

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



La Producción de Cebolla Bajo Fertirrigación por Goteo en el Estado de
Morelos

Por:

BERNARDINO ORTEGA MOTA

TRABAJO DE OBSERVACIÓN

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Febrero del 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

La Producción de Cebolla Bajo Fertirrigación por Goteo en el Estado de Morelos

Por:

BERNARDINO ORTEGA MOTA

TRABAJO DE OBSERVACIÓN

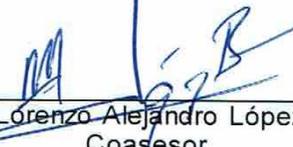
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Enrique Navarro Guerrero
Asesor Principal



Dr. Lorenzo Alejandro López Barbosa
Coasesor



M.C. Luis Ángel Muñoz Romero
Coasesor



Dr. José Antonio González Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía



Buena Vista, Saltillo, Coahuila, México
Febrero del 2020

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a **DIOS** por haberme permitido alcanzar una meta a través del esfuerzo y dedicación, gracias por darme la oportunidad de terminar este proyecto, por cuidarme siempre en cualquier lugar, por cuidar y mantener con bien a mí y a mi familia.

A mi **UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO** por haberme recibido abriéndome sus brazos antes, durante y después de mi carrera profesional, así como a todos mis maestros que me brindaron sus conocimientos y apoyo para seguir adelante.

A mi Asesor principal **Dr. Enrique Navarro Guerrero** por haberme ayudado a realizar con éxito este trabajo y en particular por el apoyo en todo momento en mi formación académica y por aconsejarme siempre para ser una mejor persona.

A mi Coasesor **Dr. Lorenzo Alejandro López Barbosa** por haberme ayudado a realizar con éxito este trabajo y por su ayuda en mi carrera profesional.

A mi Coasesor **Ing. Allan Nesty Martínez Gutiérrez** por haberme ayudado a realizar con éxito este trabajo y por su amistad en todo momento dentro y fuera de la universidad.

Agradezco al **Lic. José Sánchez Hernández** por haberme ayudado a concluir satisfactoriamente este trabajo.

A mis compañeros de la carrera de Ingeniero Agrónomo en Producción, a mis compañeros de otros departamentos, A mis paisanos del Estado de Durango, a todos ellos les agradezco su apoyo y su ayuda para poder salir adelante en mi licenciatura.

DEDICATORIA

A mis padres:

Ing. Bernardino Ortega Carrillo y Sra. María Eugenia Mota Durán (+)

Por la herencia más grande que me han podido dar que es mi profesión, por su amor y apoyo incondicional en todo el trayecto de mi carrera profesional y en los momentos buenos y malos de mi vida.

A mis hermanos:

Ing. Sergio Eduardo Ortega Mota y Alejandra Ortega Mota por su gran apoyo

incondicional en todo momento de mi vida.

A la **Sra. Columba Morales Aragón** por su gran apoyo incondicional todo este tiempo.

A mis familiares por su gran apoyo que me han dado siempre y por sus consejos para ser una mejor persona en especial a la **MC. Sarahi Rangel Ortega** por su gran apoyo siempre tanto dentro y fuera de la universidad.

A todos mis amigos en general les agradezco infinitamente todo su apoyo incondicional en todo momento y en cualquier proyecto de vida en el que me encuentre.

INDICE

RESUMEN.....	IX
I. INTRODUCCION.....	1
II. GENERALIDADES DEL CULTIVO DE LA CEBOLLA.....	2
2.1 COMPOSICION NUTRITIVA.....	2
2.2 IMPORTANCIA DE LA PRODUCCION DE CEBOLLA A NIVEL MUNDIAL, ESTATAL Y MUNICIPAL.....	3
2.3 PRODUCCION DE PLANTULA Y CEBOLLIN EN EL ESTADO DE MORELOS.....	7
2.4 PRODUCCION DE BULBO DE CEBOLLA EN EL ESTADO DE MORELOS.....	12
2.5 MANEJO DE AGUA Y FERTILIZANTES CON FERTIRRIEGO EN EL ESTADO DE MORELOS.....	18
2.6 ACONDICIONAMIENTO DEL AGUA PARA FERTIRRIEGO POR GOTE EN EL ESTADO DE MORELOS.....	22
2.7 FERTILIZACION EN EL SISTEMA DE FERTIRRIEGO POR GOTE EN EL ESTADO DE MORELOS.....	34
2.8 MANEJO DEL AGUA EN RIEGO POR GRAVEDAD Y FERTIRRIEGO EN EL ESTADO DE MORELOS.....	41
2.9 PRINCIPALES PLAGAS Y ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DE CEBOLLA EN EL ESTADO DE MORELOS.....	48
2.10 COSECHA DEL CULTIVO DE CEBOLLA EN EL ESTADO DE MORELOS	63
III. PRODUCCION DEL CULTIVO DE CEBOLLA CON SISTEMA DE FERTIRRIGACION POR GOTE EN LA LOCALIDAD DE JALOSTOC MUNICIPIO DE AYALA EN EL ESTADO DE MORELOS.....	65
IV. IDENTIFICACION DE LA PROBLEMÁTICA.....	78
V. RECOMENDACIONES.....	79
VI. CONCLUSION.....	81
VII. BIBLIOGRAFIA.....	83

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. CULTIVO DE CEBOLLA EN EL MUNICIPIO DE TEPALCINGO, MORELOS.....	6
FIGURA 2. CULTIVAR DE CEBOLLA DE LA VARIEDAD CIRRUS EN TERRENO DEFINITIVO.....	9
FIGURA 3. CULTIVO DE CEBOLLA CON FERTIRRIEGO POR GOTEO.....	13
FIGURA 4. JORNALERO REALIZANDO LA “RASPADILLA” EN EL CULTIVO DE CEBOLLA.....	16
FIGURA 5. RIEGO EN CULTIVO DE CEBOLLA CON SISTEMA DE FERTIRRIGACION POR GOTEO.....	17
FIGURA 6. FILTRO SEMIAUTOMÁTICO.....	26
FIGURA 7. DAÑO CAUSADO POR LIRIOMYZA SPP.....	52
FIGURA 8. FUNGICIDAS APLICADOS AL CULTIVO DE CEBOLLA.....	60
FIGURA 9. “ENGAVILLADO” EN EL CULTIVO DE CEBOLLA.....	63
FIGURA 10. JORNALEROS “ARPILLANDO” LA CEBOLLA EN CAMPO.....	64
FIGURA 11. CEBOLLA “ARPILLADA” PARA VENTA EN CUAUTLA, MORELOS.....	65
FIGURA 12. UBICACIÓN DEL ESTADO DE MORELOS EN MAPA DE LA REPÚBLICA MEXICANA.....	68
FIGURA 13. MAPA DEL POBLADO JALOXTOC, MUNICIPIO DE AYALA EN EL ESTADO DE MORELOS.....	71

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1. CONTIENE VALORES CON BASE EN 100 GR. DE PARTE COMESTIBLE (BULBO) DE CEBOLLA.....	2
CUADRO 2. ESTADÍSTICAS MUNDIALES DEL CULTIVO DE CEBOLLA EN EL AÑO 2011.....	3
CUADRO 3. ESTADÍSTICAS DEL CULTIVO DE CEBOLLA EN MÉXICO DURANTE EL AÑO 2017.....	4
CUADRO 4. ESTADÍSTICAS DEL CULTIVO DE CEBOLLA EN EL ESTADO DE MORELOS DURANTE EL AÑO 2017.....	5
CUADRO 5. RENDIMIENTO COMERCIAL Y DIMENSIONES DE BULBO DE LOS DIFERENTES GENOTIPOS EN LA LOCALIDAD DE TEPETZINGO, MORELOS CULTIVADOS POR FERTIRRIEGO.....	9
CUADRO 6. DENSIDAD DE PLANTAS QUE SE ALCANZA CON DIFERENTES ARREGLOS ENTRE SURCOS Y CAMAS, CON RIEGO POR GRAVEDAD Y FERTIRRIEGO.....	14
CUADRO 7. CLASIFICACIÓN DE AGUAS DE RIEGO SEGÚN GRADOS HIDROMÉTRICOS FRANCESES Y PPM.....	21
CUADRO 8. ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO, EN FUNCIÓN DE LA RAS Y DE LA CONCENTRACIÓN DE IONES ESPECÍFICOS.....	22
CUADRO 9. CRITERIOS DE CALIDAD DEL AGUA EN FUNCIÓN DEL RIESGO DE TAPONAMIENTO DE GOTERO.....	23
CUADRO 10. CLASIFICACIÓN DE MALLAS POR SU NÚMERO DE MESH Y DE PARTÍCULAS POR SU TAMAÑO.....	26
CUADRO 11. EQUIVALENCIA ENTRE EL NÚMERO DE MESH Y EL DIÁMETRO DE ORIFICIOS DEL FILTRO.....	29
CUADRO 12. SELECCIÓN DE FILTRO DE MALLA USANDO EL CRITERIO DE 1/7 DEL DIÁMETRO MENOR DE SALIDA DEL GOTERO.....	29
CUADRO 13. REQUERIMIENTO NUTRIMENTAL (KG) POR TONELADA DE CEBOLLA FRESCA PRODUCIDA Y POR HECTÁREA, PARA UN RENDIMIENTO DE 80 TONELADAS.....	35

CUADRO 14. FERTILIZANTES MÁS COMUNES EN FERTIRRIEGO, SU SOLUBILIDAD (A 20 °C) Y CONCENTRACIÓN DE NUTRIMENTOS.....	41
CUADRO 15. INSECTICIDAS RECOMENDADOS POR SENASICA Y DGIAAP (2011) PARA EL CONTROL DE GUSANO SOLDADO EN CEBOLLA.....	50
CUADRO 16. INSECTICIDAS RECOMENDADOS POR SENASICA Y DGIAAP (2011) PARA EL CONTROL DE LIRIOMYZA SPP.....	52
CUADRO 17. INSECTICIDAS RECOMENDADOS POR SENASICA Y DGIAAP (2011) PARA EL CONTROL DE TRIPS EN CEBOLLA.....	54
CUADRO 18. PRODUCTOS RECOMENDADOS POR SENASICA Y DGIAAP (2011) PARA EL CONTROL DE A. PORRI EN CEBOLLA.....	58
CUADRO 19. EJIDOS DEL MUNICIPIO DE AYALA, MORELOS.....	69
CUADRO 20. PRINCIPALES CULTIVOS PRODUCIDOS EN EL MUNICIPIO DE AYALA, MORELOS.....	70
CUADRO 21. INVERSIÓN DE INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE FERTIRRIEGO POR GOTEO.....	72
CUADRO 22. INVERSIÓN DE FERTILIZANTES SÓLIDOS.....	73
CUADRO 23. INVERSIÓN DE FERTILIZANTES SOLUBLES.....	73
CUADRO 24. INVERSIÓN DE INSUMOS DE FERTIRRIGACIÓN.....	74
CUADRO 25. INVERSIÓN DE INSUMOS QUÍMICOS.....	74
CUADRO 26. INVERSIÓN DE CAPITAL HUMANO.....	76
CUADRO 27. INVERSIÓN DE TRABAJOS CULTURALES E INSUMOS PRIMARIOS.....	77
CUADRO 28. GASTOS DE COSECHA.....	77

RESUMEN

El presente trabajo de observación se realizó en la localidad de Jaloxtoc municipio de Ayala en el Estado de Morelos en el ciclo productivo del 08 de octubre del 2018 al 15 de febrero del 2019, con la finalidad de demostrar que el sistema de fertirrigación por goteo en el cultivo de la cebolla es rentable versus al tradicional de riego por gravedad. Actualmente en el Estado de Morelos se siembran 2,802 hectáreas con una producción de 71,835 toneladas, con un rendimiento promedio de 25.641 toneladas por hectárea con el sistema de riego por gravedad. En condiciones de riego se siembra el 95% y el restante 5% en condiciones de temporal. En este trabajo se compararon los resultados en cuanto a rendimiento del cultivo, eficiencia del agua y de nutrientes de los sistemas de fertirrigación por goteo vs riego por gravedad que es el sistema tradicional con el que trabajan actualmente la mayoría de los productores en el Estado de Morelos. Resultados comerciales por productores que se dedican al cultivo de la cebolla en este año 2019 han obtenido rendimientos de 60 toneladas por hectárea a un precio de 20,000 pesos la tonelada significa que por cada peso invertido se tiene una ganancia de 3 pesos haciendo que el cultivo de cebolla sea altamente rentable.

Palabras clave: cultivo de cebolla, fertirrigación riego por goteo, riego por gravedad, rendimiento, rentabilidad.

I. INTRODUCCIÓN

El sabor distintivo de la cebolla (*Allium cepa* L.) la ha convertido en un ingrediente común en la cocina mundial; la planta se cultiva desde hace más de 4,000 años (Lawande, 2001) y en la actualidad se produce en 139 países (FAO, 2013). India y China cultivan casi la mitad de la cebolla en el Mundo, mientras que México se ubica en el sitio 17 global, en términos de superficie cultivada; dentro de este grupo de 17 países con mayor superficie cultivada, México se encuentra en el 4º lugar respecto al rendimiento. Los Estados Unidos ocupan mundialmente el sitio 16 en superficie cultivada, pero tienen el 3er. lugar en producción debido a su alto rendimiento. En México, la cebolla se cultiva en 26 estados; en 2012, la superficie nacional cosechada fue de 39,764 ha, en las que se obtuvieron 1,118,804 toneladas (SIAP, 2013). Ese año, el estado de Morelos ocupó el 8º lugar nacional en superficie cultivada y el 7º en producción de bulbo. En el estado de Morelos, la cebolla se cultiva en 13 de sus 33 municipios; en 2012, el 95% de la superficie se cultivó en condiciones de riego, el resto en pequeñas superficies de temporal en los municipios de Ayala (5 ha), Jonacatepec (6 ha), Zacualpan de Amilpas (18 ha), Temoac (60 ha) y Yecapixtla (33 ha), según datos del SIAP (2013).

II. GENERALIDADES DEL CULTIVO DE CEBOLLA

La cebolla es un vegetal utilizado como alimento desde hace miles de años y es originario de Asia Central (Shigyo and Kik, 2007). En el continente americano se ha obtenido mayores índices de producción y comercio, por lo tanto, la cebolla ha sido adoptada por todo el mundo. En cuanto a su morfología, la cebolla presenta un sistema radicular formado por numerosas raicillas fasciculadas, de color blanquecino, poco profundas, que salen a partir de un tallo a modo de disco, llamado también "disco caulinar". Este disco caulinar presenta numerosos nudos y entrenudos (muy cortos), y a partir de éste salen las hojas. Las hojas tienen dos partes claramente diferenciadas: una basal, formada por las "vainas foliares" engrosadas como consecuencia de la acumulación de sustancias de reserva, y otra terminal, formada por el "filodio", que es la parte verde y fotosintéticamente activa de la planta. Las vainas foliares engrosadas forman las "túnicas" del bulbo, siendo las más exteriores de naturaleza apergaminada y con una función protectora, dando al bulbo el color característico de la variedad. Los filodios presentan los márgenes foliares soldados, dando una apariencia de hoja hueca. Las hojas se disponen de manera alterna.

2.1. Composición nutritiva

Cuadro 1. Contiene valores con base en 100 gr. De parte comestible (bulbo) de cebolla.

Agua	90 %
Proteínas	1.5 gr.
Carbohidratos	8.7 gr.
Ca	62.0 mg
P	43.0 mg
Fe	0.5 mg
Na	10.0 mg

K	157.0 mg
Ácido ascórbico	10.0 mg

(Valadez, 1988).

2.2. Importancia de la producción de cebolla a nivel mundial, estatal y municipal

Importancia de la Producción de Cebolla en el Mundo

En la actualidad la cebolla se produce en 139 países SIAP (2013) citado por (Osuna y Ramírez 2013). Abarcando una superficie de 4,290,645 millones de hectáreas, India y China cultivan casi la mitad, mientras que México se ubica en el sitio 17 global, en términos de superficie cultivada con 47,126 ha, México se encuentra en el 4° lugar respecto al rendimiento de 29.68 t/ha.

Los Estados Unidos ocupan mundialmente el sitio 16 en superficie cultivada, pero tiene el 1er. Lugar respecto al rendimiento con 56.12 t/ha (Osuna y Ramírez, 2013)

Cuadro 2. Estadísticas mundiales del cultivo de cebolla en el año 2011

Posición	País	Superficie (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
1	India	1,110,090	15,929,600	14.34
2	China	1,015,258	24,763,445	24.39
3	Nigeria	192,050	1,238,090	6.45
4	Pakistán	147,600	1,939,600	13.14
5	Bangladesh	127,940	1,051,520	8.21
6	Federación Rusa	95,500	2,122,740	22.22
7	Indonesia	93,667	893,124	9.53
8	Vietnam	88,598	318,108	3.59
9	Uganda	74,581	254,376	3.41

10	Myanmar	72,400	1,131,390	15.62
11	Irán	69,752	2,496,700	35.79
12	Ucrania	66,600	1,174,900	17.64
13	Turquía	65,418	2,141,370	32.73
14	Egipto	63,723	2,304,210	36.16
15	Brasil	63,418	1,523,320	24.00
16	Estados Unidos	59,740	3,353,120	56.12
17	México	47,126	1,398,850	29.68
	Otros (122 países)	1,166,095	30,981,162	26.57
	Total	4,619,619	95,015,625	21.19

Fuente: FAO (2013)

Importancia de la producción de cebolla en México

En México la cebolla es un cultivo de suma importancia socioeconómica por la gran cantidad de jornales y las divisas que genera. En el 2012 se cultiva en 26 estados, la superficie nacional cosechada fue de 39,764 ha, en las que se obtuvieron 1,238,596 toneladas SIAP (2013).

Cuadro 3. Estadísticas del cultivo de cebolla en México durante el año 2017

Estado	Superficie (ha)		Producción (ton)	Rendimiento (ton/ha)
	Sembrada	Cosechada		
Baja California	6,170	6,146	119,287	19.409
Guanajuato	5,934	5,894	167,618	28.441
Chihuahua	5,453	5,452	315,380	57.843
Puebla	5,087	5,058	100,293	19.827
Tamaulipas	4,594	3,936	139,883	35.544
Zacatecas	4,465	4,383	182,783	41.703

Michoacán	3,872	3,864	128,704	33.313
Morelos	2,802	2,802	71,835	25.641
Sonora	2,164	2,164	56,252	25.994
San Luis Potosí	2,046	1,692	75,085	44.390
Sinaloa	2,008	2,008	49,033	24.420
Jalisco	1,966	1,964	61,464	31.296

Fuente: Elaborado por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).

Importancia de la Producción de Cebolla en Morelos

El estado de Morelos ocupó el 8º lugar nacional en superficie cultivada y el 7º en producción de bulbo. En el estado de Morelos, la cebolla se cultiva en 13 de sus 33 municipios, en 2012, el 95% de la superficie se cultivó en condiciones de riego, el resto en pequeñas superficies de temporal en los municipios de Ayala (5 ha), Jonacatepec (6ha), Zacualpan de Amilpas (18 ha), Temoac (60 ha) y Yecapixtla (33 ha), según datos del SIAP (2013) citado por (Osuna y Ramírez, 2013)

Cuadro 4. Estadísticas del cultivo de cebolla en el Estado de Morelos durante el año 2017

Municipio	Superficie (ha)		Producción (ton)	Rendimiento (ton/ha)
	Sembrada	Cosechada		
Atlatahuacan	4	4	100	25.000
Axochiapan	889	889	22,891	25.749
Ayala	830	830	21,058	25.368
Cuatla	209	209	5,509	26.360
Emiliano Zapata	26	26	611	23.500

Jantetelco	42	42	1,128	27.183
Jonacatepec	135	135	3,474	25.730
Mazatepec	3	3	78	26.00
Temixco	7	7	175	25.057
Temoac	51	51	1,250	24.651
Tepalcingo	366	366	9,721	26.559
Tetecala	1	1	30	22.800
Tlatizapán de Zapata	12	12	328	27.300
Tlaquitenango	34	34	955	28.100
Xochitepec	136	136	3,141	23.097
Yecapixtla	30	30	729	24.290
Zacualpan	27	27	658	24.364
Total	2,802	2,802	71,835	25.641

Fuente: Elaborado por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).



Figura 1. Cultivo de cebolla en el municipio de Tepalcingo, Morelos

2.3. Producción de plántula y cebollín en el Estado de Morelos

Los almácigos para la producción de plántula o cebollín se deben establecer en terrenos en los que no se haya cultivado cebolla por lo menos en los dos años previos. El terreno debe prepararse cuidadosamente para tener una cama de siembra que permita una buena germinación y emergencia de plántulas.

Híbridos y variedades

Los cultivares disponibles en el mercado, pueden agruparse en variedades e híbridos.

Las variedades son cultivares nacionales, entre las que destacan Blanca Morelos y Copándaro.

Blanca Morelos

Es una variedad de polinización cruzada y entomófila, fue generada y liberada por INIFAP en el Campo Experimental Zacatepec; se obtuvo a partir de colectas de Copándaro, aplicando el método de mejoramiento por selección familiar de medios hermanos, en un proceso que abarcó de 1996 a 2001 (Güemes et al., 2010; Ayala et al., 2010).

Copándaro

Es un cultivar considerado de dominio público, es decir, de uso libre, ya que no se registró ante SNICS ni se tramitó título de obtentor. Se introdujo a Morelos por productores que buscaban cultivares con adaptación a las fechas tempranas de trasplante. Los híbridos comúnmente presentan diversos problemas en estas fechas, básicamente por ataque de enfermedades en bulbo y follaje, debido a que las lluvias son todavía abundantes en las fechas tempranas de establecimiento, sobre todo durante los meses de agosto y septiembre.

Trabajos previos muestran que los trasplantes tempranos, de mediados de agosto a fines de septiembre, permiten cosechar desde fines de noviembre hasta

principios de enero, periodo en el que la oferta nacional de cebolla es baja y, por tanto, la probabilidad de alcanzar buenos precios en el mercado es mayor que con cualquier otra fecha (Vázquez, 1998).

Los híbridos comerciales de cebolla son de empresas transnacionales, los más sembrados en la actualidad son Cirrus (Seminis), Carta Blanca (Nunhems) y Cal 214 (Enza Zaden). Otros híbridos de más reciente liberación y que han mostrado buen potencial en Morelos son NUN 201 y NUN 2001, ambos de la empresa Nunhems. Invariablemente, los híbridos se siembran en las fechas intermedias y tardías. Con el afán de reducir costos en la adquisición del cebollín o de la semilla, algunos productores recurren a la compra de semilla F2 o cebollín obtenido a partir de ésta.

Tal práctica no es recomendable, ya que dicha semilla por segregación pierde muchas de las propiedades originales del híbrido F1, y por ello las poblaciones resultantes son muy heterogéneas en características de planta y bulbo, y se corren riesgos adicionales por malas prácticas en la producción de la llamada semilla “hija” o “kileada”.

Ensayos recientes con el sistema de fertirriego mostraron que la variedad Blanca Morelos es competitiva en rendimientos, incluso en fechas intermedias o tardías, en comparación con los híbridos. La semilla de Blanca Morelos es mucho más barata que la semilla de los híbridos, por lo que es una alternativa viable para reducir costos.

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en el Campo Experimental Zacatepec, cuenta con semilla de alto registro de esta variedad, la cual puede ser adquirida por productores o agrupaciones para iniciar un programa de producción de semilla certificada y abastecer la demanda.

Cuadro 5. Rendimiento comercial y dimensiones de bulbo de los diferentes genotipos en la localidad de Tepetzingo, Morelos cultivados por fertirriego

Cultivar	Rendimiento (t/ha)	Diámetro (cm)		Peso fruto (g)
		Polar	Ecuatorial	
Blanca Morelos	53.9	7.27	8.50	295
NUN 201	56.6	7.13	8.31	265
NUN 2001	49.5	8.17	7.64	242
Carta Blanca	48.6	7.78	7.91	277
Cal 214	49.7	7.31	7.83	257
Cirrus a)	63.0	-	7.00	261

a) Datos del ciclo 2010–2011, en la localidad de Atlacholoaya; la información de los cinco cultivares restantes corresponde a un ensayo realizado en Tepetzingo, Morelos, durante el ciclo 2012-2013.



Figura 2. Cultivar de cebolla de la variedad cirrus en terreno definitivo.

Fechas de siembra

Los almácigos para producción de cebollín se deben establecer durante los meses de enero y febrero, para que haya tiempo suficiente para el proceso de incubación antes del trasplante. En el caso de utilizar plántula para el trasplante, la fecha de siembra de almácigos dependerá de la fecha programada de trasplante, considerando que en promedio se requieren unos 45 días para que la plántula alcance el desarrollo adecuado para el establecimiento del cultivo.

Formación de camas

Las camas de siembra deben trazarse con vertederas, con una separación entre 1.0 y 1.3 m, para tener un ancho de 0.7 a 0.8 m. El trazo debe ser en el sentido de la pendiente predominante del terreno.

Siembra

Se trazan manualmente surcos pequeños a lo ancho de las camas, con separación de 7 cm entre ellos y a la profundidad aproximada de 1.0 a 1.5 cm.

La siembra se puede hacer en seco o en húmedo; para el caso de la siembra en húmedo, las camas se nivelan manualmente con ayuda de la lámina de agua superficial, después de lo cual se procede al rayado y siembra de la semilla.

Densidad de siembra

Se requieren 2 kg de semilla, distribuidos en 200 m² de almácigo (10 g/m²), para tener suficiente plántula o cebollín para trasplantar 1 ha.

Manejo del agua

En años recientes se popularizó el uso de riego por aspersion de los almácigos de cebolla. Este sistema permite reducir la muerte de plántulas en la etapa crítica de emergencia; además, las plántulas desarrollan mejor debido al incremento en la humedad relativa del aire, lo que reduce los elevados déficits de presión de vapor que se presentan en la época del año en que se establecen los almácigos

de cebolla (Osuna, 2006; Osuna et al., 2007), lo que mejora el microambiente al nivel de las camas.

Fertilización

Se sugiere fertilizar en dos partes, con intervalos de una semana. En la primera aplicación se utilizan 15 g de 18-46-00 (fosfato diamónico) /m², mientras que en la segunda se aplican 15 g de urea o 35 g de sulfato de amonio/m².

La primera fertilización se puede hacer antes de la siembra o en los primeros días después de la emergencia de las plántulas; la segunda se realiza una semana después de la primera aplicación.

Control de malezas

Las malezas se deben controlar manualmente, cuidando no dañar las raíces de las plántulas, ya que el sistema radical de la cebolla es poco denso y muy superficial.

Tiempo en almácigo

Bajo condiciones de buen manejo, el tiempo requerido para que las plántulas alcancen un desarrollo adecuado para el trasplante es alrededor de 45 a 50 días en promedio. Para el caso de cebollín, el tamaño adecuado de bulbillo se alcanza en aproximadamente 90 a 95 días después de la siembra; en ese tiempo las plantas deben tener de tres a cuatro hojas, altura de 30 a 35 cm, diámetro del bulbillo de 13 a 18 mm, y diámetro del cuello de 3.2 a 4.1 mm. Con estos atributos, se requieren de 700 a 1,000 kg de cebollín para trasplantar una hectárea.

“Curtido” e incubación de cebollín

El “Curtido” de cebollín consiste en deshidratar las hojas de las plantas mediante su exposición a los rayos del sol, lo que reduce el riesgo de pudriciones durante el periodo de incubación del bulbillo; regularmente, la exposición de las hojas al sol entre cuatro a siete días es suficiente.

La incubación del cebollín se debe llevar a cabo a la sombra, en un lugar seco y con buena ventilación, para evitar pudriciones o emisión de raíces. Bajo condiciones adecuadas de almacenamiento, el cebollín puede permanecer hasta cinco meses antes de ser trasplantado.

2.4. Producción de bulbo de cebolla en el Estado de Morelos

Preparación del terreno

Se sugiere dar dos barbechos, y uno o dos pasos de rastra para preparar adecuadamente el terreno y evitar problemas con la conducción del agua durante los riegos, o bien para drenar el exceso de agua de lluvia, sobre todo en los trasplantes tempranos.

Surcado o formación de camas

En el sistema tradicional de riego por gravedad se trazan surcos de 70 a 75 cm de ancho, con vertederas que permitan formar bien los surcos y no tener problemas al momento de regar. Con fertirriego, se sugiere formar camas con vertederas separadas de 1.20 a 1.30 m de centro a centro. Posteriormente, la parte superior de las camas se empareja manualmente con rastrillos, o bien se pueden emparejar con el tractor mediante el paso de un rodillo o con arado rotatorio.

Fecha de trasplante

Comúnmente se consideran tres fechas de trasplante: el “temprano”, del 20 de agosto al 30 de septiembre; el “intermedio”, del primero de octubre al 15 de noviembre; y el “tardío”, del 16 de noviembre al 31 de diciembre (Palacios e inoue,1998).

Trasplante

Sistema tradicional

Se trasplanta una hilera de cebollín o de plántula, según sea el caso, en cada talud del surco. La distancia entre plántulas o cebollines depende del tamaño de

bulbo que se pretenda obtener, por lo tanto, esta será mayor si se desean bulbos grandes; o bien, se puede reducir, si se buscan tamaños medianos o pequeños. Regularmente, una distancia de 10 cm es adecuada para lograr densidades de población que permiten tener bulbos de tamaño mediano a grande.

Fertirriego

Se sugiere trasplantar cuatro hileras por cama, distribuidas de manera uniforme a lo ancho de la misma. Al igual que en el sistema tradicional, la distancia entre plántulas o cebollines dependerá del tamaño deseado de bulbo; la distancia de 10 cm entre planta o cebollín es adecuada para los tamaños medianos a grandes que exige el mercado local.



Figura 3. Cultivo de cebolla con fertirriego por goteo.

Densidad de plantas

El establecimiento en camas con cuatro hileras de plantas en el sistema de fertirriego permite tener poblaciones más altas que en el sistema tradicional de

riego por gravedad, con surcos. Esta es una de las razones por las que es posible incrementar el rendimiento de fruto a través del sistema de fertirriego.

Ventajas del uso de cebollín

En los últimos años la superficie de cebolla establecida con cebollín se ha incrementado significativamente; se estima que en la actualidad más de la mitad de la cebolla cultivada en Morelos se establece con cebollín.

Las dos ventajas principales del uso de cebollín, respecto al uso de plántula, son:

1. El establecimiento inicial del cultivo es más rápido y con plantas de mayor vigor, dada la reserva nutrimental que contiene el bulbillo; 2. El periodo de trasplante a cosecha se reduce en alrededor de un mes, con los beneficios añadidos de ahorros en agua, en agroquímicos y en el tiempo que se tiene ocupado el terreno.

Cuadro 6. Densidad de plantas que se alcanza con diferentes arreglos entre surcos y camas, con riego por gravedad y fertirriego

Sistema	Distancia (cm) entre surcos camas	Densidad (Plantas/ha)
Tradicional (riego por gravedad)	70	285,700
	75	266,700
Fertirriego	120	333,333
	130	307,700

Control de malezas

Se debe realizar un control adecuado de malezas para evitar reducciones en el rendimiento de cebolla. Debido a sus características de porte bajo y área foliar reducida y a la morfología típica de sus hojas, la planta de cebolla es mala competidora con las malezas; por lo regular se requiere combinar el control químico con el control manual.

Con el sistema de fertirriego se tiene una mayor población de plantas por unidad de área, lo que representa una ventaja desde el punto de vista de competencia contra las malezas, respecto al sistema tradicional. Otras ventajas adicionales del fertirriego son la formación de hojas más largas y de mayor diámetro, que generan mayor cobertura de suelo, así como el hecho de que el bulbo de mojado se limita a la línea de goteo, por lo que en la época seca la emergencia de malezas se reduce por falta de humedad más allá del frente de mojado.

Control químico

Pre-emergencia a la maleza

DCPA (dacthal W-75). Aplicar en dosis de 6.7 a 7.5 kg/ha de ingrediente activo, inmediatamente después de trasplantar; controla pastos anuales y algunas malezas de hoja ancha de semillas pequeñas (SVEW, 2010).

Oxifluorfen (goal, oxyfluorfen 240). Utilizar dosis de 0.24 a 0.36 kg/ha de ingrediente activo, a partir del trasplante y hasta dos días después; controla hierbas anuales de hoja ancha. El uso de la dosis alta llega a provocar lesiones en el follaje, consistentes en manchas cloróticas en las hojas de algunos cultivos; los síntomas desaparecen en corto tiempo y no se generan afectaciones significativas en el desarrollo de la planta ni en el rendimiento final.

Pendimetalín (prowl, stomp 330E). Aplicar en dosis de 1 kg/ha de ingrediente activo, uno o dos días después del trasplante controla la mayoría de pastos anuales y algunas malezas de hoja ancha.

Post-emergencia a la maleza

Oxifluorfen (goal, oxyfluorfen 240). La dosis se reduce, respecto a la aplicación pre-emergente, a 0.14 kg/ha de ingrediente activo; debe aplicarse cuando las malezas de hoja ancha tengan de 2 a 4 hojas.

Puede provocar los síntomas indicados atrás, para el caso de aplicación pre-emergente en la dosis alta, sobre todo con temperaturas bajas y tiempo húmedo (SVEW, 2010). En cualquiera de las opciones de control químico, se sugiere

utilizar boquillas de abanico del tipo TeeJet 8004 y aplicar los productos en un volumen de 400 L/ha, para lo cual es conveniente calibrar previamente el equipo de aspersión.

Fluazifop (fusilade DX, fusilade forte). Debe aplicarse en dosis de 0.11 a 0.28 kg/ha de ingrediente activo. Controla pastos anuales y perenes; no debe aplicarse en días muy cálidos y húmedos (SVEW, 2010).

Control manual

Regularmente se requiere llevar a cabo una o dos labores adicionales de control manual de malezas; comúnmente se utilizan palas pequeñas o azadón para llevar a cabo la “raspadilla”, así como la extracción a mano de algunas malezas de mayor tamaño.



Figura 4. Jornalero realizando la “raspadilla” en el cultivo de cebolla

Fertilización sistema tradicional

Se recomienda aplicar la dosis de fertilización 140-60-00 de nitrógeno (N), fósforo (P₂O₅) y potasio (K₂O), respectivamente. Dicha dosis se aplica en dos oportunidades, como se indica enseguida. La primera fertilización debe hacerse de 4 a 10 días después del trasplante, aplicando la mitad del N y todo el P₂O₅ (70-60-00). La segunda fracción de N (70-00-00) se debe aplicar 50 días después de la primera.

Fertirriego

El sistema de fertirriego con riego por goteo tiene grandes diferencias respecto al sistema tradicional, sobre todo en lo que respecta al manejo de agua y fertilizantes, a saber: 1. los fertilizantes se aplican usando como vehículo el agua de riego; 2. ello hace indispensable conocer la calidad física y química del agua, así como su acondicionamiento, para evitar taponamientos de goteros; 3. los intervalos de riego son cortos (riegos frecuentes). Por lo anterior, el manejo de la fertilización en fertirriego, se presenta conjuntamente con el manejo del agua y otros temas de interés, como la calidad del agua disponible para fertirriego en las diferentes zonas cebolleras, las familias de aguas en términos de su composición química, y alternativas técnicas para el manejo eficiente del riego.



Figura 5. Riego en cultivo de cebolla con sistema de fertirrigación por goteo.

2.5. manejo de agua y fertilizantes con fertirriego en el Estado de Morelos

Acuíferos

El estado de Morelos se ubica en la región hidrológico-administrativa (Organismo de cuenca) No. IV, de acuerdo con la división de la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2009). El estado cuenta con cuatro acuíferos: Cuernavaca, Cuautla–Yautepec, Tepalcingo–Axochiapan y Zacatepec; las áreas cebolleras del oriente de la entidad se ubican dentro del acuífero Tepalcingo–Axochiapan; en ellas se cultiva el 57% de la superficie cebollera estatal.

La superficie restante se distribuye en la zona centro/centro–norte, dentro de los acuíferos Cuernavaca y Cuautla-Yautepec. El acuífero Tepalcingo-Axochiapan se halla en veda rígida desde 1981, por su condición geohidrológica de sobreexplotación, de acuerdo con una disposición del gobierno federal emitida a través de la entonces SARH (CNA, 2002; Gobierno del Estado de Morelos, 2009).

Calidad del agua

El Estado de Morelos tiene una amplia diversidad en calidades de agua (Osuna y Ramírez, 2009), derivado de los contrastes entre regiones en su historia geológica (Fries Jr., 1960), geografía física y en el clima. Por tanto, el agua disponible para riego en las zonas cebolleras varía de manera significativa. La calidad del agua para riego puede definirse en términos físicos, químicos y microbiológicos.

La calidad física del agua tiene que ver con la presencia de partículas suspendidas, orgánicas o inorgánicas, que pueden eventualmente provocar el taponamiento de goteros y el colapso del sistema de riego. En términos generales, las aguas extraídas de pozos o las derivadas de manantiales, como Las Estacas, en Tlaltizapán, o San Ramón, en Xochitepec, son las de mayor calidad física, mientras que las provenientes de presas o que son derivadas de ríos (agua “rebotada”), como en el caso de las presas “Los Carros–Cayehuacán” o “El Abrevadero”, pueden tener alta presencia de partículas suspendidas y

requieren ser sometidas a procesos cuidadosos de filtrado. La calidad química del agua está dada básicamente por la concentración y naturaleza de iones disueltos o la presencia de sales solubles, así como por los valores de pH y conductividad eléctrica (CE). Estrictamente hablando, entre menos iones o sales solubles haya en el agua, mayor será su calidad; sin embargo, desde el punto de vista agronómico, la presencia de iones en concentraciones moderadas puede ser deseable, ya que se reducen las necesidades de fertilizantes.

Parámetros químicos del agua en las zonas cebolleras

Los parámetros seleccionados fueron: concentración de sales totales, conductividad eléctrica, concentración de cationes y aniones, concentración de bicarbonatos y dureza del agua. Conductividad eléctrica y sales solubles totales. La conductividad eléctrica (CE), es una propiedad del agua relacionada con la presencia de sales solubles o iones. A mayor concentración de éstos, mayores serán los valores de CE. Se expresa en términos de deciSiemens por metro (dS/m); sus valores son equivalentes a los de las unidades usadas comúnmente en el pasado: $1 \text{ dS/m} = 1 \text{ mmhos/cm}$.

En las zonas cebolleras, las aguas de mayor CE son las del manantial San Ramón, en Xochitepec, que forma parte del acuífero Cuernavaca, así como las de Tlalayo (Axochiapan) y Xalostoc (Ayala), del acuífero Tepalcingo–Axochiapan.

En los dos casos se trata de aguas atípicas del acuífero correspondiente, ya que en estos predominan aguas de la familia química de aguas bicarbonatadas, mientras que las aguas mencionadas pertenecen a la familia de aguas sulfatadas, según CNA (2002).

Concentración de cationes y aniones

Los iones presentes en el agua, que son de interés en la nutrición de las plantas, son: calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), sodio (Na^{+}) y potasio (K^{+}), agrupados

como cationes; así como nitratos (NO_3^-), sulfatos (SO_4^{2-}) y cloruros (Cl^-), agrupados como aniones; los iones fosfato (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-}) rara vez se encuentran en cantidades apreciables en las aguas, por lo que no se les incluye. Los iones carbonato (CO_3^{2-}) o bicarbonato (HCO_3^-), son muy importantes por su relación con el amortiguamiento de pH del agua, y por ello son tomados en cuenta.

El ión sodio no es considerado esencial para las plantas, pero debido a sus interacciones con K^+ , a riesgos de problemas de toxicidad específica a altas concentraciones y a la reducción que provoca en el potencial osmótico del agua, se le considera normalmente en los análisis de calidad química del agua.

En el grupo de cationes, la concentración de Ca^{2+} y Mg^{2+} , es la que mayor variación tiene en las aguas de las diferentes zonas cebolleras del estado, y está estrechamente relacionada con los valores de CE, tal como ocurre a nivel estatal (Osuna y Ramírez, 2009). Por otro lado, la concentración de K^+ en las aguas del estado es muy baja, tal como ocurre normalmente en todas las aguas naturales, independientemente de la CE. En el grupo de aniones, la concentración de SO_4^{2-} es la que marca diferencias importantes entre las diferentes aguas; la suma de aniones (sulfatos + bicarbonatos + cloruros), guarda relación directa estrecha con las sumatorias de cationes en las diferentes zonas, debido al efecto de compensación de cargas entre ambos grupos de iones (Burns, 2003; Marschner, 2002).

pH y concentración de bicarbonatos

El sistema carbonato es el sistema ácido-base más importante en el agua. En las aguas de Morelos, el ión bicarbonato, HCO_3^- , es el más importante de dicho sistema, partiendo de los valores de pH comunes (menores a 8.3). La gran mayoría de las aguas de Morelos utilizadas en sistemas de hidroponía y fertirriego tienen valores de pH en el intervalo de 7.0 a 8.0 (Osuna y Ramírez, 2009), lo cual está estrechamente relacionado con su contenido de bicarbonatos. La llamada alcalinidad hidroxílica, o de OH^- , se presenta a pH por arriba de 9.5 y por ello no es importante en las aguas de riego de las zonas cebolleras. Las

concentraciones de bicarbonato encontradas varían de 1.18 me/L en agua del manantial Las Fuentes, utilizada en Xochitepec, hasta 6.36 me/L en el agua del canal Tenango, en Xalostoc.

También hay una estrecha correlación positiva entre los valores de CE y los de bicarbonatos en el agua. Dado que la reducción de pH del agua pasa por la eliminación de bicarbonatos.

Dureza del agua

La dureza del agua es un término coloquial que se relaciona con la concentración de los iones calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}). Se derivó de la dificultad (dureza) para lavar con algunas aguas, referida al mayor consumo de jabón, y en la mayoría de las aguas alcalinas esta característica se relaciona directamente con el contenido de calcio y magnesio (Anónimo, 2001). Estrictamente hablando, la dureza total del agua es causada por todos los cationes presentes, incluyendo, además de Ca^{2+} y Mg^{2+} , al hierro (Fe^{2+}), manganeso (Mn^{2+}), aluminio (Al^{3+}) y otros (Ali, 2010). Dada la predominancia de Ca^{2+} y Mg^{2+} , solamente estos dos se consideran en el cálculo de la dureza del agua. En México, la norma respectiva recomienda expresar dureza total en mg de CaCO_3/L . En términos de equivalencia química, la dureza total será la suma de equivalentes de Ca^{2+} y de Mg^{2+} .

Cuadro 7. Clasificación de aguas de riego según grados hidrométricos franceses y ppm

Tipo de agua	Grados hidrométricos franceses	ppm
Muy blanda	Menor de 7	Menor de 70
Blanda	7-14	70-140
Semiblanda	14-22	140-220
Semidura	22-32	220-320
Dura	32-54	320-540
Muy dura	Mas de 54	Mas de 540

Iones específicos

Se trata de la presencia de iones que, a partir de cierta concentración, eventualmente pueden causar problemas de toxicidad, como es el caso de cloro, boro, manganeso y fierro. También se considera en este apartado al sodio, el cual genera muchas preocupaciones en fertirriego, ya que provoca severos problemas de pérdida de la estructura del suelo, efectos osmóticos (salinos) negativos y desbalances nutrimentales por competencia con otros cationes fundamentales en la nutrición de las plantas, como K⁺. En las aguas de las zonas cebolleras de Morelos se detectaron niveles relativamente altos de sodio (Na⁺) en Tlalayo y Jaloxtoc, con restricción moderada para su uso en riego por goteo.

2.6. Acondicionamiento del agua para fertirriego en el estado de morelos

El acondicionamiento del agua tiene como propósito principal, prevenir taponamientos de goteros por la presencia de sólidos suspendidos presentes en la fuente original de agua, por la formación de algas, o por microorganismos asociados a estas, en el sistema de conducción, o bien por la formación de precipitados químicos.

Cuadro 8. Índices de calidad del agua de riego, en función de la RAS y de la concentración de iones específicos

Ión	Unidad	Restricción en el uso del agua		
		Ninguno	Leve a moderado	severo
Sodio				
Riego por goteo	RAS a)	<3.0	3.0-9.0	<9.0
Riego por aspersión	RAS	<3.0	>3.0	--

Cloruro				
Riego por goteo	me/L	<4.0	4.0-10.0	>10.0
Riego por aspersión	me/L	<3.0	3.0-5.0	>5.0
Boro				
Riego por goteo	mg/L	<0.7	0.7-0.3	>3.0
Manganeso	me/L	<0.1	0.1-1.5	>1.5
Fierro	mg/L	<0.1	0.1-1.5	>1.5

a) Relación de adsorción de sodio; es un indicador del riesgo de sodificación que presenta el agua de riego. Modificado de: Ayers y Wescot (1985); Nakayama (1982); Palacios y Aceves (1994).

Las aguas provenientes de presas (“Abrevadero”, Los Carros-Cayehuacán), que son derivadas de ríos (río Cuautla, río Nexapa), o que se almacenan en depósitos rústicos a la intemperie con taludes de suelo, presentan un problema físico de moderado a severo, por lo que deben tomarse medidas adecuadas para prevenir taponamiento de goteros.

Cuadro 9. Criterios de calidad del agua en función del riesgo de taponamiento de gotero

Tipo de problema	Menor	Moderado	Severo
Físico			
Sólidos suspendidos a)	50	50-100	>100

Químico			
pH	7.0	7.0-7.5	>8.0
Solidos Disueltos	500	500-200	>2000
Manganeso a)	0.1	0.1-1.5	>1.5
Fierro total a)	0.2	0.2-1.5	>1.5
Sulfuro de hidrogeno a)	0.2	0.2-2.0	>50000
Biológico			
Población Bacteriana b)	1000	10000-50000	>50000

a) Concentración máxima medida en un número representativo de muestras de agua, utilizando procedimientos analíticos estándar (mg/L). b) Número máximo de bacterias/mL. La población bacteriana es un indicador de la presencia creciente de algas y nutrientes para los microorganismos. Fuente: Bucks y Nakayama (1980).

Desde el punto de vista químico, se debe tener cuidado con algunas aguas de las áreas de Tlalayo y Xalostoc, debido a que la concentración de Na^+ , en relación con la sumatoria de las concentraciones de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, las convierte en aguas con restricciones moderadas para su uso en riego por goteo.

Por otro lado, en el caso de aguas con concentraciones de bicarbonato (HCO_3^-) superiores a 2.5 me/L, deberá considerarse la necesidad de su eliminación mediante la adición de ácidos inorgánicos, de manera tal que se manejen concentraciones de HCO_3^- alrededor de dicho valor (2.5 me/L).

En el aspecto biológico, las aguas almacenadas en depósitos a la intemperie o en depósitos rústicos con taludes de suelo, representan riesgos de taponamiento de goteros de moderados a altos, debido al crecimiento de algas; en este caso, se sugiere prevenir el crecimiento de microorganismos mediante la adición de cloro.

Los detalles de cada uno de los procedimientos para el acondicionamiento del agua de riego se abordan enseguida.

Acondicionamiento físico del agua

Filtrado

Se refiere a la eliminación de partículas sólidas en suspensión, las cuales pueden ser de origen orgánico (algas, bacterias, residuos vegetales) o inorgánico (partículas de suelo, precipitados químicos).

Estas partículas pueden taponear goteros, secciones de tuberías y dispositivos con elementos móviles como electroválvulas (solenoides), reduciendo la eficiencia del riego presurizado. En el caso de aguas de presas o que provienen de canales con agua limpia, pero que se contaminan con aguas externas que tienen gran cantidad de partículas suspendidas, es conveniente realizar una especie de filtrado previo con malla, por ejemplo, malla antiáfido utilizada en invernaderos, para evitar el paso de partículas de tamaño muy grande, como partes de plantas o incluso basura.

Cuando las aguas traen en suspensión cantidades muy altas de limo o arcilla, es conveniente construir depósitos de sedimentación, previos a su incorporación al sistema de riego. Los filtros de malla o anillos más comúnmente utilizados son de 100 a 140 mesh, con orificios de filtrado de 106 a 150 μm ; cierta porción de arena muy fina, limo, arcilla, nematodos, bacterias y virus, tienen un diámetro equivalente suficientemente pequeño como para pasar a través de los elementos de filtrado.



Figura 6. Filtro semiautomático

Cuadro 10. Clasificación de mallas por su número de mesh y de partículas por su tamaño

Número de mesh de la malla	Diámetro equivalente (μm)	Nombre de partícula o de organismo	Diámetro equivalente (μm)
16	1180	Arena gruesa	>1000
20	850	Arena media	250-500
30	600	Arena muy fina	50-250
40	425	Limo	2-50
100	150	Nematodos 1)huevos	20-50 (ancho)
140	106adultos	15-35 (ancho)
170	90	Arcillas	<2
200	75	Bacterias	0.4-2
270	53	Virus	<0.4

400	38		
-----	----	--	--

1) Huevos de *Meloidogyne* spp.; los datos de adultos corresponden a las dimensiones promedio de nematodos fitopatógenos (Wright y Perry, 2006; Agrios, 2005; Lambert y Becal, 2002). El resto de información es de Nakayama et al. (2007).

Eliminar la totalidad de partículas suspendidas es impráctico y muy costoso; en los sistemas de riego presurizado regularmente se sugiere utilizar filtros con orificios de diámetro equivalente a 1/7 (Martínez, 2005), 1/8 (Montalvo, 2005) o 1/10 (Nakayama et al., 2007) del diámetro menor de paso o salida del gotero; es decir, se permite el paso de partículas con diámetro igual o menor al de 1/7 a 1/10 de dicho diámetro.

En términos generales, el diferencial de presión entre la entrada al sistema de filtrado y la salida, no debe ser mayor al equivalente a 3.52 m de columna de agua (aprox. 0.35 kg/cm²) (Mata et al., 2010). Los sistemas de filtrado comúnmente se agrupan en hidrociclones o separadores centrífugos, filtros de arena, filtros de malla y filtros de anillos.

Hidrociclones

Normalmente se requieren en pozos profundos en los que el agua extraída contiene gran cantidad de partículas de arena. Los hidrociclones eliminan hasta 98% de partículas con peso específico superior al del agua y de diámetro superior a 75 µm (Nakayama et al., 2007) o 100 µm (Martínez, 2005; Montalvo, 2005). Deben instalarse entre la salida de agua de la bomba que extrae agua del pozo y el cabezal de riego. Estrictamente hablando no son propiamente filtros, pero dado que el resultado final es el mismo, comúnmente se les considera como tales.

Filtros de arena

Se deben ubicar al inicio del cabezal de riego, después del hidrociclón. Son tanques de forma cilíndrica, generalmente de metal o de plástico rígido, parcialmente llenos de un material poroso (arena cuidadosamente seleccionada) en el que, por adherencia, se fijan las partículas orgánicas y quedan retenidas en sus poros las partículas minerales (Martínez, 2005; Montalvo, 2005).

Tienen la ventaja de que pueden almacenar grandes cantidades de contaminantes antes de requerir lavado, el cual se lleva a cabo fácilmente expandiendo el lecho filtrante e invirtiendo el flujo de agua (retrolavado), enviando fuera de la línea de conducción las impurezas retenidas. Son filtros muy prácticos en su manejo y en Morelos existe amplia disponibilidad de ellos debido a que su uso es común en la limpieza de albercas. La pérdida de carga del filtro limpio no debe superar una presión equivalente a 3 m de columna de agua (alrededor de 0.3 kg/cm²) y deben limpiarse cuando dicha pérdida es de 6 m de columna de agua (aprox. 0.6 kg/cm²), para evitar la disminución del caudal de agua filtrada y la posible “perforación del lecho” poroso (Montalvo, 2005), lo cual colapsaría el sistema de filtrado. El tamaño de las partículas de arena normalmente varía del No. 11 (0.79 mm), 16 (0.66 mm) y 20 (0.46 mm), que permiten filtrar partículas con diámetros de 75, 50 y 40 µm, respectivamente.

Filtros de malla

Deben colocarse después del sitio de inyección o de incorporación del fertilizante al flujo de agua; sólo retienen partículas sólidas no elásticas, como las impurezas de fertilizantes, precipitados del tanque de solución madre, residuos de agroquímicos inyectados en el sistema de riego o partículas que pasaron los filtros previos.

Su funcionamiento es muy importante porque son el último punto de filtrado antes de la entrada del agua o de la solución nutritiva al sistema que conduce a los emisores. Los criterios para elegir un filtro de mallas son la superficie expuesta

de la malla y el tamaño de los orificios (número de malla o mesh). El tamaño de orificio está relacionado con el llamado número de mesh, el cual se define como el número de orificios por pulgada lineal contados a partir del centro de un hilo (Montalvo, 2005) al centro del siguiente. El criterio a utilizar consiste en que el tamaño de orificio de la malla sea de 1/7 a 1/10 del diámetro mínimo de paso del gotero (Martínez, 2005; Montalvo, 2005; Nakayama et al., 2007).

Cuadro 11. Equivalencia entre el número de mesh y el diámetro de orificios del filtro

No. Mesh	Diámetro (µm)	No. mesh	Diámetro(µm)
50	297	120	125
60	250	140	105
70	210	170	88
80	177	200	74
100	149	230	62

Cuadro 12. Selección de filtro de malla usando el criterio de 1/7 del diámetro menor de salida del gotero

Diámetro del gotero (µm)	Orificio menor (µm)	No. de malla (mesh)
1,500	214	65
1,250	178	80
1,000	143	115
900	128	115
800	114	150
700	100	170
600	86	200
500	71	250

No es recomendable el empleo de mallas muy finas debido a que incrementa la frecuencia de su limpieza y los problemas asociados a la saturación de los orificios.

Filtros de anillos

Son los más comunes en la actualidad, ya que combinan los efectos de los filtros de malla y de los de arena. Los elementos de filtrado están compuestos por un elevado número de discos (anillos) de plástico ranurados, los que una vez apretados o comprimidos forman un cuerpo cilíndrico de filtrado.

El agua entra en dirección axial por el orificio central de los discos y sale en sentido radial, por lo que puede definirse como un filtro de malla con un espesor del elemento filtrante muy grande.

Acondicionamiento químico del agua

Se abordan dos situaciones en las que se recurre al acondicionamiento químico del agua, la primera se relaciona con la eliminación de algas y bacterias presentes en el agua de riego; la otra tiene que ver con el ajuste del pH para evitar precipitaciones de las soluciones nutritivas.

Eliminación de algas y bacterias presentes en el agua

En Morelos, es común que se cuente con depósitos o embalses de agua al aire libre, con paredes recubiertas con geomembranas o materiales similares. Algunos productores aprovechan para criar peces para carne en los depósitos, lo cual reduce la calidad del agua de riego. La mayoría de estos depósitos están expuestos a la luz solar y suelen presentar elevadas poblaciones de algas, mismas que pueden convertirse en un problema por el taponamiento del sistema de riego, ya que provocan incrementos en el pH del agua (hasta 9.0 en casos extremos) y porque son fuente de alimento de bacterias.

Al respecto, Gómez y Velazco (1991) reportaron la presencia de *Olpidium radicali* en embalses para riego en Almería, España, en condiciones similares a los de Morelos, mientras que en Israel se menciona que en el agua de riego es común

la presencia de colonias de protozoarios (*Epistylis balanarum*) y bacterias azufrosas (*Beggiatoa alba*) (Saggi et al., 1995), las cuales originan problemas de taponamiento en los sistemas de riego presurizado.

Nakayama et al. (2007), reportan que en goteros con taponamientos se pueden encontrar bacterias de los géneros *Pseudomonas*, *Vibro*, *Enterobacter*, *Flavobacteria* y *Microccus*, entre otras. Estas bacterias son un riesgo incluso en las líneas de conducción debido a que forman aglutinados (“lama”).

Una forma de prevenir el desarrollo de algas y de bacterias en el agua almacenada, consiste en cubrir los depósitos para evitar la llegada de la luz del sol al cuerpo de agua.

Si esto no es posible, existen una serie de tratamientos biológicos y químicos, para mantener bajo control las poblaciones de algas y bacterias. Los tratamientos biológicos consisten en el uso de microorganismos, generalmente hongos y bacterias, tal como *Bacillus thuringiensis var. Israelensis*, la cual inhibe el crecimiento de algas mediante la competencia por nutrientes; además, segrega una enzima que destruye la pared celular de las algas (Muñoz Ramos, 2003).

El tratamiento químico más común para prevenir o eliminar las poblaciones de algas o bacterias en el agua, en los depósitos o en los sistemas de conducción, consiste en el uso de sustancias oxidantes, como el cloro (Ravina et al., 1992; Dehghanisanij et al., 2005) y el permanganato de potasio (Muñoz, 2003). Para el caso de cloro, la concentración que se sugiere es de 3 partes por millón (ppm) (3 g/1,000 L de agua) de cloro activo; en caso requerido, por ejemplo en aguas residuales tratadas, pueden usarse de 5-8 ppm de Cl₂ (Rav-Acha et al., 1995).

En los depósitos de agua, se sugiere realizar el tratamiento por la tarde, una vez que se terminó de regar, para dar oportunidad a la volatilización del producto excedente, antes de iniciar los riegos al día siguiente. En algunas especies o variedades sensibles, el cloro puede causar toxicidad a concentraciones bajas (Ayers y Wescot, 1985).

El tratamiento con cloro debe hacerse periódicamente, cada semana en los meses más calurosos, o cada dos semanas el resto del tiempo.

La química del cloro en solución es compleja, ya que reacciona con la materia orgánica suspendida, con microorganismos y con diversos iones o sus sales.

La concentración de Acido hipocloroso (HOCl) disuelto en agua es dependiente del pH. Al mismo tiempo, la disolución de hipoclorito de sodio y de hipoclorito de calcio genera iones OH que elevan el pH por esta razón es importante buferizar con ácido las disoluciones, para lograr valores de pH alrededor de 5.0, que es donde la proporción de HOCl alcanza su máximo. El pKa, valor de pH en el que se igualan las concentraciones de las dos especies iónicas (Acido hipocloroso y Hipoclorito de calcio), es de 7.58 (Morris, 1966).

El permanganato de potasio es otro fuerte agente oxidante que degrada a los microorganismos carentes de protección cuticular y por ello actúa como alguicida, esporicida y bactericida. La dosis sugerida por Muñoz (2003) es de 10 a 20 g de producto comercial/1,000 L de agua, cuando se tiene una población muy elevada de algas; las dosis preventivas o de mantenimiento pueden ser de 1 a 5 g/1,000 L de agua (Muñoz, 2003). En México, desafortunadamente, en la actualidad se tienen restricciones gubernamentales para la comercialización de permanganato de potasio, debido a su uso potencial en la elaboración de explosivos caseros, en los que se aprovecha el alto poder oxidante de este compuesto.

Mantenimiento de las líneas de conducción

Es muy importante realizar mantenimiento preventivo de las líneas de conducción del sistema de riego, para asegurar su funcionamiento correcto durante el ciclo. Para ello, deben programarse lavados periódicos de las líneas secundarias y terciarias sólo con agua, acidulada si es el caso, a la mayor presión posible para asegurar la eliminación de partículas sólidas.

Otra medida requerida es la adición periódica de cloro al agua de riego, para prevenir el crecimiento de algas y bacterias dentro de las líneas de conducción,

por ejemplo, cada semana. Incluso, en aguas de riego almacenadas en estanques de suelo, sin revestir, expuestas al sol, y con crecimiento de algas, se sugiere aplicar Cl continuamente, para mantener de 1 a 3 ppm de Cl libre (Haman, 2011; Nakayama et al., 2007; Nakayama y Bucks, 1986) al final de las cintillas más alejadas. Debe tenerse en cuenta que el cloro en el agua reacciona con la materia orgánica suspendida, con microorganismos y con diversos iones o sus sales. Por lo tanto, deberán realizarse mediciones de la concentración de cloro activo al final de las líneas para definir la concentración de cloro activo a inyectar en el sistema, considerando la reducción en la concentración de cloro debido a las reacciones señaladas.

Al término de un ciclo de cultivo o en situaciones en las que durante el ciclo se tienen problemas de acumulación de algas y microorganismos en la tubería de conducción, se recomienda llevar a cabo aplicaciones excepcionales de Cl que generen concentraciones de 50 ppm (supercloración) en las laterales (Haman, 2011), con periodicidad semanal, hasta llevar el problema al mínimo, después de lo cual se continua con las inyecciones periódicas preventivas a 3 ppm de Cl activo. La aplicación se debe realizar al término del riego, asegurando que al final de la cintilla más alejada se tenga la concentración indicada de Cl libre.

Ajuste de pH

En fertirriego, generalmente se recomienda manejar las soluciones nutritivas a valores de pH alrededor de 6.0. Las razones fundamentales tienen que ver con el equilibrio electroquímico de la raíz y con la dependencia al pH de las formas iónicas en solución, de los elementos esenciales en la nutrición de las plantas. Respecto a lo primero, el pH en el apoplasto de la raíz se mantiene de forma activa, es decir, con gasto de energía, alrededor de 5.5 (Marschner, 2002; Taiz y Zeiger, 2002). Por lo anterior, desde el punto de vista electroquímico, es deseable mantener los valores de pH de la solución fertilizante alrededor de dicho valor.

La reducción del pH de las soluciones nutritivas a los valores deseados de 5.5 a 6.0, se logra con la eliminación o destrucción de bicarbonato (HCO_3^-) mediante la adición de ácido.

Los ácidos inorgánicos más comúnmente utilizados son: nítrico, sulfúrico y fosfórico (Medeiros et al., 2008; Barros et al., 2009). Cabe hacer notar que el anión acompañante de cualquiera de los ácidos debe contabilizarse al momento de calcular las dosis de fertilizantes; es decir, además de reducir el pH, los ácidos aportan alguno de los aniones requeridos en la preparación de soluciones.

2.7. Fertilización en el sistema de fertirriego por goteo en el Estado de Morelos

Cálculo de la necesidad de fertilizantes

El enfoque más simple es el de aplicar dosis generalizadas por región, tal como se hace para el manejo tradicional del cultivo de cebolla con riego por gravedad. En fertirriego esto no es recomendable ya que el sistema permite abastecer los nutrimentos de manera continua y precisa, en función de la demanda durante las diferentes etapas fenológicas de la planta.

Consiste en partir de recomendaciones generales de fertilizante para una región determinada; por ejemplo, Palacios (2000), para la zona de Zacatepec, Morelos, considera un requerimiento N-P-K de 140-60-0. El mismo autor sugiere aplicar el nitrógeno en el sistema de riego como nitrato de amonio, en 60 aplicaciones de 7 kg/ha en cada una de ellas; el fósforo se sugiere inyectarlo como ácido fosfórico, en el sistema de riego, y lo demás en la semana posterior al trasplante.

El enfoque sugerido para definir el abasto nutrimental a través del fertirriego, consiste en definir dos aspectos básicos: en primer lugar se calcula la demanda nutrimental de la cebolla para una meta de rendimiento dada, preferentemente el rendimiento óptimo económico (Cantliffe et al., 2012). Así, la demanda nutrimental es el balance entre el requerimiento del cultivo para obtener un rendimiento determinado y el suministro potencial (oferta, aporte) de dicho nutrimento en una condición dada de suelo, agua y residuos vegetales; si se determina que el suministro es menor que el requerimiento y el déficit debe aportarse mediante fertilizantes, se toma en cuenta la eficiencia de recuperación

de este, a partir del fertilizante aplicado. En forma de ecuación (Rodríguez y Galvis, 1989), sería como sigue:

$$\text{Demanda} = \frac{\text{Requerimiento} - \text{Suministro}}{\text{ERNF}} \quad (3)$$

ERNF

En donde: ERNF = Eficiencia en la recuperación del nutrimento aportado por el fertilizante.

Una vez definida la demanda nutrimental del cultivo, el segundo aspecto a definir es la dinámica de extracción nutrimental de la planta; es decir, las llamadas curvas de demanda nutrimental (Castellanos, 1987) durante el desarrollo del cultivo, para diseñar el programa de abasto nutrimental a través del sistema de riego a lo largo del ciclo de desarrollo del cultivo. En el Cuadro 13 se concentran algunos valores reportados de extracción nutrimental total de cebolla por tonelada producida, de acuerdo con diversos autores (Ciampitti y García, 2007; 2009; Acuña y Rottenberg, 2008; Bertsch, 2003; Sullivan et al., 2001; Salo, 1999; Haynes, 1986). También, para un rendimiento objetivo de 80 t/ha, se muestra la demanda total promedio de cada nutrimento por hectárea.

Cuadro 13. Requerimiento nutrimental (kg) por tonelada de cebolla fresca producida y por hectárea, para un rendimiento de 80 toneladas

Demanda nutrimental	N	P-P2O5	K-K2O
Kg/t	1.5-2.5	0.2-0.3	1.4-2.5
Kg/ha	120-200	16-24	112-200

Los valores del Cuadro 13 corresponden al requerimiento nutrimental estimado para obtener el rendimiento objetivo de 80 t/ha. La estimación del suministro se aborda enseguida, para N, P2O5 y K2O, por separado.

Caso del N

El N es el único nutrimento que es absorbido por las plantas en forma de catión (NH_4^+) o anión (NO_3^-) (Mengel y Kirkby, 1987). La forma más común disponible en el suelo es la nítrica, debido a que el amonio se oxida en pocos días, mediante la acción de dos grupos de bacterias que oxidan el NH_4^+ hasta NO_3^- ; esta última forma tiene mayor movimiento en el suelo que la forma amoniacal (Kafkafi, 2002; Havlin et al., 2005), debido a la naturaleza de su carga.

La dinámica del N en los suelos es muy alta y dependiente en gran medida de la actividad microbiana; por ello, en la estimación del suministro, además del análisis químico de suelos, se deben considerar los aportes de la materia orgánica, de residuos orgánicos sin descomponer, y del agua de riego.

El análisis químico de suelo debe incluir la concentración de N- NO_3 (ppm de N inorgánico) y % de materia orgánica. Conocidos los resultados analíticos, se sugiere consultar valores indicados por Castellanos et al. (2000), de donde se desprende el aporte estimado parcial.

La lámina total de agua a considerar en el cálculo, puede ser la evapotranspiración promedio de varios años del cultivo en la región durante todo el ciclo, calculada con los datos de la estación agroclimática más cercana; o bien con valores reales de la lámina de agua cuantificada en trabajos conducidos en ciclos previos.

En caso de requerir la eliminación de bicarbonatos del agua, la fuente más común y económica es el ácido nítrico. El anión acompañante es el NO_3^- , razón por la cual deberá contabilizarse el aporte de éste con el agua de riego acidulada.

La cantidad para aportar dependerá directamente de la lámina de riego y las cantidades pueden ser significativas; por ejemplo: si se adicionan 2 me de HNO_3/L de agua de riego, para eliminar cantidades equivalentes de bicarbonatos, se incorporarán 28 mg de N/L. Si la lámina total de agua aplicada por ciclo es de 700 mm, el aporte total de N será de 196 kg de N/ha.

Finalmente, para el caso del cálculo de la demanda de N, debe considerarse una eficiencia promedio de los fertilizantes nitrogenados del orden de 50% (IPNI, 2013; Kafkafi, 2012; Havlin et al., 2005; Rodríguez y Galvis, 1989).

Caso del P

Los fertilizantes fosfatados solubles usados en fertirriego son los más caros, de tal manera que debe llevarse a cabo un muestreo representativo del suelo, así como realizar la determinación de P en función del pH del suelo en un laboratorio certificado, para tomar decisiones adecuadas respecto a las necesidades de abastecimiento de P al cultivo.

Debe considerarse también que, en suelos calcáreos, como los de muchas áreas cebolleras de Morelos, el pH está determinado por la presencia de carbonato de calcio (CaCO_3), con valores alrededor de 7.5 a 8.5 (Marschner, 1995). En estas condiciones, la eficiencia de los fertilizantes fosfatados se reduce y es necesario incrementar la dosis, a medida que se tienen mayores concentraciones de carbonatos en el suelo, como recomienda Brown (2000) para el Sur de Idaho, USA.

En las etapas iniciales de crecimiento de la planta es más probable que se tengan deficiencias de P, debido a lo limitado del crecimiento de las raíces de la cebolla, especialmente en esta etapa; por ello, es importante la aplicación basal.

Adicionalmente, existe evidencia de la importancia de la población de micorrizas en el suelo, sobre la respuesta al fertilizante fosfatado en cebolla. Sullivan et al. (2001) y Brown (2000), reportan que, en suelos fumigados, en los que la población de micorrizas en el suelo se elimina o se reduce significativamente, el requerimiento de P fertilizante se incrementa, de tal manera que la respuesta a P se da a niveles más altos de P determinado en el análisis químico, debido a la reducción en su disponibilidad. La inoculación, en el sistema de fertirriego, de alguna cepa comercial de micorriza eficiente en la zona, puede ser una buena opción para asegurar una población adecuada del microorganismo en el suelo,

en interacción con el sistema de raíces de la cebolla, para mejorar el abasto de P del suelo vía solubilización y mayor densidad de raíces activas.

Caso del K

En las zonas cebolleras del estado de Morelos se reportan resultados de estudios que indican niveles de Altos a Muy Altos de K intercambiable en el suelo, sin embargo, existe mucha controversia acerca de la respuesta a K en sistemas intensivos de manejo, como en el caso de fertirriego, en los que la demanda de la planta puede superar la capacidad de abastecimiento del suelo.

En México, en el pasado era común encontrar reportes de ausencia de respuesta en rendimiento de diversos cultivos a la aplicación de K, como lo documentaron Núñez y Gavi (1991); sin embargo, muchos de estos estudios se realizaron con genotipos de bajo rendimiento y sistemas de producción tradicionales.

En la actualidad, dada la disponibilidad de híbridos y variedades con mayor potencial de rendimiento, así como la utilización de sistemas de producción que permiten explotar adecuadamente dicha capacidad, como es el caso del fertirriego, es común encontrar recomendaciones de aplicaciones de K que van desde muy altas, como en el caso de jitomate (Burgueño, 1999; Villarreal et al., 2002; Valenzuela, 2009), a dosis bajas o moderadas en maíz (Ortiz y Amado, 2003) y arroz (Osuna, 2001).

Respecto a lo anterior, debe señalarse que los compartimentos de K en el suelo son básicamente el K en rocas y el fijado en minerales arcillosos, el K intercambiable y el K en la solución del suelo, que es de donde la planta lo toma finalmente. La velocidad del paso de una fracción a otra, hasta llegar a la solución del suelo, puede ser limitante en el cultivo de cebolla, si se toma en cuenta su baja densidad y poca profundidad de raíces.

Muchos suelos de las zonas cebolleras de Morelos se derivaron a partir de roca caliza (Fries Jr., 1960) por lo que tienen niveles muy elevados de Ca^{2+} y en algunos casos también de Mg^{2+} en la fracción intercambiable; en algunas zonas esto se combina con niveles altos de Ca^{2+} y de Mg^{2+} en el agua de riego. Dada

la estrecha interrelación entre macrocationes (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) (Benton Jones, 2005) y al balance que debe existir entre ellos (Marschner, 2002; Villegas et al., 2005; Parra et al., 2008), deben tomarse en cuenta las concentraciones de Ca y de Mg en suelo y agua para ajustar a la alta la dosis final de K a abastecer a través el sistema, para compensar por la alta disponibilidad de los otros cationes, ya que el exceso de uno puede provocar deficiencia de otro(s).

Según Castellanos et al. (2000), la cebolla se considera un cultivo de respuesta moderada a K; sugieren determinar la dosis de K a aplicar en función de los niveles de K en el suelo determinados de acuerdo con el método de extracción utilizado. Por todo lo anterior, se recomienda ajustar al alza la cantidad estimada de K a aplicar, según los criterios de Castellanos et al. (2000), por un factor de 1.5 a 2.5, dependiendo de la meta de rendimiento de bulbo, así como de los niveles de Ca y Mg intercambiables en el suelo y de sus concentraciones iónicas en el agua de riego.

Fraccionamiento y fuentes de fertilizantes.

Generalmente, se sugiere aplicar una parte de la dosis total de N-P-K como fertilización basal, incorporada al suelo antes del trasplante, para asegurar niveles de reserva adecuados en el suelo, sobre todo de P y K (Bar-Yosef, 1999).

En trasplantes tempranos o intermedios, cuando todavía se esperan lluvias fuertes, se pueden manejar niveles de 10% de la dosis total de N, 30% del total de P_2O_5 y 30% de K_2O ; en trasplante tardíos se puede incrementar la proporción de N incorporado en pre-trasplante hasta 20% de la dosis total.

Se sugiere aplicar fertilizante en cada riego y regar de dos a tres veces por semana, auxiliados con el tensiómetro para definir el momento de riego, como se detallará más adelante. Conviene calcular requerimientos semanales de fertilizante y distribuir el total en el número de riegos aplicados durante la semana.

Las mayores tasas de demanda nutrimental se presentan en la etapa de llenado activo del bulbo (Sullivan et al., 2001; Acuña y Rottenberg, 2008), por lo que es

cuando deben abastecerse las mayores cantidades de fertilizante en el riego; se considera que esta etapa inicia cuando el diámetro del bulbo es el doble del diámetro del cuello de la planta.

De acuerdo con diversos autores, en la etapa de llenado activo del bulbo, la cebolla extrae de 1.1–3.4 kg N/ha/día, de 0.34–0.56 kg P/ha/día y de 2.2–3.4 kg K/ha/día (Sullivan et al., 2001; Acuña y Rottenberg, 2008). Si se parte de una aplicación basal, incorporada al suelo, N-P-K de 10- 30-30% de la dosis total de fertilizantes, se sugiere aplicar el 70% del N, 50% de P₂O₅ y 50% de K₂O en la etapa de llenado activo del bulbo; el restante 20% de la dosis total de N-P-K, aplicarla en la etapa vegetativa inicial y en la etapa final de maduración.

En la aplicación basal se pueden utilizar fertilizantes convencionales como el sulfato de amonio, fosfato diamónico y cloruro de potasio; estos son más baratos que los fertilizantes solubles recomendados para sistemas de fertirriego, lo que ayuda a reducir el costo de producción, sobre todo en lo que respecta a los fertilizantes fosfatados que son los de mayor costo.

Las inyecciones de fertilizante en el sistema deben hacerse con fertilizantes solubles diseñados para este fin.

Algunas fuentes tradicionales de menor costo, como la urea y el fosfonitrato de amonio pueden ser utilizadas sin problemas; en el caso de la urea, debe tomarse en cuenta su efecto alcalinizante sobre el pH de la solución (Kafkafi, 2012; Havlin et al., 2005).

Como fuentes de P se recomiendan el fosfato monopotásico y el fosfato monoamónico, los que, además de P, abastecen K o N-NH₄⁺, respectivamente, por lo que deberán contabilizarse en el cálculo de fertilizantes. Cuando haya necesidad de aplicar Ca, debe recordarse que hay una alta afinidad entre Ca y algunas formas iónicas de P (Osuna y Ramírez, 2009; Osuna et al., 2009), por lo que deberán disolverse en tanques separados para su inyección en el sistema, con el objeto de evitar precipitaciones en los tanques.

Cuadro 14. Fertilizantes más comunes en fertirriego, su solubilidad (a 20 °C) y concentración de nutrientes

Fertilizante	Concentracion (%)				Solubilidad (g/L)
	N	P2O5	K2O	Otro	
Nitrato de calcio (4 H2O)	15.5	0	0	26.6 CaO	1,200
Fosfonitrato de amonio	32	4	0		2,190
Urea	46	0	0		1,050
Nitrato de potasio	13	0	46		130
Nitrato de magnesio	11	0	0	15.4 MgO	420
Sulfato de potasio	0	0	50	54 SO4	125
Fosfato monopotásico	0	52	33		200
Fosfato monoamonico	12	60	0		384
Sulfato de magnesio	0	0	0	16 MgO 39 SO4	700
Nitrato de magnesio (7 H2O)	11	0	0	15.4 MgO	1,330

Hanan, 1998; Martínez y Lozano, 1993; Primary Industries: Agriculture, 2000.

2.8. Manejo del agua en riego por gravedad y fertirriego en el Estado de Morelos

Productividad del agua de riego

A nivel mundial, en condiciones de riego se produce más del 40% del total de alimentos, en tan sólo el 17% del área total cultivada (Fererres y Connor, 2004).

La superficie global cultivada con riego localizado, en todas sus variantes, es alrededor de 3.2 (Reinders, 2000) a 3.8 (ICID, 2000) millones de hectáreas, de las cuales, 1.3 millones se ubican en los Estados Unidos (Irrigation Journal, 2001).

Hay consenso de que, en la actualidad, y más todavía a futuro, la agricultura de riego en el mundo se desarrollará en condiciones de escasez. La insuficiencia de agua de riego será la norma más que la excepción, por lo que el manejo del agua deberá colocar el énfasis en la maximización de la producción por unidad de agua consumida (productividad del agua), más que maximizar la producción por unidad de área cultivada (Fererres y Soriano, 2007).

Requerimientos de agua del cultivo de cebolla

Los requerimientos totales de agua del cultivo de cebolla varían dependiendo del cultivar, del clima en la región, del tipo de suelo y del sistema de riego empleado.

En España, con riego por goteo, Al-Jamal et al. (2000) y Martín de Santa Olalla et al. (2004), reportan requerimientos de agua de 662 mm para obtener rendimientos óptimos en cebolla, mientras que López-Urrea et al. (2009) encontraron requerimientos de 893 mm con riego por microaspersión; en Estados Unidos, reportan requerimientos de 1,040 mm en riego por gravedad, en surcos (Ellis et al., 1993) y de 910 mm con riego por microaspersión (Drost et al., 1996).

En Morelos, Cuenca et al. (2003) reportan rendimientos máximos de cebolla con láminas totales de 587 a 616 mm con riego por gravedad.

Para Baja California, Guzmán et al. (2008) reportan un requerimiento estimado de agua de 720 mm durante el periodo marzo–agosto para el cultivo de cebolla; el requerimiento se calculó con datos históricos (30 años), usando el programa de cálculo SIMETAW (Synder, 2005), el cual utiliza el método FAO Penman–Monteith en los cálculos de ETo y ETc (Allen et al., 1998).

En Atlacholoaya, Morelos, en un ensayo de evaluación de cultivares de cebolla bajo fertirriego con riego por goteo, se aplicó una lámina de agua de 610 mm en todo el ciclo (septiembre 2009–enero 2010); la precipitación acumulada en el

periodo fue de 83 mm, lo que dio una lámina total de 693 mm. Este requerimiento prácticamente coincide con datos reportados como óptimos para cebolla por Martín de Santa Olalla et al. (2004) y para Albacete, España (662 mm), pero es menor que lo reportado por Drost et al. (1996), para Utah, Estados Unidos (910 mm).

Cuánto regar: uso del tanque evaporímetro y del balance de energía

Tanque evaporímetro: opción 1

La alternativa más sencilla consiste en utilizar directamente los valores del tanque evaporímetro Tipo A, con el que cuentan todas las estaciones meteorológicas del estado de Morelos, tal como proponen algunos autores (Palacios, 2000; Kumar et al., 2007). Los tanques proporcionan una medida del efecto integrado de la radiación solar, viento, temperatura y humedad sobre el proceso evaporativo de una superficie de agua abierta a la atmósfera (Allen et al., 1998). Sin embargo, dadas las diferencias entre la evaporación de agua de una superficie abierta a la atmósfera, como es el caso del tanque, y de una superficie de cultivo, los datos se consideran confiables para predecir la evapotranspiración de referencia (ET_o) en periodos de 10 días; la ecuación de cálculo es la siguiente:

$$ET_o = E_t \bullet K_t$$

Donde:

ET_o = Evapotranspiración de referencia (mm/día).

E_t = Evaporación del tanque evaporímetro (mm/día).

K_t = Coeficiente del tanque evaporímetro.

El coeficiente del tanque (E_t) debe calcularse para cada estación o sitio de ubicación del mismo; se requieren datos de velocidad del viento y humedad relativa para su determinación.

Además, es muy recomendable calibrar Et contra la ETo obtenida por el método FAO Penman-Monteith (Allen et al., 1998) o por el método ASCE PenmanMonteith (2005) (Piccinni et al., 2009).

Palacios (2000), sugiere utilizar este procedimiento, considerando un Kt de 0.8, para calcular directamente el volumen de riego a aplicar, para reponer diariamente el agua evapotranspirada en un cultivo de cebolla. Por ejemplo, si en un día determinado evaporan del tanque 5 mm, el volumen de riego de reposición al día siguiente sería de 40,000 L/ha¹, partiendo de que 5 mm evaporados del tanque = 5 L/m² (en términos de lámina de agua, evaporada o precipitada, 1 mm= 1 L/m²), por tanto, en 1 ha (10,000 m²), el volumen bruto a reponer sería de 50,000 L, que multiplicados por el valor sugerido de Kt = 0.8, resultaría finalmente en un volumen a reponer de 40,000 L/ha.

En el mismo sentido, Kumar et al. (2007) sugieren un procedimiento similar, con la diferencia de que el Kt propuesto es de 1.0 a 1.2. En ambos casos, el tiempo de riego se calcula partiendo del gasto ofrecido por la bomba, o con la ayuda de un contador o medidor de volumen instalado en el sistema; por ejemplo, si la bomba tiene un gasto de 500 L/min, y se desea abastecer 40,000 L/ha, el tiempo de riego de reposición será de 80 min (40,000 L/500 L/min).

Tanque evaporímetro: opción 2

Respecto a la Opción 1, cabe indicar que ETo integra los efectos meteorológicos, considerando una superficie estándar de referencia, por lo que es necesario ajustar estos valores, tomando en cuenta las diferencias entre las condiciones de referencia y las condiciones del cultivo en cuestión. Esto se hace multiplicando los valores de ETo por un factor de corrección llamado coeficiente de cultivo (Kc) el cual integra los efectos de cobertura de terreno por parte del cultivo y diferencias en transpiración de la planta a lo largo del ciclo de desarrollo, entre otros.

$$ET_c = ETo \bullet Kc$$

Donde:

ET_c = Evapotranspiración del cultivo (mm/día).

ETo = Evaporación de referencia (mm/día).

Kc = Coeficiente de cultivo.

Para el caso particular de cebolla, los valores sugeridos del coeficiente de cultivo (Kc) son de 0.7 para la etapa vegetativa inicial, 1.05 en la etapa de llenado de bulbo y 0.8 en la etapa final del desarrollo (Allen et al., 1998; López-Urrea et al., 2009).

Finalmente, se calcula la lámina de riego a aplicar, tomando en cuenta la eficiencia de aplicación del agua en el sistema de fertirriego, que regularmente se considera de 90% (Tijerina, 2000). La ecuación para el cálculo de la lámina de riego es la siguiente:

$$Lr = \frac{ET_c}{Er}$$

Donde:

Lr = Lámina de riego (mm).

ET_c = Evapotranspiración de cultivo (mm)

Er = Eficiencia de riego (%)

Método del balance de energía (FAO Penman-Monteith)

Es el método recomendado por FAO a nivel internacional (Allen et al., 1998). Requiere contar con mediciones de una serie de variables climáticas como temperatura máxima, temperatura mínima, radiación solar, y otras; así como derivar, a partir de los datos básicos, otras variables como déficit de presión de vapor.

Se le conoce como modelo integrado, para diferenciarlo de otros modelos que solamente consideran temperatura (Doorenbos y Pruitt, 1977; Thornthwaite, 1948) o Radiación (Doorenbos y Pruitt, 1977; Hargreaves y Samani, 1985), para el cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET_o).

Una vez calculada ET_o, se multiplica por el coeficiente de cultivo (K_c) y se obtiene la evapotranspiración del cultivo (ET_c, en mm), para cualquier intervalo de tiempo deseado.

Las 25 estaciones climáticas automatizadas que maneja actualmente la Fundación Produce Morelos A.C., a través del INIFAP-Campo Experimental Zacatepec, miden todas las variables climáticas básicas requeridas para calcular la evapotranspiración de referencia (ET_o) con este procedimiento.

Con la construcción de un algoritmo, que podría anidarse en la página del Sistema de Alerta Fitosanitaria del Estado de Morelos (SIAFEMOR) (Ramírez et al., 2012), estos datos podrían utilizarse para dar a conocer en línea, a nivel diario, los valores de ET_o para cebolla, o cualquier otro cultivo, afectar por K_c y obtener de esa manera las necesidades diarias de agua del cultivo y reportarlas en línea para su consulta.

En una primera aproximación, se podrían utilizar los valores de K_c propuestos para cebolla por algunos investigadores (Allen et al., 1998; López-Urrea et al., 2009; Piccinni et al., 2009), para obtener los valores diarios de ET_c para el cultivo en el área de dominio de las estaciones de clima seleccionadas, y determinar los volúmenes de agua a aplicar con el sistema de riego por goteo, a efecto de mantener el nivel de humedad en el suelo al valor establecido de antemano.

Cuando regar: uso del tensiómetro

En esta alternativa se utilizan tensiómetros para definir el momento de riego, en combinación con resultados del análisis físico de suelos, con los que se definen modelos de regresión que relacionan los contenidos de humedad, en volumen (variable dependiente), con valores de tensión de humedad del agua en el suelo (variable independiente).

Para tal efecto, se construye en laboratorio la llamada curva típica de humedad del suelo, la cual consiste en determinar, mediante olla de presión, el contenido de humedad del suelo a diferentes valores de tensión. Regularmente dicha curva se extiende hasta tensiones de 3,000 kPa, pero en el caso de fertirriego es más conveniente concentrarse en valores de tensión de 0-100 kPa.

Para cebolla, regularmente se reportan valores óptimos de tensión de 20 a 30 kPa, para el inicio de riego (Enciso et al., 2007), aunque algunos autores señalan mejores resultados manteniendo la tensión de humedad del suelo por debajo de 20 kPa (Schock et al., 2000; 2005). Los resultados de experimentación llevados a cabo en el estado de Morelos durante 2009-2010, permiten sugerir valores de tensión de 20 kPa para inicio de riego y 6 kPa de tensión como humedad máxima.

El uso de tensiómetros como herramientas para monitorear el nivel de agua en el suelo y decidir cuándo regar es una alternativa relativamente barata; sin embargo, los tensiómetros deben mantenerse en buenas condiciones de funcionamiento para lo cual se requiere revisar periódicamente que no existan burbujas en la columna de agua, evitar el crecimiento de algas en el agua y corroborar su calibración con bomba extractora provista con manómetro.

Frecuencia de riego

La frecuencia de riego es un tema controvertido, no sólo en cebolla sino en general en todos los cultivos. Hanson et al. (2003), reportan pocas diferencias en el rendimiento de cebolla entre regar diario (reponer diariamente la ETc acumulada), o hacerlo dos veces por semana; otros autores sugieren que se obtienen mejores resultados regando con más frecuencia, buscando mantener niveles de humedad en el suelo por debajo de -20 kPa (Schock et al., 2000; 2005), dado al sistema de raíces poco profundo de la cebolla.

El momento de riego

En Idaho, Estados Unidos, en cebolla cultivada con fertirriego en suelo franco limoso, Shock et al. (2005) sugieren establecer el momento de riego, cuando la tensión de humedad del suelo, a 20 cm de profundidad, alcanza -20 kPa; incluso,

reportan mayor rendimiento y ganancia en campo regando con -10 kPa como límite, pero se tienen mayores pérdidas de fruto por pudriciones de bulbo en postcosecha (Shock et al., 2005; Sullivan et al., 2001).

En otra zona cebollera al Noroeste de Estados Unidos, Sullivan et al. (2001) recomiendan para el cultivo de cebolla, mantener el nivel de agua en los primeros 20 cm del suelo, cerca de capacidad de campo, equivalente a un potencial de agua en el suelo de -20 kPa (es decir, lecturas de 20 kPa o cbar en el tensiómetro). Recomendaciones similares para el estado de Oregon, Estados Unidos hacen Schock et al. (2010), quienes plantean establecer valores límite de 17 a 20 kPa de tensión de humedad del suelo, para inicio del riego por goteo en cebolla.

En Brasil, Coelho et al. (1996) reportaron respuestas en rendimiento regando con valores límite de humedad tan altos con -8.5 kPa, mientras que Abreu et al. (1980) obtuvieron rendimientos con valores límite de -10 kPa y Klar et al. (1976) alcanzaron rendimientos más altos de cebolla con -15 kPa como límite para la aplicación del riego.

Para el estado de Morelos, la experiencia acumulada en los últimos tres años con el sistema de fertirriego en cebolla permite recomendar como momento de riego valores de -20 kPa de potencial de agua en el suelo, equivalentes a lecturas de 20 kPa o cbar en el tensiómetro.

2.9 Principales Plagas y Enfermedades en el cultivo de cebolla en el Estado de Morelos

Plagas del cultivo de cebolla

Gusano Soldado: Spodoptera Exigua (Hübner). Lepidóptera: Noctuidae

Hospedantes

La distribución de esta plaga es mundial. Se encuentra en ajonjolí, amaranto, chile, alfalfa, algodón, arroz, cártamo, cebolla, garbanzo, jitomate, linaza, maíz, melón, papa, remolacha, sorgo, soya, tomate de cáscara, y gran variedad de cultivos e incluso varias especies de plantas no cultivadas (Bautista, 2006; Greenberg et al., 2001).

Daño

En cebolla se conoce con el nombre de gusano del rabo, porque la larva recién emergida se introduce en la hoja y ahí permanece alimentándose del tejido interno. Las hojas dañadas se pudren y se secan (IICA, 2006). El daño se observa generalmente en almácigos y en cultivos ya establecidos; puede ocasionar problemas mayores, principalmente, en el ciclo primavera-verano. Es menos frecuente y dañino en plantas bien desarrolladas y en el ciclo otoño-invierno.

Descripción

El adulto es una palomilla con las alas anteriores de color café grisáceo y una mancha circular central de tonalidad blanquecina. Las alas posteriores son blancas con venas cafés (Bautista, 2006). Los huevecillos son depositados en el envés de las hojas, en masas de 50 a 150, la hembra los cubre con las escamas de su cuerpo. La larva recién emergida es de color verde claro y la cabeza negra, ya madura es gris verdosa con bandas claras a lo largo del cuerpo (Bautista, 1992; Pacheco, 1985). Posee segmentos abdominales con marcas dorsales definidas. El área supraespíracular del mesotórax tiene una mancha oscura (Coto, 1997). El estado de pupa es en el suelo y presenta una coloración café oscuro brillante. El adulto emerge cuando se establece el siguiente cultivo.

Ciclo biológico

Las masas de huevecillos se encuentran generalmente en la base de la hoja, el período de incubación es de dos a cuatro días. La larva presenta seis estadios que duran de 20 a 30 días. La larva madura bajo el suelo y se envuelve en un capullo durante una o dos semanas (Bautista, 1992).

Control

Durante el ciclo primavera-verano es frecuente la presencia de enemigos naturales como avispas de la familia *Braconidae* y *Trichogrammatidae*, que parasitan huevecillos y larvas de lepidópteros en los primeros estadios. Para hacer más eficiente el control es conveniente que las aplicaciones se hagan inmediatamente después de detectarlas, para así evitar que las larvas logren introducirse al tejido de la hoja, donde se hace difícil su control (Anónimo, 1999).

Cuadro 15. Insecticidas recomendados por SENASICA y DGIAAP (2011) para el control de gusano soldado en cebolla

Ingrediente activo	Dosis (g/ha)	Interval en días entre aplicación y cosecha
Azadiractina	17.14 – 55.64	Sin límite
<i>Bacillus thuringiensis</i>	15 - 66	Sin límite
Malatión	1000 - 1040	3
Metomilo	240 - 595	7
Paratión metílico	500- 700	15

Minador de la hoja: *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae)

Hospedantes

Esta plaga tiene gran capacidad de adaptación y se encuentra en varias hortalizas (James et al., 2010).

Daño

En las plántulas las larvas hacen minas en forma de espiral, inician desde la parte apical hasta la base de las hojas, produciendo estrangulamiento y destrucción de tejido vascular, lo que ocasiona que se empiecen a secar de la punta hacia abajo y se retrase el desarrollo de la planta (Blancard et al., 2011). *Liryomiza* spp. causa

la muerte del tejido y los daños ocasionados en pocas veces originan la muerte de la planta. Después del trasplante, en cualquier momento, las plantas pueden ser afectadas, lo que les causa un retraso en el crecimiento (Blancard et al., 2011; López et al., 2010).

Descripción

El adulto mide 2 mm de largo, es de color negro brillante con manchas amarillas (IICA, 2010). Deposita los huevecillos, de color verde pálido dentro del tejido de la planta. Las larvas son de color blanco o amarillo pálido, con aparato bucal negro. La pupa se encuentra en el suelo, pero puede estar dentro de una hoja, es de color castaño brillante (Cervantes, 1992; King y Saunders, 1984; Saunders et al., 1998).

Ciclo biológico

El período de incubación del huevecillo es de cuatro a cinco días, en estado larvario dura cinco días y la pupa tiene una duración de 10 días. En promedio el ciclo biológico es de 23 días, pero puede variar según la temperatura, cada año se desarrollan varias generaciones que se pueden encontrar sobrepuestas (Cervantes, 1992; MacGregor y Gutiérrez, 1983).

Control

Para que no se incrementen las poblaciones de minador en el período otoño-invierno, el control químico debe iniciarse cuando se observen las primeras galerías de larvas vivas que son de color amarillo pálido en las de color negro generalmente hay larvas que ya están muertas a causa del daño ocasionado por parásitos (Anónimo, 1999). También se recomienda la utilización de enemigos naturales, tales como avispas *eulóphidas* (*Chrysocharis spp.* y *Diglyphus spp.*), que parasitan y matan a las larvas de *Liriomyza spp.* (IICA, 2010).

Cuadro 16. Insecticidas recomendados por SENASICA y DGIAAP (2011) para el control de liriomyza spp

Ingrediente activo	Dosis (g/ha)	Interval en días entre aplicación y cosecha
Diazinón	232	10
Malatión	600 – 1000	3
Paratión metílico	540	15



Figura 7. Daño causado por Liriomyza spp.

Trips de la cebolla: Thrips tabaci Lindeman. Thysanoptera: Thripidae

Hospedantes

El trips de la cebolla es una plaga cosmopolita; se encuentra en países de clima tropical, tanto en el campo como en los invernaderos donde se cultivan hortalizas (Chatzivassiliou, 2001). En México se localiza desde Baja California hasta Yucatán. Este insecto es polífago, se hospeda en diferentes cultivos hortícolas como tomate de cáscara, jitomate, papa, ajo, cebolla, algodón, tabaco, crucíferas, cucurbitáceas, solanáceas, compuestas, y gran cantidad de otros cultivos y especies de maleza (Bautista, 2006).

Daño

Adultos y ninfas se introducen en la inserción de las hojas y ambos extraen la savia, causando la destrucción del tejido y manchas blanquecinas plateadas en la superficie de las hojas (Brewster, 2008; Ribeiro et al., 2009).

Cuando las poblaciones son numerosas pueden ocasionar marchitez prematura, retardar el desarrollo de la hoja y distorsionar los brotes (Brewster, 2008; Heong y Escalada, 1997; Muniappan et al., 2012). Actualmente, el daño indirecto por trips es más importante por la transmisión del virus *Iris yellow spot virus* (IYSV), especialmente en siembras tardías de cebolla de riego en el ciclo otoño-invierno (Muniappan et al., 2012).

Descripción

El adulto es de cuerpo alargado, delgado, de color café amarillento, sus antenas tienen siete segmentos, su aparato bucal es chupador y asimétrico. Los tarsos tienen dos segmentos, terminan en una pequeña vesícula sin uñas. Tienen dos pares de alas angostas y franjeadas parecidas a plumas, están pegadas dorsalmente al cuerpo. La hembra mide de 0.9 a 1.0 mm de longitud; el macho es más pequeño y en algunas poblaciones está ausente (Arrieche et al., 2006; Ministry of Agriculture and Lands, 2006).

El huevecillo es blanco amarillento y tiene forma de riñón (Waterhouse y Norris, 1989). La ninfa es de color blanco o amarillo claro parecida al adulto, pero sin alas; pasa por cuatro estadios, en los dos primeros se alimenta activamente y en los dos últimos, conocidos como prepupa y pupa, son de color blanco amarillento con ojos rojos y se encuentran inactivas en el suelo (Arrieche et al., 2006; Waterhouse y Norris, 1989). Los adultos y ninfas invernan en lugares protegidos de las plantas. El frío parece retrasar la producción de huevecillos (Waterhouse y Norris, 1989).

Ciclo Biológico

Se reproduce casi por completo por partenogénesis, ocasionalmente se presenta en los machos. La longevidad del adulto es de dos a tres semanas

(Chatzivassiliou, 2001; Ribeiro et al., 2009). Las hembras ovipositan de 20 a 100 huevecillos, los inserta individualmente en el tejido de la hoja y tardan en eclosionar de 3 a 7 días. Las ninfas presentan cuatro estadios, en los dos primeros se alimenta activamente y duran en conjunto de 8 a 14 días. Los últimos estadios son inactivos, finalmente caen al suelo y en una semana emergen los adultos. Tarda de tres a cinco semanas una generación dependiendo de la temperatura (Muniappan et al., 2012; Parker et al., 1995).

Control

Los insecticidas de amplio espectro, causan la muerte de los trips (Anónimo, 1999); no obstante ello, la presencia de estadios resistentes como el de huevecillos insertados en el tejido de las hojas, así como las pupas en el suelo, hacen necesarias repetidas aplicaciones para mantener bajas las poblaciones, lo que reduce también a los enemigos naturales como *Orius sp.* y *Aeolothrips intermedius*, que son algunas de las especies que se han observado con mayor frecuencia donde hay altas infestaciones de trips (Fathi et al., 2008; Tatemoto y Shimoda, 2008).

Cuadro 17. Insecticidas recomendados por SENASICA y DGIAAP (2011) para el control de Trips en cebolla

Ingrediente activo	Dosis (g/ha)	Intervalo en días entre aplicación y cosecha
Azinfos metílico	300 - 546	Sin límite
Cipermetrina	60 - 100	7
Clorpirifos etil + Gamma Cyhalotrina	300 - 600	
Diazinon	115 - 600	10
Gamma cyhalotrina	14.96	7

Lamda cyhalotrina	24.5 - 36	14
Malatión	500 - 1600	3
Oxidementon metil	175 - 250	30
Paratión metílico	337.5 - 900	15
Spinosad	24 - 36	
Spirotetramat	45 - 75	7
Zeta-cipermetrina	43.6 - 68.8	14

Con el uso de trampas azules o amarillas con pegamento, se puede monitorear la incidencia de trips en los cultivos de cebolla, acompañada con la revisión periódica y directa en las plantas, la cual permitirá determinar la forma de controlarlos y prevenir que las poblaciones se disparen, lo que generalmente sucede durante los meses de enero hasta marzo.

Enfermedades del cultivo de cebolla

Causadas por virus

Mancha Blanca: Iris Yellow Spot Virus (IYSV)

La Mancha blanca es una enfermedad causada por el virus *Iris yellow spot virus* (IYSV), el cual infecta a varias especies del género *Allium*, incluyendo a la cebolla (*Allium cepa*).

El virus pertenece al género *Tospovirus* y a la familia *Bunyaviridae* (Gent et al., 2006). La transmisión de IYSV es a través de *Thrips tabaci*, que es la principal plaga del cultivo de cebolla (Riley et al., 2011). El virus es adquirido en la etapa ninfal del insecto y transmitido a otras plantas durante su etapa adulta de forma persistente. Sin embargo, los trips que adquieren al virus en estado adulto no pueden transmitirlo a plantas sanas (Córdoba-Selles y Martínez-Priego, 2005).

Kritzma et al. (2001), analizaron la relación entre las poblaciones de *T. tabaci* y la incidencia de la infección de IYSV en las plantas de cebolla, demostrando que la concentración más elevada del virus se encuentra en las hojas y cerca del

cuello de la planta, siendo estos los sitios de preferencia para la alimentación y protección de los trips.

Síntomas

Los síntomas consisten en manchas cloróticas, amarillentas o blancas de apariencia seca y alargada. Los daños se inician por la base o el centro de las hojas jóvenes y se extienden hacia los extremos. En las hojas maduras se observan manchas blancas alargadas de diferentes tamaños que llegan a ocupar gran parte de la superficie.

Control

Las medidas de control incluyen producción de bulbos libres de virus, eliminar malezas que sirvan de hospedantes de trips y desechar plantas infectadas por IYSV de las parcelas del cultivo (du Toit et al., 2004). Como el virus daña plantas del género *Allium* y son transmitidos por trips, el ciclo puede romperse mediante aplicaciones de insecticidas. Fitcher et al. (2004), utilizó aplicaciones de extractos de neem y espinosad con paja en plantas de cebolla, obteniendo como resultado una considerable disminución de poblaciones de trips y un aumento del rendimiento de bulbos. Por lo tanto, el buen manejo de la planta y las bajas poblaciones de trips es la mejor protección del cultivo de cebolla.

Causadas por hongos

Mancha púrpura: *Alternaria porri* (Ellis) Cif

Esta enfermedad se manifiesta en las hojas de la cebolla como pequeños puntos hundidos de color blanco; después su centro se torna de color púrpura, propiciando el doblamiento de las hojas y finalmente la muerte de las mismas (Aveling, 1998).

Síntomas

Los primeros síntomas aparecen en el follaje como pequeñas manchas acuosas de 2 a 3 mm de diámetro que posteriormente se necrosan y toman una coloración púrpura. Los márgenes de las lesiones a menudo son rojizos y están rodeados por una zona amarilla (Koike y Henderson, 1998).

En época lluviosa la superficie de las lesiones pueden ser cubiertas por estructuras que producen conidios de color gris oscuro. A medida que estas lesiones envejecen es posible observar la presencia de anillos concéntricos (Aveling, 1998).

Los tejidos más próximos a estas lesiones se tornan rojizos rodeados por un halo clorótico. Los daños ocurridos en la zona del cuello pueden extenderse al bulbo, desarrollando lesiones amarillentas o cobrizas. Estas lesiones pueden ser invadidas por *Stemphylium sp.* y tornarse negras por las estructuras reproductivas del hongo (Diekmann, 1997).

Los hongos secretan un abundante pigmento y se difunde a través del tejido. Al principio, el tejido afectado es amarillo, pero gradualmente se torna rojizo. Con el desarrollo del micelio de color café, el tejido más viejo cambia de café oscuro a negro. La deshidratación del tejido ocasiona que la textura de la planta sea parecida al de un papel seco (Aveling, 1998).

El hongo puede crecer a temperaturas de 6 a 34°C; 25°C es la temperatura óptima para su crecimiento. Requiere una humedad relativa de 90% o más para que empiece a esporular. Los conidios iniciales son formados después de las 9 horas y aparecen completamente maduros después de 15 horas (Lakra, 1999; Miller, 1975). Cuando el conidio está en un tejido susceptible, cada célula del conidio es capaz de germinar. Los tubos germinativos invaden a través de los tejidos o estomas, o pueden penetrar directamente en la epidermis (Everts y Lacy, 1990; Everts y Lacy, 1996).

La susceptibilidad de las hojas de cebolla infectadas por *A. porri* es influenciada por factores como edad de la planta y daño causado por trips, siendo las hojas jóvenes las más susceptibles (McKenzie et al., 1993).

Los primeros síntomas pueden aparecer de uno a cuatro días después de que penetró el hongo. Si el clima es favorable el desarrollo del conidio continúa y la sucesión de ciclos puede seguir. El conidio no puede vivir más tiempo después de que ha caído de su conidióforo. El micelio de este hongo sobrevive de una estación a otra en restos de plantas enfermas (Castillo y Garzón, 1987).

Cuando las condiciones son favorables los conidios son producidos en los residuos de plantas enfermas y son diseminados por el viento. Las lluvias y temperaturas relativamente cálidas favorecen su desarrollo; sin embargo, el riesgo de una infección desaparece en condiciones de temperaturas por debajo de 12°C (Everts y Lacy, 1990).

Control

El control de esta enfermedad es preventivo, por lo que deben efectuarse las aplicaciones aun cuando la planta no presente daños. Cuando las condiciones son favorables para la enfermedad, es decir, presencia de rocíos, lluvias y nublados frecuentes, se deben hacer aplicaciones cada ocho días.

Cuadro 18. Productos recomendados por SENASICA y DGIAAP (2011) para el control de *A. porri* en cebolla

Ingrediente Activo	Dosis (g/ha)	Intervalo en días entre aplicación y cosecha
Anilazina	1000 - 2000	Sin límite
Azoxistrobin	100 - 250	
<i>Bacillus subtilis</i>	684 - 960	Sin límite
Captán	1200 - 1900	Sin límite
Clorotalonil	600 - 3750	14

Clorotalonil + Oxicloruro de cobre + Maneb	810 - 1080	7
Difenoconazole	100 – 150	7
Folpet	895 – 1600	Sin límite
Hidróxido cúprico	162 - 2000	Sin límite
Iprodiona	750	7
Mancozeb	798 - 3375	7
Metalaxil-M + Clorotalonil	90	14
Oxicloruro de cobre	337.5 – 2000	Sin límite
Oxicloruro de cobre + Clorotalonil	810 – 1215	7
Oxicloruro de cobre + Mancozeb	460 - 920	Sin límite
Óxido cuproso	248.5 – 375	Sin límite
Pirimetanil	750 – 900	7
Pyraclostrobin + Boscalid	153.6	0
Sulfato de cobre	10.185 – 1500	Sin límite
Zineb	1000 – 1800	
Ziram	3420 - 3800	7

También, es importante utilizar el control cultural, el cual incluye rotación de cultivos con gramíneas y actividades que reduzcan la humedad del suelo, por ejemplo: buen drenaje y reducción de densidad de plantas. Es necesario eliminar totalmente los residuos de la cosecha mediante barbechos profundos, evitar el exceso de humedad o los riegos demasiado frecuentes, especialmente en almácigo y es muy recomendable plantar lejos de otros cultivos o terrenos con residuos de cosechas enfermas (Bolaños, 2001).



Figura 8. Fungicidas aplicados al cultivo de cebolla

Ahogamiento o secadera: *Fusarium spp*

Esta enfermedad es muy común en el cultivo de cebolla en el estado de Morelos; su aparición se da durante la etapa de plántula y ocasionalmente ocurre cuando la planta ha sido trasplantada en la época de lluvias, especialmente en los meses de agosto y septiembre.

Síntomas

El hongo afecta a la cebolla en sus diferentes etapas de crecimiento, ya sea desde plántula hasta el almacenamiento del bulbo. Las plántulas enfermas carecen de vigor, crecen lentamente y se tornan amarillas; enseguida se marchitan y se colapsan por tener el sistema radicular deteriorado. Los extremos de la raíz y las raíces finas van del color rosado en un inicio, al amarillo-rojizo y finalmente se tornan oscuros, ocasionando la muerte y desintegración del tejido, y el tallo presenta una coloración café (Brewster, 2008; du Toit e Inglis, 2003).

Control

Se recomienda hacer rotación de cultivos, principalmente, con pastos o cereales (excluyendo al cultivo de maíz). Se tienen reportes que el tratamiento del suelo con vapor y fumigación reduce la incidencia de la enfermedad (Agrios, 2010;

Ramsey y Lorbeer, 1980). De igual manera, la utilización de *Trichoderma asperellum* inhibe el crecimiento de *F. proliferatum* en plantas de cebolla (Klokar-Smit et al., 2008). Pinkerton et al. (2000), recomienda la solarización del suelo con alta radiación solar por al menos un mes para eliminar la mayoría de inóculo. Además, se sugiere limpiar y desinfectar la semilla con hipoclorito de sodio al 2% durante 2 minutos y lavarla con agua limpia o destilada.

Causados por bacterias

Mancha bacteriana de la hoja y del bulbo: *Pseudomonas viridiflava* (Burkholder) Dowson

En el estado de Morelos la pudrición bacteriana de hoja y bulbo de la cebolla ha provocado grandes pérdidas, especialmente en la época de lluvias en el estado de Morelos. Esta enfermedad aparece particularmente en épocas con temperaturas frescas.

La bacteria ocasiona en hojas de cebolla pequeñas manchas alargadas de color amarillo que con el tiempo se tornan de color negro, principalmente; los síntomas surgen en hojas empapadas de agua (Gitaitis et al., 1997).

P. viridiflava es una bacteria fluorescente, la cual se encuentra en el suelo. Para verificar su adscripción taxonómica se realizan análisis moleculares que codifican al gen ARNr 16S, lo que permite su identificación con mayor precisión (Billing, 1970; Gitaitis et al., 1991).

Síntomas

La bacteria ocasiona en el follaje manchas amarillentas que se extienden a lo largo de las hojas y les da un aspecto de secado prematuro (Gitaitis et al., 1991; Pérez et al., 2004). En el bulbo origina una pudrición blanda, la cual puede observarse con más frecuencia y con mayor severidad entre los meses de julio y septiembre, especialmente en días lluviosos.

Control

Las aspersiones de fungicidas a base de cobre o estreptomicina reducen la enfermedad y disminuyen su distribución. Sin embargo, se conocen algunas cepas de *P. viridiflava* que son resistentes al cobre. Como control cultural se recomienda eliminar y desechar las plantas que empiezan a presentar síntomas de la enfermedad, lavarse las manos al manejar el cultivo infectado y regar a primera hora para minimizar la duración de la humedad foliar (Daughtrey et al., 2001).

2.10. Cosecha del cultivo de cebolla en el Estado de Morelos.

El indicador más visible de madurez de la planta de cebolla es el doblamiento de las hojas. Cuando la planta alcanza su máximo desarrollo, detiene el crecimiento, entra en reposo e inicia el doblamiento de la planta completa desde su cuello, a ras del suelo.

Cuando empiezan a doblarse las primeras plantas, deben suspenderse los riegos para evitar pérdidas por pudriciones de bulbo.

En Morelos, generalmente se arranca la cebolla y se acordona el fruto de varias líneas de plantas los productores de la zona le llaman “Engavillado” como se puede observar en la figura 9. La eliminación de la parte aérea de la planta (rabo), se hace un día después, utilizando tijeras “cebolleras”; después de ello se barren los cordones de fruto con escoba para limpiar restos de hojas, antes de llenar los costales.



Figura 9. “Engavillado” en el cultivo de cebolla

Si la producción se destina al mercado nacional, la selección del producto se hace directamente en el campo, en tres tamaños: cebolla chica (menos de 100 g/bulbo), cebolla mediana (101-250 g/bulbo) y cebolla grande o extra (más de 251 g/bulbo). Se envasa en costales llamados comúnmente “arpillas”, los cuales normalmente contienen de 30 a 35 kilogramos de fruto las que van para la Ciudad de México y las que van para Cuautla, Morelos son de 26 a 28 kilogramos.



Figura 10. Jornaleros “arpillando” la cebolla en campo.

Si la producción se destina a la exportación, la cebolla se envasa en costal de yute y se transporta a la corredora (comercializadora) para su selección y envase en arpilla blanca membretada con la marca de la empresa exportadora; las arpillas contienen 22.5 kg (50 libras) de frutos clasificados en diferentes tamaños, de acuerdo al diámetro ecuatorial.

Comercialización

En la Localidad de Jaloxtoc, Ayala, Morelos si el precio de la cebolla es bajo, los productores llevan su producción a la Ciudad de Cuautla, Morelos que es el centro de comercialización más cercano allí llegan compradores de Cuernavaca, Estado de México y de Guerrero.

La Ciudad de México es el punto de referencia en la zona si la cebolla sube en la Ciudad de México los compradores de cebolla van directamente a la localidad a ver a los productores para comprarles su producción en campo.



Figura 11. Cebolla “arpillada” para venta en Cuautla, Morelos

III. PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE CEBOLLA CON SISTEMA DE FERTIRRIGACIÓN POR GOTEO EN LA LOCALIDAD DE JALOXTOC MUNICIPIO DE AYALA EN EL ESTADO DE MORELOS

Generalidades del Estado de Morelos

Ubicación geográfica

Morelos se localiza entre 18°19'54" y 19°07'30" de latitud norte; y 98°37'42" y 99°33'30" de longitud oeste del meridiano de Greenwich.

Superficie

495,822 hectáreas.

Límites

Limita al norte con la Ciudad de México y el Estado de México; al este y sureste, con el estado de Puebla y al sureste con Guerrero.

Orografía

El sistema orográfico está compuesto por varias cadenas montañosas, entre las que se encuentran estrechos valles y amplias llanuras.

Las sierras más importantes son las del Ajusco, que coincide con la zona de Tepoztlán, cuya altura varía entre 2,000 y 3,000 metros sobre el nivel del mar (msnm); la sierra de Jumiltepec, situada al noreste; la sierra de Yautepec que, desprendiéndose de la de Tepoztlán, se extiende hacia Tlatizapán; y la sierra de Huautla, que forma una zona medianamente accidentada en el sureste.

Entre las regiones constituidas por llanuras, pueden destacarse las de Yautepec y Cuautla, localizadas respectivamente al sureste de la sierra de Tepoztlán y suroeste de la sierra de Jumiltepec. El valle de Cuernavaca se divide en dos regiones: la de Tequesquistengo, que comprende las de Puente de Ixtle, Tehuixtla y Xoxocotla; y la Zacatepec y Jojutla. Destacan en valle las llanuras de Michapa, en Puente de Ixtla y el Higueron, en Jojutla.

Hidrografía

El sistema hidrológico pertenece en su totalidad a la cuenca del río Balsas que desemboca en el océano Pacífico. Existen dos subcuencas, las de los ríos Amacuzac y Nexpa. En el territorio se encuentran los ríos Cuautla, Yutepec, Tepalcingo y Amatzinac.

Clima y temperatura

Por la conformación topográfica y el gradiente altitudinal que desciende de los 3,000 hasta los 800 msnm, permite la presencia de una diversidad de climas.

El cálido subhúmedo es el clima predominante, sobre todo en las zonas bajas del estado, que coincide con las áreas cercanas a los ríos Amacuzac y Nexpa. En menor grado, se presenta el clima semicálido subhúmedo, en una franja que va de este a oeste, situada en la región norte, en la zona de transición entre sierra y los valles.

El clima templado subhúmedo se encuentra en la zona norte y se localiza en las partes altas de los valles de Cuernavaca y Cuautla.

Los climas semifrío se reducen a pequeñas Áreas en el extremo norte (concentrándose en las partes mas altas de la sierra), la cordillera neovolcánica y la sierra Nevada o Transversal.

Indicadores socioeconómicos

Población: 1,777,227 habitantes, 1.6% rural; a nivel nacional el dato es de 78 y 22%, respectivamente.

El sector que más aporta al Producto Interno Bruto (PIB) estatal son las industrias manufactureras. De ellas, la producción más importante son los derivados del petróleo y de carbón, industrias químicas, de plástico y de hule.

Aportación al PIB Nacional: 1.1%

División política

La entidad está formada por 33 municipios.

Centros de población más importantes

Cuernavaca, Cuautla, Jiutepec, Temixco y Yautepec de Zaragoza.

Generalidades del Municipio de Ayala

Ubicación

El municipio se ubica geográficamente entre los paralelos 18° 46' de latitud norte y los 98° 59' de longitud oeste del meridiano de Greenwich, a una altura de 1,200 metros sobre el nivel del mar.



Figura 12. Ubicación del Estado de Morelos en mapa de la República Mexicana.

Colindancias

Al norte con Yautepec, Cuautla y Yecapixtla; al sur con Tepalcingo y Tlaquiltenango; al este con Temoac y Jonacatepec; y al oeste con Tlaltizapan.

Clima

Tiene un clima Semicálido - Semihúmedo, registra una temperatura media anual de 20-25 °C, con una precipitación anual de 964 mm. y el periodo de lluvias se presenta en los meses de junio a octubre.

Cuadro 19. Ejidos del municipio de Ayala, Morelos

Ejidos	
Abelardo Rodríguez	Moyotepec
Anenecuilco	San Juan Ahuehueyo
Ayala	San Pedro Apatlaco
Chinameca	San Vicente De Juárez
El Salitre	Tecomalco
El Vergel	Tenextepango
Huitzililla	Tlayecac
Leopoldo Heredia	Jaloxtoc
	Rafael Merino

Fuente: INEGI Censo de Población y Vivienda 2010

Hidrografía

Este municipio se beneficia con la afluencia de la microcuenca del río Cuautla: del río Ayala que se favorece con los escurrimientos de las barrancas, El Hospital y Calderón; estos ríos se juntan al este de la cabecera y siguen su curso, hacia el sur, pasando por Abelardo I. Rodríguez, Olin-tepec y Moyotepec, en donde recibe las aguas de la barranca de Ahuehueyo.

La parte oriente del municipio, la cruza la barranca de la cuera, los papayos y los guayabos, que atraviesan Tlayecac, y sigue hacia el sur pasando por Jaloxtoc, y aguas abajo se une al río Cuautla. Posteriormente este río sigue por San Vicente de Juárez y Tecomalco, para desembocar en el Amacuzac y finalmente al Río Balsas. Cuenta también con pequeños manantiales como el Axocoche, El Colibrí y el Platanal; además de unos pequeños vasos de agua en Anenecuilco, Jaloxtoc, Moyotepec y una presa en Palo Blanco.

**Cuadro 20. Principales cultivos producidos en el municipio de Ayala,
Morelos**

Año	Cultivo	Superficie Ha		Producción (Ton.)	Valor de la Producción
		Sembrada	Cosechada		(Miles de Pesos)
2010	Sorgo Grano	2,923.0	2,923.0	14,615.0	36,537.5
	Elote	2,668.0	2,668.0	31,376.3	84,751.5
	Caña de Azucar	2,513.1	2,318.0	276,491.0	207,368.3
	Cebolla	1,112.0	1,112.0	33,084.9	84,704.7
	Ejote	1,107.0	1,107.0	10,974.6	65,774.5
	Maíz Grano	1,012.0	1,012.0	3,036.0	10,626.0
	Pastos y Praderas en Verde	645.0	645.0	10,350.9	8,592.4
	Calabacita	329.0	329.0	4,820	26,585.9
	Papalo	207.0	207.0	2,070.0	5,545.0
	Guaje	174.0	60.0	810.0	3,280.5
	Otros	1,09.0	788.0	18,201.6	78,946.2
Suma	13,786.1	13,169.0	405,830.3	612,712.5	

Fuente: Secretaria de Desarrollo Agropecuario. SIAP/SAGARPA. Cierre Agrícola 2010. Nota: La suma total de producción, no contempla el cultivo de gladiola y pasto por presentarse en diferente unidad de medida.

Generalidades de la localidad de Jaloxtoc, Ayala, Morelos

El poblado de Jaloxtoc está situado en el Municipio de Ayala (en el Estado de Morelos). Hay 3,566 habitantes. Jaloxtoc está a 1,238 metros de altitud.

En la localidad hay 1,712 hombres y 1,854 mujeres. El ratio mujeres/hombres es de 1,083, y el índice de fecundidad es de 2,76 hijos por mujer. Del total de la población, el 17,11% proviene de fuera de el Estado de Morelos. El 7,82% de la población es analfabeta (el 7,13% de los hombres y el 8,47% de las mujeres). El grado de escolaridad es del 6.71 (6.44 en hombres y 6.96 en mujeres).

El 4,63% de la población es indígena, y el 1,54% de los habitantes habla una lengua indígena. El 0,00% de la población habla una lengua indígena y no habla español.



Figura 13. Mapa de la localidad de Jaloxtoc, Municipio de Ayala en el Estado de Morelos

Costos de producción de 1 hectárea de cebolla con sistema de fertirrigación por goteo en la Localidad de Jaloxtoc, Ayala, Morelos. ciclo productivo del 08 de octubre del 2018 al 15 de febrero del 2019

Cuadro 21. Inversión de infraestructura del sistema de fertirriego por goteo

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
LAY FLAT 3"	2 pz	3,660	7,320
SISTEMA VENTURI DE 1" PARA INYECCIÓN	1	630	630
MINI VALVULAS	130 pz	21	2,730
CINTILLA	3 pz	2,365	7,095
PONCHADOR DE LAY FLAT	1 pz	570	570
BOMBA DE AGUA 3"	1 pz	6,000	6,000
FILTRO SEMI AUTOMATICO	1pz	5,000	5,000
BASE PARA FILTRO	1 pz	500	500
GRAPAS PARA LA CINTILLA	100 kg	35	3,500
TOTAL			33,435

Cuadro 22. Inversión de fertilizantes sólidos

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
YARA MILA STAR (COMPLEJO 21- 17-03-4S)	400 KG	10.5	4,200
HIDRAN (COMPLEJO 19- 4-19 +3 MgO+1.8 S+0.1 B+0.1 Zn)	400 KG	12	4,800
NITRABOR (COMPLEJO 15.4 N- 25.6 CaO- 0.3 B)	300 KG	11	3,300
TOTAL			12,300

Cuadro 23. Inversión de fertilizantes solubles

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
MAP (12-61-0)	150 KG	21	3,150
NKS (12-0-46)	150 KG	20	3,000
MKP (0-52-34)	150 KG	30	4,500
SOP (0-0-52)	150 KG	13	1,950
NITRATO DE CALCIO (15.5 N- CaO 26.5)	200 KG	10	2,000
SULFATO DE MAGNESIO	200 KG	5	1,000

HEPTAHIDRATADO (MgSO47H2O)			
TOTAL			15,600

Cuadro 24. Inversión de insumos de fertirrigación

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
H-85	30 KG	230	6,900
VIGORAIZER	80 LT	40	3,200
HUMICEL	80 LT	35	2,800
FRUTEX	20 KG	300	6,000
TRADECORP AZ	30 KG	200	6,000
ACIDO FOSFORICO	80 LT	38	3,040
TOTAL			27,940

Cuadro 25. Inversión de insumos químicos

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
GLIFOSATO	15 LT	80	1,200
GALIGAN	3 LT	615	1,845
FINALE	4 LT	380	1,520
PROWL H2O	5 LT	350	1,750
FRONTIER	1 LT	565	565
DAP PLUS	10 LT	140	1,400
BREAK THRU	3 LT	450	1,350
MANZATE	4 KG	110	440

ORKESTRA	3 LT	1,750	5,250
CURZATE	4 KG	360	1,440
STRIKE	4 KG	460	1,840
K-3	4 KG	370	1,480
TOKAT	3 LT	865	2,595
CANTUS	1 KG	2,060	2,060
OPERA	1 LT	900	900
CARAMBA	2 LT	300	600
ACROBAT	2 LT	430	860
ZAMPRO	2 LT	1,160	2,320
CERCOBIN	6 KG	460	2,760
CABRIO	2 PZ	1,350	2,700
ACTIGARD	6 PZ	695	4,160
LEGASUS	4 KG	320	1,280
LIVAMICINA	4 PZ	50	200
BLUE SHIELD	4 KG	250	1,000
FINAL BACTER 800GR	4 PZ	490	1,960
AGRIMIQU KG	6 KG	330	1,980
KASUMIN	4 LT	480	1,920
OVISOL	10 LT	350	3,500
THOR	1 LT	1,415	1,415
CURACRON	8 LT	1,150	9,200
KELATEX CA+B	8 KG	170	1,360
BARRIER	80 LT	55	4,400
AGRO K	8 KG	165	1,320
AUXIGRO	3 KG	1,100	3,300
FORESTA T20	16 KG	80	1,280
BIOKIN	1 LT	155	155
BIONARE	20 LT	315	6,300

MOLIBION	2 LT	500	1,000
BENEFIT	2 T	650	1,300
TOTAL			81,905

Cuadro 26. Inversión de capital humano

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
PLANTADA	1 ha	8,000	8,000
TENDIDO DE CINTILLA	10 JORNALES	200	2,000
DESMALEZADA DEL CONTORNO DE LA PARCELA	4 JORNALES	200	800
BARBECHO QUIMICO	1 JORNAL	200	200
APLICACION DE HERBICIDA PRE- EMERGENTE	1 JORNAL	200	200
APLICACION DE HERBICIDA POST- EMERGENTE	4 JORNALES	200	800
APLICACIÓN DE INSUMOS QUIMICOS	40 JORNALES	300	12,000
RIEGOS	36 JORNALES	200	7,200
DEZMALEZADA MANUAL (3	90 JORNALES	200	18,000

ETAPAS)			
APLICACIÓN DE FERTILIZANTE	6 JORNALES	200	1,200
TOTAL			50,400

Cuadro 27. Inversión de trabajos culturales e insumos primarios

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
BARBECHO 1	1 Ha	1,300	1,300
BARBECHO 2	1 Ha	1,300	1,300
RASTREADA	1 Ha	1,000	1,000
SURCADA	1 Ha	1,000	1,000
CEBOLLIN	900 kg	18	16,200
GASOLINA	250 lt	19.45	4,862.5
PERFORACION DE ALMACENAMIENTO DE AGUA	1	2,000	2,000
TOTAL			22,800

Cuadro 28. Gastos de cosecha

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
ARPILLAS	1500 PZ	6	9,000
HILO	3 PZ	300	900
EMBASADO	1500 PZ	15	22,500
FLETE	3 CAMIONES TIPO TORTON	6000	18,000
TOTAL			50,400

El Costo total de la producción de la cebolla más la inversión inicial (primer año) del sistema de fertirrigación por goteo fue de \$294,690 pesos.

IV. IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

Problemática 1

La problemática radica en que el 90% de los productores de la localidad de Jaloxtoc produce el cultivo de cebolla con riego por gravedad, Actualmente los rendimientos por hectárea bajo estas condiciones son de 18 a 20 t/ha.

Problemática 2

Los productores de la localidad se enfrentan a que tienen poco conocimiento para producir cebolla con el sistema de fertirrigación por goteo, por este motivo, es que ellos no tienen unos altos rendimientos en la producción del cultivo.

Para el caso particular de cebolla, Clinton et al. (2000), señalan que con riego por gravedad es muy difícil optimizar el rendimiento de cebolla, debido a la baja eficiencia de aplicación y a la baja uniformidad de distribución de la humedad. Adicionalmente, con el riego por gravedad es difícil evitar oscilaciones amplias en el potencial de agua del suelo, con periodos largos de suelo muy húmedo, lo que causa estrés a la planta y promueve el ataque de enfermedades en raíz y parte aérea.

V. RECOMENDACIÓN

El sistema de fertirrigación por goteo se muestra como una alternativa para el uso eficiente del agua y la producción agrícola; sin embargo, se deben considerar aspectos de capacitación y asesoría al productor agrícola sobre operación del sistema de riego, cuándo y cuánto regar, para que efectivamente se propicie un ahorro de agua y se genere un mayor rendimiento en el cultivo de cebolla en la localidad para que los productores tengan mayores ganancias y sea más redituable el cultivo de cebolla.

La tecnificación del riego se presenta como alternativa estratégica a la prevista futura escasez de alimentos y de recursos naturales. Aunada a un proceso más intenso de concienciación y valoración del recurso agua, será una acción necesaria y urgente ante el inminente cambio climático que nos está afectando.

De acuerdo con Ayars et al. (2007), las principales ventajas del fertirriego por goteo son el incremento en la eficiencia del uso del agua, la reducción en riesgos de salinización, el mejoramiento en la aplicación de agroquímicos, la reducción en el consumo de energía y el mejoramiento de las prácticas culturales.

Bar Yosef (1999), agrega las siguientes ventajas: menor fluctuación en la concentración de nutrimentos en el suelo a lo largo del ciclo de cultivo; facilidad para adaptarse a los diferentes requerimientos nutrimentales durante las distintas etapas del desarrollo de los cultivos y de las condiciones climáticas; aplicación de agua y fertilizantes solamente a una parte del volumen total de suelo, entre otras.

En una evaluación de los resultados obtenidos a nivel nacional con el programa de impulso a la fertirrigación, se estimó que con este método de cultivo se logró un ahorro de agua de 25%, de energía eléctrica en 15%, y se lograron incrementos de 18% en la superficie cultivada bajo riego, de 30% en la producción y de 28% en el volumen de productos agrícolas de exportación (Contijoch, 1998).

Al respecto, Araki y Yamaguchi (2006), para el cultivo de jitomate de invernadero en Japón, reportaron reducciones de 25% en el volumen de agua utilizada y hasta

50% de reducción en la cantidad de fertilizante aplicado, en relación con el método de riego por gravedad.

VI. CONCLUSIÓN

El cultivo de cebolla es uno de los principales cultivos sembrados en la localidad de Jaloxtoc y de todas las localidades a su alrededor, el clima y las condiciones edafológicas son buenas para su desarrollo.

Dependiendo del año el cultivo de cebolla, es muy redituable para los productores hay años buenos en los que la cebolla tiene un precio muy elevado y los compradores van directamente a la parcela del productor para comprarle su producción de cebolla, sin que el productor ponga los gastos de cosecha que son los jornaleros que mochan la cebolla, el hilo, las arpillas y el flete (los compradores cuando pagan en campo ellos corren con esos gastos).

Los precios de cebolla de la producción del año 2018 fueron muy elevados. Los compradores de cebolla estaban manejando un precio de \$15 a \$20 pesos por kilo de cebolla en campo.

Los productores que llevaban la producción de cebolla a Cuautla, Morelos les pagaban la arpillada de 28 kg. A \$450 pesos, por lo cual es importante mencionar que los productores que implementen el sistema de fertirriego por goteo podrían aumentar considerablemente los rendimientos a aproximadamente a unas 60 toneladas por hectárea lo que sería mucho más redituable para ellos.

La rentabilidad del cultivo de cebolla se puede calcular con las siguientes formulas:

Produccion neta= producción en bruto – inversión

Eficiencia= recuperado / inversión

Un ejemplo sería el siguiente:

Para sacar producción en bruto sería así = 60 toneladas * 20,000 = 1,200,000

Producción neta= 1,200,000 – 294,690= 905,310

$$\text{Eficiencia} = 905,310 / 294,690 = 3.07$$

Esto quiere decir, que teniendo un rendimiento de 60 toneladas por hectárea y teniendo un precio de 20,000 pesos la tonelada significa que por cada peso que nosotros metemos en la inversión de la producción de cebolla recibimos de ganancia de 3 pesos esto hace que el cultivo de cebolla sea altamente eficaz y para alcanzar dichos rendimientos proponemos tal y como se documenta en este trabajo la implementación de la fertirrigación por las bondades que ofrece al cultivo en cuestión.

VII BIBLOGRAFÍA

- Abreu, T.A.S., A.A. Millar, E.N. Choudhury, and M.M. Choudhury. 1980. Analise da produção de cebola sob diferentes regimes de irrigação. *Pesq. Agrop. Brasil.* 15:233–236
- Acuña, A.J.L. y O. Rottenberg D. 2008. Fertilizantes de liberación controlada en cebolla con riego por gravedad. *Memorias de la Conferencia Internacional de Cebollas.* León, Gto. pp. 59-61.
- Ali, M.H. 2010. *Fundamentals of Irrigation and On-farm Water Management.* Volume 1. Springer Science.
- Al-Jamal, M.S., W.T. Sammis, S. Ball, and D. Smeal. 2000. Computing the crop water production function for onion. *Agric. Water Manag.* 46:29–41.
- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper 56.* Rome.
- Anónimo. 1999. *Guía de plaguicidas de uso agrícola en México.* SAGAR, SUBSAG, CONASAG, DGSV.
- Anónimo. 2001. Análisis de agua - determinación de dureza total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Métodos de prueba. *Secretaría de Economía.* NMX-AA-072-SCFI-2001.
- Araki, Y. and H. Yamaguchi. 2006. Effects of drip fertigation on nutrient uptake, growth, yield and fruit quality of forcing culture tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. var. House - Momotaro) undergreenhouse. *Acta Hort.* 761:417-424.
- Arrieche, N., R.Paz, A. Montagne y J. Morales. 2006. Estudios biológicos de *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae) en cebolla, en el Estado Lara, Venezuela. *Bioagro* 18:149-154.
- Aveling, T.A.S. 1998. Purple blotch (*Alternariaporri*) of onion. *Recent research developments in plant pathology.* 2: 63-76.
- Ayars, J.E., D.A. Bucks, F.R. Lamm and F.S. Nakayama. 2007. Introduction. In: F.R. Lamm, J.E. Ayars, F.S. Nakayama (Eds.). *Microirrigation for Crop Production. Design, Operation, and Management.* Elsevier, Amsterdam. pp. 1–26.

- Ayers, S.A. y D.W. Wescot. 1985. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1. Rome, Italy. 174 p. Bar-Yosef, B. 1999. Advances in Fertigation. *Adv. Agron.* 65:1-77.
- Barros, C.A., R.D. Coelho, P.R.F. Medeiros, R.F. de Melo, C.R.A. Barboza Júnior y C.T. Dos S. Díaz. 2009. Entupimento de gotejadores em funcao da aplicacao de superfosfato simple e ácido nítrico. *Eng. Agríc.* 29:62-71.
- Bar-Yosef, B. 1999. Advances in Fertigation. *Adv. Agron.* 65:1-77.
- Bautista, M. N. 1992. Principales especies nocivas del Orden Lepidóptera. In: Anaya, R.S., N. Bautista y B. Rodríguez. Manejo fitosanitario de las hortalizas en México. C. P. SARH. Centro de Entomología y Acarología. Chapingo, México.
- Bautista, M. N. 2006. Insectos plaga: una guía ilustrada para su identificación. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 113 p.
- Benton Jones, Jr. J. 2005. Hydroponics: a practical guide for the soilless grower. 2 nd. ed. CRC PRESS. Boca Raton. FL. 423 p.
- Billing, E. 1970. *Pseudomonas viridiflava* Burkholder. *J. Applied Bacteriology.* 33:492-500.
- Blancard, D., H. Laterrot, G. Marchoux y T. Candresse. 2011. Enfermedades del tomate: identificar, conocer, controlar. MundiPrensa. Madrid, España. 679 p.
- Bolaños, H.A. 2001. Introducción a la olericultura. Editorial EUNED. San José, Costa Rica. 380 p.
- Brewster, J.L. 2008. Onions and other vegetable alliums. 2 a edition. CABI. Crop Production science in horticulture series 15. London, UK. 432 p.
- Brown, B. 2000. Southern Idaho Fertilizer Guide. Onions. University of Idaho. Cooperative Extension System. Agricultural Experiment Station. CIS 1081. 6 p. <http://www.extension.uidaho.edu/ipm/bulb.asp> (consultado en junio 2013).
- Bucks, D. A. and F. S. Nakayama. 1980. "Injection of Fertilizer and Other Chemicals for Drip Irrigation." In Proceedings of the Agri-Turf Irrigation Conference, Houston, Texas, 166–180. Silver Spring, MD: The Irrigation Association.
- Burgueño, H. 1999. La fertirrigación en cultivos hortícolas con acolchado plástico. Vol. 1. Bursag S.A. de C.V. Culiacán, Sinaloa.
- Burns, A.R. 2003. Fundamentos de Química. 4ª. Edición. Pearson. Prentice Hall. México. 745 p.

- Cantliffe, D., P. Gilreath, D. Haman, C. Hutchinson, Y. Li, G. McAvoy, K. Migliaccio, T. Olczyk, S. Olson, D. Parmenter, B. Santos, S. Shukla, E. Simonne, C. Stanley and A. Whidden. 2012. Review of Nutrient Management Systems for Florida Vegetable Producers: A White Paper from the UF/IFAS Vegetable Fertilizer Task Force1.
- Castellanos, J.Z. 1987. Las curvas de acumulación nutrimental en los cultivos hortícolas y su importancia en los programas de fertirrigación. Memorias del 2º Simposio Internacional de Fertirrigación. pp. 73-82. Querétaro, Qro.
- Castellanos, Z.J., J.X. Uvalle B. y A. Aguilar S. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. 2ª. Edición. INCAPA. México.
- Castillo, L.T. y T.A. Garzón. 1987. Control químico de la mancha púrpura (*Alternaria porri*) en el cultivo del ajo (*Allium sativum*). Memorias del XIV Congreso Nacional de Fitopatología. Morelia, Michoacán.
- Cervantes, M.J.F. 1992. Insectos chupadores y minadores que afectan a hortalizas. In: Anaya, R. S., Bautista M. N. y Rodríguez D. B. 136 Manejo fitosanitario de las hortalizas en México. C. P. SARH. Centro de Entomología y Acarología. Chapingo, México.
- Chatzivassiliou, E.K. 2001. Thrips tabaci: an ambiguous vector of TSWV in perspective Thrips and Tospoviruses. In: 7th International Symposium on Thysanoptera; Rita Marullo & Laurence Mound (eds). Reggio Calabria, Italy. pp. 69-75.
- Ciampitti I.A. y F.O. García. 2007. Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios: Cereales, Oleaginosos e Industriales. Informaciones Agronómicas No. 33. Archivo Agronómico No. 11. pp. 1-4. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires. Argentina.
- Clinton C. S., B.G.F. Erik and D.S. Lamont. 2000. Irrigation criteria for drip-irrigated onions. HortScience 35:63-66.
- CNA (Comisión Nacional del Agua). 2002. Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Valle de TepalcingoAxochiapan, Estado de Morelos. Publicación interna. 43 p.
- CNA (Comisión Nacional del Agua). 2009. Atlas del agua en México 2009. SEMARNAT. México. 123 p.
- Coelho, E.F., V.A.B. de Souza and M.A.F. Conceição. 1996. Onion yields under three water regimes and five spacings. Pesquisa Agrop. Bras. 31:585–591.

- Contijoch, E.M. 1998. Resultados del Programa de Ferti-irrigación y Perspectivas a Corto Plazo. Memorias del III Simposio Internacional de Ferti-irrigación. pp. 203-216. León Guanajuato.
- Córdoba-Selles, C. and L. Martínez-Priego. 2005. Iris yellow spot virus: A New Onion Disease in Spain. *Plant Disease*. 89:1243.
- Coto, D. A. 1997. Lepidóptera en cultivos anuales y perennes: Manual de reconocimiento. CATIE. Unidad de Fitoprotección. 64 p.
- Daughtrey, M.L., R.L. Wick and J.L. Peterson. 2001. Plagas y enfermedades de las plantas en maceta con flores. Editorial MundiPrensa. Madrid, España. 90 p.
- de tomate en fertirriego. *TERRA* 20:311-320.
- Dehghanisanij, H., T. Yamamoto, B. Ould Ahmad, H. Fujiyama and K. Miyamoto. 2005. The effect of chlorine on emitter clogging induced by algae and protozoa and the performance of drip irrigation. *Trans. ASAE*. 48:519–527.
- Diekmann, M. 1997. *Allium* spp. FAO/IPGRI Technical Guidelines for the Safe Movement of Germplasm. No. 18. Praga, Republica Checa. 60 p.
- Doorenbos, J. and W.O. Pruitt. 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper No. 24. 2nd . Ed. FAO. United Nations. Rome, Italy.
- dosis y fuente de nitrógeno en rendimiento y calidad postcosecha
- duToit, L J., G.Q. Pelter and H.R. Pappu. 2004. IYSV challenges to the onion seed industry in Washigton. Pages 213-217. In: Proc. Natl. Allium Res. Conf., Grand Junction, CO. Colorado State University, Fort Collins.
- duToit, L. J. and D. A. Inglis. 2003. *Fusarium proliferatum* pathogenic on onion bulbs in Washington. *Plant Disease*. 87:750.
- Ellis, J.E., A.E. McSay, N.P. Soltanpour, C.F. Schweissing, E.M. Bartolo and G.E. Kruse. 1993. Onion irrigation and nitrogen leaching in the Arkansas Valley of Colorado. *HortTechnology*. 3:184–187. Cuenca-Adame, E., D. Riestra-Díaz, J.M. Pérez-Mangas y A. EchegarayAlemán. 2003. Evapotranspiración y calendarización del riego para cebolla con aguas residuales del Río Apatlaco, Morelos, México. *TERRA Latinoamericana* 21:373-379.
- Enciso, J., J. Jifon and B. Wiedenfeld. 2007. Subsurface drip irrigation of onions: Effects of drip tape emitter spacing on yield and quality. *Agric. Water Manag.* 92:126–130.

- Everts, K.L. and M.L. Lacy. 1990. The influence of dew duration, relative humidity, and leaf senescence on conidial formation and infection of onion by *Alternaria porri*. *Phytopathology*. 80:1203- 1207.
- Everts, K.L. and M.L. Lacy. 1996. Factors influencing infection of onion leaves by *Alternaria porri* and subsequent lesion expansion. *Plant Disease*. 80:276-280.
- FAO. 2013. FAO Statistical Database (online). <http://faostat.fao.org>.
- Fathi, S. A. A., A. Asghari and M.Sedghi. 2008. Interaction of *Aeolothrips intermedius* and *Orius niger* in controlling *Thrips tabaci* on potato. *Int. J. Agric. Biol.* 10:521-525.
- Fereres E. and Connor D.J. 2004. Sustainable water management in agriculture. In: E. Cabrera and R. Cobacho (eds.). *Challenges of the new water policies for the XXI century*. Lisse, The Netherlands: A.A. Balkema. 157–170.
- Fereres, E. and M.A. Soriano. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *J. Exp. Botany* 58:147–159.
- Fichtner, S.M., D.H. Gent, H.F. Schwartz, W.S. Cranshaw, L. Mahaffey and R. Khosla. 2004. Geospatial relationships of Iris yellow spot virus and thrips to onion production in Colorado. In: *Proc. Natl. Allium Res. Conf., Grand Junction, CO*. Colorado State University, Fort Collins. USA. pp.: 149-151.
- Fries Jr., C. 1960. *Geología del Estado de Morelos y partes adyacentes de México y Guerrero, Región Central, Meridional de México*. Boletín No. 60. Instituto de Geología. UNAM. México.
- Gent, D.H., L.J. du Toit, S.F.Fichtner, S.Krishna Mohan, H.R. Pappu and H.F. Schwartz. 2006. Iris yellow spot virus: an emerging threat to onion bulb and seed production. *Plant Disease*. 90:1468–1480.
- Gitaitis, R., D. Sumner, D. Gay, D. Smittle, G. McDonald, B. Maw, W. C. III Johnson, B. Tollner and Y. Hung. 1997. Bacterial streak and bulb rot of onion: I. A diagnostic medium for the semiselective isolation and enumeration of *Pseudomonas viridiflava*. *Plant Disease*. 81:897- 900.
- Gitaitis, R.D., R.E.Baird, R.W.Beaver, D.R.Sumner, J.D. Gay and D.A. Smittle. 1991. Bacterial blight of sweet onion caused by *Pseudomonas viridiflava* in *Vidalia*, Georgia. *Plant Disease*. 75:1180- 1182.
- Gómez, J. y V. Velazco. 1991. Presencia de *Olpidium radicali* en los embalses para riego en Almería. *Phytoma España*. 33:23-27.
- Greenberg, S.M., T.W. Sappington, B.C. Legaspi, T.X. Liu and M.Setamou. 2001. Feeding and Life History of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) on Different Host Plants. *Annals Entom. Soc. America*. 94:566-575.

- Güemes, G.M.J., S. Ramírez R., A. Ayala S. y F.J. Osuna C. 2010. Cultivares de cebolla del INIFAP y comerciales en el Estado de Morelos. Folleto técnico No. 49. SAGARPA. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Zacatepec. 23 p.
- Guzmán, R.S.C., C. Valenzuela S., P. Félix V., A. Jiménez T. y S. Ruiz C. 2008. Necesidades hídricas de los principales cultivos en el Estado de Baja California. SAGARPA. INIFAP. CIRNO. Campo Experimental Valle de Mexicali. Folleto Técnico No. 13. 30 p.
- Haman, Z.D. 2011. Causes and prevention of emitter plugging in microirrigationsystems. University of Florida. IFAS Extension. Bul258 (Revisado en Octubre 2011). 11 p.
- Hanan, J.J. 1998. Greenhouses: Advanced Technology for Protected Horticulture. CRC Press LLC. Boca Raton, Florida. USA. 684 p.
- Hargreaves, G.H. and Z.A. Samani. 1985. Referencecrop evapotranspiration from temperature. Appl. Eng. Agr. 1:96–99.
- Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale and W.L. Nelson. 2005. Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management. Pearson Education, Inc. New Jersey. USA. 7th . ed. 515 p.
- Haynes, J.R. 1986. Mineral nitrogen in the plant-soil system. Elsevier. 494 p.
- Heong, K.L. and M.M. Escalada. 1997. Pest management of rice farmers in Asia. International Rice Research Institute. Manila, Philippines. 245 p.
- ICID (International Commission on Irrigation and Drainage). 2000. Sprinkler and Micro-Irrigated Areas in Some ICID Member 143 Countries. http://www.icid.org/index_e.html
- IICA. 2006. Estudio de la cadena agroalimentaria de cebolla en la República Dominicana. Secretaría de Estado de Agricultura (SEA), Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Consejo Nacional de Competitividad (CNC). Santo Domingo, República Dominicana. 60 p.
- IICA. 2010. Guía de identificación y manejo integrado: Plagas del frijol en Centroamérica. IICA-Red SICTA. Managua, Nicaragua. 45 p.
- INEGI censo de población y vivienda 2010.
- IPNI. 2013. 4R Plant Nutrition: A Manual for Improving the Management of Plant Nutrition. International Plant Nutrition Institute. Georgia. USA. 130 p.
- Irrigation Journal. 2001. 2000 Annual irrigation survey continues steady growth. Irrig. J. 51:12-41.

- James, B, C.Archa-Ahowé, I. Godonou, H.Baimey, G.Goergen, R.Sikirouand M. Toko. 2010. Integrated pest management in vegetable production: A guide for extension workers in West Africa. IITA. Ibadan, Nigeria. 120 p.
- King, A. B. S. y J. L. Saunders. 1984. Las Plagas Invertebradas de Cultivos Anuales Alimenticios en América Central. Administración de Desarrollo Extranjero (ODA). Londres, Inglaterra. 182 p.
- Klar, E.A., J.F. Pedras and J.D. Rodríguez. 1976. Effect of various soil and climatic conditions on water requirement of onion. I. Yield of bulbs. *Phyton* 34:9–25.
- Klokar-Smit, Z.D., J.T. Levic, S.N. Masiveric, J.M. Grozdanovic-Varga, M.A. Vasic and R.A. Svjetlana. 2008. Fusarium rot of onion and possible use of bioproduct. *Proc. Nat. Sci. Matica Srpska Novi Sad*. 114:135-148.
- Koike, S.T. and D.H. Henderson. 1998. Purple Blotch, Caused by *Alternaria porri*, on Leek Transplants in California. *Plant Disease*. 82:710.
- Kritzman, A., M. Lampel, B. Racaahand A. Gera. 2001. Distribution and transmission of Iris yellow spot virus. *Plant Disease*. 85:838-842.
- Kumar, S., M. Imtiyaz and A. Kumar. 2007. Effect of differential soil moisture and nutrient regimes on postharvest attributes of onion (*Allium cepa* L.). *Scientia Hortic*. 112:121–129.
- Lakra, B.S. 1999. Development of purple blotch incited by *Alternaria porri* and its losses in seed crop of onion (*Allium cepa*). *Indian J. Agric. Sc*. 69:144-146.
- Lambert, K. and S. Bekal. 2002. Introduction to Plant-Parasitic Nematodes. The Plant Health Instructor. DOI: 10.1094/PHI-I-2002- 1218-01
- Lawande, K.E. 2001. Onion. In: Handbook of herbs and spices. K.V. Peter (ed.). Woodhead Publishing. England. pp. 238-249.
- López, R., D. Carmona, A.M. Vincini, G. Monterubbianesi and D. Caldiz. 2010. Population Dynamics and Damage Caused by the Leafminer *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera: Agromyzidae), on Seven Potato Processing Varieties Gro
- López-Urrea, R., F.M. de Santa Olalla, C. Fabeiro, A. Moratalla A. 2009. Testing evapotranspiration equations using lysimeter observations in a semiarid climate. *Agric. Water Manag*. 85:15–26.
- MacGregor, L.R. y F.O. Gutiérrez. 1983. Guía de insectos nocivos para la agricultura en México. Ed. Alhambra Mexicana. México. 261 p.
- Marschner H (1995) Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd edition. Academic Press, London, U.K.

- Marschner, H. 2002. Mineral nutrition of higher plants. 2 nd. Ed. Academic Press. New York. 889 p
- Marschner, H. 2002. Mineral nutrition of higher plants. 2 nd. Ed. Academic Press. New York. 889 p.
- Martin de Santa Olalla, F., A. Domínguez-Padilla and R. López R. 2004. Production and quality of the onion crop (*Allium cepa* L.) cultivated under deficit irrigation conditions in a semi-arid climate. *Agric. Water Manag.* 68:77–89.
- Martínez, C.E. y M. García L. 1993. Cultivos sin suelo: Hortalizas en clima mediterráneo. Compendio de Horticultura, 3. Ediciones de Horticultura, S.L.
- Martínez, E.R. 2005. Sistema de riego localizado: Elección y manejo del agua. In: Producción de jitomate en invernadero. N. Bautista y J. Alvarado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx. pp. 31-71
- Mata, V.H., E. Vázquez G., M. Ramírez M. y J. Patishtán P. 2010. Fertirrigación de chile serrano con riego por goteo en el sur de Tamaulipas. SAGARPA. INIFAP. CIRNE. Campo Experimental Las Huastecas. Libro Técnico No. 2. 150 p.
- McKenzie, C.L., B.Cartwright, M.E. Miller and J.V. Edelson. 1993. Injury to onions by *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) and its role in the development of purple blotch. *Envir. Entomol.*6:1266-1277.
- Medeiros, P.R.F., R.D. Coelho, A.C. Barros y R.F. Melo. 2008. Dinâmica do entupimento de gotejadores em função da aplicação de carbonato de potássio. *Irriga* 13:288-297.
- Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1987. Principles of Plant Nutrition. 4th. ed. International Potash Institute. Berna, Suiza. 687 p.
- Miller, M. E. 1975. Environmental factors associated with the spread of purple blotch of onions. (Abstr.) *Proc. Am. Phytopathol. Soc.* 2:35.
- Ministry of Agriculture and Lands. British Columbia. 2006. Thrips: Biology & Control. In: <http://www.agf.gov.bc.ca/cropprot/thrips.pdf> (Consultado en abril 2013). 5 p.
- Montalvo, L.T. 2005. Cabezal de riego. In: Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. C. Cadahía (Ed.). Ediciones Mundi-Prensa. 3ª. Ed. Revisada, actualizada y ampliada. pp. 259- 276.
- Morris, J.C. 1966. The acid ionization constant of HOCl from 5 to 35°C. *J. Phys. Chem.* 70:3798-3805.

- Muniappan, R., B.M. Shepard, G.R. Carner and P. Aun-Chuan Ooi. 2012. Arthropod Pests of Horticultural Crops in Tropical Asia. CABI. Tarxien, Malta. 180 p.
- Muñoz-Ramos, J.J. 2003. El cabezal de riego. pp 74-85 En: Manual de producción hortícola en invernadero. J.J. Muñoz-Ramos y J.Z. Castellanos. (Eds.). INCAPA. México.
- Muñoz-Ramos, J.J. y J.Z. Castellanos. 2003. Formulación de la solución nutritiva. In: Manual de producción hortícola en invernadero. J.J. Muñoz-Ramos y J.Z. Castellanos. (Eds.). INCAPA. México. pp. 157- 186.
- Nakayama, F.S. 1982. Water analysis and treatment techniques to control emitter plugging. Proc. Irrig. Assoc. Conf. Portland, Oregon. USA.
- Nakayama, F.S. and D.A. Bucks. 1986. Trickle irrigation of crop: production design, operation and management. Amsterdam. Elsevier. 383 p.
- Nakayama, F.S., B.J. Boman and D.J. Pitts. 2007. Maintenance. In: F.R. Lamm, J.E. Ayars and F.S. Nakayama (Eds.). Microirrigation for crop production. Elsevier B.V. pp. 389-430.
- Núñez, E.R. y F. Gavi R. 1991.El potasio en la agricultura mexicana. En: R. Rodríguez et al. (eds). Uso racional de los fertilizantes en América Latina (Memoria de simposio). FERTIMEX. SMCS. ADIFAL. Querétaro, México. pp. 335-362.
- Ortiz, F.P. y J.P. Amado. 2003. Tecnología para producir maíz con riego por goteo subterráneo. INIFAP. CIRNOC. Campo Experimental Sierra de Chihuahua. Folleto Técnico No. 18.
- Osuna, C. FdeJ. Y Ramírez, R. S. 2013. Manual para cultivar cebolla con fertirriego y riego por gravedad en el Estado de Morelos. Libro Técnico No. 12. Campo Experimental Zacatepec – INIFAP. Zacatepec, Morelos, México. 155 p.
- Osuna, C.F.J. 2001. Fundamentos de la Producción de Arroz. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Zacatepec. Folleto Científico No. 1. 62 p.
- Osuna, C.F.J. 2006. Cubierta con polipropileno y potasio en fertirriego: Su relación con microclima, nutrición y “chino” del jitomate en Morelos. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx. 96 p.
- Osuna, C.F.J. y S. Ramírez R. 2009. Calidad y acondicionamiento del agua usada en sistemas de hidroponía y fertirriego en Morelos. Folleto Técnico No. 38. CEZACA. CIRPAS. INIFAP.

- Osuna, C.F.J., M. Sandoval-Villa, G. Alcántar G., C. Trejo L. y V. Volke H. 2007. Cubierta con polipropileno y fertilización potásica en fertirriego: Implicaciones en crecimiento, rendimiento y nutrición del jitomate. *TERRA Latinoamericana* 25:69-76.
- Pacheco, M. F. 1985. Plagas de los cultivos agrícolas en Sonora y Baja California. SARH. INIA. CIANO. CAE, Valle del Yaqui. Cd. Obregón, Sonora, México.
- Palacios, A.A. 2000. Cultivo de cebolla con riego por goteo y fertirrigación. Desplegable informativa No. 11. SAGAR. INIFAP. CEZACA.
- Palacios, A.A. y K. Inoue. 1998. Mejoramiento de variedades de cebolla de origen nacional (producción de bulbo madre, selección y producción de semilla). En: CEZACA. Proyecto "Mejoramiento de las técnicas para la producción de hortalizas en el Estado de Morelos", Tercer Comité Conjunto. Informe de proyectos 1997/98. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Zacatepec. 5 p.
- Palacios, V.O. y E. Aceves N. 1994. Instructivo para el muestreo, registro de datos e interpretación de la calidad del agua para riego agrícola. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Méx. 48 p.
- Parker, L.B., M. Skinner and T. Lewis. 1995. Thrips Biology and Management. NATO ASI Series. Vol. 276. Plenum Press. New York, USA
- Parra, T.S., M. Villarreal R., P. Sánchez P., J.L. Corrales M. y S. Hernández V. 2008. Efecto del calcio y potencial osmótico de la solución nutritiva en la pudrición apical, composición mineral y rendimiento de tomate. *Interciencia* 33:449-456.
- Pérez, F.E., P.E. Silvera y W.V. Gepp. 2004. *Pseudomonas viridiflava* (Burkholder) Dowson: Agente causal de manchas necróticas en hojas de cebolla y ajo (*Allium* spp.) en Uruguay. *Agrociencia*. 8:33- 38.
- Piccinni, G., J. Ko, T. Marek and D.I. Leskovar. 2009. Crop Coefficients Specific to Multiple Phenological Stages for Evapotranspirationbased Irrigation Management of Onion and Spinach. *HortScience* 44:421–425.
- Pinkerton, J.N., K.L Ivors, M.L. Miller and L.W. More. 2000. Effect of soil solarization and covercrops on populations of selected soilborne plant pathogens in Western Oregon. *Plant Disease*. 84:952-960.
- Primary Industries: Agriculture. 2005. Horticultural fertigation techniques, equipment and management. Industry and Investments. New South Wales, Australia.
<http://www.dpi.nsw.gov.au/agriculture/resources/water/irrigation/crops/publications/fertigation>

- Ramírez, R.S., F.J. Osuna C., G. Bahena S., J.C. Bartolo R., F. García P. y J. Canul Ku. 2012. Manual del usuario del sistema de alerta fitosanitaria de Morelos. SAGARPA. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Zacatepec. Publicación Especial No. 52. 27 p.
- Ramsey, G.R. and J.W. Lorbeer. 1980. Seedborne fungi of onion in New York. (Abstr.) *Phytopathology*. 70:468
- Rav-Acha, C.H., M. Kummel, I. Salamon and A. Adin. 1995. The effect of chemical oxidants on effluent constituents for drip irrigation. *Water Res.* 29:119–129
- Ravina, I., E. Paz, Z. Sofer, A. Marcu, A. Shisha and G. Sagi. 1992. Control of emitter clogging in drip irrigation with reclaimed wastewater. *Irrig. Sci.* 13:129–139.
- Reinders, F. S. 2000. Micro irrigation: A world overview. In: Proc. Sixth Int'l. Micro-Irrigation Congress, October 22-27, 2000, Capetown, South Africa. Paper No. P9.5. 4 p.
- Ribeiro, Jr. P.J., D.N. Viola, C.G.B Demétrio, B.F. Manly and O.A. Fernandes. 2009. Spatial pattern detection modeling of thrips (*Thrips tabaci*) on onion fields. *Scientia Agricola*. 66: 90-99.
- Riley, D.G., S.V. Joseph, R.Srinivasan and S.Diffie. 2011. Thrips vectors of Tospoviruses. *J. Integ. Pest. Mngmt.* 1:1-10.
- Rodríguez, J. y A. Galviz. 1989. Dinámica del potasio en los Suelos del país. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
- Sagi, G., E. Paz, I. Ravina, A. Schischa, A. Marcu, and Z. Yechiely. 1995. Clogging of Drip Irrigation Systems by Colonial Protozoa and Sulfur Bacteria. Proceedings 5th International Microirrigation Congress. Florida, USA. pp. 250-254
- Saunders, J.L., D. L. Coto y A. B. S. King. 1998. Plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. 2a edición. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 305 p.
- Schock, C.C., E.B.G Feibert. and L.D. Saunders. 2000. Irrigation criteria for drip irrigated onions. *HortScience* 35:63–66.
- Schock, C.C., E.B.G. Feibert and L.D. Saunders. 2005. Onion response to drip intensity and emitter flow rate. *HortTechnology* 15:652–659.
- Secretaría de Desarrollo Agropecuario SIAP/SAGARPA. Cierre Agrícola 2010.
- SENASICA y DGIAAP. 2011. Lista de plaguicidas de uso agrícola. Última actualización enero 2011. <http://www.senasica.gob.mx/?id=3376>. (Consultado en mayo 2013).

- Shigyo, M. & Kik, C. (2007). Onion. Vegetable II. Fabaceae, Liliaceae, Solanaceae and Umbelliferae. In Handbook of Plant Breeding, 121-159.
- SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2013. Bases de Datos SAGARPA-SIAP. México, D.F.
- Snyder R, M. Orang, S. Geng, S. Matyac and S. Sarreshteh. 2005. —SIMETAW (Simulation of Evapotranspiration of Applied Water). California Water Plan Update. UC Davis and DWR. USA.
- Sullivan, M.D., B.D. Brown, C.C. Shock, D.A. Horneck, R.G. Stevens, G.Q. Pelter and E.B.G. Feibert. 2001. Nutrient Management for Onions in the Pacific Northwest. Pacific Northwest Extension Publication. Oregon State University. Washington State University. University of Idaho. USA. 26 p.
- SVEW (Southeastern Vegetable Extension Workers). 2010. Southeastern U.S. 2009 Vegetable Crop Handbook. Joint publication of North Carolina State University, Auburn University, Clemson University, Louisiana State University, Mississippi State University and University of Georgia. USA. 278 p.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2002. Plant Physiology. Ed. Sinauer Associates. Sunderland, USA.
- Tatemoto, S. and T. Shimoda. 2008. Olfactory responses of the predatory mites (*Neoseiulus cucumeris*) and insects (*Orius strigicollis*): to two different plant species infested with onion thrips (*Thrips tabaci*). J. Chem. Ecology. 34:605-613.
- Thorntwate, C.W. 1948. An approach towards a rational classification of climate. Geogr. Rev. 38:55–94.
- Tijerina, Ch. 2000. Requerimientos hídricos de cultivos bajo sistemas de fertirrigación. Terra 17:237-245.
- Valadez, L.A. 1990 Producción de Hortalizas. Editorial. Limusa. Pag: 81-95.
- Valenzuela, U.J.G. 2009. Híbridos de tomate con mejor rendimiento en casa sombra. Informe de Actividades. Centro de Validación y Transferencia de Tecnología de Sinaloa. Fundación Produce Sinaloa. (Disponible en línea en www.fps.org.mx). 17 p.
- Vázquez, A.J.M.P. 1998. Los mercados de las hortalizas como base para elegir las especies a producir en el Estado de Morelos. Publicación especial No. 16. SAGAR. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Zacatepec. 96 p.
- Villarreal, R.M., R.S. García E., T. Osuna E. y A.D. Armenta B. Efecto de

Villegas-Torres, O.G., P. Sánchez-García, G.A. Baca-Castillo, M.N Rodríguez-Mendoza, C. Trejo, M. Sandoval-Villa y E. Cárdenas- 155 Soriano. 2005. Crecimiento y Estado nutrimental de plántulas de tomate en soluciones nutritivas con diferente concentración de calcio y potencial osmótico TERRA Latinoamericana. 23:49-56

Waterhouse, D.F. and K.R. Norris. 1989. Biological Control: Pacific Prospects. Supplement 1. ACIAR Monograph. Canberra, Australia. 125 p

Wright, D. and R. Perry. 2006. Nematode Biology and Plant Responses. Reproduction, Physiology and Biochemistry. In: Plant Nematology. Eds: R. Perry and M. Moens. CAB International. Part II, Chapter 7. Wallingford, UK. pp: 188-207.

https://issuu.com/senasica/docs/17_morelos_2015_sin/185

<http://www.oeidrus-morelos.gob.mx/compendio/files/Ayala.pdf>

<https://mexico.pueblosamerica.com/i/xalostoc-3/>

http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do