a 17 °C. Se aprecia que las temperaturas más altas y bajas se registraron durante la etapa vegetativa del cultivo (Cuadros 56 al 58 del Apéndice). Como era de esperarse, las altas temperaturas influyeron en la proliferación de plagas transmisoras de virus, como la mosquita blanca *Trialeurodes vaporariorum*, que redujeron el rendimiento de fruto al presentarse el “chino” del tomate durante la etapa reproductiva del cultivo. Esta fecha de trasplante no es recomendable en la región de Zacatepec, Mor., debido a las altas temperaturas. Sin embargo, los objetivos del presente experimento fueron evaluar la contaminación microbiana por tal motivo fue así programada en donde fue posible obtener rendimientos aceptables (10 302 kg ha⁻¹) ya que fueron ligeramente inferiores a la media nacional (11 650 kg ha⁻¹) de acuerdo con SARH-DGEA (1981).

9.4.2 Crecimiento

Los parámetros obtenidos de acuerdo al modelo de Weibull, se presentan en el Cuadro 4, donde se observa que los valores más altos del parámetro “a” (máximo valor de materia seca acumulada) correspondió a los tratamientos T1=S+G(6 t ha⁻¹)+FQ, T5=G(6 t ha⁻¹)+FQ, y T7=FQ (120-60-00), que se caracterizaron por recibir FQ y su combinación con G (6 t ha⁻¹) y S como abono verde. Valores intermedios se encontraron en los tratamientos T3=S+FQ y T2=S+G (6 t ha⁻¹)+P con FQ más S como abono verde o bien la mezcla de S como abono verde más G. Los valores más bajos se obtuvieron en los tratamientos T4=S+P, T6=G (6 t ha⁻¹)+P y T8=Testigo absoluto, caracterizados por no recibir aplicaciones de N, pero sí la incorporación de S como abono verde ó G (6 t ha⁻¹).

Cuadro 5. Parámetros estimados a través del modelo de Weibull, para cada uno de los tratamientos estudiados en el segundo experimento de tomate de cáscara.

Núm. *	Tratamiento	Parámetro		
		a	b	c
T1	S+G(6 t ha ⁻¹)+FQ	112.5721	59.6490	4.0581
T2	S+G(6 t ha ⁻¹)+40 kg P ha ⁻¹	82.8305	59.4024	3.5375
T3	S+FQ	83.5330	57.5450	4.2486
T4	S+ 40 kg P ha ⁻¹	79.1109	59.7387	3.4642
T5	G (t ha ⁻¹) + FQ	110.7988	64.6275	3.4451
T6	G(6 t ha ⁻¹)+40 kg P ha ⁻¹	66.3532	52.2449	4.4660
T7	FQ (120-40-00)	104.5530	61.9150	3.6420
T8	Testigo absoluto	67.4200	73.6500	2.5600

*Para descripción de tratamientos véase página 46

El valor del parámetro "b" (punto de inflexión cuando $x=b$) mostró un comportamiento general, pero con tendencia a incrementarse en el tratamiento T1= Testigo absoluto, cuando el cultivo se desarrolló bajo la ausencia de FQ y de abonos orgánicos.

El máximo valor del parámetro "c" (cambio relativo de la tasa de acumulación de materia seca) fue obtenido en el tratamiento T1=S+G(6 t ha⁻¹)+FQ, que recibió abonos orgánicos G+S y FQ, mientras que, con la ausencia de estas variables en el tratamiento T8=Testigo absoluto, éste parámetro se redujo en 37% con respecto al T8.

En el Cuadro 59 del Apéndice aparecen los valores observados y estimados de materia seca para cada uno de los tratamientos de acuerdo al modelo de Weibull, la similitud de los resultados indica la buena predicción del modelo empleado

La Figura 39a se observa claramente el efecto positivo sobre la acumulación de materia seca, que generó la aplicación de la S como abono verde, la G (6 t ha⁻¹) y la FQ como sucedió en los tratamientos T1=S+G(6 t ha⁻¹)+FQ, T3=S+FQ y T5=G(6 t ha⁻¹) en comparación con el tratamiento T8=Testigo absoluto. También se puede observar que hasta los 35 días después del trasplante los tratamientos T1, T3, T5 y T8 alcanzaron el mismo crecimiento; sin embargo, posterior a esta fecha, se apreció una diferencia notable en la tasa de acumulación de materia seca promovida por los tratamientos que recibieron la incorporación de S como abono verde, G (6 t ha⁻¹) y FQ (T1, T3, y T5) en comparación con T1=Testigo absoluto.

Los valores de TAC, como se puede apreciar en la Figura 39b y Cuadro 60 del Apéndice en los tratamientos T1, T3, T5 y T8

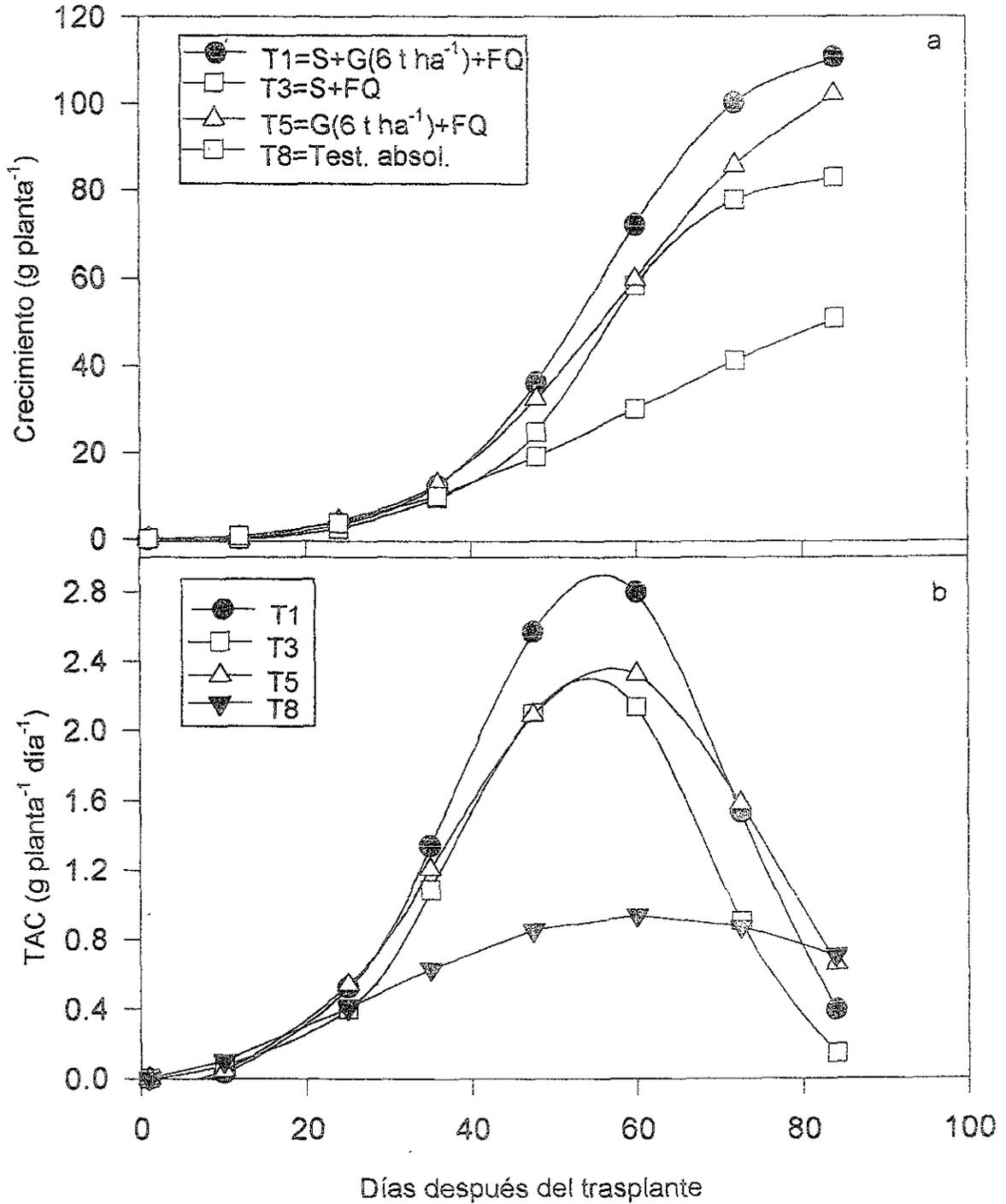


Figura 39. Efecto de la aplicación de soya como abono verde, gallinaza y fertilización química sobre el crecimiento (a) y tasa absoluta de crecimiento (b) del tomate de cáscara variedad "Rendidora"

hasta los 28 días después del trasplante alcanzaron valores similares. Posteriormente, el máximo valor fue promovido por el tratamiento T1=S+G (6 t ha⁻¹)+FQ. Los tratamientos T3=S+FQ y T5=G(6 t ha⁻¹)+FQ mostraron valores intermedios. Los valores más altos de TAC en los tratamientos T1, T3 y T5 se alcanzaron aproximadamente entre los 55 y 60 días después del trasplante. Los valores más bajos de TAC fueron promovidos por el tratamiento T8=Testigo absoluto.

La comparación del tratamiento T1 y T3 muestra el efecto de G (6 t ha⁻¹) sobre la TAC; mientras que la comparación de los tratamientos T1 y T5 muestra el efecto de la soya incorporada como abono verde sobre la misma variable.

La Figura 40a muestra que el tratamiento T7=FQ(120-60-00) acumuló la mayor cantidad de materia seca al compararse con los tratamientos T2=S+G(6 t ha⁻¹)+P, T4=S+P y T6=G(6 t ha⁻¹)+P. También se aprecia que la ausencia del N en los tratamientos T2, T3 y T6 promovió diferencias mínimas en el crecimiento de las plantas de tomate.

La Figura 40b muestra que los máximos valores de TAC (Cuadro 60 del Apéndice), se promovieron aproximadamente entre los 50 y 60 días después del trasplante. Es interesante observar que la fertilización con N en el tratamiento T7, permitió la continuación de una mayor acumulación de biomasa durante la fructificación y hasta el final del ciclo, mientras que los tratamientos T2=S+G(6 t ha⁻¹)+P, T4=S+P y T6=G(6 t ha⁻¹)+P que no recibieron N, propiciaron de manera anticipada la senescencia de estas plantas, que crecieron bajo aplicaciones de S como abono verde, G (6 t ha⁻¹)+P y la mezcla de estas variables. Estos resultados muestran que el N proporcionado al cultivo en forma de fertilizante químico promovió el mayor crecimiento y TAC en comparación con los tratamientos que

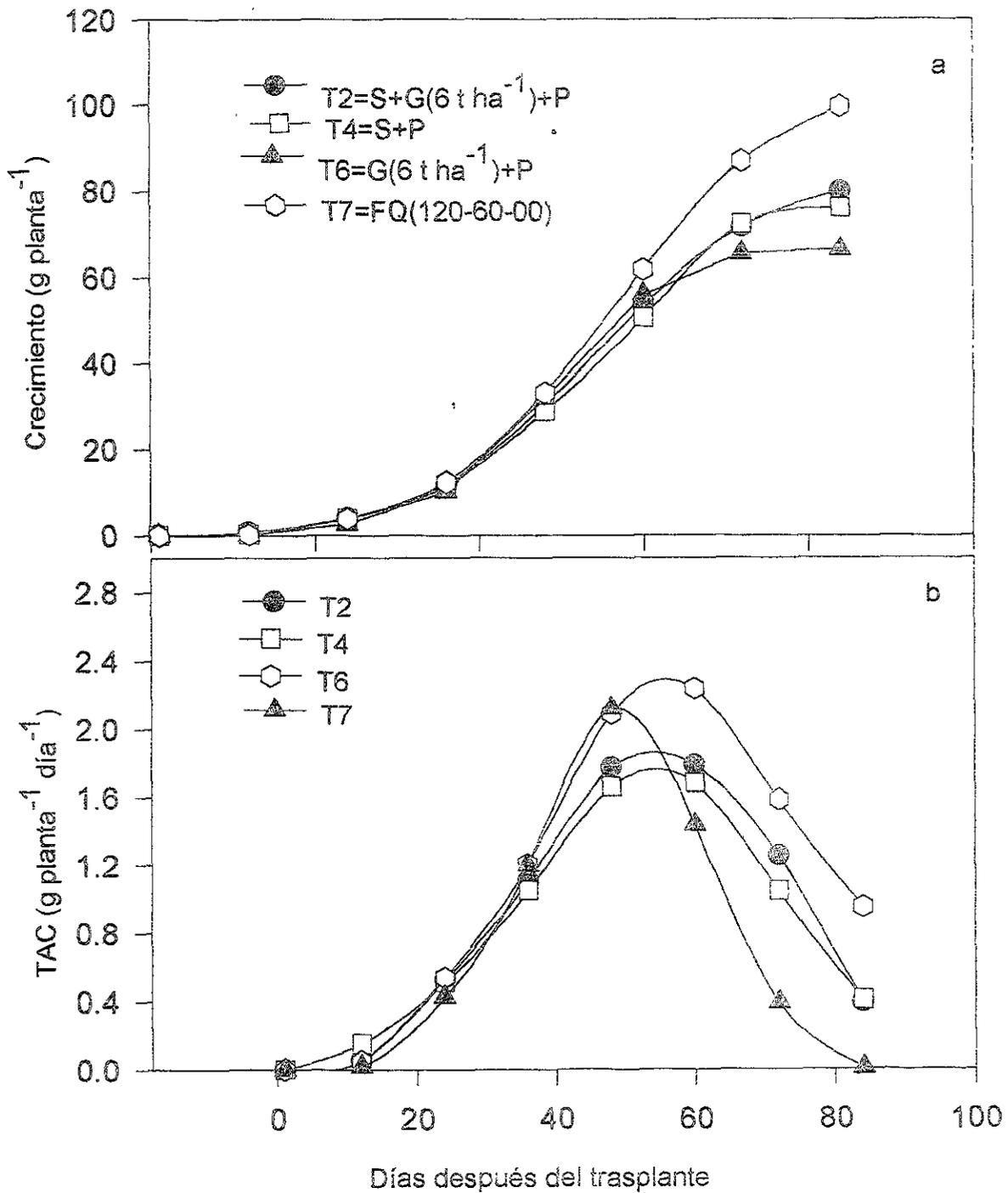


Figura 40. Efecto de la aplicación de soya como abono verde, gallinaza y fertilización química sobre el crecimiento (a) y tasa absoluta de crecimiento (b) del tomate de cáscara variedad "Rendidora"

únicamente recibieron la aplicación de materia orgánica +P. Resultados similares fueron obtenidos por Uribe *et al.*, (1995) en el cultivo de cebolla.

9.4.3 Rendimiento total de tomate de cáscara

Los rendimientos promedio de fruto en kg ha^{-1} obtenido en cada uno de los tratamientos, se presentan en la Figura 41. El análisis de varianza (Cuadro 62 del Apéndice) para esta variable, mostró diferencias significativas al 5% de probabilidad y de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) el máximo rendimiento de tomate de cáscara ($10\,302 \text{ kg ha}^{-1}$) se obtuvo cuando se aplicaron 6 ton de G + soya incorporada como abono verde + FQ (T1), siendo estadísticamente superior al resto de tratamientos. También se puede apreciar que el tratamiento T5 con aplicación de G + FQ superó estadísticamente a FQ (T7), lo cual demuestra el efecto positivo de la aplicación de gallinaza sobre el rendimiento.

Es interesante observar que la mezcla de soya + G + 60 kg de P ha^{-1} (T2) fue estadísticamente igual a FQ (T7) y a la aplicación de soya + FQ (T3), de lo que se puede inferir que el rendimiento del tratamiento T2 fue promovido debido a que la materia orgánica provee cargas negativas en humus que retienen los cationes nutritivos, estabilizan los micronutrientes del suelo y es fuente de N, P y S, principalmente, a este respecto, Yágin *et al.*, 1986 reportan que de los abonos orgánicos incorporados al suelo únicamente se aprovecha durante el primer ciclo del 20-25% del N, 25-30 del P y del 50-60% del K. Los rendimientos más bajos se alcanzaron cuando se aplicó únicamente soya y gallinaza junto con 60 kg P ha^{-1} (T4 y T6) y en el testigo absoluto, no existiendo diferencias estadísticas entre ellos, aunque los tres fueron

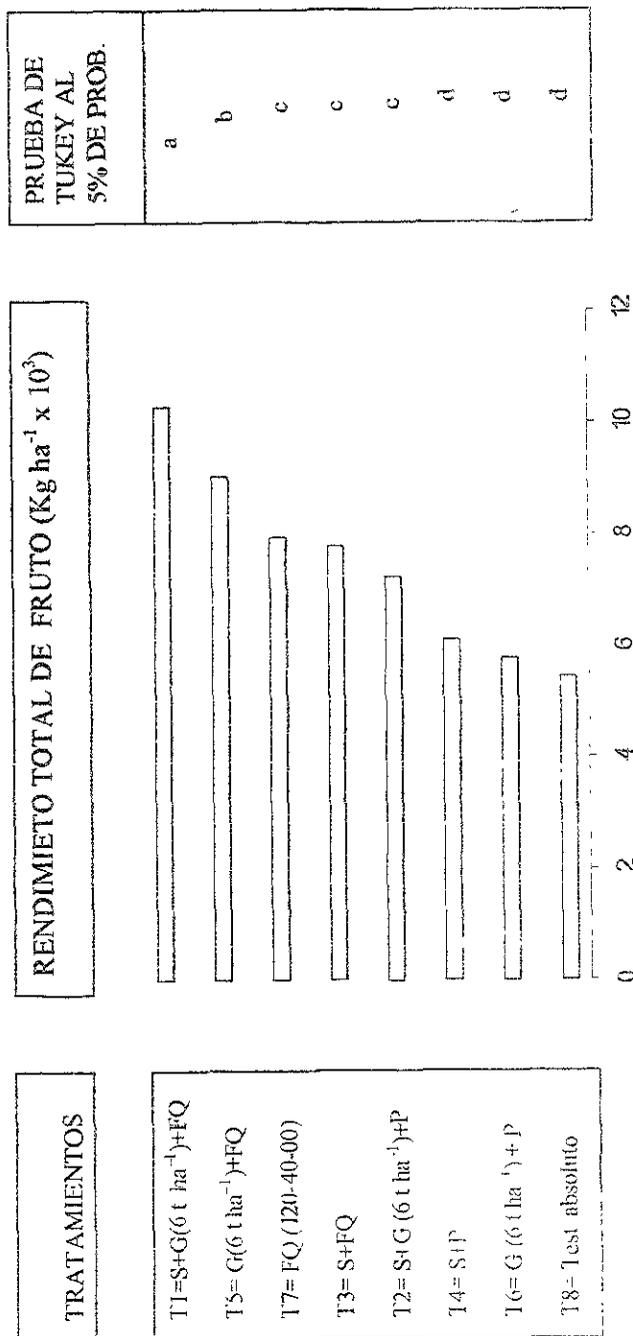


Figura 41 Efecto de la gallinaza, soya como abono verde y fertilización química sobre el rendimiento total de fruto de tomate de cáscara variedad "Rendidora"

significativamente superados por el resto de los tratamientos, indicando con ello, que cuando la soya y gallinaza son aplicadas al suelo como abonos, sin la adición de N químico, no incrementan significativamente los rendimientos.

Estos resultados muestran que la materia orgánica (Soya como abono verde y Gallinaza) en presencia de FQ contribuyen a mejorar la eficiencia de producción, al propiciar condiciones más favorables de absorción de nutrientes liberados por estos materiales de origen orgánico; además, la incorporación de materia orgánica mejora las propiedades físicas y químicas del suelo que pueden ser factores responsables de alta producción para ciclos siguientes.

9.4.4 Calidad del fruto

En la calidad del fruto se consideró su tamaño y sanidad del fruto en cada uno de los tratamientos estudiados, para determinar el efecto que tuvieron la soya como abono verde y la gallinaza sobre estas variables.

9.4.4.1 Tamaño grande

Los resultados obtenidos para esta variable, se muestran en la Figura 42, incluyendo la prueba de Tukey. El análisis de varianza (Cuadro 64 del Apéndice) mostró diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$).

Al analizar la Figura 42 se observa que la mayor producción de fruto grande se obtuvo en el tratamiento $T1 = S + G(6 \text{ t ha}^{-1}) + FQ$ con un promedio de $8\,397 \text{ kg ha}^{-1}$, seguido por el tratamiento $T5 = G(6 \text{ t ha}^{-1}) + FQ$. Al comparar los tratamientos T1 y T5 se aprecia el efecto positivo

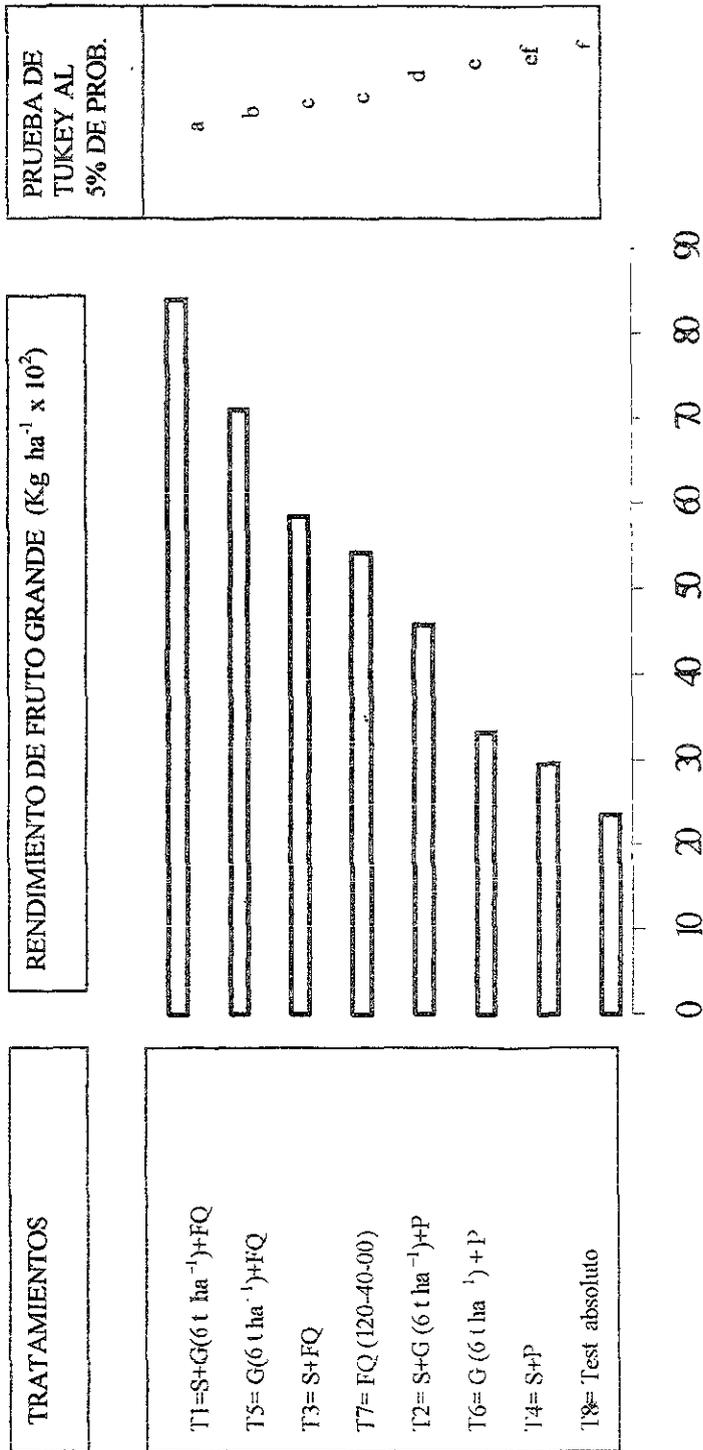


Figura 42. Rendimiento de fruto de tomate de cáscara clasificación grande en función de la aplicación de soja como abono verde, gallinaza y fertilización química.

de la S como abono verde sobre el rendimiento de fruto clasificación grande. El tercer grupo estadístico lo conformaron T3=S+FQ y T7=FQ(120-60-00). La comparación de estos tratamientos muestra el nulo efecto de la S como abono verde sobre el rendimiento de fruto en ausencia de G(6 t h⁻¹).

En orden decreciente, el siguiente lugar lo ocupó el tratamiento T2=S+G(6 t ha⁻¹)+P. La comparación de los tratamientos T2 y T1 manifiesta el efecto del N; el cual incrementó el rendimiento de fruto en 83%, constituyendo el elemento químico que mayor efecto produjo sobre el rendimiento. Asimismo, se puede observar el efecto positivo sobre el rendimiento al combinar G (6 t ha⁻¹)+S como abono verde (T2) al compararse con los rendimientos que únicamente recibieron G ó S como abono verde (T6 Y T4).

Valores inferiores a los anteriores, se obtuvieron en los tratamientos T6=G(6 t ha⁻¹)+P y T4=S+P. Estos rendimientos muestran el efecto nulo de G ó S en el rendimiento en ausencia de Nitrógeno. Finalmente, el rendimiento más bajo fue obtenido con el T12=Testigo absoluto

9.4.4.2 Rendimiento de fruto chico

Los rendimientos de fruto chico, se presentan en la Figura 43, incluyendo la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. El análisis de varianza (Cuadro 66 del Apéndice), detectó diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$).

Al analizar la Figura 43, se observa que los valores mayores en la cantidad de fruto chico se alcanzaron en los tratamientos T4=S+P y T8=Testigo absoluto. Es probable que este efecto sea debido a la ausencia de la incorporación de N, lo cual propicio la alta producción de

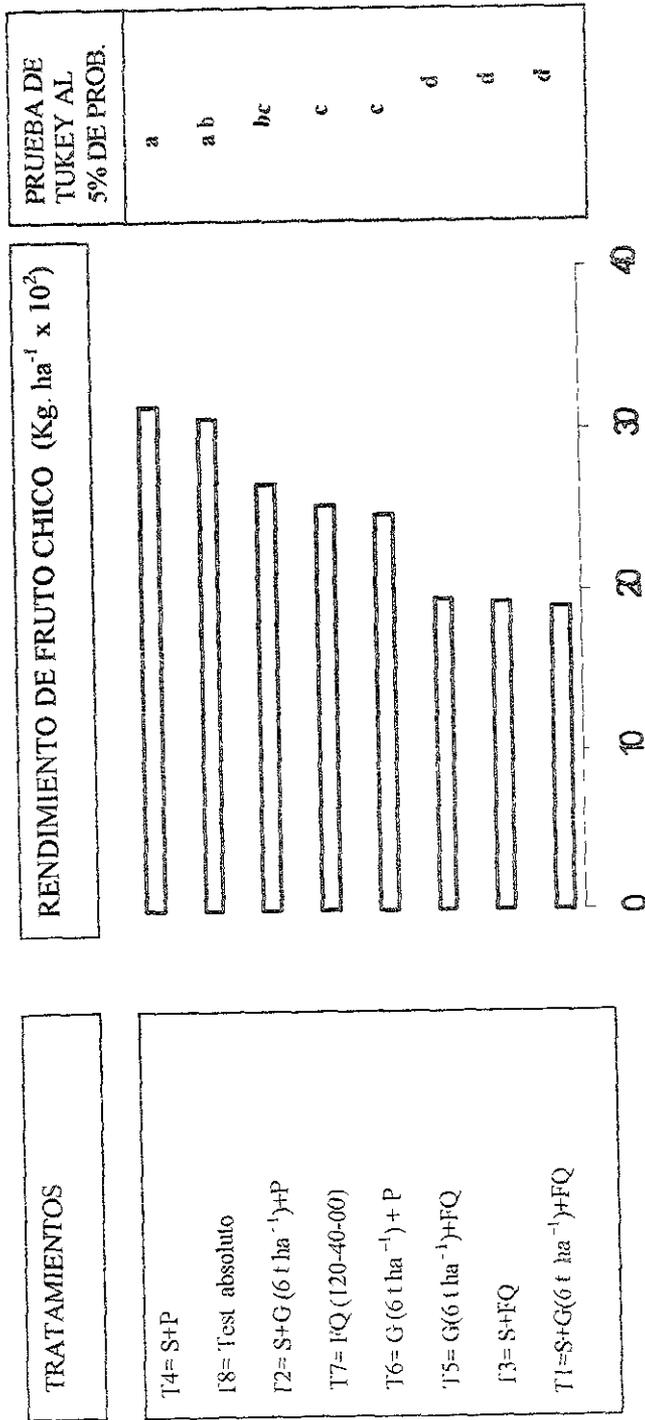


Figura 43. Rendimiento de fruto de tomate de cáscara clasificación chico en función de la aplicación de soya como abono verde, gallinaza y fertilización química.

fruto chico.

La segunda respuesta estadística la produjeron los tratamientos $T2=S+G(6 \text{ t ha}^{-1})+P$, $T7=FQ$ y $T6=G(6 \text{ t ha}^{-1})+P$, lo cual muestra que la $S+G(6 \text{ t ha}^{-1})+P$ y $G(6 \text{ t ha}^{-1})+P$ promovieron el mismo rendimiento que el obtenido con $FQ(120-60-00)$.

El menor rendimiento de fruto chico lo produjeron los tratamientos $T5=G(6 \text{ t ha}^{-1})+FQ$, $T3=S+FQ$ y $T1=S+G(6 \text{ t ha}^{-1})+FQ$. De lo anterior, se puede concluir que los abonos tienen un efecto negativo sobre esta clasificación de fruto en presencia de FQ , debido probablemente a la disponibilidad de micro y macronutrientes presente en los abonos y a los niveles adecuados de FQ que ocasionaron una mayor cantidad de fruto grande.

9.4.5. NMP de coliformes fecales en fruto de tomate de cáscara

El análisis de varianza al 5% de probabilidad no mostró diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 68 del Apéndice). La prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) indicó que la soya, G y FQ incorporados al momento del trasplante no tuvieron efecto sobre la sobrevivencia de coliformes fecales (Figura 44). Los resultados obtenidos probablemente se deben al corto tiempo de descomposición de la materia orgánica para la producción de amoníaco.

9.4.6 NMP de coliformes fecales después del tratamiento químico

Al analizar estadísticamente los coliformes fecales después del tratamiento químico, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 70 del Apéndice). La Figura 45 estableció que el

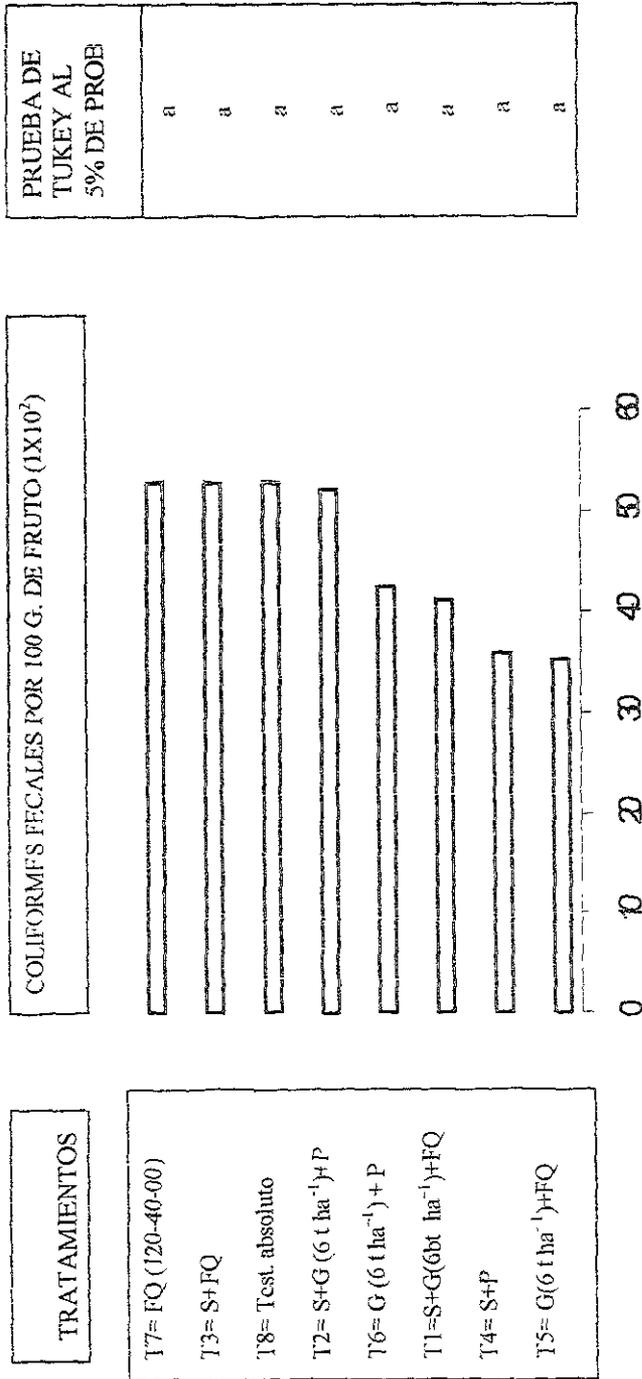


Figura 44. Efecto de la aplicación de la soya como abono verde, gallinaza y fertilización química sobre la sobrevivencia de coliformes fécales en fruto de tomate de cáscara variedad "Rendidora"

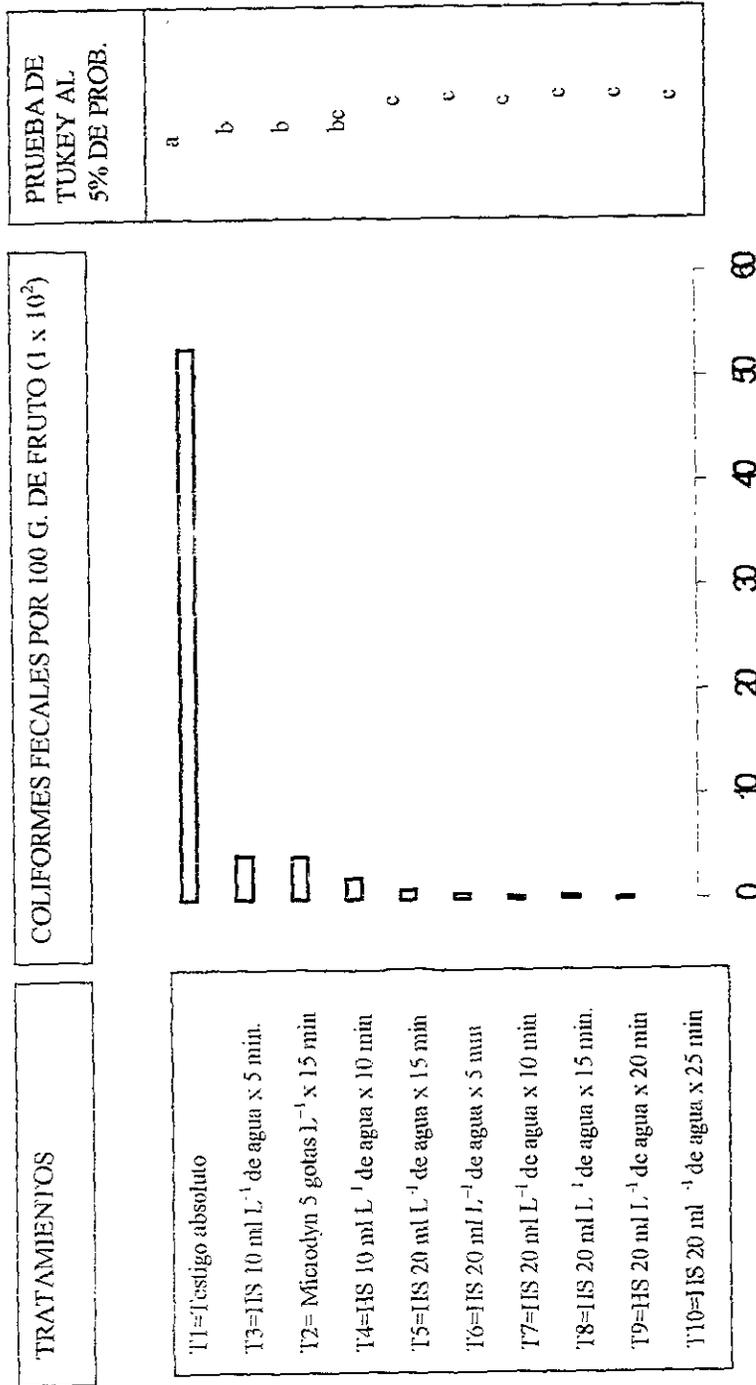


Figura 45. Efecto de la aplicación de hipoclorito de sodio en diferentes concentraciones y microdyn sobre la sobrevivencia de coliformes fecales en fruto de tomate de cáscara variedad "Rendidora"

tratamiento T1(testigo absoluto) fue el de mayor contaminación microbiana con 5280 coliformes fecales por 100 g de fruto. De los tratamientos químicos evaluados, los más eficientes en el control de la contaminación microbiana de esta hortaliza fueron: HS 20 ml L⁻¹ de agua por 20 y 25 minutos de inmersión (T9 y T10). A pesar de que fueron estadísticamente iguales (Tukey P≤0.05) a los tratamientos mencionados, los tratamientos HS 20 ml L⁻¹ de agua con exposiciones de 15, 10 y 5 minutos (T8, T7 y T 6), así como HS 10 ml L⁻¹ de agua con inmersiones de 10 y 15 minutos (T5 y T4) mostraron menor efecto sobre el control de coliformes fecales.

La evaluación del cloro residual en tomate de cáscara en el tratamiento de mayor concentración y tiempo de exposición (T10) indicó un valor inferior al 0.3 ppm. La Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos, recomienda que el cloro residual no debe exceder 1.0 ppm (Gordon *et al.*, 1990). Existe información científica que el efecto del cloro residual en concentraciones mayores a la establecida como límite tiene propiedades toxicológicas, sin embargo, cuando se utiliza en concentraciones recomendadas, sus efectos se vuelven de menor riesgo para la población (Bernard *et al.*, 1990).

9.5. Discusión general

El rendimiento más alto de bulbo de cebolla y fruto de tomate de cáscara se logró con los niveles de humedad de 60 y 80% de la humedad aprovechable en el suelo al momento de aplicar los riegos. Estos valores estuvieron correlacionados positivamente con valores altos crecimiento en términos de acumulación materia seca (g planta⁻¹) y TAC (g planta⁻¹ día⁻¹).

Por otra parte, fue posible observar que el estrés de humedad impuesta al cultivo de cebolla en los tratamientos de humedad al 0 y 20%, durante la primera fase experimental, redujeron los rendimientos en un 84.44 y 61.85 %, respectivamente, en relación al máximo rendimiento ($73\ 047\text{kg ha}^{-1}$) obtenido en el tratamiento T5, mientras que en el cultivo de tomate de cáscara para los mismo niveles de humedad el rendimiento de fruto se redujo en 61 y 43%, respectivamente, respecto al máximo rendimiento ($12\ 907\ \text{kg ha}^{-1}$) obtenido con el tratamiento T5, cuando el cultivo había consumido el 20% de la humedad aprovechable; antes de recibir los riegos. Estos resultados dan clara evidencia de que el agua es vital para la producción de estos dos cultivos hortícolas y su limitación es un factor desfavorable al crecimiento y desarrollo productivo.

La detección de niveles altos de coliformes fecales en agua, suelo, bulbo de cebolla y fruto de tomate de cáscara regados con aguas residuales, rebasaron las normas internacionales propuestas en Engelberg, Suiza. El nivel alto de contaminación microbiana, es debido a que los suelos son frecuentemente regados y expuestos a contaminación aún en periodos lluviosos, en virtud de que las gotas de lluvia dispersan partículas de suelo hacia el follaje y frutos, como fue observado por Geldreich (1970). La mayor efectividad en la eliminación de coliformes fecales se alcanzó con hipoclorito de sodio en la concentración de $20\ \text{mL L}^{-1}$ de agua x 15 minutos de exposición en bulbo de cebolla y $20\ \text{mL L}^{-1}$ de agua x 25 minutos de exposición. Esto puede atribuirse a la inactivación de enzimas de las bacterias coliformes por los iones cloro, como fue establecido por el Departamento de Sanidad de los Estados Unidos (1994).

El fruto de tomate de cáscara mostró mayor contaminación por coliformes fecales (9 400) por 100 g de fruto en comparación con bulbos de cebolla (2 442) por 100 g. Esto probablemente se atribuya a que en los meses en que se cultivó el tomate de cáscara (abril, mayo y junio), se presentó la mayor población de coliformes en el agua residual del río Apatlaco, ya que los escurrimientos en su mayor parte provienen del sector urbano aportando una mayor contaminación. Por otra parte, se ha sugerido también que el bulbo de cebolla contiene algunos compuestos antibacterianos que pudieran reducir dicha contaminación microbiana (Zohri *et al.*, 1995).

El bajo efecto de la soya como abono verde y gallinaza para la destrucción total de coliformes fecales y huevecillos de helminto puede deberse a que dichos productos requieren mayor tiempo de descomposición antes de haber sido usados para fomentar el desarrollo de organismos antagónicos a las bacterias coliformes, y a la formación de amoniaco (NH_3) suficiente para la eliminación de las mismas. Por otro lado, la ausencia de respuesta sobre el rendimiento de bulbo y tomate de cáscara cuando se combinó con la fertilización química completa, fue probablemente debido a que los abonos incorporados al suelo presentan bajos coeficientes de aprovechamiento nutrimental durante el primer ciclo de cultivo.

Es importante mencionar que de manera general los abonos pueden contribuir a mejorar la producción durante los ciclos de producción posteriores a su aplicación, al propiciar una fertilidad residual y provisión de condiciones más favorables para la asimilación de N, P, K, Fe, Zn y Mn. En el Estado de Morelos los suelos en que se producen los cultivos de cebolla y tomate de cáscara son de naturaleza calcarea pobres

en P y micronutrientos, por lo cual el uso de los abonos mencionados pueden representar una aportación substancial de nutrientes a los suelos e inducir una mayor producción y calidad de las hortalizas de la región; de esta manera, se puede planear y optimizar el uso de los recursos nutricionales de estos cultivos altamente exigentes en nutrientes esenciales.

Con estos estudios y de acuerdo a las hipótesis planteadas puede aseverarse lo siguiente:

Los estudios experimentales permitieron corroborar la hipótesis general, ya que fue posible generar prácticas agrícolas que contribuyen al manejo eficiente productivo y ambiental en los cultivos de cebolla y tomate de cáscara en la región agrícola del Estado de Morelos.

Por otra parte, es importante mencionar que los resultados experimentales permitieron obtener una relación funcional entre los rendimientos de los cultivos de cebolla, tomate de cáscara y niveles de humedad aprovechable en el suelo al momento de aplicar los riegos con aguas residuales. Asimismo, con estos resultados fue posible definir un programa de riegos para estos cultivos que son regados con aguas residuales en la zona productora del Estado de Morelos. Lo anterior permite señalar que la hipótesis particular a) no se rechaza.

Dada su alta variabilidad de los coliformes fecales en el primer experimento de cebolla se observaron tendencias a encontrar un mayor nivel poblacional de bacterias a mayor nivel de humedad. Sin embargo, en los frutos de tomate de cáscara se corroboró que el NMP de coliformes se incrementa a mayor humedad, por lo que la hipótesis b) no es rechazada.

En el bulbo de cebolla y fruto de tomate de cáscara se encontraron altas poblaciones de coliformes fecales y en menor grado huevecillos de helmintos, se considera que estos productos hortícolas representan un riesgo a la salud humana ya que rebasan las normas internacionales. Por lo tanto, la hipótesis c) no se rechaza.

El hipoclorito de sodio fue el más efectivo en la eliminación de coliformes fecales en bulbo de cebolla y fruto de tomate de cáscara, se concluye que, la hipótesis d) no es rechazada.

X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en la discusión de los resultados de la presente investigación se presentan las conclusiones siguientes:

Los resultados experimentales en las dos fases experimentales permitieron estudiar el efecto producido por diferentes niveles de humedad al momento del riego y el control de la contaminación microbiana mediante la incorporación al suelo de abonos con soya como abono verde, gallinaza e hipoclorito de sodio en bulbos de cebolla y fruto de tomate de cáscara.

La relación lineal existente entre los rendimientos de los cultivos hortícolas estudiados y la evapotranspiración de los cultivos indican que es posible mejorar substancialmente los rendimientos de bulbo de cebolla y tomate de cáscara mediante la aplicación de altos niveles de humedad (60 y 80%) al momento del riego por ciclo de cultivo. Estos resultados muestran la importancia de manejar los cultivos en base a niveles adecuados de humedad, de acuerdo con las diferentes unidades de suelo, para obtener rendimientos óptimos y al mismo tiempo optimizar el

uso del agua de riego.

Durante la primera fase experimental en ambos cultivos hortícolas los valores más altos de crecimiento y tasa absoluta de crecimiento se obtuvieron al regar los cultivos con los niveles de humedad más altos (60 y 80 %) Sin embargo, en la segunda fase experimental el factor que más influyó sobre estas variables estudiadas lo constituyó el nitrógeno y en menor grado los abonos incorporados al suelo.

En la primera fase experimental se cuantificaron niveles altos de contaminación por coliformes fecales en bulbos de cebolla y fruto de tomate regados con agua residual del río Apatlaco. Sin embargo, durante la segunda fase, se logró reducir al 100 % la contaminación microbiana por coliformes fecales con hipoclorito de sodio, sin poner en riesgo a la salud de la población, ya que la concentración de cloro residual fue sumamente inferior a los niveles críticos recomendados.

Aunque se detectaron aisladamente huevecillos de helmintos, éstos se encuentran en la parte superficial, pudiendo ser eliminados fácilmente por el lavado del bulbo de cebolla o fruto de tomate. Por lo tanto, para las condiciones del Estado de Morelos, empleando las metodologías estudiadas, es posible producir cebolla y tomate de cáscara con un riesgo menor que en aquellas áreas donde se produce esta hortaliza, en condiciones de riego con aguas residuales.

La mineralización y humificación de la materia orgánica manifestó un efecto positivo sobre el rendimiento de bulbo únicamente en ausencia de fertilización nitrogenada, ya que se incrementó en 47.8% en relación al testigo absoluto. Sin embargo, fue mayor el efecto de los abonos estudiados sobre el rendimiento de fruto de tomate de cáscara.

En el bulbo de cebolla y fruto de tomate de cáscara se encontraron altas poblaciones de coliformes fecales y en menor grado huevecillos de helmintos, se considera que estos productos hortícolas representan un riesgo a la salud humana ya que rebasan las normas internacionales. Por lo tanto, la hipótesis c) no se rechaza.

El hipoclorito de sodio fue el más efectivo en la eliminación de coliformes fecales en bulbo de cebolla y fruto de tomate de cáscara, se concluye que, la hipótesis d) no es rechazada.

X. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en la discusión de los resultados de la presente investigación se presentan las conclusiones siguientes:

Los resultados experimentales en las dos fases experimentales permitieron estudiar el efecto producido por diferentes niveles de humedad al momento del riego y el control de la contaminación microbiana mediante la incorporación al suelo de abonos con soya como abono verde, gallinaza e hipoclorito de sodio en bulbos de cebolla y fruto de tomate de cáscara.

La relación lineal existente entre los rendimientos de los cultivos hortícolas estudiados y la evapotranspiración de los cultivos indican que es posible mejorar substancialmente los rendimientos de bulbo de cebolla y tomate de cáscara mediante la aplicación de altos niveles de humedad (60 y 80%) al momento del riego por ciclo de cultivo. Estos resultados muestran la importancia de manejar los cultivos en base a niveles adecuados de humedad, de acuerdo con las diferentes unidades de suelo, para obtener rendimientos óptimos y al mismo tiempo optimizar el

uso del agua de riego.

Durante la primera fase experimental en ambos cultivos hortícolas los valores más altos de crecimiento y tasa absoluta de crecimiento se obtuvieron al regar los cultivos con los niveles de humedad más altos (60 y 80 %). Sin embargo, en la segunda fase experimental el factor que más influyó sobre estas variables estudiadas lo constituyó el nitrógeno y en menor grado los abonos incorporados al suelo.

En la primera fase experimental se cuantificaron niveles altos de contaminación por coliformes fecales en bulbos de cebolla y fruto de tomate regados con agua residual del río Apatlaco. Sin embargo, durante la segunda fase, se logró reducir al 100 % la contaminación microbiana por coliformes fecales con hipoclorito de sodio, sin poner en riesgo a la salud de la población, ya que la concentración de cloro residual fue sumamente inferior a los niveles críticos recomendados.

Aunque se detectaron aisladamente huevecillos de helmintos, éstos se encuentran en la parte superficial, pudiendo ser eliminados fácilmente por el lavado del bulbo de cebolla o fruto de tomate. Por lo tanto, para las condiciones del Estado de Morelos, empleando las metodologías estudiadas, es posible producir cebolla y tomate de cáscara con un riesgo menor que en aquellas áreas donde se produce esta hortaliza, en condiciones de riego con aguas residuales

La mineralización y humificación de la materia orgánica manifestó un efecto positivo sobre el rendimiento de bulbo únicamente en ausencia de fertilización nitrogenada, ya que se incrementó en 47.8% en relación al testigo absoluto. Sin embargo, fue mayor el efecto de los abonos estudiados sobre el rendimiento de fruto de tomate de cáscara.

La aprobación de las hipótesis planteadas sugieren que el presente trabajo respondió efectivamente a los intereses formulados de estudiar y reducir la contaminación microbiana en bulbo de cebolla y fruto de tomate de cáscara y es posible emplear ésta misma metodología a hortalizas regadas con aguas residuales de otras regiones del país.

De acuerdo a los resultados alcanzados en la presente investigación se sugieren las recomendaciones siguientes:

Para alcanzar máximos rendimientos es necesario establecer los cultivos de cebolla y tomate de cáscara de acuerdo a las fechas establecidas por INIFAP, regando los cultivos cuando se abata el 20 y 40% de la humedad aprovechable. El método de riego para el primer nivel mencionado puede aplicarse mediante el riego por goteo ya que el sistema facilita la aplicación de láminas pequeñas. Sin embargo, cuando se agota el 40% de la humedad aprovechable se recomienda el sistema por gravedad el cual permite la aplicación de láminas de mayor espesor

Con el objeto de mantener un mejor nivel de fertilidad y el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas de los vertisoles, se sugiere la incorporación de soya como abonos verdes, la cual debe ser incorporada al momento del inicio de la floración. La soya proporciona nutrimentos esenciales tales como N, P y S los cuales pueden ser aprovechados por las plantas durante el primer y ciclos subsecuentes.

Con el fin de realizar aplicaciones prácticas de la eliminación de coliformes fecales en bulbo de cebolla y tomate de cáscara se ha estimado que para desinfectar 70 t ha^{-1} se requieren 40 litros de hipoclorito de sodio lo que equivaldría un costo de \$240 00 por concepto del producto. Un tanque recomendable para una ha sería de 3 m^2

de base por 1.5 m de alto, lo que equivaldría a un volumen total de 4.5 m³.

Es importante realizar estudios en estos cultivos así como la evaluación y control de los microorganismos: *Streptococcus faecalis*, *Salmonella sp.*, *Shigella sp.* y quistes de amibas, presentes en las aguas residuales.

Es necesario continuar estudios de incorporación de niveles más altos de materia orgánicas en estos cultivos y en condiciones más controlables (invernadero) con el fin de destruir huevecillos de helmintos y considerar su estudio económico. Asimismo, es deseable la programación y estudio de lagunas de sedimentación para alcanzar las metas mencionadas.

También realizar estudios sobre la transferencia tecnológica de los conocimientos generados en la presente investigación, para valorar su aceptación entre los agricultores morelenses.

XI. LITERATURA CITADA

- Acevedo, E., T.C. Hsiao and D. W B Henderson. 1971. Immediate and subsequent growth response of maize leaves to changes in water status. *Plant Physiol.* 48:631-636.
- Adriance, R.G. and F.R. Brison. 1989. Propagation of horticultural plants. McGraw Hill Book Co. Inc, First Edition. Second impretion
- Ahmad, N. 1988. Management of vertisols in the humid tropics. Vertisols: their distribution, properties, classification and management. Wilding P. L. And Fuentes, R. (Comp.). Texas A & M University System and Soil Management Support Services.
- Aitken, I. 1974. Flowering time, climate and genotype Melbourne University Press. 193 p.
- Alexander, M 1994. Introducción a la microbiología del suelo 3a ed AGT. México. 491 p.
- APHA (American Public Health Association). 1989. Standard methods for examination of water and wastewater. 17th edition. Washington, D.C., U.S.A. pp: 458-462; 849-916.
- Armon, R., C.G. Doseretz and Y. Azox. 1993. Residual contamination of crops irrigated with effluentt of different qualities: a field study. Division of Environmental and Water Resources Engineering of Technology, Haifa , Israel. CAB abstracts.
- Awasthy, U.D. and S. Bhan. 1994. Physiological response of barley genotypes to nitrogen levels under moisture scarce condiction on light textured soils of central Uttar Pradesh. *Indian J. Plant Physiol.* 37 (1): 32-34.
- AWWA(American water works Association). 1968. El agua su calidad y tratamiento. Traducción al español por Jack M Verrey. Edit. UTEHA.
- Bartolo, E. M. 1994. Yield and growth response of onion to simulated storm damage. *Hortscience* 29: 1465- 1467.
- Batal, M.K., K. Bondari, D.M. Granberry and B.G. Mullinix. 1994. Effects of source, rate, and frequency of N application on yield, marketable grades and rot incidence of sweet onion (*Allium cepa* L. Cv. Granex-33). *Journal of Horticultural Science.* 69 (6) 1043-1051.

- Bernard, D. F., L. W. Condie, R. Merrill, M. Robinson, J.A. Stober, R.B. York, G. R. Olson and S. R. Wang. 1990. Comparative subchronic toxicity studies of three disinfectants. *Research and Technology. Journal American Water Works Association* 82. 61-69.
- Bertuzzi, P., L. Bruckler, D. Bay and A. Chanzy. 1994. Sampling strategies for soil water content to estimate evapotranspiration. *Irrig Sci.* 14:105-115.
- Blumenthal, U. J., M. Strauss., D D. Mara and S. Cairncross. 1989. Generalized model of the effect of different control measures in reducing health risks from waste reuse. *Wat. Sci. Technol.* 21, 567-577
- Borja, C. L. F., H. G. Hidalgo, E. F. Peiró y G.A. Herrero. 1995. Brotes epidémicos de transmisión hídrica. Su incidencia en las Comunidad Autónoma del País Vasco. 1990-1992. *Rev. Tecnología del Agua Año XV. Núm. 140*
- Boyer, J.S. 1982. Plant productivity and environment. *Science:* 443-448.
- Brewster, J.L. 1989. Physiology of the crop growth and building. In onion and allied crop. Vol. I. Ed. Rabinowith. CRC-Press. Boca Raton, Florida.
- Buol, S.W., F.D. Hole. McCracken 1990. Génesis y clasificación de suelos. Editorial Trillas. 417 p.
- Calderón, B.J.L. 1991. El programa de agua limpia y el manejo de aguas residuales. Memoria del Taller Agua y desarrollo Agrícola Sostenido. SARH-CNA, Cd. Obregón, Son., México.
- Cásseres, S.A. 1989. Producción de hortalizas. Editorial IICA. Tercera edición. San José, Costa Rica. pp. 238-259.
- Chavarría, M., G P. Rodríguez, L. P. García, M. R. López y P. C. Muñoz 1984. Evaluación del efecto del microdyn, elibac, nibac y trop-fen sobre huevos de céstodos. *Salud Pública de México* 26 (5).456-460
- Chudy, J.P. 1993. Evaluación de la calidad del agua en Ecuador Informe de campo. WAS. Núm. 390. Washington, D.C.

- CIFAP (Centro de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias) 1988. Guía para la asistencia técnica agrícola. Campo Agrícola Experimental de Zacatepec, Mor. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. pp: 122-125.
- Cifuentes, E., U. Blumenthal, Bennett S., and Peasey A. 1994. Escenario epidemiológico del uso agrícola del agua residual: Valle de Mezquital, México. Rev. Salud Pública de México. 36(1): 3-9
- CNA (Comisión Nacional del agua). 1993. Taller e identificación de helmintos. Gerencia de Calidad, Reuso del Agua e Impacto Ambiental. Gerencia de Calidad del Agua. México, D. F. 46 p.
- Cortés, M. E. J. 1989. Informe final del proyecto microbiológico del agua en la agricultura. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Costin, I. D., Voiculescu, D., and Gorcea, V. 1964. An outbreak of food poisonings in adults associated with *Escherichia coli* serotype 86: B₇H₃₄ Phthol. Microbiol. 27,68.
- Crook, J. 1991. Quality criteria for reclaimed water. Wat. Sci. Tech. 24(9): 109-121.
- Crow, W. T., E. A Guertal. and K. R. Rodríguez. 1995. The use of green manures for control of *Meloidogyne* (Root-Knot) nematodes in Alabama. Annual Meeting Southern Branch of American Society of Agronomy. Auburn University. January 30- february 10 New Orleans, Lousiana (In: Southern Branch Abstracts. p. 9)
- Cuenca A E. 1989. Crecimiento y rendimiento del genotipo tropical de maíz CP-561 en relación a la presión poblacional y aprovechamiento del nitrógeno bajo condiciones de humedad residual y riegos complementarios en la región central costera de Veracruz. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México.
- Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York. 1994. Manual de tratamiento de aguas residuales. 12^a. Ed. Limusa. México. 304 p
- De Santa, O. M., J:A:J: Valero y F.C. Cortes. 1994. Growth and production of onion crop (*Allium cepa* L) Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria. Universidad de Castilla. La Mancha. Albacete, España. CAB Abstracts.

- Doorenbos, J. and A. H. Kassan. 1979. Yield response to water. FAO. Irrigation and drainage paper. Rome, Italy.
- Echeverría E. y B. R. Ordóñez 1974. Investigación epidemiológica sobre contaminación de verduras en el Distrito Federal. Rev. Gastroent. 39(231).
- Edmond, J.B., T.L. Senn y F.S. Andrews. 1984. Principios de horticultura. Edit. CECSA. 574 p
- Edwards D.R., M.S. Coyne, P.F. Vendrell, T.C. Daniel, P.A Moore, and J.F. Murdoch. 1997. Fecal coliform and streptococcus concentrations in runoff from grazed pastures in northwest Arkansas Journal of American Water resources Association. 33 (2).
- Engels, C. and H. Marchner. 1995. Plant uptake and utilization of nitrogen. In Bacon, P.E. (edit.). Nitrogen fertilization in the environment. Marcel Dekker, Inc. New York. Pp.41-81
- Eno, C.F. 1955. The effect of anhydrous ammonia on nematodes, fungi, bacteria and nitrification on some florida soil. Soil Sci. Soc. Amer, Proc. 19: 55-58.
- Escalante, E, J. A. y Kohashi S. J. 1993. El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para toma de datos. Centro de Botánica, Colegio de Posgraduados. Montecillo, Edo de México.
- Escalante, E.J.A. 1992. Interacciones entre el nitrógeno y la densidad de siembra en el cultivo del girasol (*Helianthus annuus* L.) bajo suministro limitado de agua. Tesis de Doctor en Ciencias. Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos Universidad de Cordova, España
- Esrey, S.A., R.G. Feachem and J.M. Hughes. 1985. Interventions for the control of diarrhoea diseases among young children: Improving water supplies and excreta disposal facilities. Bulletin of the World Health Organization. 63:757-772.
- Faechen, R.G., Bradley D. J., Garelick H., and Duncan D. 1983 Sanitation and disease: health aspects of excreta and waste water management. World Bank. John Wiley Son.
- FAO-UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura). 1990. Mapa mundial de suelos. Carballas, T., Macías F., Díaz- F. F., Carballa M., y Fernández U. J. A. (trads.) Santiago de Compostela, España. pp 80-81.

- Fernández de C. D., H.A.H. Hernández y R.C. Suárez 1982 El medio ambiente en México Problemas y alternativas. Cap XII Contaminación de alimentos. Fondo de Cultura Económica
- Figueroa, R. F y Cerda, A.1995. Mejora de la trabajabilidad de los suelos arcillosos por la adición de materiales orgánicos. Manejo de suelos arcillosos para una agricultura sustentable. Segunda Reunión Nacional sobre Manejo de Suelos Arcillosos, Mérida, Yuc.
- Flores, R. D. 1997. Abonos orgánicos. Apuntes de fertilidad de suelos I. Maestría en Ciencias (Edafología). Facultad de Ciencias. Instituto de Geología. UNAM.
- Fontenot, J. P. and K. E. Webb. 1975. Health aspects of recycling animal waste by feeding. Journal of Animal Science. 40(6).
- Fobes, A. and Ayeh, E. 1980. Development an annual reading cicle in onion. Hortscience. 5(3) 418.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª. ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 217 p.
- Gassman, L. And J. Schwartzbrod. 1991. Wastewater and Giardia cysts. Wat. Sci. Technol. 24. 183-186.
- Geldreich, E.E. 1970. Applying bacteriological parameter to recreational water quality. JAWWA. 62 (2): 113-119.
- Gerba, P. CH., C. Wallis and J. L. Melnick. 1975. Fate of wastewater bacteria and viruses in soil. Journal of the irrigation and drainage division. 101 (IR3): 157-174.
- Gideon, O., Y. De Malach, Z. Hoofman and Y. Manor 1991. Effluent reuse by trickle irrigation. Water Science Technology 24: 103-108.
- Gordon, G. B., B. Sloopmaekers, S. Tachiyashiki and D. W. Wood. 1990. Minimizing chlorite ion and chlorate ion in water treated with chlorine dioxide. Research and Technology. Journal American Water Works Association 82: 160-165.
- Greenwood, D.J., J.J. Netson, A. Draycott, G. Wijnen and D.A. Stone. 1992. Measurement and simulation of the effects of N-fertilizers on growth, plant composition and distribution of soil mineral-N in nationwide onions experiments. Fertilizer Research 31: 305-318.

- Hanett, P. 1990. Taxonomy, evolution and history the genus *Allium* In: onion and Allied Crop. Vol. I. Ed. Rabinowitch, H.D. y Brewster, J.L. CRC-Press Inc. Boca Raton, Florida.
- Hassan, M.S. 1984. Effects of frequency of irrigation and fertilizer nitrogen on yield and quality of onions (*Allium cepa* L.) in the arid tropics of Sudan. *Acta Horticulturae*. 143, 341-346.
- Henriksen, K. 1987. Effect of N and P fertilization on yield and harvest time in bulb onions (*Allium cepa* L.). *Acta Horticulture*. 198: 207-215.
- Herrera, L. A. 1990. Contaminación en aire, agua y suelo en la Ciudad de México, en medio ambiente y desarrollo en México. V. 2, México. CIIH-UNAM-Purrúa.
- Hugh, B. J. W. and G.V. Skogerboe. 1980. Crop production functions and the allocation and use of irrigation water. *Agric. Water Manage.* 3. 53-64.
- Hunt, R. 1982. Plant grow curves. The functional approach to plant grow analysis. Edward Arnold. London, Great Britain. pp 143-144.
- Hunt, O.G., R.E. Peters, T.C. Sturgis and C.R. Lee. 1979. Reliability problems with indicator organisms for monitoring overland flow treated wastewater effluent. *J. Environmental Quality*. 8:301-304.
- International Society of Soil Science. 1994. World reference base for soil resource. *Draf. FAO. ISRIC. Rome, Italy.*
- IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). 1994. Situación de la contaminación del agua en el estado de Morelos. Coordinación de Tecnología Hidráulica Industrial. CNA. 47 p.
- Imtiyaz, M. And S. J. Singh. 1992. The effect of soil moisture stress on onion: evapotranspiration-yield relationship. *Proceedings of the International Agricultural Engineering Conference. Bangkok, Thailand. Asian Institute of Tecnology.* In. *Horticultural abstracts* 62. 1179-1180.
- Jaime, H. M. A. 1997. Efecto de la inoculación de *Physalis ixocarpa* Brot. (Tomate de cáscara) con hongos endomicorrizicos arbusculares en un suelo calcimagnésico del Estado de Morelos, bajo condiciones de invernadero y campo. Tesis de Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM

- Korriem, S.O., M.M.A. El Kolley and M.F. Wahba. 1994. Onion bulb production from "shandweel 1" sets as affected by soil moisture stress. Field Crops Institute, Agricultural Research Centre, Giza, Egypt. CAB abstracts.
- Lara, A. R. 1984. Las geohelminthiasis en México y perspectivas de su control. Salud Pública en México. 26: 573-578.
- Lomelí, V.G. 1996. Cambios antropogénicos de los vertisoles de la cuenca del Valle Arroyo. Ucum, Quintana Roo. Tesis de Maestría en Ciencias: Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México.
- Luján, F.M., M.J. Aldaba, M.H. Uribe, M.M. Berzoza, P.F. Quiñones P.F y L.R. Galván. 1986. Técnicas para la producción de cebolla en la región de Delicias, Chih. Folleto para productores No. 5 Campo Experimental Delicias. SARH-INIFAP Delicias, Chih.
- Macedma (Movimiento Ciudadano de Defensa de Medio Ambiente, A.C.) 1994. Boletín informativo de Macedma. 1(1). México.
- Maier, N. A., A.P. Dahlenburg and T.K. Twigden. 1990. Effect of nitrogen on the yield and quality of irrigated onions (*Allium cepa* L) cv. Cream Gold growth on siliceous sands. Aust. J. Exp. Agric. 30:845-851.
- Marín, G. M. 1989. Crecimiento y rendimiento del maíz CP-561 en relación a la presión de población, aprovechamiento del nitrógeno y balance hídrico bajo condiciones de temporal en la región central costera de Veracruz, Ver. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Posgraduados, Montecillo, Edo. de México.
- Martínez, G.A. 1995. Diseños experimentales Métodos y elementos de teoría. Edit. Trillas. 756 p.
- McKeeney. D.J., S.W. Wang, C.F. Drury and W.I. Findlay 1993 Denitrificación and mineralization in soil amended with legume, grass and corn residues. Soil Sci. Soc. Am. J. 57: 1013-1020.
- Mlejnková, H. And Z. Zaková. 1996. Use of microbiological and biological methods for monitoring the influence of diffuse pollution on reservoir's water quality. Wat Sci. Tech. 33(4-5): 341-347
- Moeller, Ch. G. y C. T. Ferat. 1991. Remoción de microorganismos por medio del tratamiento de las aguas residuales. Seminario Internacional Sobre El Uso Eficiente del Agua. pp. 650-655.

- Molz, F. J. 1981. Models of water transport in the soil-plant system. A review Water Res. 5: 1245-1260
- Mondal, F. M., J. L. Brewster, G. E. L. Morris and H.A. Butler. 1986. Bulb development in onion (*Allium cepa* L.) III. Effects of the size of adjacent plants, shading by neutral and leaf filters, irrigation and nitrogen regime and the relationship between the red: far-red spectral ratio in the canopy and leaf area index. Annals of Botany 58: 207-219.
- Moroto, B.J. 1983. Horticultura herbácea especial. Editorial Mundiprensa. Madrid, España. pp. 175-201.
- Muchow, R.C. and R. Davis. 1988. Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of maize and sorghum in a semiarid tropical environment. II. Radiation interception and biomass accumulation. Field Crops Research, 25: 165-278.
- Nevis, D. J. And R S. Loomis. 1970. Nitrogen nutrition and Photosynthesis in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Crop Science. 10. 21-25.
- Niedrum, S.B., A. Karioun, D.D. Mara, and S.W Mills. 1991. Appropriate wastewater treatment and reuse on Morocco-Boujad: a case study. Water Science Technology 9: 205-213.
- Olivares S. E. 1989. Paquete de diseños experimentales de la FAUANL. Versión 1.4. Facultad de Agronomía, UANL. Marín, N L.
- Ortíz, S. C.A. 1985. Los principales suelos de México. Serie de Apoyo Académico 13. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Edo. de México.
- Panicker, P V.R.C. and K.P. Krishamoorthi. 1981. Parasite egg and cyst reduction in oxidation ditches and aerated lagoons. Journal WPCP. 53(9) 1413-1419.
- Palacios, V.E. 1966. Cuánto, cuándo y cómo regar. Ingeniería hidráulica en México. 20(1).
- Palacios, V.E. 1987. Problemas relevantes en la producción agrícola de riego en México. Chapingo, México. 8 p.

- Palacios, V. E. y A.G. Exebio. 1989. Introducción a la teoría de la operación de distritos de riego. Centro de Hidrociencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México
- Palacios, V., E. y A. Martínez G. 1978. Respuesta de los cultivos a diferentes niveles de humedad del suelo: un enfoque metodológico de investigación. Colegio de Postgraduados. 149 p.
- Patel J.J. 1994. Effect of nitrogen and phosphorus levels and yield of onion (*Allium cepa* L.) cultivar Pusa Red. Regional Research Station, Gujarat Agricultural University, Sardar Krushinagar, India. CAB Abstracts.
- Pérez, M.J.M. 1977. Informe Anual del programa de Fitopatología. CAEZACA-CIAMEC-INIA.
- Pérez, Z. O. 1995. Evaluación de abonos verdes en un clima semiárido del Estado de Colima. Terra. 13 (3):347-359.
- Pérez, Z., O., O. López A., y M. Orozco S. 1995. Efecto de la incorporación de abonos verdes en la producción de melón en Colima. Terra 13 (3): 360-367.
- Pérez, G.M., F.S. Márquez., J.C. Sahagun y A. Peña. 1995. Mejoramiento genético de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot), selección y evaluación para concentración y precocidad de cosecha. Revista Chapingo-Serie Horticultura. 1(2): 119-124.
- Peña, F. 1996. Apropiaciones y usos del agua nuevas líneas de investigación Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Edo. de México.
- Pérez, M.J.M. 1977 Informe Anual del programa de Fitopatología. CAEZACA-CIAMEC-INIA.
- Pfülb, E. 1990. The importance of weighing lysimeter for studies on water consumption by vegetables Feuchgebiet Gemüsebau, F.A. Geisenheim, German Federal Republic. Gemüse 26 In. Horticultural Abstracts 60: p 423
- Pescond, M.B. 1992. Wastewater treatment and use in agriculture Roma: FAO. Irrigation and Drainage paper 47.

- Probert, M. E.; Fergus I.F. Bridge, D.; McGarry D.; Thompson C H ; Russell J.S.1987. The properties and Management of vertisols C*A*B Internacional Wallingford, UK.
- Rahn, C.R., M.A. Shepherd, R.W.P. Hiron, R. Hahndel and W Wichmann. 1996. The effect of water suply on the response of onions and calabrese to starter solutions. Horticultural Research International, Welesbourne, U.K. CAB Abstracts.
- Ramos, V.O.C. 1997. Tecnificación del riego en México Segundo Simposium Internacional de ferti-irrigación. Memoria técnica. Querétaro, Qro., Méx.
- Radford, J.P. 1967. Growth analysis formulae- Their use and abuse. *Crop Science*. 7 (3): 171-175.
- Riekels, J. W. 1972. The influence of nitrogen on the growth and maturity of onions grown on organic soil of Ontario. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 97, 37-40.
- Robles, R.S. 1963. Fisiología de la floración de la cebolla. In: Fisiología de la floración. Seminario del Centro de Genética del CP. Chapingo, México. Pp. 160-175.
- Rodríguez, Z.C., L. Oyer y B.R. Gontes. 1993. Determinación de *Vibrio cholera* y coliformes fecales en el cultivo de cebolla regado con aguas residuales. Primer Encuentro de Ciencia y Tecnología del Sector Agropecuario y Forestal del Estado de Morelos.
- Rojas, M.A.B. 1981. El riego en surcos. INIA-SARH Folleto 3151. México, D.F.
- Salisbury, F.B. y C. W. Ross. 1994. Fisiología vegetal. Ed. Iberoamericana, México. 759 p.
- SARH. 1976 Manual del Curso análisis de aguas y agua de desecho. Vol. III. Tercera edición.
- SARH-DGEA.1981. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. SARH-DGEA. México.
- Saray, M. C. R. y Loya R. J. 1977. El cultivo del tomate de cáscara en el estado Morelos. Circular 57. Campo Agrícola Experimental de Zacatepec, Mor CIAMEC-INIA-SARH.

- Sarmah, P. C., S.K. Katyal and A.S. Faroda. 1994. Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars to fertility level and plant population. Indian Journal of Agronomy 39(1):76-78.
- SAS Institute. 1988. SAS/STAT User's Guide. Release 6.03. edition, Cary, N.C. USA. 1028 p.
- Sathiyavelu, A., R. Panneerselvam L. And S. Purushothaman. 1994 Effect of nitrogen phosphorus and potassium on yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under rainfed condition. Indian Journal of Agronomy. 39 (3):499-500.
- Síntesis hortícola. 1989. Síntesis Hortícola de Enero. Ed Año 2000. p. 8.
- Smith, J.H. 1964. Relationships between soil cation-exchange capacity and the toxicity of ammonia to nitrification process. Soil Science Society of American Proceedings 28:640-644.
- Sparza, O., y A. M. González. 1997. El conflicto por la calidad y la distribución del agua en la cuenca del río Apatlaco, Morelos SEMARNAP. 1ª. Edición. 101 p.
- Steer, B.T. 1980. The bulbing response to day length and temperature of some Australian cultivars of onion (*Allium cepa* L.). Australian Jour. of Agric. Res. 31(3):511-518.
- Stevenson, J. F. 1994. Humus chemistry. 2nd ed. John Wiley & Sons. University of Illinois, U.S.A 496 p
- Soulsby, E.J.L. 1987. Parasitología y enfermedades parasitarias en los animales domésticos. Ed. Interamericana S.A. de C.V. 7a. Edición México, D.F.
- Thatcher, S. F. y D.S. Clark. 1973. Análisis microbiológico de los alimentos Acribia. Barcelona, España 271 p.
- Tebbut, T.H.Y. 1998. Fundamentos de control de calidad del agua. Departamento de Ingeniería, Universidad de Birmingham. Edit. Limusa, 5ª. Reimpresión.
- Tejeda, G. C. 1996. Tratamiento parcelario para el uso de las aguas residuales. Rev. Tlaloc, Núm. 7. Organó informativo de la Asociación Mexicana de Hidráulica.

- Turk, A., J. Turk y J.T. Wittes. 1997. Ecología – Contaminación del medio ambiente. Edit. Interamericana. México, D.F. 227 p.
- Turrent, F.A. 1995. Tecnologías para el desarrollo del campo Mexicano. Manejo de suelos arcillosos para una agricultura sustentable. Segunda reunión nacional sobre manejo de suelos arcillosos. Mérida, Yuc., Méx.
- Uribe M.H.R., G.G. Alcantar, J.L.T. Tirado, A. Aguilar y V.M. Sandoval. 1995. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la concentración de compuestos nitrogenados y producción de materia seca en cebolla. *Terra* 13 (1): 49-59.
- Vaechhni, M.V., and Z.G. Patel. 1996. Groth and yield of onion (*Allium cepa* L.) as influenced by levels of nitrogen, phosphorus and potash under south Guajarat conditions. College of Agricultural University, Navsari, India. CAB Abstracts.
- Vaz da Costa, V.M.S., D.D. Mara and L. C. L. Vargas. 1991. Residual faecal contamination on effluent irrigated lettuces. *Water Science Technology* 24: 89-94.
- Volke, H.V. y J.D.B. Etcheverts. 1994. Recomendaciones de fertilización para cultivos necesidades y perspectivas de una mayor precisión. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados. Montecillo Edo. de México.
- Walker, E. 1979. Algunas relaciones no-lineales, su aplicación en la investigación. CAE Laguna. CIAN-INIA-SARH.
- Wiedefeld, R P. 1986. Rate, timing, and slow-release nitrogen fertilizer on cabbage and onions. *Hortscience*. 91-116.
- WHF (Western Fertilizer Handbook). 1975. California Fertilizazion Association, Sacramento, California, USA.
- WHO (World Health Organization). 1989. Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture. WHO Technical Report Series 778, Geneva, Switzerland.
- Yágadin, B., A. Peterburgski, J. Asárov, V. Diomin, Pleshkov and N Reshénikova. 1986. *Agroquímica II*. Edit. Mir. Moscú.

- Zavaleta, M. E. 1985. Las bacterias como agentes de control biológico de nemátodos fitopatógenos. Fitonematología avanzada I. Marban M., N y I. Thomason J. (comps.) . Colegio de Postgraduados pp 195-214.
- Zinzer 1987. Microbiología Editorial Médica - Panamericana. 270 p.
- Zohri A. N., K. G. Abdel and S. Saber. 1995. Antibacterial, antidermatophytic and antitoxigenic activities of onion (*Allium cepa* L.) oil. Botany Department, Faculty of Science, Assuit University, Assiut, Egypt. CAB Abstracts.

XI APENDICE

Cuadro 1. Variables climáticas registradas en la estación climatológica del Campo Agrícola Experimental de Zacatepec, Mor. durante el primer experimento de cebolla. Noviembre, 1995

Día	Temperatura (°C) Máx.	Mín	Evaporación (mm)	Precipitación (mm)
1	31	18	4.46	0.0
2	33	15	4.77	0.0
3	33	15	6.61	0.0
4	33	15	5.97	4.4
5	32	14	5.12	0.0
6	33	14	4.73	0.0
7	33	13	4.62	0.0
8	33	18	5.08	10.9
9	33	17	4.27	0.0
10	32	13	3.86	0.0
11	32	14	4.38	0.0
12	31	13	4.51	0.0
13	31	12	4.26	0.0
14	33	13	4.48	0.0
15	32	11	5.03	0.0
16	34	17	5.68	0.0
17	31	16	4.73	0.0
18	32	15	3.50	0.0
19	32	15	2.99	13.4
20	33	14	1.39	0.0
21	26	15	2.68	0.0
22	27	14	3.64	11.1
23	28	10	2.97	0.0
24	30	14	4.75	0.0
25	30	9	4.06	0.0
26	29	6	3.57	0.0
27	28	5	3.75	0.0
28	30	7	2.52	0.0
29	30	7	3.85	0.0
30	31	8	2.80	0.0

Cuadro 2. Variables climáticas registradas en la estación climatológica del Campo Agrícola Experimental de Zacatepec, Mor. durante el primer experimento de cebolla. Diciembre, 1995.

Día	Temperatura (°C) Máx.	Mín.	Evaporación (mm)	Precipitación (mm)
1	31	8	4.46	0.0
2	30	9	3.67	0.0
3	32	10	3.30	0.0
4	32	9	4.16	0.0
5	33	8	3.87	0.0
6	32	6	4.64	0.0
7	34	6	4.57	0.0
8	31	9	3.16	0.0
9	30	9	3.56	0.0
10	29	12	4.73	0.0
11	30	10	2.74	0.0
12	28	9	3.39	0.0
13	30	11	2.94	0.0
14	29	9	3.14	0.0
15	30	9	4.12	0.0
16	30	10	4.22	0.0
17	30	9	4.09	0.0
18	31	9	4.52	0.0
19	31	8	4.24	0.0
20	29	7	3.38	0.0
21	31	11	3.90	0.0
22	29	9	2.56	0.0
23	28	11	3.54	0.0
24	31	9	3.7	0.0
25	30	9	2.77	0.0
26	28	9	0.18	16.0
27	27	12	2.98	2.9
28	27	9	3.04	0.0
29	27	9	3.25	0.0
30	25	11	0.20	0.0
31	15	10	3.26	7.5

Cuadro 3. Variables climáticas registradas en la estación climatológica del Campo Agrícola Experimental de Zacatepec, Mor. durante el primer experimento de cebolla. Enero, 1996.

Día	Temperatura (°C) Máx.	Mín.	Evaporación (mm)	Precipitación (mm)
1	25	6	1.29	0.0
2	25	5	2.07	0.0
3	25	5	2.20	0.0
4	24	6	2.97	0.0
5	29	6	3.20	0.0
6	30	6	3.35	0.0
7	30	6	3.55	0.0
8	29	8	3.39	0.0
9	28	6	2.78	0.0
10	28	4	3.30	0.0
11	30	5	3.19	0.0
12	30	7	3.58	0.0
13	29	4	3.42	0.0
14	28	2	3.23	0.0
15	30	4	3.44	0.0
16	30	5	3.35	0.0
17	30	6	4.17	0.0
18	30	4	3.48	0.0
19	29	6	3.84	0.0
20	30	6	3.79	0.0
21	30	7	3.45	0.0
22	30	6	3.79	0.0
23	31	5	3.41	0.0
24	31	6	4.62	0.0
25	33	6	5.33	0.0
26	32	7	4.71	0.0
27	30	7	5.58	0.0
28	33	8	3.72	0.0
29	30	8	4.12	0.0
30	32	9	4.70	0.0
31	32	11	5.01	0.0

Cuadro 4. Variables climáticas registradas en la estación climatológica del Campo Agrícola Experimental de Zacatepec, Mor. durante el primer experimento de cebolla. Febrero, 1996.

Día	Temperatura (°C) Máx.	Mín.	Evaporación (mm)	Precipitación (mm)
1	34	11	5.17	0.0
2	31	6	5.14	0.0
3	30	6	4.53	0.0
4	30	6	6.46	0.0
5	29	8	6.18	0.0
6	27	7	5.96	0.0
7	30	5	4.66	0.0
8	30	6	4.88	0.0
9	31	10	4.50	0.0
10	30	12	3.93	0.0
11	31	8	4.19	0.0
12	31	15	6.40	0.0
13	31	12	5.20	0.0
14	29	11	5.30	0.0
15	33	10	5.25	0.0
16	34	13	7.04	0.0
17	36	15	7.57	0.0
18	34	12	8.17	0.0
19	34	10	5.69	0.0
20	34	10	4.73	0.0
21	35	12	6.63	0.0
22	36	8	5.90	0.0
23	35	9	6.00	0.0
24	34	11	6.90	0.0
25	35	12	3.80	0.0
26	35	9	6.06	0.0
27	35	12	5.40	0.0
28	33	9	6.50	0.0
29	33	11	6.70	0.0

Cuadro 5. Valores observados de materia seca de bulbo de cebolla (g planta^{-1}) y los estimados de acuerdo al modelo de Weibull, durante la primera fase experimental.

Días después del Trasplante	Tratamiento (HA)									
	0%		20%		40%		60%		80%	
	OBS.	EST.	OBS.	EST.	OBS.	EST.	OBS.	EST.	OBS.	EST.
1	0.06	0.000	0.05	0.000	0.05	0.000	0.05	0.000	0.05	0.000
12	0.10	0.000	0.11	0.000	0.14	0.000	0.15	0.000	0.27	0.000
24	0.40	0.001	0.38	0.000	0.52	0.000	0.60	0.001	0.61	0.001
36	0.41	0.013	0.48	0.000	0.55	0.002	0.61	0.019	0.78	0.018
48	0.56	0.111	0.86	0.007	1.07	0.038	1.20	0.170	1.60	0.169
36	0.98	0.593	1.05	0.116	1.26	0.345	1.41	0.899	1.65	0.951
72	2.47	2.268	2.77	1.123	3.52	2.063	3.35	3.434	4.70	3.792
84	5.95	6.566	6.07	6.930	7.21	8.583	8.51	10.035	8.75	11.391
96	14.67	14.186	22.92	22.504	23.60	22.830	24.07	22.306	27.80	25.360
108	21.60	21.869	27.16	29.707	32.82	33.605	35.02	36.172	38.13	39.725
120	25.07	24.980	32.14	29.770	35.18	34.688	43.63	43.241	46.02	45.412

Cuadro 6. Valores de TAC obtenidos en el primer experimento de cebolla al derivar el modelo de Weibull para cada uno de los tratamientos.

Días después del trasplante	Tratamiento (HA)				
	T1=0 %	T 2= 20%	T3=40%	T4=60%	T5=80%
1 0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10.0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20.0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
25.0	0.0002	0.0000	0.0000	0.0004	0.0003
30.0	0.0008	0.0000	0.0001	0.0012	0.0011
35.0	0.0022	0.0000	0.0005	0.0034	0.0032
40 0	0.0053	0.0002	0.0015	0.0081	0.0052
42 5	0.0080	0.0004	0.0020	0.0121	0.0121
45.0	0.0115	0.0009	0.0044	0.0170	0.0177
47.5	0.0163	0.0016	0.0070	0.0240	0.0255
50.0	0.0228	0.0029	0.0110	0.0345	0.0361
52.5	0.0313	0.0050	0.1730	0.0476	0.0512
55.0	0.0420	0.0089	0.0263	0.0639	0.0684
57.5	0.0570	0.0149	0.0390	0.0853	0.0920
60.0	0.0738	0.0240	0.0569	0.1114	0.1218
62.5	0.0956	0.0387	0.0770	0.1448	0.1593
65.0	0.1220	0.0606	0.1153	0.1847	0.2056
67.5	0.1543	0.0931	0.1596	0.2340	0.2618
70.0	0.1920	0.1400	0.2181	0.2907	0.3289
72.5	0.2362	0.2067	0.2930	0.3590	0.4081
75.0	0.2864	0.2988	0.3864	0.4362	0.4997
77.5	0.3423	0.4220	0.5000	0.5239	0.6025
80.0	0.4030	0.5800	0.6336	0.6194	0.7153
82.5	0.4367	0.7733	0.7838	0.7950	0.8360
85.0	0.5310	0.9910	0.9432	0.8300	0.9586
87 5	0.5923	1.2098	1.0980	0.9357	1.0781
90.0	0.6463	1.3884	1.2313	1.0352	1.1845
92.5	0.6883	1.4718	1.3182	1.1207	1.2705
95.0	0.7134	1.4086	1.3350	1.1866	1.3245
97.5	0.7168	1.1816	1.2674	1.2230	1.3376
100.0	0.6965	0.8348	1.1103	1.2221	1.3038
102.5	0.6507	0.4730	0.8840	1.1807	1.2200
105.0	0.5820	0.2023	0.6278	1.1021	1.0906
107.5	0.4960	0.0600	0.3890	0.9840	0.9256
110.0	0.3997	0.0113	0.2039	0.8906	0.7417
112.5	0.2964	0.0010	0.0872	0.6797	0.5551
115.0	0.2113	0.0000	0.0300	0.4805	0.3859
117.5	0.1410	0.0000	0.0084	0.3712	0.2465
120.0	0.0837	0.0000	0.0014	0.2462	0.1437

Cuadro 7. Rendimiento total de bulbo de cebolla obtenido en cada uno de los tratamientos, durante la primera fase experimental.

Tratamiento HA (%)	Repetición				Media
	I	II	III	IV	
	-----kg ha ⁻¹ -----				
0	43800	42301	36667	38064	40 208
20	47841	46053	41953	47433	45 820
40	64667	59067	59230	59000	60 491
60	75069	72313	65366	68732	70 370
80	75400	75761	66867	66867	73 047

Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable rendimiento total de bulbo.

FV	GL	SC	CM	FC	FT(0.05)
Tratamiento	4	3 402 162 176	850 540 544	241 385	4 51
Bloques	3	143 028 224	47 776 076	13.530	
Error	12	42 283 008	3 523 584		
Total	19	3 587 473 408			

C.V.=3.23

Cuadro 9. Rendimiento de bulbo de cebolla clasificación "grande" obtenido en cada uno de los tratamientos, durante la primera fase experimental

Tratamiento HA (%)	Repetición				Media
	I	II	III	IV	
	-----kg ha ⁻¹ -----				
0	35529	34000	30677	30486	32673
20	44727	41094	36654	43601	41519
40	62710	56133	56503	56004	57850
60	69601	66993	63649	65933	66544
80	69366	72500	61692	69902	68365

Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable rendimiento de bulbo de cebolla clasificación "grande"

FV	GL	SC	CM	FC	FT(0.05)
Tratamiento	4	3 949 137 920	987 284 480	105 826	4 5
Bloques	3	87 941 120	29 313 706	3 142	
Error	12	111 951 872	9 329 323		
Total	19	4 149 030 912			

C.V =5.72

Cuadro 11. Rendimiento de bulbo de cebolla clasificación "mediana" obtenido en cada uno de los tratamientos, durante la primera fase experimental.

Tratamiento HA (%)	Repetición				Media
	I	II	III	IV	
	-----kg ha ⁻¹ -----				
0	6738	6991	4600	6303	6158
20	2644	4559	4719	3198	3780
40	1574	2467	2494	2329	2216
60	4902	4660	1025	2145	3183
80	5675	2995	4239	3851	4190

Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable rendimiento de bulbo de cebolla clasificación "mediana".

FV	GL	SC	CM	FC	FT(0.05)
Tratamiento	4	34 187 488	8 546 872	5.611	4.51
Bloques	3	3 504 192	1 168 064	0.767	
Error	12	18 278 912	1 523242		
Total	19	55 970 592			

C.V.=31.6%

Cuadro 13 Rendimiento de bulbo de cebolla clasificación "chica" obtenido en cada uno de los tratamientos, durante la primera fase experimental.

Tratamiento HA (%)	Repetición				Media
	I	II	III	IV	
	-----kg ha ⁻¹ -----				
0	1533	1300	1400	1275	1377
20	470	400	580	634	521
40	333	467	233	667	425
60	566	660	692	654	643
80	327	306	936	399	492

Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable rendimiento de bulbo de cebolla clasificación "chica".

FV	GL	SC	CM	FC	FT(0.05)
Tratamiento	4	2 448 621	612 155.25	18.84	4 51
Bloques	3	66 799	22 266.33	0.68	
Error	12	389 893	32 491.08		
Total	19	2 905 313			

C.V. = 26 06%

Cuadro. 15. Estimación del requerimiento de riego acumulado del cultivo de cebolla durante la primera fase experimental.

Núm. de riego	Fecha de riego	Lámina de riego aplicado (mm)	Precipitación observada (mm)	Precipitación efectiva (mm)	Requerimiento de riego (mm)	Requerimiento de riego acum. (mm)
1	1° IX 96	73.9	15.3	9.8	64.1	64.10
2	14 IX 96	64.4	24.5	11.0	42.4	106.50
3	1° XII 96	67.4	0.0	0.0	67.6	174.10
4	13 XII 96	66.0	18.9	14.4	66.3	226.63
5	27 XII 96	66.3	7.5	0.0	66.5	292.60
6	15 I 97	67.7	0.0	0.0	67.7	360.30
7	31 I 97	67.7	0.0	0.0	66.6	428.00
8	14 II 97	66.0	0.0	0.0	66.6	494.60
Σ		540.8	66.2	46.2	494.6	

Cuadro 16. NMP de coliformes fecales antes de un riego obtenido en el primer experimento de cebolla.

Tratamiento HA (%)	Repetición				Media
	I	II	III	IV	
	-----NMP g ⁻¹ de suelo-----				
0	9000	2000	2300	6000	4825
20	8000	2000	2000	7000	4750
40	76000	22000	6000	4000	27750
60	33000	6000	33000	6000	19500
80	240000	17000	17000	4000	69500

Cuadro 17. Análisis de varianza para la variable NMP de coliformes fecales antes de un riego.

FV	GL	SC	CM	FC	FT(0.05)
Tratamiento	4	11 339 216 896	2 834 804 224	1.23	4.51
Bloques	3	15 819 014 144	5 273 004 544	2.29	
Error	12	27 543 660 544	2 295 304 960		
Total	19	54 701 891 584			

C V =189.62%

Cuadro 18. NMP de coliformes fecales después de un riego obtenido en el primer experimento de cebolla.

Tratamiento HA (%)	Repetición				Media
	I	II	III	IV	
	-----NMP g ⁻¹ de suelo-----				
0	9000	2000	2000	46000	14750
20	22000	21000	14000	12000	17750
40	46000	46000	4000	4000	25000
60	6000	31000	7000	221000	66250
80	278000	24000	17000	9000	82000

Cuadro 19. Análisis de varianza para la variable NMP de coliformes fecales.

FV	GL	SC	CM	FC	FT(0.05)
Tratamiento	4	15 310 698 496	3 827 674 624	0.6210	4.51
Bloques	3	12 877 346 816	4 292 449 024	0.6964	
Error	12	73 960 906 752	6 163 408 896		
Total	19	102 148 950 016			

C.V.=191.24%

Cuadro 20 NMP de coliformes fecales al momento de la cosecha en cada uno de los tratamientos, durante la primera fase experimental.

Tratamiento HA (%)	Repetición				Media
	I	II	III	IV	
	-----NMP g ⁻¹ de suelo-----				
0	17000	200	700	900	4700
20	13000	14000	2300	17000	7750
40	33000	6000	33000	6000	19500
60	24000	17000	17000	4000	15550
80	24000	30000	22000	14000	22500

Cuadro 21. Análisis de varianza para la variable NMP de coliformes fecales en suelo al momento de la cosecha

FV	GL	SC	CM	FC	FT(0.05)
Tratamiento	4	921 208 064	230 302 016	4.03	4.51
Bloques	3	719 478 016	239 826 000	4.20	
Error	12	684 430 592	57 035 884		
Total	19				

C V = 53.98%

Cuadro 22. NMP de coliformes fecales por 100 g de bulbo de cebolla en el primer experimento.

Tratamiento HA(%)	Repetición				Media
	I	II	III	IV	
-----Coliformes fecales-----					
0	300	700	40	210	312
20	230	700	700	90	380
40	230	300	340	500	342
60	600	260	600	500	490
80	170	9000	300	300	2442

Cuadro 23. Análisis de varianza para la variable NMP de coliformes fecales en bulbo de cebolla.

FV	GL	SC	CM	FC	FT(0.05)
Tratamiento	4	13 668 231	3 417 057.75	0.914	4 51
Bloques	3	13 045 335	4 348 445.00	1 162	
Error	12	44 875 284	3 739 607 00		
Total	19	71 588 851			

C.V =243 70%

Cuadro 24. Variables climáticas registradas en la estación climatológica del Campo Agrícola Experimental de Zacatepec, Mor durante el primer experimento de tomate de cáscara. Abril, 1996

Día	Temperatura (°C) Máx.	Min	Evaporación (mm)	Precipitación (mm)
1	38	15	7.26	0.0
2	36	17	8.04	0.0
3	35	12	9.41	0.0
4	37	11	10.36	0.0
5	37	13	9.92	0.0
6	37	12	8.23	0.0
7	34	13	8.14	0.0
8	33	12	7.68	0.0
9	32	11	6.45	0.0
10	35	12	8.31	0.0
11	35	12	9.14	0.0
12	35	13	10.5	0.0
13	36	13	10.70	0.0
14	38	13	9.14	0.0
15	39	12	10.16	0.0
16	40	19	8.55	0.0
17	34	17	7.93	0.0
18	38	15	9.98	0.0
19	38	17	9.77	0.0
20	37	16	9.46	0.0
21	37	16	8.90	0.0
22	37	14	9.45	0.0
23	35	20	7.63	0.0
24	36	18	7.88	0.0
25	36	16	9.87	1.2
26	34	15	6.03	1.1
27	37	16	5.42	0.0
28	34	15	7.41	0.0
29	36	15	9.04	0.0
30	37	19	8.45	0.0

Cuadro 25. Variables climáticas registradas en la estación climatológica del Campo Agrícola Exp. de Zacatepec, Mor. Durante el primer experimento de tomate de cáscara. Mayo, 1996.

Día	Temperatura (°C) Máx.	Min	Evaporación (mm)	Precipitación (mm)
1	37	18	9.06	0.0
2	38	19	7.57	0.0
3	35	12	5.89	0.0
4	39	15	7.89	0.0
5	39	19	8.82	0.0
6	38	20	10.86	0.0
7	36	17	6.16	9.1
8	34	17	7.45	1.2
9	35	20	6.26	0.0
10	35	17	7.41	1.2
11	36	19	9.55	0.0
12	37	24	10.55	0.0
13	37	22	7.15	0.2
14	34	18	6.68	7.1
15	34	17	6.92	0.0
16	35	17	7.37	0.0
17	34	16	6.77	2.5
18	33	17	6.38	3.9
19	33	17	6.81	0.0
20	35	18	7.26	0.0
21	37	19	8.35	0.0
22	36	19	7.99	0.0
23	37	17	9.21	0.0
24	36	20	9.34	2.9
25	37	21	6.23	0.0
26	35	20	8.24	0.0
27	35	20	9.71	0.0
28	37	14	9.13	0.0
29	37	20	3.89	5.7
30	34	21	6.08	0.0
31	37	17	14.92	32.9

Cuadro 26. Variables climáticas registradas en la estación climatológica del Campo Agrícola Experimental de Zacatepec, Mor., durante el primer experimento de tomate de cáscara. Junio, 1996

Día	Temperatura (°C)		Evaporación (mm)	Precipitación (mm)
	Máx.	Mín.		
1	32	17	8.48	0.0
2	33	17	8.86	12.60
3	33	17	6.97	15.2
4	33	19	5.5	0.4
5	32	19	6.43	0.0
6	33	18	5.75	13.8
7	30	20	8.75	0.0
8	32	18	5.26	31.17
9	30	19	6.30	3.40
10	30	19	5.36	0.0
11	31	18	3.97	12.6
12	31	19	6.50	0.2
13	31	17	4.55	0.0
14	32	18	7.74	0.9
15	31	17	3.91	23.5
16	31	19	4.70	1.8
17	31	18	4.89	15.4
18	30	19	9.70	0.3
19	31	18	4.37	0.0
20	29	17	8.90	4.8
21	30	18	4.66	0.0
22	29	19	4.14	0.0
23	29	19	3.29	0.4
24	28	18	6.61	0.0

Cuadro 27. Valores observados de materia seca de tomate de cáscara (g planta⁻¹) y los estimados de acuerdo al modelo de Weibull, durante la primera fase experimental.

Días después del trasplante	Tratamiento (HA)									
	0%		20%		40%		60%		80%	
	OBS.	EST.	OBS.	EST.	OBS.	EST.	OBS.	EST.	OBS.	EST.
1	0.11	0.000	0.12	0.001	0.12	0.000	0.11	0.000	0.12	0.003
12	0.30	0.644	0.50	0.734	0.70	0.402	0.87	0.674	0.90	1.321
24	1.05	3.714	2.70	4.204	3.10	3.376	3.70	4.811	5.00	7.619
36	10.70	9.969	12.71	11.391	13.27	11.306	16.62	14.666	22.22	19.596
48	20.35	19.153	22.73	22.390	23.45	25.211	29.55	30.771	39.45	36.225
60	30.40	30.111	35.40	36.474	43.80	43.649	51.30	51.392	59.40	55.611
72	39.60	41.179	52.90	52.251	63.50	62.649	73.50	72.951	78.20	74.856
84	61.50	50.798	67.90	68.018	78.20	78.514	91.30	91.549	98.30	91.501

Cuadro 28. Valores de TAC obtenidos en el primer experimento de tomate de cáscara al derivar el modelo de Weibull para cada uno de los tratamientos

DIAS DESPUES DEL TRASPLANTE	TRATAMIENTO (HA)				
	T1=0 %	T 2= 20%	T3=40%	T4=60%	T5=80%
1.0	0.0028	0.0034	0.0006	0.0016	0.0085
5.0	0.0352	0.0406	0.0167	0.0316	0.0879
10.0	0.1034	0.1173	0.0708	0.1144	0.2387
15.0	0.1925	0.2179	0.1643	0.2415	0.4093
20.0	0.2959	0.3344	0.2962	0.4067	0.6305
25.0	0.4078	0.4638	0.4630	0.6025	0.8455
30.0	0.5221	0.5985	0.6568	0.8119	1.0540
35.0	0.6326	0.7364	0.8676	1.0443	1.2570
40.0	0.7333	0.8682	1.0811	1.2646	1.4324
42.5	0.7781	0.9321	1.1839	1.3682	1.5085
45.0	0.8185	0.9927	1.2809	1.4500	1.5756
47.5	0.8539	1.0498	1.3702	1.5533	1.6330
50.0	0.8837	1.1029	1.4494	1.6313	1.6799
52.5	0.9077	1.1517	1.5166	1.6976	1.7160
55.0	0.9255	1.1955	1.5702	1.7509	1.7408
57.5	0.9369	1.2337	1.6086	1.7901	1.7545
60.0	0.9419	1.2668	1.6307	1.8145	1.7568
62.5	0.9405	1.2934	1.6358	1.8236	1.7483
65.0	0.9328	1.3139	1.6239	1.8173	1.7290
67.5	0.9191	1.3281	1.5951	1.7958	1.6997
70.0	0.8987	1.3366	1.5501	1.7598	1.6609
72.5	0.8750	1.3370	1.4904	1.7100	1.6159
75.0	0.8456	1.3320	1.4173	1.6477	1.5585
77.5	0.8125	1.3217	1.3333	1.5742	1.4966
80.0	0.7748	1.3056	1.2397	1.4913	1.4289
82.0	0.7428	1.2872	1.1603	1.4193	1.3714
84.0	0.7093	1.2663	1.0779	1.3433	1.3114

Cuadro 29 Rendimiento total de tomate de cáscara obtenido en cada uno de los tratamientos, durante la primera fase experimental

Tratamiento HA (%)	Repetición				Media
	I	II	III	IV	
	----- kg ha ⁻¹ -----				
0	9532	6280	8249	7877	7984
20	11041	9975	7874	7092	8995
40	11461	10874	11016	7925	10319
60	13958	13204	9234	8542	11234
80	15532	11607	12141	12350	12907

Cuadro 30. Análisis de varianza para la variable rendimiento total de tomate de cáscara.

FV	GL	SC	CM	FC	FT
Tratamiento	4	58 922 752	14 730 668	8.242	4 51
Bloques	3	33 817 344	11 272 448	6.312	
Error	12	21 430 016	1 785 834		
Total	19	114 170 112			

C V =12 98

Cuadro 31. Rendimiento de tomate de cáscara clasificación "grande" en cada uno de los tratamientos, durante la primera fase experimental.

Tratamiento HA (%)	Repetición				Media
	I	II	III	IV	
	-----kg ha ⁻¹ -----				
0	7265	4509	6749	6474	6249
20	8049	8126	6275	6208	7164
40	9178	8375	8125	5250	7732
60	11765	11125	7793	6833	9379
80	12453	9275	9583	9284	10148

Cuadro 32. Análisis de varianza para la variable rendimiento de tomate de cáscara clasificación "grande"

FV	GL	SC	CM	FC	FT(0.05)
Tratamiento	4	41 044 736	10 261 184	6.5661	4.51
Bloques	3	22 720 256	7 573 418	4.8462	
Error	12	18 733 024	1 562 752		
Total	19	82 518 016			

C.V.=15.36%

Cuadro 33. Rendimiento de tomate de cáscara clasificación "chico" obtenido en cada uno de los tratamientos, durante la primera fase experimental

Tratamiento HA(%)	Repetición				Media
	I	II	III	IV	
	-----kg ha ⁻¹ -----				
0	2267	1775	1500	1401	1735
20	2092	1849	1999	1384	1831
40	2283	2499	2891	2675	2575
60	2193	2079	1441	1709	1855
80	3079	2332	2558	3066	2758

Cuadro 34. Análisis de varianza para la variable rendimiento de tomate de cáscara clasificación "chico".

FV	GL	SC	CM	FC	FT(0.05)
Tratamiento	4	3 686 304	921 576	8 0986	4.51
Bloques	3	359 168	119 722	1.0521	
Error	12	1 365 536	113 794		
Total	19	5 411 008			

C.V = 15 63

Cuadro. 35. Estimación del requerimiento de riego acumulado del cultivo de tomate de cáscara durante la primera fase experimental

Núm de riego	Fecha de riego	Lámina de riego aplicado (mm)	Precipitación observada (mm)	Precipitación efectiva (mm)	Requerimiento de riego (mm)	Requerimiento de riego acum. (mm).
1	1 abril	80.0	0.00	0.00	80.00	80.00
2	13 abril	68.6	23.00	0.00	68.60	148.60
3	27 abril	69.0	9.10	0.00	69.00	217.60
4	13 mayo	67.0	22.10	0.00	67.00	284.60
5	29 mayo	70.1	164.30	120.00	-40.99	234.70
Σ		354.7	197.80	120.00	234.70	

Cuadro 36 NMP de coliformes fecales por 100 g de fruto de tomate de cáscara correspondiente al primer experimento, durante la primera fase experimental

Tratamiento HA (%)	Repetición				Media
	I	II	III	IV	
	-----Núm. Coliformes -----				
0	3400	5400	3400	5400	4400
20	3400	5400	9400	9400	6900
40	6800	6600	9400	9400	8050
60	9400	9400	5400	9400	8400
80	9400	9400	9400	9400	9400

Cuadro 37. Análisis de varianza para la variable número de coliformes fecales en fruto de tomate de cáscara.

FV	GL	SC	CM	FC	FT(0.05)
Tratamiento	4	58 671 872	14 667 968	4.54	4 51
Bloques	3	11 542 016	3 847 338	1.19	
Error	12	38 768 128	3 230 677		
Total	19	108 982 016			

C V.=24 19

Cuadro 38. Variables climáticas registradas en la estación climatológica del Campo Agrícola Experimental de Zacatepec, Mor. durante el segundo experimento de cebolla. Noviembre, 1996

Día	Temperatura (°C) Máx.	Mín	Evaporación (mm)	Precipitación (mm)
2	33	12	4.35	0.0
3	33	14	4.80	0.0
4	32	13	4.46	0.0
5	33	15	4.74	0.0
6	33	14	3.53	0.0
7	33	12	5.12	0.0
8	34	16	3.45	0.0
9	28	16	4.57	0.0
10	30	7	4.66	0.0
11	33	9	5.16	0.0
12	29	10	4.70	0.0
13	28	9	3.79	0.0
14	30	10	4.59	0.0
15	30	9	4.48	0.0
16	30	8	3.04	0.0
17	17	9	4.16	0.0
18	33	10	3.15	0.0
19	32	8	3.49	0.0
20	33	9	3.81	0.0
21	33	10	4.21	0.0
22	32	11	4.27	0.0
23	33	9	3.60	0.0
24	31	12	3.80	0.0
25	31	10	4.07	0.0
26	32	15	2.35	0.0
27	28	10	5.04	0.0
28	31	13	3.26	0.0
29	30	10	3.15	0.0
30	31	10	4.42	0.0

Cuadro 39. Variables climáticas registradas en la estación climatológica del Campo Agrícola Exp. de Zacatepec, Mor. Durante el segundo experimento de cebolla. Diciembre 1996.

Día	Temperatura (°C) Máx.	Mín.	Evaporación (mm)	Precipitación (mm)
1	32	11	3.15	0.0
2	33	15	1.73	0.0
3	27	16	3.60	0.0
4	32	13	3.84	0.0
5	32	12	3.81	0.0
6	31	12	3.36	0.0
7	32	14	3.64	0.0
8	33	12	3.22	0.0
9	32	10	3.26	0.0
10	30	9	3.69	0.0
11	30	9	4.08	0.0
12	32	10	3.73	0.0
13	33	9	4.57	0.0
14	32	8	4.54	0.0
15	30	8	3.11	0.0
16	31	11	3.25	0.0
17	30	10	3.26	0.0
18	30	11	2.51	0.0
19	29	15	0.28	2.3
20	34	13	1.86	4.3
21	27	9	1.42	0.0
22	22	10	3.36	0.0
23	30	11	3.14	0.0
24	31	9	4.10	0.0
25	31	17	4.28	0.0
26	29	7	3.01	0.0
27	29	8	4.27	0.0
28	30	8	4.31	0.0
29	32	10	2.88	0.0
30	32	14	3.38	0.0
31	31	10	2.73	0.0

Cuadro 40. Variables climáticas registradas en la estación climatológica del Campo Agrícola Experimental de Zacatepec, Mor. durante el segundo experimento de cebolla. Enero, 1997

Día	Temperatura (°C)		Evaporación (mm)	Precipitación (mm)
	Máx.	Mín.		
1	31	11	4.32	0.0
2	30	14	3.97	14.3
3	29	11	3.33	0.0
4	30	10	3.59	0.0
5	31	11	3.13	0.0
6	33	8	3.63	0.0
7	33	9	4.17	0.0
8	31	9	3.68	0.0
9	29	11	4.08	0.0
10	28	11	4.41	0.0
11	30	4	4.26	0.0
12	32	0	5.57	0.0
13	28	0	3.74	0.0
14	29	0	3.37	0.0
15	26	9	4.66	0.0
16	32	8	4.07	0.0
17	31	8	1.79	0.0
18	29	11	3.68	0.0
19	27	6	3.73	0.0
20	29	7	5.25	0.0
21	31	8	4.29	0.0
22	31	7	4.03	0.0
23	32	7	4.05	0.0
24	32	10	3.83	0.0
25	32	10	4.29	0.0
26	31	8	4.91	0.0
27	32	7	3.90	0.0
28	32	8	5.06	0.0
29	32	11	4.06	0.0
30	28	8	3.49	0.0
31	31	9	5.61	0.0

Cuadro 41. Variables climáticas registradas en la estación climatológica del Campo Agrícola Experimental de Zacatepec, Mor. durante el segundo experimento de cebolla. Febrero, 1997.

Día	Temperatura (°C)		Evaporación	Precipitación
	Máx.	Mín.		
1	31	11	5.17	0.0
2	31	6	5.14	0.0
3	31	6	4.53	0.0
4	30	6	6.46	0.0
5	29	8	6.18	0.0
6	27	7	3.96	0.0
7	30	5	4.66	0.0
8	30	6	4.88	0.0
9	31	10	4.50	0.0
10	30	12	3.93	0.0
11	31	8	4.19	0.0
12	31	15	6.40	0.0
13	31	12	5.20	0.0
14	29	11	5.30	0.0
15	33	10	5.25	0.0
16	34	13	7.04	0.0
17	36	15	7.57	0.0
18	34	12	8.17	0.0
19	34	10	5.69	0.0
20	34	10	4.73	0.0
21	35	12	6.63	0.0
22	36	8	5.90	0.0
23	35	6	6.00	0.0
24	34	11	6.90	0.0
25	35	12	3.80	0.0
26	35	9	6.06	0.0
27	35	12	5.40	0.0
28	33	9	6.50	0.0

Cuadro 42. Valores de materia seca (g planta⁻¹) observados y estimados de acuerdo al modelo de Weibull, datos del segundo experimento de cebolla

Días después del trasplante	T1=S+G(4 t ha ⁻¹) + FQ	T2=S+G(4 t ha ⁻¹) + F	T3=S+G(2 t ha ⁻¹) + FQ	T4=S+G(2 t ha ⁻¹) + P	T5=S+FQ	T6=S+P	T7=G(4 t ha ⁻¹) + FQ	T8=G(4 t ha ⁻¹) + P	T9=G(2 t ha ⁻¹) + FQ	T10=G(2 t ha ⁻¹) + P	T11=FQ (140-60-0)	T12=Test. absoluto
	Obs. Est.	Obs. Est.	Obs. Est.	Obs. Est.	Obs. Est.	Obs. Est.	Obs. Est.	Obs. Est.	Obs. Est.	Obs. Est.	Obs. Est.	Obs. Est.
1	0.05	0.06	0.06	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05
12	0.17	0.24	0.22	0.19	0.22	0.24	0.24	0.15	0.22	0.16	0.21	0.10
24	0.31	0.47	0.46	0.35	0.41	0.47	0.47	0.25	0.40	0.30	0.39	0.19
36	0.41	0.59	0.52	0.46	0.53	0.59	0.59	0.37	0.52	0.39	0.50	0.24
48	0.68	1.23	0.89	0.80	1.33	1.23	1.23	0.72	0.89	0.34	0.89	0.52
60	0.98	1.77	1.27	1.14	1.53	1.77	1.77	1.03	1.27	0.92	1.43	0.75
72	2.53	3.30	2.58	2.80	3.15	3.30	3.30	2.83	2.58	2.24	3.87	1.98
84	4.82	8.41	6.95	5.12	7.56	8.41	8.41	4.21	6.95	3.85	6.60	3.30
96	12.17	21.37	20.81	14.52	21.78	21.37	21.37	10.48	20.81	9.92	13.98	8.55
108	15.12	24.06	34.98	18.94	28.41	24.06	24.06	14.47	34.98	10.92	19.75	10.15
120	30.62	39.23	36.33	30.86	36.68	39.23	39.23	28.29	36.33	20.03	32.57	19.57

Cuadro 43. Valores de TAC obtenidos del experimento de cebolla al derivar el modelo de Weibull para cada uno de los tratamientos, durante la segunda fase experimental.

DIAS DESPUES DEL TRASPLANTE	TRATAMIENTO			
	T1=S+G1+FQ	T2=S+G1+P	T3=S+G2+FQ	T4=S+G2+P
1.0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10.0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20.0	0.0000	0.0002	0.0007	0.0001
25.0	0.0000	0.0007	0.0021	0.0004
30.0	0.0009	0.0018	0.0051	0.0013
35.0	0.0028	0.0043	0.0110	0.0033
40.0	0.0069	0.0093	0.0213	0.0072
42.5	0.0105	0.0130	0.0287	0.0103
45.0	0.0155	0.0179	0.0380	0.0141
47.5	0.0224	0.0243	0.0496	0.0199
50.0	0.0318	0.0323	0.0623	0.0268
52.5	0.0444	0.0423	0.0808	0.0357
55.0	0.0609	0.0548	0.1012	0.0468
57.5	0.0823	0.0700	0.1252	0.0605
60.0	0.1097	0.0885	0.1532	0.0774
62.5	0.1441	0.1105	0.1855	0.0978
65.0	0.1868	0.1365	0.2222	0.1221
67.5	0.2389	0.1670	0.2635	0.1509
70.0	0.3022	0.2022	0.3094	0.1845
72.5	0.3768	0.2424	0.3595	0.2232
75.0	0.4677	0.2877	0.4134	0.2672
77.5	0.5622	0.3380	0.4704	0.3164
80.0	0.6716	0.3931	0.5295	0.3705
82.5	0.7892	0.4523	0.5891	0.4289
85.0	0.9112	0.5146	0.6477	0.4904
87.5	1.0316	0.5787	0.7032	0.5536
90.0	1.1427	0.6426	0.7532	0.6163
92.5	1.2351	0.7044	0.7954	0.6760
95.0	1.2988	0.7610	0.8272	0.7295
97.5	1.3240	0.8097	0.8462	0.7736
100.0	1.8782	0.8474	0.8505	0.8047
102.5	1.2327	0.8708	0.8388	0.8197
105.0	1.1445	0.8776	0.8176	0.8158
107.5	0.9574	0.8657	0.7659	0.7919
110.0	0.7684	0.8343	0.7069	0.7471
112.5	0.5892	0.7838	0.6338	0.6837
115.0	0.4153	0.7162	0.5576	0.6049
117.5	0.2692	0.6349	0.4721	0.5157
120.0	0.1588	0.5445	0.3880	0.4220

G1=Gallinaza 4 t ha⁻¹; G2=Gallinaza 2 t ha⁻¹; S= Soya abono verde

Cuadro 43. (Continuación).

DIAS DESPUES DEL	TRATAMIENTO			
	TRASPLANTE	T5=S+FQ	T6=S+60 kg P ha ⁻¹	T7=G1+FQ
1.0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10.0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20.0	0.0002	0.0000	0.0003	0.0001
25.0	0.0006	0.0002	0.0010	0.0005
30.0	0.0019	0.0005	0.0027	0.0015
35.0	0.0047	0.0015	0.0064	0.0035
40.0	0.0105	0.0037	0.0136	0.0071
42.5	0.0150	0.0055	0.0190	0.0099
47.5	0.0212	0.0078	0.0261	0.0135
45.0	0.0396	0.0163	0.0469	0.0182
50.0	0.0528	0.0225	0.0614	0.0240
52.5	0.0695	0.0306	0.0794	0.0313
55.0	0.0902	0.0410	0.1012	0.0402
57.5	0.1221	0.0542	0.1275	0.0510
60.0	0.1221	0.0542	0.1275	0.0641
62.5	0.1462	0.0707	0.1589	0.0796
65.0	0.1827	0.0912	0.1956	0.0980
67.5	0.2257	0.1163	0.2382	0.1195
70.0	0.2756	0.1466	0.2871	0.1444
72.5	0.3324	0.1827	0.3422	0.1727
75.0	0.3961	0.2253	0.4034	0.2050
77.5	0.4661	0.2744	0.4702	0.2412
80.0	0.5412	0.3304	0.5416	0.2813
82.5	0.6195	0.3930	0.6163	0.3252
85.0	0.6984	0.4614	0.6921	0.3726
87.5	0.7745	0.5341	0.7664	0.4228
90.0	0.8437	0.6091	0.8361	0.4752
92.5	0.9012	0.6833	0.8976	0.5287
95.0	0.9421	0.7528	0.9469	0.5820
97.5	0.9617	0.8130	0.9800	0.6335
100.0	0.9563	0.8587	0.9934	0.6812
102.5	0.9237	1.0624	0.9844	0.7231
105.0	0.8639	0.8871	0.9516	0.7570
107.5	0.7796	0.8624	0.8951	0.7808
110.0	0.6763	0.8099	0.8173	0.7907
112.5	0.5615	0.7319	0.7223	0.7749
115.0	0.4441	0.6334	0.6159	0.7428
120.0	0.2352	0.4080	0.3968	0.6973

G1=Gallinaza 4 t ha⁻¹; G2=Gallinaza 2 t ha⁻¹; S= Soya abono verde

Cuadro 43. (Continuación).

DIAS DESPUES DEL TRASPLANTE	TRATAMIENTO			
	T9=G2+FQ	T10=G2+60 kg P ha ⁻¹	T11=FQ	T12=Testigo abs.
1.0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10.0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20.0	0.0000	0.0007	0.0000	0.0001
25.0	0.0000	0.0020	0.0000	0.0004
30.0	0.0000	0.0044	0.0003	0.0012
35.0	0.0000	0.0089	0.0029	0.0028
40.0	0.0001	0.0162	0.0067	0.0058
42.5	0.0001	0.0212	0.0097	0.0081
45.0	0.0003	0.0273	0.0139	0.0110
47.5	0.0005	0.0347	0.0194	0.0148
50.0	0.0008	0.0434	0.0266	0.0196
52.5	0.0130	0.0538	0.0360	0.0255
55.0	0.0199	0.0658	0.0480	0.0327
57.5	0.0299	0.0797	0.0631	0.0415
60.0	0.0441	0.0954	0.0818	0.0521
62.5	0.0639	0.1130	0.1048	0.0647
65.0	0.0911	0.1325	0.1326	0.0794
67.5	0.1278	0.1539	0.1660	0.0965
70.0	0.1766	0.1771	0.2066	0.1163
72.5	0.2400	0.1217	0.2512	0.2387
75.0	0.3211	0.2274	0.3037	0.1639
77.5	0.4221	0.2537	0.3629	0.1919
80.0	0.5444	0.2801	0.4283	0.2224
82.5	0.6875	0.3059	0.4988	0.2552
85.0	0.8474	0.3303	0.5733	0.2899
87.5	1.0156	0.3523	0.6491	0.3256
90.0	1.1779	0.3710	0.7231	0.3617
92.5	1.3139	0.3855	0.7915	0.3968
95.0	1.3986	0.3949	0.8497	0.4299
97.5	1.4076	0.3984	0.8933	0.4592
100.0	1.3241	0.3954	0.9172	0.4834
102.5	1.1483	0.3858	0.9175	0.5008
105.0	0.9093	0.3699	0.8967	0.5098
107.5	0.6309	0.3471	0.8394	0.5093
110.0	0.3828	0.3196	0.7623	0.4986
112.5	0.1960	0.2870	0.6655	0.4775
115.0	0.0819	0.2519	0.5559	0.4464
117.5	0.0269	0.2155	0.4422	0.4066
120.0	0.0066	0.1794	0.3331	0.3600

G1=Gallinaza 4 t ha⁻¹; G2=Gallinaza 2 t ha⁻¹; S =Soya abono verde

Cuadro 44. Rendimiento total de bulbo de cebolla del segundo experimento obtenido en cada uno de los tratamientos.

Tratamiento	Repetición				Media
	I	II	III	IV	
	----- kg ha ⁻¹ -----				
T1 S+G(4 t ha ⁻¹)+FQ	55800	50830	56600	55986	54804
T2 S+G(4 t ha ⁻¹)+60 kg P ha ⁻¹	49598	39750	32600	39400	40337
T3 S+G(2 t ha ⁻¹)+FQ	53200	55300	57200	51800	53800
T4 S+G(2 t ha ⁻¹)+60 kg P ha ⁻¹	23400	36400	39800	30800	32600
T5 S + FQ	52200	52200	58800	52200	53850
T6 S + 60 kg P ha ⁻¹	37600	29600	35200	29000	32850
T7 G (4 t ha ⁻¹)+FQ	57800	54000	56000	54000	55450
T8 G(4 t ha ⁻¹)+60 kg P ha ⁻¹	24600	19900	36000	34000	28625
T9 G(2 t ha ⁻¹) + FQ	61400	56280	53700	41400	53195
T10 G(2 t ha ⁻¹) + 60 kg P ha ⁻¹	25200	27600	24500	33400	27675
T11 FQ (140-60-00)	54400	52000	61000	52000	54850
Testigo absoluto	25000	23100	28200	32800	27275

Cuadro 45 Análisis de varianza para la variable rendimiento total de bulbo de cebolla.

FV	GL	SC	CM	FC	FT(0.05)
Tratamiento	11	6 720 258 048	610 932 544	22 61	4.97
Bloques	3	92 749 824	30 916 608	1.14	
Error	33	891 478 016	27 014 486		
Total	47	7 704 485 888			

C.V.=12.10%

Cuadro 46. Rendimiento de bulbo de cebolla del segundo experimento clasificación "grande"

Tratamiento	Repetición				Media
	I	II	III	IV	
	----- kg ha ⁻¹ -----				
T1 S+G(4 t ha ⁻¹)+FQ	39000	34430	42000	39686	38704
T2 S+G(4 t ha ⁻¹)+60 kg P ha ⁻¹	24998	20450	11200	18200	18712
T3 S+G(2 t ha ⁻¹)+FQ	37400	33200	36000	35200	35450
T4 S+G(2 t ha ⁻¹)+60 kg P ha ⁻¹	3800	14200	21600	9800	12350
T5 S + FQ	36000	34800	46800	32200	37450
T6 S + 60 kg P ha ⁻¹	12800	8800	10200	6200	9500
T7 G (4 t ha ⁻¹)+FQ	41800	37800	43000	38600	40300
T8 G(4 t ha ⁻¹)+60 kg P ha ⁻¹	4000	3000	12000	12000	7750
T9 G(2 t ha ⁻¹) + FQ	43000	41580	39100	27000	37670
T10 G(2 t ha ⁻¹) + 60 kg P ha ⁻¹	3800	9000	4000	5000	5450
T11 FQ (140-60-00)	41200	33000	46000	32800	38250
T12 Testigo absoluto	5000	3800	6800	7400	5750

Cuadro 47 Análisis de varianza para la variable rendimiento de bulbo de cebolla clasificación "grande"

FV	GL	SC	CM	FC	FT(0.05)
Tratamiento	11	10 004 721 664	909 520 128	42 10	4.97
Bloques	3	144 191 488	48 063 828	2 22	
Error	33	712 757 248	21 598 704		
Total	47	10 861 670 400			

C V. = 19.40%

Cuadro 48. Rendimiento de bulbo de cebolla del segundo experimento clasificación "mediana" obtenido en cada uno de los tratamientos.

Tratamiento	Repetición				Media
	I	II	III	IV	
	----- kg ha ⁻¹ -----				
T1 S+G(4 t ha ⁻¹)+FQ	14000	14000	12600	13600	13750
T2 S+G(4 t ha ⁻¹)+60 kg P ha ⁻¹	19600	15500	16800	15600	16875
T3 S+G(2 t ha ⁻¹)+FQ	13800	17000	18800	14400	16000
T4 S+G(2 t ha ⁻¹)+60 kg P ha ⁻¹	10800	14200	13200	14000	13050
T5 S + FQ	14600	16000	10000	16000	14250
T6 S + 60 kg P ha ⁻¹	18000	13400	17600	14800	15950
T7 G (4 t ha ⁻¹)+FQ	15000	14600	12000	12600	13550
T8 G(4 t ha ⁻¹)+60 kg P ha ⁻¹	8600	8000	14000	11000	10400
T9 G(2 t ha ⁻¹) + FQ	16400	12400	13400	12400	13650
T10 G(2 t ha ⁻¹) + 60 kg P ha ⁻¹	11000	11800	10700	17800	12825
T11 FQ (140-60-00)	10200	14600	12400	14600	12950
Testigo absoluto	9000	8700	11000	17200	11475

Cuadro 49 Análisis de varianza para la variable rendimiento de bulbo de cebolla clasificación "mediana".

FV	GL	SC	CM	FC	FT(0.05)
Tratamiento	11	153 382 912	13 943 901	2.30	4.97
Bloques	3	10 632 192	3 544 064	0.58	
Error	33	200 358 912	6 071 482		
Total	47	364 374 016			

C.V.=17.095%

Cuadro 50. Rendimiento de bulbo de cebolla del segundo experimento clasificación "chica".

Tratamiento	Repetición				Media
	I	II	III	IV	
	----- kg ha ⁻¹ -----				
T1 S+G(4 t ha ⁻¹)+FQ	2000	2400	2000	3000	2350
T2 S+G(4 t ha ⁻¹)+60 kg P ha ⁻¹	5000	3800	4600	5600	4750
T3 S+G(2 t ha ⁻¹)+FQ	2000	2800	2400	2200	2350
T4 S+G(2 t ha ⁻¹)+60 kg P ha ⁻¹	8800	8000	5000	7000	7200
T5 S + FQ	1600	1400	2000	3600	3600
T6 S + 60 kg P ha ⁻¹	6800	7400	7400	8000	7400
T7 G (4 t ha ⁻¹)+FQ	1000	1600	1000	2800	1600
T8 G(4 t ha ⁻¹)+60 kg P ha ⁻¹	12000	8900	10000	11000	10475
T9 G(2 t ha ⁻¹) + FQ	2000	2300	1200	2000	1875
T10 G(2 t ha ⁻¹) + 60 kg P ha ⁻¹	10400	6800	9800	10600	9400
T11 FQ (140-60-00)	3000	4400	2600	4600	3650
T12 Testigo absoluto	11000	10600	10400	8200	8200

Cuadro 51. Análisis de varianza para la variable rendimiento de bulbo de cebolla clasificación "chica"

FV	GL	SC	CM	FC	FT(0.05)
Tratamiento	11	519 744 128	47 249 468	45 496	4.97
Bloques	3	5 482 496	1 827 498	1 7597	
Error	33	34 271 872	1 038 541		
Total	47	559 498 496			

C.V = 19.33%

Cuadro. 52. Efecto de la gallinaza, incorporación de soya como abono verde y fertilización química sobre la supervivencia del NMP de coliformes fecales en bulbo de cebolla.

Tratamiento	Repetición				Media
	I	II	III	IV	
	----- coliformes/100 g bulbo kg ha ⁻¹ -----				
T1 S+G(4 t ha ⁻¹)+FQ	600	520	440	440	500
T2 S+G(4 t ha ⁻¹)+60 kg P ha ⁻¹	160	240	180	160	185
T3 S+G(2 t ha ⁻¹)+FQ	160	680	160	680	420
T4 S+G(2 t ha ⁻¹)+60 kg P ha ⁻¹	160	520	220	800	425
T5 S + FQ	340	240	140	680	350
T6 S + 60 kg P ha ⁻¹	180	340	340	220	270
T7 G (4 t ha ⁻¹)+FQ	160	340	520	660	420
T8 G(4 t ha ⁻¹)+60 kg P ha ⁻¹	660	600	220	220	425
T9 G(2 t ha ⁻¹) + FQ	520	600	600	460	720
T10 G(2 t ha ⁻¹) + 60 kg P ha ⁻¹	800	1700	220	160	180
T11 FQ (140-60-00)	80	340	80	220	240
T12 Testigo absoluto	220	240	160	340	180
T13 Cebolla reg. agua clara	0	0	8	0	2

Cuadro 53. Análisis de varianza para la variable coliformes fecales en bulbo de cebolla.

FV	GL	SC	CM	FC	FT(0.05)
Tratamiento	11	1 095 600	99 600	1.483	4.97
Bloques	3	443 467	147 822		
Error	33	2 216 133	67 155		
Total	47	3 755 200			

C.V.=66.44%

Cuadro 54. NMP de coliformes fecales en bulbo de cebolla en cada uno de los tratamientos después de aplicar hipoclorito de sodio en diferentes concentraciones y microdyn, durante la segunda fase experimental.

Tratamiento	Repetición				Media
	I	II	III	IV	
-----NMP por 100 g de bulbo-----					
T1 HS 10 ml L ⁻¹ de agua x 5 min.	46	26	100	26	49.0
T2 HS 10 ml L ⁻¹ de agua x 10 min.	18	8	54	0	20.0
T3 HS 10 ml L ⁻¹ de agua x 15 min.	34	22	8	46	27.0
T4 HS 20 ml L ⁻¹ de agua x 5 min.	0	4	0	0	1.0
T5 HS 20 ml L ⁻¹ de agua x 10 min.	0	0	0	0	0.0
T6 HS 20 ml L ⁻¹ de agua x 15 min.	0	0	0	0	0.0
T7 Microdyn 5 gotas L ⁻¹ x 15 min	0	28	4	14	11.5
T8 Testigo absoluto	340	160	240	222	240.0

Cuadro 55. Análisis de varianza para la variable NMP de coliformes fecales en bulbo de cebolla después de aplicar microdyn y diferentes dosis de hipoclorito de sodio.

FV	GL	SC	CM	FC	FT(0.05)
Tratamiento	7	185 070.0	26 438.572	27.10	4.97
Bloques	3	2 881.0	960.333		
Error	21	20 487.0	975.571		
Total	31	208 438.0			

C V = 71.29%

Cuadro 56. Variables climáticas registradas en la estación climatológica del Campo Agrícola Exp. de Zacatepec, Mor., durante el segundo experimento de tomate de cáscara. Mayo, 19970

Día	Temperatura (°C) Máx.	Min.	Evaporación (mm)	Precipitación (mm)
1	37	18	9.06	0.0
2	38	19	7.57	0.0
3	38	19	5.89	0.0
4	39	15	7.78	0.8
5	39	19	8.82	0.1
6	38	20	10.86	0.0
7	36	17	6.16	0.0
8	34	17	7.45	0.0
9	35	20	6.26	0.7
10	35	17	7.41	0.0
11	36	19	9.55	0.0
12	37	24	10.55	0.0
13	37	22	7.15	0.0
14	34	18	6.68	0.0
15	34	17	6.92	0.0
16	35	17	7.37	2.8
17	34	16	6.77	0.0
18	33	17	6.38	1.4
19	33	17	6.81	12.4
20	32	19	7.26	0.0
21	35	18	8.35	13.4
22	37	17	7.99	0.0
23	36	19	9.21	1.3
24	37	19	9.34	3.6
25	36	20	6.23	1.3
26	37	21	8.24	3.6
27	35	20	9.71	0.0
28	37	23	9.13	1.0
29	37	20	3.89	0.0
30	34	21	6.08	1.7
31	37	17	14.92	3.5

Cuadro 57. Variables climáticas registradas en la estación climatológica del Campo Agrícola Exp. de Zacatepec, Mor., durante el segundo experimento de tomate de cáscara. Junio, 1997.

Día	Temperatura (°C) Máx.	Min.	Evaporación	Precipitación
1	32	17	8.48	2.8
2	33	17	8.86	19.8
3	33	17	6.97	9.4
4	32	19	5.50	0.0
5	33	18	6.43	0.0
6	33	18	5.75	0.4
7	30	20	8.75	4.8
8	32	18	5.26	16.4
9	30	19	6.30	0.0
10	31	18	5.36	10.8
11	31	18	3.97	0.0
12	31	19	6.50	9.7
13	31	17	4.55	0.0
14	32	18	7.74	0.0
15	31	17	3.91	0.0
16	31	19	4.70	19.1
17	31	18	4.89	23.6
18	30	19	9.70	23.8
19	31	18	4.37	2.1
20	29	17	8.90	5.9
21	30	18	4.66	0.0
22	29	19	4.14	7.8
23	29	19	3.29	15.1
24	28	18	6.61	0.4
25	31	19	5.87	0.3
26	36	19	3.89	21.6
27	28	17	7.60	0.0
28	32	16	5.39	12.1
29	28	18	1.96	21.1
30	23	18	1.15	2.9

Cuadro 58. Variables climáticas registradas en la estación climatológica del Campo Agrícola Exp. de Zacatepec, Mor., durante el segundo experimento de tomate de cáscara., Julio 1997.

Día	Temperatura (°C)		Evaporación (mm)	Precipitación (mm)
	Máx.	Mín.		
1	27	18	4.77	6.6
2	32	16	5.67	5.6
3	32	17	4.31	36.3
4	31	18	3.92	3.8
5	27	18	4.74	0.0
6	31	19	5.62	0.0
7	31	19	2.44	0.0
8	27	19	4.75	0.0
9	31	15	5.86	0.0
10	31	17	4.65	0.0
11	32	17	6.28	0.0
12	32	18	5.26	0.0
13	31	19	6.72	0.0
14	32	19	5.54	1.3
15	31	19	5.51	10.2
16	31	18	5.92	8.2
17	32	18	6.23	16.1
18	32	16	5.83	6.1
19	32	17	5.68	0.0
20	32	16	4.19	0.0
21	31	17	8.73	0.0
22	33	18	5.90	0.0
23	31	18	5.64	0.0
24	31	16	5.14	0.0
25	31	17	5.05	0.0
26	31	17	5.45	4.2
27	31	16	5.08	0.0
28	29	15	8.06	0.0
29	33	16	5.90	0.0
30	33	19	2.90	7.8
31	28	17	4.28	0.0

Cuadro 59. Valores observados de materia seca de tomate de cáscara (g planta⁻¹) del segundo experimento y los estimados de acuerdo al modelo de Weibull.

Días después del trasplante	Tratamiento																	
	T1=S+G+EQ OBS. EST.	T2=S+G+P OBS. EST.	T3=S+JQ OBS. EST.	T4=S+P OBS. EST.	T5=G+JQ OBS. EST.	T6=G+P OBS. EST.	T7=FQ OBS. EST.	T8=T. abs. OBS. EST.										
1	0.01 0.00	0.07 0.01	0.17 0.00	0.17 0.00	0.19 0.016	0.19 0.00	0.19 0.00	0.11 0.00										
12	1.37 0.04	1.00 0.64	1.45 0.16	0.30 0.64	1.42 0.721	0.69 0.23	1.45 0.16	0.30 0.64										
24	5.95 3.20	3.82 3.82	5.25 3.77	1.05 3.71	4.75 7.602	2.37 5.34	5.25 3.77	1.05 3.71										
36	18.92 12.30	16.82 11.90	17.75 12.31	10.70 9.96	17.32 19.311	10.37 17.36	17.75 12.31	10.70 9.96										
48	36.62 36.18	28.12 30.24	30.20 33.13	20.35 19.15	29.37 32.422	25.25 31.83	30.20 33.13	20.35 19.15										
60	71.82 72.14	52.29 53.43	61.60 61.75	30.40 30.11	60.65 59.711	47.04 55.92	61.60 61.75	30.40 30.11										
72	102.60 100.18	74.70 71.83	88.80 86.99	39.60 41.17	85.90 85.720	63.59 65.47	88.80 86.99	30.66 41.17										
84	108.64 110.53	78.31 80.05	98.43 99.72	51.50 50.79	100.77 101.904	67.20 66.33	98.43 99.72	61.50 50.79										

Cuadro 60 Valores de TAC obtenidos en el tomate de cáscara al derivar el modelo de Weibull para cada uno de los tratamientos, durante la segunda fase experimental.

DIAS DESPUES DEL TRASPLANTE	TRATAMIENTO			
	T1=S+G+FQ	T2=S+G+60 kg P ha ⁻¹	T3=S+FQ	T4=S+60 kg P ha ⁻¹
1.0	0.0000	0.0001	0.0002	0.0001
5.0	0.0000	0.0094	0.0022	0.0101
10.0	0.0325	0.0543	0.0209	0.0580
15.0	0.1120	0.0506	0.0779	0.1510
20.0	0.2677	0.3073	0.1969	0.3025
25.0	0.5206	0.5264	0.3994	0.5106
30.0	0.8803	0.7998	0.6980	0.7665
35.0	1.3371	1.1066	1.0868	1.0502
40.0	1.8519	1.4129	1.5291	1.3307
42.5	2.1096	1.5524	1.7489	1.4578
45.0	2.3522	1.6748	1.9576	1.5690
47.5	2.5664	1.7744	2.1019	1.6594
50.0	2.7388	1.8459	2.2535	1.7246
52.5	2.8569	1.8853	2.3261	1.7609
55.0	2.9110	1.8894	2.3330	1.7658
57.5	2.8920	1.8575	2.2771	1.7387
60.0	2.8001	1.7903	2.1403	1.6801
62.5	2.6379	1.6907	1.9491	1.5924
65.0	2.4143	1.5632	1.7113	1.4795
67.5	2.1432	1.4141	1.4498	1.3266
70.0	1.8420	1.2544	1.1701	1.1999
72.5	1.5298	1.0802	0.9061	1.0458
75.0	1.2254	0.9105	0.6691	0.8911
77.5	0.9446	0.7483	0.6259	0.7415
80.0	0.6993	0.5990	0.3121	0.6021
82.0	0.5331	0.4915	0.2121	0.5005
84.0	0.3949	0.3962	0.1437	0.4092

Cuadro 60. (Continuación).

DIAS DESPUES DEL TRASPLANTE	TRATAMIENTO			
	T5=+G+FQ	T6=G+60 kg P ha ⁻¹	T7=FQ	T8=Test. Abs.
1.0	0.0000	0.0000	0.0002	0.0028
5.0	0.0080	0.0016	0.0113	0.0352
10.0	0.0498	0.0184	0.0615	0.1034
15.0	0.1447	0.0748	0.1650	0.1925
20.0	0.3063	0.2006	0.3415	0.2959
25.0	0.5410	0.4247	0.5576	0.4078
30.0	0.8460	0.7625	0.8424	0.5221
35.0	1.2047	1.1971	1.1683	0.6326
40.0	1.5850	1.6595	1.5090	0.7333
42.5	1.7690	1.8632	1.6740	0.7781
45.0	1.9400	2.0232	1.8287	0.8185
47.5	2.0906	2.1210	1.9679	0.8539
50.0	2.2138	2.1413	2.0865	0.8837
52.5	2.3033	2.0759	2.1796	0.9077
55.0	2.3537	1.9264	2.2433	0.9255
57.5	2.3615	1.7049	2.2744	0.9369
60.0	2.3249	1.4331	2.2709	0.9419
62.5	2.2446	1.1391	2.2324	0.9405
65.0	2.1240	0.8521	2.1599	0.9328
67.5	1.9682	0.5968	2.0559	0.9191
70.0	1.7847	0.3891	1.9244	0.8987
72.5	1.5821	0.2349	1.7704	0.8750
75.0	1.3701	0.1313	1.6000	0.8456
77.5	1.1578	0.0661	1.4197	0.8125
80.0	0.9538	0.0304	1.2361	0.7748
82.0	0.8014	0.0152	1.0911	0.7428
84.0	0.6617	0.0070	0.9508	0.7093

Cuadro 61 Rendimiento total de fruto de tomate de cáscara correspondiente a la segunda fase experimental

Tratamiento	Repetición				Media
	I	II	III	IV	
	-----kg ha ⁻¹ -----				
T1=S+G(6 t ha ⁻¹)+FQ	9882	10034	11112	10181	10302
T2=S+G(6 t ha ⁻¹)+P	7252	7824	7248	6689	7253
T3=S+FQ	7930	8266	7123	7824	7785
T4=S+FQ	6015	6222	5851	6389	6119
T5=G(6 t ha ⁻¹)+FQ	9079	8832	9034	9259	9051
T6=G(6 t ha ⁻¹)+P	5790	6243	5688	5538	5807
T7=FQ(120-60-00)	7899	8448	7963	7538	7962
T8=Test. absoluto	5770	5603	5165	5247	5446

Cuadro 62. Análisis de varianza para la variable rendimiento total de fruto de tomate de cascara

FV	GL	SC	CM	FC	FT(0.05)
Tratamiento	7	78 384 640 0	11 197 806	80 86	4.84
Bloques	3	568 320.0	189 440	1 36	
Error	21	2 908 032 0	138 477		
Total	31	81 860 992.0			

C.V.=4.98%

Cuadro. 63. Rendimiento de fruto de tomate de cáscara clasificación "grande" correspondiente a la segunda fase experimental

Tratamiento	Repetición				Media
	I	II	III	IV	
	-----kg ha ⁻¹ -----				
T1=S+G(6 t ha ⁻¹)+FQ	8180	8053	9038	8320	8397
T2=S+G(6 t ha ⁻¹)+P	4557	4877	4530	4370	4583
T3=S+FQ	6076	6225	5136	5959	5849
T4=S+FQ	3097	3152	2721	2906	2969
T5=G(6 t ha ⁻¹)+FQ	7083	6757	7343	7226	7102
T6=G(6 t ha ⁻¹)+P	3319	3966	3122	2916	3330
T7=FQ(120-60-00)	5562	5796	5308	5070	5434
T8=Test. absoluto	2601	2380	2211	2313	2376

Cuadro 64 Análisis de varianza para la variable rendimiento de fruto de tomate de cáscara clasificación "grande"

FV	GL	SC	CM	FC	FT(0.05)
Tratamiento	7	123 363 712	17 623 388	155.66	4.84
Bloques	3	358 464	119 488	1 05	
Error	21	2 377 536	113 216		
Total	31	126 099 712			

C V =6 72%

Cuadro 65. Rendimiento de fruto de tomate de cáscara clasificación "chico" correspondiente a la segunda fase experimental

Tratamiento	Repetición				Media
	I	II	III	IV	
	-----kg ha ⁻¹ -----				
T1=S+G(6 t ha ⁻¹)+FQ	1702	1981	2074	1861	1904
T2=S+G(6 t ha ⁻¹)+P	2700	2947	2718	2319	2671
T3=S+FQ	1854	2041	1987	1865	1936
T4=S+FQ	2918	3070	3130	3483	3150
T5=G(6 t ha ⁻¹)+FQ	1997	2075	1691	2033	1949
T6=G(6 t ha ⁻¹)+P	2471	2277	2566	2591	2476
T7=FQ(120-60-00)	2337	2652	2655	2468	2528
T8=Test. absoluto	3169	3223	2954	2934	3070

Cuadro 66. Análisis de varianza para la variable rendimiento de fruto de tomate de cáscara clasificación "chico"

FV	GL	SC	CM	FC	FT(0.05)
Tratamiento	7	6 965 776	995 110	30 48	4.84
Bloques	3	81 392	27 130	0 83	
Error	21	685 584	32 646		
Total	31	7 732 752			

C.V.=7.34%

Cuadro 67. NMP de coliformes fecales por 100 g de fruto de tomate de cáscara, correspondiente a la segunda fase experimental

Tratamiento	Repetición				Media
	I	II	III	IV	
	-----kg ha ⁻¹ -----				
T1=S+G(6 t ha ⁻¹)+FQ	630	5280	5280	5280	4117
T2=S+G(6 t ha ⁻¹)+P	5280	990	5280	5280	5207
T3=S+FQ	5280	5280	5280	5280	5280
T4=S+FQ	5280	5280	1155	2640	3588
T5=G(6 t ha ⁻¹)+FQ	924	5280	5280	2640	3531
T6=G(6 t ha ⁻¹)+P	1122	5280	5280	5280	4240
T7=FQ(120-60-00)	5280	5280	5280	5280	5280
T8=Test. Absoluto	5280	5280	5280	5280	5280

Cuadro 68. Análisis de varianza para la variable coliformes fecales por 100 g de fruto de tomate de cáscara.

FV	GL	SC	CM	FC	FT(0.05)
Tratamiento	7	15 462 272	2 208 896	0.74	4.84
Bloques	3	7 029 696	2 343 232	0.79	
Error	21	62 209 216	2 962 343		
Total	31	84 701 184			

C.V.=38.75%

Cuadro 69. NMP de coliformes fecales en fruto de tomate de cáscara después de aplicar microdyn y diferentes dosis de hipoclorito de sodio, durante la segunda fase experimental.

Tratamiento	Repetición				Media
	I	II	III	IV	
	-----NMP 100 ⁻¹ g fruto-----				
T1 Testigo absoluto	5280	5280	5280	5280	5280
T2 Microdyn 5 gotas L ⁻¹ x 15 min.	92	528	528	528	419
T3 HS 10 ml L ⁻¹ de agua x 5 min	115	528	528	528	424
T4 HS 10 ml L ⁻¹ de agua x 10 min.	528	109	92	109	209
T5 HS 10 ml L ⁻¹ de agua x 15 min.	109	85	109	115	104
T6 HS 20 ml L ⁻¹ de agua x 5 min.	36	46	86	30	49
T7 HS 20 ml L ⁻¹ de agua x 10 min.	56	20	46	30	38
T8 HS 20 ml L ⁻¹ de agua x 15 min.	46	56	20	20	35
T9 HS 20 ml L ⁻¹ de agua x 20 min.	0	7	25	25	14
T10 HS 20 ml L ⁻¹ de agua x 25 min.	0	0	0	0	0

Cuadro 70. Análisis de varianza para la variable NMP de coliformes fecales después de aplicar microdyn y diferentes dosis de hipoclorito de sodio en fruto de tomate de cáscara.

FV	GL	SC	CM	FC	FT(0.05)
Tratamiento	9	95 885 912	10 653 990.0	778 35	4.83
Error	30	410 638	13 687.0		
Total	39	96 296 550			

C.V = 17 79

EFFECTO DEL AGUA RESIDUAL EN LOS CULTIVOS DE CEBOLLA (*Allium cepa* L.) Y TOMATE DE CASCARA (*Physalis ixocarpa* Brot) EPIDEMIOLOGIA Y CONTROL DE MICROORGANISMOS PERJUDICIALES AL HOMBRE

CUENCA ADAME ERNESTO

RESUMEN

La alta contaminación del agua residual por microorganismos coliformes y helmintos produce serios problemas de salud a la población consumidora de hortalizas que son regadas con esta agua. Se condujeron investigaciones en cebolla y tomate de cáscara con el propósito de generar conocimientos que permitan el manejo eficiente del agua residual y suelos para la producción de hortalizas y eliminación de coliformes fecales. Los niveles de humedad estudiados fueron: 0, 20, 40, 60 y 80 %. La cebolla y tomate de cáscara se desinfectó con inmersiones de hipoclorito de sodio al 6 % en concentraciones de 10 y 20 ml/L de agua con tiempo de exposición de 10 y 15 minutos, en cebolla y 15, 20 y 25 minutos, en tomate de cáscara. Se empleó el diseño bloques al azar. Para la cuantificación de coliformes se utilizó el método de tubo múltiple. El rendimiento más alto en cebolla fue 73047 kg/ha y en tomate de cáscara 12906 kg/ha. Ambos resultados se alcanzaron con el nivel de humedad de 80 %. Los cultivos mencionados mostraron un alto grado de contaminación. El tratamiento más eficiente para el control de coliformes en bulbo fue hipoclorito de sodio 20 ml/L de agua durante 15 minutos; en tomate de cáscara la concentración más efectiva se obtuvo con 20 ml/L de agua durante 25 minutos.

Palabras claves: hortalizas, aguas residuales, coliformes.

EFFECTO DEL AGUA RESIDUAL EN LOS CULTIVOS DE CEBOLLA (*Allium cepa* L.) Y TOMATE DE CASCARA (*Physalis ixocarpa* Brot) EPIDEMIOLOGIA Y CONTROL DE MICROORGANISMOS PERJUDICIALES AL HOMBRE

CUENCA ADAME ERNESTO

RESUMEN

La alta contaminación del agua residual por microorganismos coliformes y helmintos produce serios problemas de salud a la población consumidora de hortalizas que son regadas con esta agua. Se condujeron investigaciones en cebolla y tomate de cáscara con el propósito de generar conocimientos que permitan el manejo eficiente del agua residual y suelos para la producción de hortalizas y eliminación de coliformes fecales. Los niveles de humedad estudiados fueron: 0, 20, 40, 60 y 80 %. La cebolla y tomate de cáscara se desinfectó con inmersiones de hipoclorito de sodio al 6 % en concentraciones de 10 y 20 ml/L de agua con tiempo de exposición de 10 y 15 minutos, en cebolla y 15, 20 y 25 minutos, en tomate de cáscara. Se empleó el diseño bloques al azar. Para la cuantificación de coliformes se utilizó el método de tubo múltiple. El rendimiento más alto en cebolla fue 73047 kg/ha y en tomate de cáscara 12906 kg/ha. Ambos resultados se alcanzaron con el nivel de humedad de 80 %. Los cultivos mencionados mostraron un alto grado de contaminación. El tratamiento más eficiente para el control de coliformes en bulbo fue hipoclorito de sodio 20 ml/L de agua durante 15 minutos; en tomate de cáscara la concentración más efectiva se obtuvo con 20 ml/L de agua durante 25 minutos.

Palabras claves: hortalizas, aguas residuales, coliformes.

**EFFECT OF WASTEWATER ON ONION (*Allium cepa* L.) AND HUSK TOMATO
(*Physalis ixocarpa* Brot) CROP EPIDEMIOLOGY CONTROL OF
MICROORGANISMS PREJUDICIAL TO MAN**

Cuenca Adame Ernesto

ABSTRACT

High microbial contamination on wastewater by coliforms and helminths causes serious problems on the population health, consuming vegetables irrigated by this water. This research was conducted on onion and husk tomato crop with the aim to generate knowledges that allow an efficient management of wastewater and soil to produce both crops. Moisture levels of 0, 20, 40, 60 y 80 % was studied. Onion and husk tomato disinfection was carried with sodium hypochlorite at 6 %, 10 and 20 ml/L of water, 10 and 15 minutes exposition time on onion and 15, 20 and 25 minutes on husk tomato. A randomized block design was lay out. To determine the most probable number of fecal coliforms the multiple tube method was used. The highest bulb yield was 73047 kg/ha and 12906 kg/ha on husk tomato when moisture level was 80 % on both crops. Bulbs and husk tomatoes showed high microbiological contamination. The most efficient treatment to control coliforms on onion was sodium hypochlorite 20 ml/L of water during 15 minutes; the most effective concentration on husk tomato was 20 ml/L of water during 25 minutes.

Key words: vegetables, wastewater, coliforms.

**EFFECT OF WASTEWATER ON ONION (*Allium cepa* L.) AND HUSK TOMATO
(*Physalis ixocarpa* Brot) CROP EPIDEMIOLOGY CONTROL OF
MICROORGANISMS PREJUDICIAL TO MAN**

Cuenca Adame Ernesto

ABSTRACT

High microbial contamination on wastewater by coliforms and helminths causes serious problems on the population health, consuming vegetables irrigated by this water. This research was conducted on onion and husk tomato crop with the aim to generate knowledges that allow an efficient management of wastewater and soil to produce both crops. Moisture levels of 0, 20, 40, 60 y 80 % was studied. Onion and husk tomato disinfection was carried with sodium hypochlorite at 6 %, 10 and 20 ml/L of water, 10 and 15 minutes exposition time on onion and 15, 20 and 25 minutes on husk tomato. A randomized block design was lay out. To determine the most probable number of fecal coliforms the multiple tube method was used. The highest bulb yield was 73047 kg/ha and 12906 kg/ha on husk tomato when moisture level was 80 % on both crops. Bulbs and husk tomatoes showed high microbiological contamination. The most efficient treatment to control coliforms on onion was sodium hypochlorite 20 ml/L of water during 15 minutes; the most effective concentration on husk tomato was 20 ml/L of water during 25 minutes.

Key words: vegetables, wastewater, coliforms.