SAGARPA

SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN

FUNDACIÓN PRODUCE Sinaloa A.C.

ENLACE, INNOVACIÓN Y PROGRESO

SINALOA ES TAREA DE TODOS

GOBIERNO DEL ESTADO DE SINALOA

VI Jornada del cultivo de maíz

COLECCIÓN

MC

MEMORIA DE CAPACITACIÓN

VI Jornada del cultivo de maíz

Memoria

Índice

Manejo de labranza reducida en la producción de maíz 7

Validación de nueve fechas de siembra de maíz en dos localidades de Sinaloa 15

Manejo y control de plagas en maíz 25

Manejo de la nutrición en maíz 47

Riego en maiz 67

Manejo de labranza reducida en la producción de maíz

Ing. José Rodolfo Angulo Santos *
Dr. Tomás Díaz Valdés**
Ing. Luis Alfonso Moraila Ibarra*

Introducción

Se estima que 15% de la superficie mundial sufre algún tipo de deterioro como consecuencia de las actividades del hombre. En México se ha dado muy poca importancia a la conservación del suelo como recurso no renovable, el cual se ve afectado, entre otras causas, por el uso excesivo de maquinaria agrícola (aproximadamente 64% del territorio nacional sufre algún grado de deterioro).

La labranza convencional es uno de los mayores procesos involucrados en la deterioro de las propiedades del suelo: involucra la inversión del suelo, normalmente con el arado de vertedera o el arado de discos como labranza primaria, seguida por labranzas secundarias con la rastra de discos.

El propósito esencial de la labranza primaria es controlar las malezas por medio de su enterramiento, y el objetivo principal de la labranza secundaria es desmenuzar los agregados y crear una cama de siembra.

La característica negativa de este sistema es que al suelo le falta una protección de rastrojos y queda casi desnudo, por lo tanto es susceptible a las pérdidas de suelo (fertilidad, erosión) y agua, por los cambios de humedad.

Las propiedades físicas del suelo son factores dominantes que determinan la disponibilidad de oxígeno y movimiento de agua en el mismo, y estas se ven alteradas por los efectos producidos por los distintos tipos de labranza originándose cambios en el ambiente físico del suelo.

* Centro de Validación y Transferencia de Tecnología de Sinaloa A.C.
** Fundación Produce Sinaloa, A.C.

Tipos de labranza, ventajas y desventajas

Se pueden presentar tres métodos de labranza: la labranza tradicional o convencional, mínima o reducida, y cero o siembra directa.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), considera en el triangulo de labranza, a la labranza convencional, la labranza reducida, y labranza cero.

Labranza convencional

Se basa en la inversión del suelo, con el objetivo de controlar las malezas, seguido por varias operaciones para la preparación de la cama de siembra (Figura 1), donde se presenta las ventajas y desventaja en el Cuadro 1.

Figura 1. Preparación del terreno de labranza convencional para la siembra de maíz

Figura 3. Siembra y fertilización en labranza cero.

Figura 4. Etapa fenológica segunda hoja (V2) de maíz en labranza cero.

Cuadro 1. Ventajas y desventajas del sistema de labranza convencional.

Ventajas	Desventajas
Controla muy bien las malezas, menor costo de herbicidas.	Los suelos quedan desnudos, susceptibles al encostramiento y a la erosión hídrica y eólica
Permite el control de enfermedades e insectos al enterrar los rastrojos de los cultivos.	Requieren muchos equipos para las diferentes operaciones.
Facilita la incorporación de fertilizantes, cal, pesticidas y herbicidas presiembra.	Para ahorrar tiempo a menudo se utilizan tractores pesados y grandes que aumentan la compactación.
Facilita el aflojamiento del perfil, de capas compactadas y costras.	Mayor consumo de combustible, tarda más para sembrar y es menos flexible cuando la época de siembra está perjudicada por el clima.
Apto para la incorporación de pastos en sistemas de rotaciones de cultivos.	Al arar cada año a la misma profundidad se forma una zona compactada, llamada *piso de arado*. Esto es común cuando la superficie del suelo está seca pero el contenido de humedad a 20 cm (centímetros) de profundidad es aún alto.
Crea una superficie rugosa que mejora la infiltración de la lluvia con solamente una arada.	El alto número de labranzas para preparar la cama de siembra resulta en la pérdida de humedad. Aunque al comienzo de las labranzas el suelo tuviera un contenido de humedad apropiado para la germinación, al terminar la preparación de la cama de siembra podría estar demasiado seco para poder sembrar. Si esto pasa, hay que esperar otra lluvia antes de poder sembrar.

Labranza reducida

Se refiere a los sistemas de labranza donde hay menor frecuencia o menor intensidad de labranza, en comparación con el sistema convencional, donde los tipos de implementos y el número de

Figura 2. Siembra de maíz en labranza de cero.

pasadas también varía; la consecuencia es que en algunos sistemas quedan muy pocos rastrojos y en otros más de 30%; mediante estos sistemas se ven reducidas las desventajas en comparación al sistema anterior, como se observa en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Ventajas y desventajas de la labranza reducida.

Ventajas	Desventajas
No usa el arado vertedor ni de discos.	Queda una baja cobertura de rastrojos, aunque depende del ángulo de los discos y el número de pasadas.
Existe un ahorro en combustible y tiempo.	Dificulta el control mecánico de las malezas y la incorporación uniforme de los herbicidas en presiembra.
Aumenta la infiltración de la lluvia, especialmente en suelos susceptibles a la compactación y el endurecimiento.	Las condiciones físicas del suelo y las ondulaciones superficiales dificultan la siembra y por lo tanto la germinación.

Labranza cero

Es sinónimo de siembra directa y de no-labranza. Se refiere a la siembra dentro de los rastrojos del cultivo anterior sin ninguna labranza o disturbio del suelo (Figura 2, 3 y 4), salvo lo necesario para colocar la semilla a la profundidad deseada, para el control de las malezas se hacen con el uso de herbicidas principalmente, las ventajas y desventajas se describe en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Ventajas y desventajas del sistema de labranza cero.

Ventajas	Desventajas
Reduce los riesgos de erosión.	No es apta para suelos degradados o severamente erosionados.
Aumenta la tasa de infiltración de la lluvia y reduce la evaporación, por ello aumenta la retención de humedad en el suelo.	No es apta para suelos muy susceptibles a la compactación o para suelos endurecidos.
Aumenta el contenido de materia orgánica en el horizonte superficial, mejorando la estructura del suelo.	No es apta para suelos mal drenados, o arcillosos y masivos debido a las dificultades de crear buenas condiciones para la germinación.
Estimula la actividad biológica; la mayor actividad de la macrofauna resulta en mayor macroporosidad.	No son aptas para suelos recién desmontados, que todavía tienen ramas en la capa superficial debido a los riesgos de daños a la sembradora.
Reduce las temperaturas muy altas y las fluctuaciones de temperatura en la zona de la semilla.	Requiere un buen conocimiento sobre el control de malezas, porque no es posible corregir los errores por medio del control mecánico.
Reduce el consumo de combustible de 40 a 50 %.	Puede haber un incremento en la población de las malezas más difíciles controlar.
Reduce el tiempo y la mano de obra hasta un 50-60 %.	Hay que hacer modificaciones a la sembradora de siembra directa de modo que pueda colocar fertilizantes bajo tierra, donde es necesario instalar unidades adicionales de discos cortadores y discos abre-surcos.
Reduce el número de maquinaria, el tamaño de los tractores, y los costos de reparación y mantenimiento de la maquinaria.	No es apta para las rotaciones trigo-maíz ni trigo-sorgo, porque no es posible aplicar herbicidas presiembra incorporados contra las malezas gramíneas.
Es apta para suelos livianos y medianos, suelos bien drenados, suelos volcánicos, y para áreas subhúmedas y húmedas.	Este sistema requiere operadores más capacitados.

Retos y resultados

El cambio en el sistema de labranza tendrá que contemplar los siguientes aspectos: adaptabilidad, topografía, utilización de equipos de labranza diferentes a los tradicionales, el apoyo de

las instituciones oficiales; además de tener presente la calidad del suelo, ya que en suelos pedregosos y con drenaje deficiente no es recomendable el sistema de labranza cero.

Los sistemas de labranza de conservación son tecnologías de producción que presenta ventajas, y pueden mejorar significativamente la conservación y la fertilidad del suelo, la retención de agua de lluvia y reducir costos de producción.

Los resultados fueron obtenidos en el Centro de Validación y Transferencia de Tecnología Sinaloa (CVTTS) en el ciclo 2009-2010, donde con el riego por aspersión y labranza de conservación se obtuvo un ahorro en la lámina de agua de 34.5%, comparado con la técnica de riego por gravedad y labranza convencional que fue de 80 cm (centímetros).

Además, el rendimiento obtenido mediante la técnica de labranza de conservación en maíz fue para el primer caso 11.67 t/ha (toneladas por hectárea), en cambio para el riego por gravedad y labranza convencional fue 10.96 toneladas por hectárea.

Los resultados muestran que el uso de la tecnología de riego por aspersión y la labranza de conservación mejoran el aprovechamiento del agua para riego. Por otra parte, los costos de preparación del terreno para la siembra que se muestran en el Cuadro 4 muestran que los costos del sistema de labranza de conservación se reducen en un 1.27 respecto al sistema convencional, lo que implica una disminución importante en los costos de producción.

Cuadro 4. Costos de preparación de terreno del sistema labranza de conservación y labranza convencional (2011-2012).

Concepto	Labranza de conservación (pesos)	Labranza convencional (pesos)
Desvare	300	300
Aplicación del herbicida (glifosato) 2 litros por hectárea	1200	600
Aplicación de fertilizante con voladora	200	-
Subsuelo	-	700
Rastreo (350 pesos por hectáreas)	-	1000
Nivelación	-	400
Marca de surcos	-	400
Canalización	-	20
Descostre y aplicación de fertilizante	-	450

Conclusiones

1.La implementación de cualquier tipo de labranza debe definirse a través de un diagnóstico de las condiciones de topografía, textura, cultivo por sembrar, y la capacidad económica para la adquisición de nueva maquinara, o implementos agrícolas para adaptarla a la técnica de labranza.

2.La labranza de conservación permite disminuir los costos de preparación del terreno, el uso de combustible, la degradación en la productividad del suelo, y mejorar el aprovechamiento del agua de riego.

Bibliografía

FAO. 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Boletín de tierras y agua de la FAO 8. Roma. 220 p.

Guevara-Escobar, A., Barcenas-Huante, G., Salazar-Martínez, F.R., González-Sosa, E. y Suzán-Azpir, H. 2005. Alta densidad de siembra en la producción de maíz con irrigación por goteo subsuperficial. Agrociencias. 39:431-439.

Lazcano-Ferrat, I. 2004. Memoria de la Jornada de transferencia de tecnología del cultivo del maíz. Fundación Produce Sinaloa.

López-Martínez, J. D., Ávalos-Marines, A., Martínez-Rubín de Celis, E., Valdez-Cepeda, R. y Salazar-Sosa, E. 2006. Características físicas del suelo y rendimiento de maíz forrajero evaluadas con labranza y fertilización orgánica-inorgánica. Terra Latinoamericana. 24 (3): 417-422

López-Martínez, J. D., Martínez-Parada, P., Vázquez-Vázquez, C., Salazar-Sosa, E. y Zúñiga-Tarango, R. 2010 Sistemas de labranza y tipo de fertilización en la producción de maíz Forrajero. Producción Agrícola-AGROFAZ. 10(2):151-155.

Mendoza-Robles, J. L., Macías-Cervantes, J. 2002. Tecnología de producción del cultivo del maíz. Campo Experimental Valle del Fuerte. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Meza-Ponce, R. 2004. Labranza de conservación en el centro de Sinaloa. Centro de Validación y Transferencia de Tecnología de Sinaloa A. C. (CVTTS). Documento técnico para productores. Fundación Produce Sinaloa.

Validación de nueve fechas de siembra de maíz en dos localidades de Sinaloa

M.C. Jesús Pérez Márquez*

Introducción

En Sinaloa, en el ciclo agrícola 2010-2011 se sembraron 837 mil 50 hectáreas de maíz blanco, con un rendimiento promedio de 6.69 t/ha (toneladas por hectárea), presentándose rendimientos desde 5 a 9 t/ha; mientras que en el ciclo 2009-2010 se sembraron 532 mil 791 hectáreas con una media de rendimiento de 9.96 t/ha, presentándose rendimientos desde 8 a 11 t/ha, sembradas en los meses de noviembre y diciembre, principalmente.

La fecha de siembra es un factor determinante en el rendimiento de grano, ya que las diferentes temperaturas son un factor importante en el buen desarrollo del cultivo; si se siembra demasiado temprano (octubre), las plantas sufren temperaturas altas durante las primeras etapas, lo que ocasiona retrasos en el crecimiento y desarrollo; si la siembra es muy tardía, las plantas estarán expuestas a altas temperaturas diurnas y nocturnas en la etapa de llenado de grano, que aumenta sus tasas respiratorias y reduce su rendimiento de grano.

El propósito de este proyecto es encontrar la fecha de siembra donde se obtengan los mejores rendimientos de grano con la menor incidencia de plagas y enfermedades; y conocer el comportamiento de los híbridos de maíz blanco P3254W y Garañon, y el híbrido de maíz amarillo TG 8535, en las diferentes fechas de siembra.

Materiales y métodos

El estudio se realizó durante el ciclo otoño invierno 2011-2012, en terrenos del Campo Experimental Valle de Culiacán y Valle del

* Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Centro de Investigación Regional Noroeste (CIRNO)- Campo Experimental Valle de Culiacán (CEVACU).

Colaboradores: Jaime Macías Cervantes, José Guadalupe Quintana Quiroz, Edgardo Cortez Mondaca, Ernesto Sifuentes Ibarra, INIFAP-CIRNO-Campo Experimental Valle del Fuerte (CEVAF). Daniel González González, Sixto Velarde Félix, INIFAP-CIRNO- CEVACU. Alberto Borbón Gracia, INIFAP-CIRNO-Campo Experimental Norman E. Bourlaug.

Fuerte, INIFAP. Se validaron nueve fechas de siembra (10 de octubre, 1 y 20 de noviembre, 10 y 30 de diciembre, 20 de enero, 10 y 28 de febrero, y 20 de marzo).

En cada localidad se utilizaron dos híbridos de endospermo[1] blanco Garañón y P-3254, y un híbrido de endospermo amarillo TG 8535. Se utilizó un arreglo en franjas.

La parcela experimental constó de ocho surcos separado a 80 cm (centímetros) por 50 metros de longitud [320 m^2 (metros cuadrados)] para cada fecha de siembra y como parcela útil se cosecharon cinco muestras de dos surcos de 5 metros de largo (8 m^2). La densidad de plantas utilizadas fue de ocho plantas por metro lineal, se fertilizó con la fórmula 300-50-00 aplicada en dos oportunidades: la mitad del nitrógeno (N) y todo el P_2O_5 (pentóxido de fósforo) a la siembra, y el resto del nitrógeno antes del primer riego de auxilio.

La siembra se realizó en seco y posteriormente se aplicó el riego de nacencia, al cultivo se le aplicaron cuatro riegos de auxilio en las etapas fenológicas de V9, V13, floración y grano acuoso-lechoso.

La maleza se controló con el herbicida Acetocloro, aplicado en preemergencia [2 L/ha (litros por hectárea)], las plagas del follaje (gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith; gusano soldado *Spodoptera* exigua; y trips, *Frankliniella* spp.), se controlaron con tres aplicaciones del insecticida Clorpirifos 1 L/ha.

Se midieron las siguientes variables: rendimiento de grano a 14% de humedad [kg/ha (kilogramos por hectárea)]; días a floración masculina (desde la siembra hasta que las espigas de 50% de las plantas de la parcela estuvieron liberando polen); días a floración femenina (cuando 50% de plantas tenían estigmas expuestos mayores que 5 cm); altura de planta y mazorca (cm); porcentaje de acame de raíz y tallo; calificación del ataque de roya (*Puccinia sorghi*), donde 1= follaje totalmente dañado y 9= sin daño, el cual se analizó estadísticamente.

Resultados

En el Campo Experimental Valle de Culiacán (CEVACU), la mejor fecha de siembra fue la del 10 de diciembre con un rendimiento promedio de 14 mil 683 kg/ha, seguido de las fechas del 20 de noviembre y 30 de diciembre (Cuadro 1).

El híbrido que más rendimiento obtuvo fue Garañón con 12 mil 663 kg/ha, promediando las nueve fechas de siembra, bajo

1 Endosperma: capa más íntima de la semilla, en contacto directo con el embrión, al que tiene la misión de nutrir.

las condiciones ambientales que se presentaron durante el ciclo de desarrollo del cultivo (Figura 2).

Cuadro 1. Rendimiento de grano (kg/ha) de tres híbridos de maíz (Garañón, P-3254 y TECHAG 8535) validados en nueve fechas de siembra en el CEVACU. Ciclo otoño-invierno 2011-2012.

Fecha de siembra	Híbridos de maíz			
	TECHAG 8535	Garañón	P-3254	Media
10 de octubre de 2011	10 567	12 281	11 875	11 574
1 de noviembre de 2011	12 550	14 318	12 316	13 061
20 de noviembre de 2011	12 634	14 921	14 597	14 051
10 de diciembre de 2011	14 977	14 622	14 449	14 683
30 de diciembre de 2011	13 324	13 610	13 550	13 495
20 de enero de 2012	10 150	10 991	11 016	10 719
10 de febrero de 2012	9234	7900	8025	8386
28 10 de febrero de 2012	5730	5212	3862	4935
Media	**11 919**	**12 663**	**12 261**	

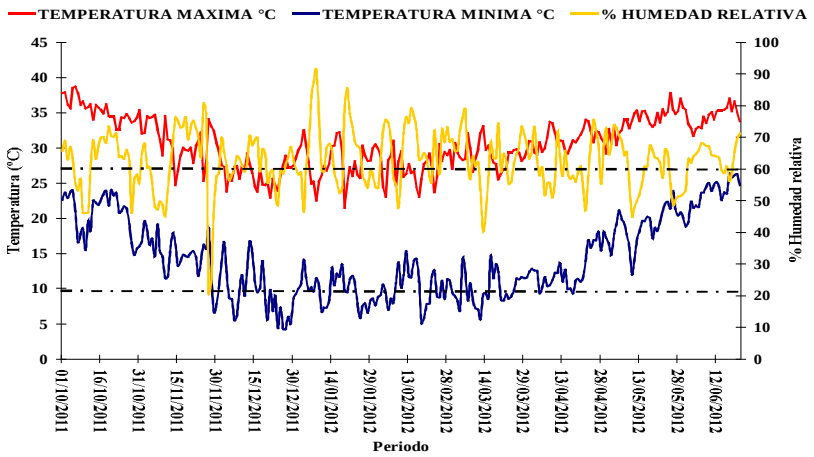


Figura 1. Temperaturas máximas y mínimas y humedad relativa que se presentaron durante el desarrollo del cultivo en el valle de Culiacán. Ciclo otoño-invierno 2011-2012.

En el Campo Experimental Valle del Fuerte (CEVAF), los mejores rendimientos se obtienen en fechas del 1 de noviembre, con un rendimiento de 11 mil 84 kg/ha; seguido de las fechas 10 de octubre y 20 de noviembre (Cuadro 2), mientras que el híbrido que mas rendimiento obtuvo promediando las nueve fechas de siembra fue el P-3254 con 6 mil 743 kg/ha, bajo las condiciones ambientales que se presentaron durante el ciclo de desarrollo del cultivo (Figura 2).

Cuadro 2. Rendimiento de grano (kg/ha) de tres híbridos de maíz (Garañón, P-3254 y TECHAG 8535) validados en nueve fechas de siembra en el CEVAF. Ciclo otoño-invierno 2011-2012.

Fecha de siembra	Híbridos de maíz			
	Garañón	P-3254	TECHAG 8535	Media
10 de octubre de 2011	9331	11 429	9187	9982
1 de noviembre de 2011	10 319	11 970	10 963	11 084
20 de noviembre de 2011	7831	7956	9856	8548
10 de diciembre de 2011	7663	7725	6619	7335
30 de diciembre de 2011	4300	5431	4850	4860
20 de enero de 2012	5106	4734	2470	4103
10 de febrero de 2012	5106	4588	3813	4502
28 10 de febrero de 2012	3190	4638	3681	3836
20 de marzo de 2012	2399	2213	313	1641
Media	**6138**	**6743**	**5750**	

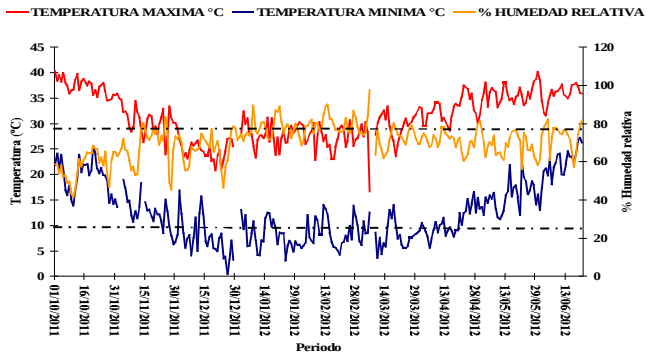


Figura 2. Temperaturas máximas y mínimas y humedad relativa que se presentaron durante el desarrollo del cultivo en el Valle del

Fuerte. Ciclo otoño-invierno 2011-2012.

La media de las dos localidades, indican que en fechas del 1 y 20 de noviembre, y 10 de diciembre se pueden obtener rendimientos de 12 mil kg/ha (Cuadro 3), por lo que se pudiera sembrar maíz en estas fechas siempre y cuando se le de un buen manejo del cultivo y que las condiciones ambientales sean favorables para el buen desarrollo del mismo.

Cuadro 3. Rendimiento de grano (kg/ha) de tres híbridos de maíz (Garañón, P-3254 y TECHAG 8535) validados en nueve fechas de siembra en los CEVACU y CEVAF. Ciclo otoño-invierno 2011-2012.

Fecha de siembra	Variedades	Localidad		Media
		Norte (kg/ha)	Centro (kg/ha)	
10 de octubre	Garañón	9331	12 281	10 806
	P-3254	11 429	11837 def	11 633
	TECHAG 8535	9186	10 567	9877
1 de noviembre	Garañón	10 319	14 318	12 319
	P-3254	11 970	12 316	12 143
	TECHAG 8535	10 963	12 550	11 756
20 de noviembre	Garañón	7831	14 921	11376
	P-3254	7956	14 597	11 277
	TECHAG 8535	9856	12 634	11 245
10 de diciembre	Garañón	7662	14 622	11 142
	P-3254	7725	14 449	11 087
	TECHAG 8535	6619	14 977	10 798
30 de diciembre	Garañón	4300	13 610	8955
	P-3254	5431	13 550	9491
	TECHAG 8535	4850	13 324	9087
20 de enero	Garañón	5106	10 991	8049
	P-3254	4734	11 016	7875
	TECHAG 8535	2470	10 150	6310

10 de enero	Garañón	5106	7900	6503
	P-3254	4587	8025	6306
	TECHAG 8535	3812	9234	6523
Fecha de siembra	**Variedades**	**Localidad**		**Media**
		Norte (kg/ha)	**Centro (kg/ha)**	
28 de febrero	Garañón	3190	5212	4201
	P-3254	4638	3862	4250
	TECHAG 8535	3681	5730	4706
20 de marzo	Garañón	2399	-	2399
	P-3254	2213	-	2213
	TECHAG 8535	313	-	313
	Media	6210	11 361	

En el Cuadro 4, se presentan las características agronómicas de los híbridos de maíz (Garañón, P-3254 y TECHAG 8535) que se tomaron durante el desarrollo del cultivo bajo las condiciones de clima y suelo de Sinaloa.

Las fechas que presentaron la menor presencia de plagas fueron la tercera y cuarta fecha de siembra, 20 de noviembre y 10 de diciembre, respectivamente; y las fechas que presentaron la mayor cantidad de insectos plaga fueron la primera y la última fecha de siembra, 10 de octubre y 28 de febrero, respectivamente (Figuras 3 y 4).

Cuadro 4. Características agronómicas de tres híbridos de maíz (Garañón, P-3254 y TECHAG 8535) en nueve fechas de siembra en los CEVACU y CEVAF. Ciclo otoño-invierno 2011-2012.

Fecha de Siembra	Híbrido	Kilogramos por hectárea de grano 14% de humedad	Días a floración		Altura en cm		Acame (%)		Calif. Roya
			Masculino	Femenino	Planta	Mazorca	Raíz	Tallo	
10 de octubre	Garañón	10 806	94	98	235	128	0.00	0.00	9
	P-3254	11 633	90	88	255	125	0.00	0.00	9
	TECHAG 8535	9877	87	86	217	93	0.00	0.00	8
1 de noviembre	Garañón	12 319	94	98	275	154	0.62	0.00	9
	P-3254	12 143	90	88	293	149	0.00	2.19	8
	TECHAG 8535	11 756	87	86	246	133	0.62	4.97	7
20 de noviembre	Garañón	11 376	94	97	271	150	0.00	0.00	9
	P-3254	11277	90	89	281	145	0.31	0.00	8
	TECHAG 8535	11 245	86	85	238	118	0.61	1.52	7
10 de diciembre	Garañón	11 142	98	97	284	165	0.30	0.30	9
	P-3254	11 087	99	99	290	159	0.00	4.26	8
	TECHAG 8535	10 798	86	88	273	139	0.00	4.57	7

Fecha de Siembra	Híbrido	Kilogramos por hectárea de grano 14% de humedad	Días a floración		Altura en cm		Acame (%)		Calif. Roya
			Masculino	Femenino	Planta	Mazorca	Raíz	Tallo	
30 de diciembre	Garañón	8955	91	92	298	176	0.00	2.12	8
	P-3254	9491	88	88	321	179	0.00	7.03	7
	TECHAG 8535	9087	85	84	273	153	0.00	8.48	7
20 de enero	Garañón	8049	96	97	279	144	0.00	98.80	8
	P-3254	7875	95	96	300	161	0.00	52.30	7
	TECHAG 8535	6310	93	94	256	132	0.00	98.80	7
10 de febrero	Garañón	6503	84	84	310	176	0.00	100.00	8
	P-3254	6306	84	84	281	166	0.00	99.70	7
	TECHAG 8535	6523	77	77	258	147	0.00	100.00	7
28 de febrero	Garañón	4201	78	78	269	151	0.00	100.00	8
	P-3254	4250	77	77	259	134	0.00	100.00	7
	TECHAG 8535	4706	72	72	250	133	0.00	100.00	7
20 de marzo	Garañón	2399	78	78	269	151	0.00	100.00	8
	P-3255	2213	77	77	259	134	0.00	100.00	7
	TECHAG 8536	313	72	72	250	133	0.00	100.00	7

Calificación de roya: 1= follaje totalmente dañado; 9= sin daño.

Figura 3. Presencia de insectos plagas en diferentes fecha de siembra de maíz en el valle de Culiacán. Ciclo otoño-invierno 2011-2012.

Figura 4. Presencia de insectos plagas en diferentes fecha de siembra de maíz en el Valle del Fuerte. Ciclo otoño-invierno 2011-2012.

Conclusiones

Para el ciclo de otoño-invierno 2011-2012 la mejor fecha de siembra para rendimiento de grano en ambas localidades fue el 1 de noviembre.

Los híbridos de grano blanco Garañón y P-3254, en promedio de las nueve fechas de siembra, presentan el mayor rendimiento; y TECHAG 8535 de grano amarillo el rendimiento más bajo.

Bibliografía

Benacchio, S.S. 1982. Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el trópico americano. FONAIAP-Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay, Venezuela. 202 p.

DDR-SAGARPA, Sinaloa. 2011.

Ojeda B. W., E. I. Sifuentes, H. W. Unland. 2006. Programación integral del riego en maíz en el norte de Sinaloa, México. Agrociencia 40:13-25.

Ramírez D. J. L., J. J. Wong, J. A. Ruiz y M. B. Bonaparte 2010. Cambio de fecha de siembra del maíz en Culiacán, Sinaloa, México. Revista Fitotecnia Mexicana, Vol. 33, Núm. 1, 2010, pp. 61-68 Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. México D.F.

Manejo y control de plagas en maíz

Dr. Roberto Gastélum Luque*
Dr. Miguel López Meza*
Dr. Tirzo P. Godoy Angulo*

Introducción

El maíz para grano es considerado como uno de los alimentos más importantes en México, cuya superficie cosechada durante 2011 fue de 6 millones 69 mil 91 hectáreas, con una producción de 17 millones 635 mil 417 toneladas.

De esta superficie, en Sinaloa se cosecharon solamente 387 mil 623 hectáreas, ya que por las heladas se siniestraron 413 mil 105 hectáreas, con una producción 2 millones 889 mil 802 toneladas, y un rendimiento promedio de 7.46 t/ha (tonelada por hectárea).

En esta región, y en la mayoría de los estados productores de maíz del país, este cultivo es atacado por una diversidad de insectos plaga, mismos que afectan su potencial productivo.

* Cuerpo académico de Fitoprotección de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS).

Debido a este sustancial aumento de la superficie cultivada con maíz en los últimos años en Sinaloa, el número de especies de insectos que impactan la producción se ha incrementado considerablemente: cinco especies fueron reportadas en 1982 por el Campo Experimental Valle de Culiacán (CEVACU); actualmente se tienen más de 12 especies, entre las que destacan por su abundancia y por los daños que causan, el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), trips negro (*Caliothrips phaseoli*) y del cogollo (*Frankliniella* spp.), pulgón del *cogollo (Rhopalosiphum maidis*) y de la espiga (*Macrosiphum avene*), gallina ciega *(Cyclocephala sinaloae* y *Phyllophaga* sp.), gusanos trozadores (*Agrotis ipsilon, Feltia subterranea* y *Peridroma saucia*), diversas especies de chinches, la mosca del estigma (*Euxesta stigmatia*), y los ácaros del género *Oligonychus* y *Paratetranychus.*

El control de la mayoría de estas plagas cuando atacan al cultivo de maíz, ha dependido del uso de insecticidas sintéticos de acción amplia que matan rápidamente; estos productos contribuyen a mantener las poblaciones de las plagas a niveles tolerables durante cierto tiempo, y su uso intensivo ha ocasionado varios problemas, entre los que destacan: resistencia de los insectos a los insecticidas; y destrucción de la fauna benéfica y de otros organismos que, ante la ausencia de sus reguladores, pasan de plagas potenciales a plagas perennes o claves, como actualmente está ocurriendo con la mosca del estigma y algunas especies de chinches y ácaros.

Otros efectos indeseables causados por el uso intensivo de insecticidas, son la contaminación del suelo y mantos freáticos[1], daños en animales y en el hombre.

En los últimos años se ha observado una reducción en la eficacia de ciertos productos que se aplican contra plagas que atacan maíz, lo que ha provocados que se aumenten las dosis y se hagan mezclas de insecticidas, incrementando considerablemente los problemas antes mencionados y los costos de producción.

Una de las alternativas para disminuir los daños y las pérdidas causadas por estas plagas, y para reducir los efectos indeseables causados por los plaguicidas y los costos de producción, es el establecimiento de un programa de manejo integrado de plagas (MIP).

1 Freático: dicho del agua que está acumulada en el subsuelo y puede aprovecharse por medio de pozos. Se dice de la capa del subsuelo que contiene estas aguas.

Principales plagas del maíz en Sinaloa

Gallina ciega

Los adultos son escarabajos grandes, de color café claro a oscuro, de 1.5 a 2.0 cm (centímetros) de longitud, según la especie.

Aparecen a finales de mayo y principios de junio, durante la noche revolotean cerca de las lámparas eléctricas y anuncios luminosos. En el día permanecen escondidos en el suelo, donde la hembra deposita sus huevos en áreas cubiertas con vegetación, a una profundidad que varía de 5 a 25 cm.

Los huevos son de forma más o menos esférica, color blanco aperlado; eclosionan (abren) después de dos a tres semanas, dependiendo de la especie.

Las larvas o gusanos son de color blanco lechoso, con la cabeza café, completamente desarrolladas miden hasta 5 cm de longitud; tienen cuerpo encorvado, tres pares de patas largas y delgadas; el aparato bucal está provisto de mandíbulas bien desarrolladas.

Los daños son causados por las larvas que se alimentan de las raíces del cultivo de maíz; las plantas retrasan su crecimiento y muestran amarillamiento, seguido de marchitez, debido a la destrucción parcial o total de la raíces. En plantas chicas, cuando el ataque es fuerte pueden morir. Si las plantas más desarrolladas son atacadas se caen, porque faltan raíces.

No todas las especies de larvas causan daños fuertes en las raíces de los cultivos. En trabajos realizados durante 2010 en el valle del Carrizo, Sinaloa, se encontró que las larvas de *Cyclocephala sinaloae* consumieron materia orgánica (soca) y raíces de plantas de maíz; es posible que el daño a las raíces causado por esta especie, ocurrió por la pérdida de materia orgánica de los suelos agrícolas bastante explotados y por la quema de socas del cultivo anterior que año con año se realiza en dicha región, así como el uso inapropiado de la labranza, situación que prevalece en la mayoría de las zonas productoras de maíz en Sinaloa.

Gusano trozador

El adulto del gusano trozador negro *Agrotis ipsilon* es una palomilla que mide aproximadamente 2.5 cm de largo y de 3 a 5 cm con las alas extendidas; es de color café grisáceo con manchas de color claro.

El huevo es de color blanco cuando está recién puesto y después cambia a color obscuro.

La larva cuando está pequeña es de color café grisáceo, y cuando crece cambia a negro brillante y mide de 3 a 5 cm de longitud, según

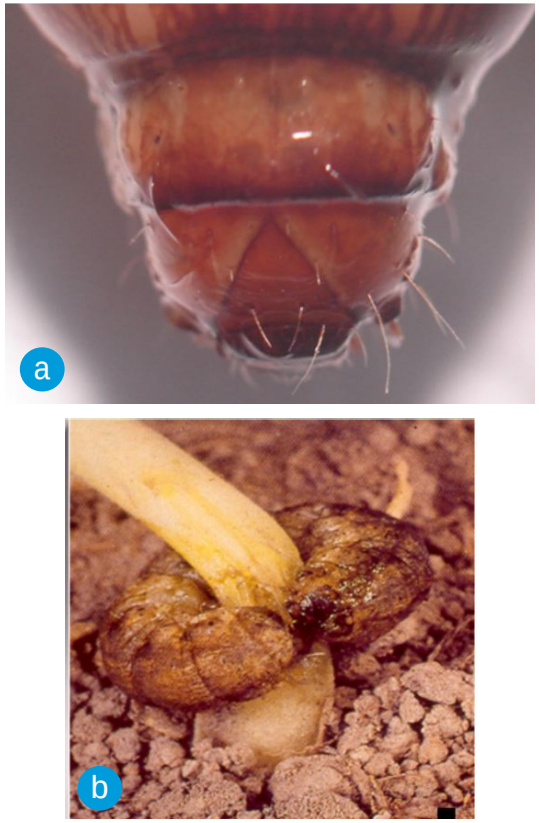


Figura 1. Cabeza de un gusano trozador mostrando la "V" invertida en la frente (a) y larva trozando un tallo (b).

Figura 2. Cabeza de un gusano cogollero mostrando la "Y" invertida en la frente (izquierda), tallo perforado por una larva (centro) y plántula de maíz con el cogollo marchito (derecha) a causa del daño en el tallo.

la especie; se puede reconocer fácilmente porque en la cabeza tiene una "V" invertida en la frente (Figura 1). La pupa es de color café brillante y mide de 2 a 3 cm.

Las larvas se alimentan durante la noche trozando completamente el tallo al nivel del suelo (Figura 1), o un poco más arriba de las plántulas de maíz que tienen menos de ocho días de nacidas, este daño llega a ser importante al hacer necesaria la resiembra de los focos infestados.

Gusano cogollero

El adulto del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda)* es un palomilla que mide 3.5 cm con las alas extendidas, es de color café grisáceo con un mancha clara en las alas.

Las hembras depositan aproximadamente 1000 huevos durante su vida; la postura de huevos se realiza por la parte de abajo de las hojas, en grupos de 100 a 150 huevos.

Los huevos son redondos, de color verde pálido al principio, y café claro cuando las larvas están próximas a salir, están cubiertos por hilos de seda. Las larvas tardan entre tres y cinco días para salir del huevo.

Las larvas recién nacidas son de color verde amarillento, con la cabeza oscura y brillante; cuando están más grandes son de color café y presentan tres franjas de color claro en la parte superior y cuatro puntos en forma de cuadro en el octavo segmento abdominal; la cabeza es café y tiene en la frente una "Y" invertida (Figura 2). Cuando están pequeñas viven en grupos y se alimentan raspando una reducida área foliar; a los pocos días se mueven hacia las plantas que están a un lado, estableciéndose en el cogollo; cuando están más grandes se comen entre ellas, pueden llegar a medir de 3 a 4 cm de longitud.

La pupa es café claro al principio y después cambia a color obscuro, mide 2 cm aproximadamente, se encuentra en el suelo, en verano los adultos salen de la pupa en siete días.

Durante los últimos años en los que se ha incrementado la superficie de maíz en Sinaloa, se ha observado que esta plaga —que se caracteriza por atacar el cogollo, tallos grandes y frutos (elotes) del maíz— también causa daños de consideración como trozador y/o barrenador en la unión del tallo con las raíces de las plántulas de maíz (Figura 2); causando la muerte de las plantas en el primer caso, y de los cogollos en el segundo (Figura 2), sobre todo en terrenos que tienen plántulas de maíz voluntario y zacate Johnson antes de la siembra.

En el valle de Culiacán, este problema se pudo observar en 1992: los daños en plántulas rebasaron 40%, obligando a los productores a sembrar de nuevo. Hasta el momento la mayoría de los productores y técnicos confunden a este insecto con gusanos trozadores, provocando con ello fallas en su control.

En el follaje, las larvas se alimentan activamente mordiendo las hojas más tiernas (cogollo) del maíz, las cuales posteriormente mostrarán grandes perforaciones; el ataque más severo lo sufren las plantas pequeñas, que a veces son afectadas en su totalidad, causándoles la muerte o el retraso en su crecimiento, lo que provoca que la producción de grano disminuya considerablemente.

Cuando las infestaciones son muy fuertes y el cultivo está más desarrollado, el insecto puede atacar el fruto (elote) y barrenar el tallo; si esto ocurre durante la floración y fructificación, las larvas más desarrolladas se dirigen al jilote (mazorca de maíz cuando sus granos no han cuajado aún), al cual penetran por la punta, ocasionando la destrucción de los estigmas, provocando fallas en la fecundación, y con ello baja o nula formación de granos.

Pulgón del cogollo

El pulgón del cogollo (*Rhopalosiphum maidis*) es de mayor importancia en el cultivo del trigo, aunque también se ha encontrado atacando a otras gramíneas como son maíz, sorgo, cebada, centeno, etcétera.

Los adultos miden aproximadamente 3 mm (milímetros) de longitud y son de color verde azuloso, con las patas y antenas de color negro. Este insecto se localiza en colonias en el interior del cogollo, produce bastante mielecilla donde se desarrolla un polvillo negro.

El insecto pica el cogollo tierno y chupa la savia; en infestaciones fuertes a plantas chicas, estas muestran manchas amarillentas y rojizas, las cuales posteriormente cambian a color café y mueren. En plantas grandes, al espigar el maíz los pulgones se dirigen hacia la espiga donde se alimentan y producen mielecilla, en este caso se presentan problemas muy serios en la polinización, cuando las infestaciones de la plaga son altas durante la floración.

Pulgón de la espiga

El pulgón de la espiga *(Macrosiphum avenae)* es un poco más grande que el pulgón del cogollo, es de color verde claro, las puntas de los fémures y tibias son oscuras; los cornículos (pequeños apéndices erectos de posición dorsal que apuntan hacia atrás o hacia arriba) son largos, delgados, divergentes y de color negro.

El daño directo es ocasionado al chupar el contenido de las hojas y espigas. El indirecto es provocado por la secreción de mielecilla que favorece el establecimiento de un polvillo negro en el follaje y en las espigas cuando el cultivo empieza a florecer, en este último caso se presentan problemas muy serios en la polinización cuando las infestaciones de la plaga son altas.

Trips negro

El trips negro (*Caliothrips phaseoli*) es una plaga importante en maíz y otros cultivos como soya, frijol, algodón; en maíz y sorgo los daños más severos ocurren en el estado de plántula.

El adulto es negro, de cuerpo alargado, mide aproximadamente 1 mm de longitud. Las alas anteriores y las posteriores son angostas y poseen muchos pelos finos en el borde, con los cuales se ayudan durante el vuelo.

El huevo es muy pequeño, de color blanco y en forma de riñón; es insertado en las hojas inferiores.

Las ninfas son blancas y cristalinas, pasan por cuatro instares, los dos primeros son activos y carecen totalmente de alas, mientras que el tercero y cuarto poseen alas parcialmente desarrolladas y permanecen inactivas en el suelo.

Los daños son causados por las ninfas de primero y segundo instar y por los adultos, al alimentarse en el envés de las hojas, succionando la savia que brota de las heridas causadas. Las lesiones al principio son de color blanco y al aumentar en número adquieren un aspecto cenizo, posteriormente cambian a color café.

El ataque de este insecto empieza en las hojas inferiores de la planta, donde se pueden observan cientos de adultos y ninfas de primero y segundo instar, y avanza hacia arriba conforme aumenta la infestación; los daños más fuertes ocurren desde la emergencia de las plantas hasta que estas alcanzan una altura de 30 cm.

Mosca pinta o del elote en maíz

La mosca pinta del maíz (*Euxesta stigmatias*) es de color oscuro o verde metálico, ojos café rojizo; las alas tienen tres bandas horizontales completas y una cuarta incompleta, de color oscuro (Figura 3). Los machos miden 3.8 mm de longitud mientras que las hembras miden 4.2 mm.

Los huevos son delgados, miden aproximadamente 0.85 mm de longitud y 0.16 mm de ancho, de color blanco y forma cilíndrica, redondeados en los extremos. Tienen forma de pequeños granos

de arroz.

Las larvas son de color blanco a amarillo pálido, sin patas, angostas, completamente desarrolladas miden 5.4 mm de longitud, tiene ganchos negros en el aparato bucal.

La pupa es de color café claro, se oscurece conforme transcurre el tiempo.

Esta plaga daña los elotes de diferentes maneras: se alimenta de los estigmas; obstruye el flujo de polen, disminuyendo la densidad de grano por elote; favorece la introducción de hongos y bacterias causantes de pudriciones (Figura 3).

El adulto es bastante activo, vuela de planta en planta moviendo rápidamente sus alas en respuesta a la presencia de otros insectos; se alimenta de polen, néctar, savia de plantas y exudados glandulares, también bebe gotas de lluvia y roció.

Se encuentra mayormente en las primeras horas del día o al atardecer, el apareamiento se produce principalmente a estas horas. En cultivos donde el elote está tierno, estas moscas rápidamente reingresan aunque ya hayan sido tratados; por esta razón, los daños dentro y en las orillas de los campos pueden ser muy extensos.

En Sinaloa los daños y las pérdidas en la producción son más intensos en las siembras tardías de otoño y en las de primavera, cuando se encuentran en espigamiento y jilote[3] en los meses de abril y mayo.

Ácaro del maíz

Hasta el momento se desconoce con precisión las especies de ácaros que atacan al cultivo de maíz en Sinaloa, a pesar de que en los últimos años esta plaga ha causado daños de consideración en la mayoría de las zonas productoras de esta gramínea, destacando dentro de ellas el valle del Évora.

El ácaro rojo de dos manchas (*Tetranychus urticae*) y el ácaro del pasto (*Olygonychus pratensis*) que atacan maíz en México, son algo similares en su apariencia pero difieren en la cantidad de daño que causan.

La identificación adecuada de estos ácaros es importante, ya que *T. urticae* es más difícil de controlar.

La característica más útil para diferenciar estas dos especies es el patrón de coloración; generalmente las hembras más viejas de *T. urticae* tienen una mancha bien definida en cada lado del cuerpo, terminando abruptamente justo más allá de la mitad de la longitud del cuerpo; este ácaro mide alrededor de 0.4 mm de largo,

la hembra es de cuerpo ovalado, amarilla a verde oscuro, el macho es más pequeño y tiene un abdomen más punteado.

Las hembras de *O. pratensis* tienen una coloración blanquesina-verde extendiéndose en la totalidad de la longitud del cuerpo-

Los huevos son de color blanco, translúcidos, redondos y muy pequeños; son depositados uno tras otro en el envés (debajo) de las hojas, cerca de la nervadura central. Para su eclosión requieren de tres a cinco días.

Las larvas al principio son blanquecinas y a medida que se alimentan adquieren un color cremoso, presenta tres pares de patas y son muy pequeñas; duran de uno a seis días. Los sexos se pueden distinguir en que los machos son un poco más pequeños que las hembras y tiene el cuerpo en forma cónica.

En las plantas de maíz los primeros síntomas se manifiestan como pequeñas zonas cloróticas[2] en las hojas inferiores, comúnmente cerca de la nervadura central. Este daño resulta de las heridas causadas en las hojas cuando los ácaros introducen sus partes bucales y succionan la savia, al mismo tiempo que inyectan algunas toxinas.

Cuando se presentan los primeros síntomas de ataque las poblaciones de ácaros ya están bien establecidas; la infestación avanza de las hojas inferiores a las superiores y a medida que la densidad aumenta los ácaros cubren todo el envés de las hojas.

La evidencia de la alimentación de los ácaros, la cual es visible sobre la superficie superior de la hoja, son áreas amarillentas y punteadas donde estos se están alimentando sobre la superficie foliar inferior.

Las hojas fuertemente infestadas se tornan pálidas y posteriormente presentan manchas rojizas por el haz, al coalecer (unirse) se secan completamente.

Consideraciones para la implementación del manejo integrado de plagas en maíz

Para la mayoría de los productores y asesores fitosanitarios no es fácil abandonar más de medio siglo de compromiso con las prácticas de control químico de plagas y cambiarlas por algo tan complejo como el manejo integrado.

Es evidente que debe haber un periodo de transición (probablemente se extienda de cinco a 25 años o más) donde se apliquen los nuevos criterios profesionales, educativos y de

2 Clorosis: amarilleo de las partes verdes de una planta debido a la falta de actividad de sus cloroplastos.

extensión, se preparen las nuevas herramientas y calculen las nuevas relaciones entre ganancia y costo.

Sin embargo, debido a la percepción de la crisis de los principales programas de control de plagas y la actual preocupación sobre la calidad del ambiente y la inocuidad alimenticia, el manejo adecuado de plagas debe iniciar lo más pronto posible.

Para el manejo de las plagas que atacan el cultivo de maíz se deben seleccionar, integrar e implementar tácticas compatibles para bajar las poblaciones a niveles que no causen pérdidas en una región, tomando como base las consecuencias ecológicas, económicas y sociales, lo cual se conoce en la actualidad como manejo integrado de plagas o manejo ecológico de plagas.

El MIP emplea insecticidas solamente después de un muestreo sistemático de las poblaciones de plagas y cuando los factores naturales indican su necesidad; además, evalúa la interacción potencial de varias tácticas de control, tales como prácticas culturales, control biológico, aspectos legales y las características del cultivo a ser protegido.

El muestreo y el umbral económico como herramientas del manejo integrado de plagas en maíz

El muestreo se hace para conocer si un insecto está presente, y para determinar su abundancia y distribución en el tiempo y espacio; también sirve para saber si la medida de control ejercida fue efectiva.

Los datos generados por los muestreos periódicos de los insectos se deben graficar para dar seguimiento a la evolución de la población, lo cual se conoce como monitoreo

Métodos de muestreo de insectos en maíz

Muestreo con trampas

Para el muestreo de adultos de gusanos cogollero y elotero en el cultivo se pueden utilizar trampas con feromonas sexuales, o atrayentes de tipo alimenticio, con el fin de conocer el momento en que aparezcan los primeros adultos responsables de colocar los primeros huevos, de donde emergerán las pequeñas larvas.

El diseño de las trampas es muy variado y depende de la especie a monitorear. Con feromonas sexuales se utilizan trampas tipo ala (con pegamento) y garrafas de un galón con melaza o jabón. La feromona sexual se comercializa en presentación de cebos, y el nombre asignado al mismo depende de la especie de insecto a

muestrear; por ejemplo, si es para gusano cogollero se comercializa como FAW, que son las iniciales de los nombres en inglés de los insectos.

En otros casos se utilizan trampas de color amarillo con pegamento, que sirven para monitorear los adultos de parasitoides y depredadores presentes en el cultivo de maíz.

Inspección directa

Este método de muestreo se utiliza bastante para insectos que están fijos o que tienen poco movimiento. Consiste en revisar minuciosamente una unidad de muestreo, que puede ser una planta completa o cierta parte de esta (tallo, hojas, cogollo, frutos, etc.). La inspección directa es el método más empleado de muestreo de insectos que atacan maíz.

Los huevos del gusano cogollero y elotero se muestrean en hojas y estigmas, respectivamente.

Los adultos, huevos y larvas de mosca del estigma se muestrean en el jilote.

Las larvas del gusano cogollero se buscan en el cogollo, espigas y frutos de las plantas.

Las ninfas y adultos del trips negro, chinche de encaje y del ácaro del maíz se encuentran, preferentemente, en el envés de las hojas inferiores y medias.

Los pulgones se muestrean en el cogollo y espiga.

Las larvas de gallina ciega, gusanos trozadores y cogollero como trozador y barrenador de tallos se buscan en el suelo, al igual que las larvas de gallina ciega y diabróticas, y gusano de alambre; en estos últimos tres casos se hace una excavación en el suelo de 30 x 30 x 30 centímetros.

En otros casos, el muestreo se enfoca al daño inducido por el insecto y la estimación es con base número plantas dañadas en el cogollo y/o en los frutos, tal y como sucede con los gusanos cogollero, elotero o larvas de la mosca del estigma; en estos casos los daños se expresan en porcentajes.

Cuando los insectos están ocultos o se dificulta su muestreo, una determinación oportuna de su presencia puede hacerse observando productos de su alimentación o desechos (el excremento fresco en el cogollo de las plantas de maíz es una evidencia de la presencia del gusano cogollero en este cultivo).

Los muestreos deben iniciar después de la emergencia del cultivo para detectar oportunamente los primeros brotes de las plagas y

así tomar medidas adecuadas de control; estos se deben hacer en cinco de oros (tomar cinco muestras: una por esquina y otra más en el centro de la parcela), revisando cierta cantidad de plantas, según la plaga y el nivel de infestación, por sitio de muestreo. La frecuencia de los muestreos debe ser semanal y si es posible dos veces por semana.

Umbral económico

El umbral económico, también conocido como umbral de acción, se define como la densidad a la cual se deben iniciar las medidas de control para prevenir un incremento en la población de la plaga, impidiendo así que llegue al nivel de daño económico.

Para determinar el umbral económico se deben considerar dos criterios:

a)La pérdida de dinero asociada con el número específico de insectos en un área determinada (hectárea, metro de surco, planta, etc.).

b)El costo del control (insecticidas y aplicaciones) en esa área determinada.

Es necesario hacer correcciones en los umbrales básicos que se establecen, debido a los cambios constantes en los costos de los agroquímicos y en el valor de las cosechas. El umbral económico debe ser evaluado en términos de condiciones climáticas locales: época del año, estado fenológico[3] y tipo de cultivo, la variedad, prácticas culturales, el propósito del cultivo y las variables económicas; también está determinado por el estado de desarrollo de la plaga.

En el Cuadro 1 se indican los umbrales económicos sugeridos por los investigadores del INIFAP en Sinaloa para algunas de las plagas que atacan el cultivo de maíz; aun cuando estos umbrales no estén actualizados, se deben considerar como una guía al momento de la toma de decisiones y pueden ser ajustados de acuerdo a la experiencia adquirida, mientras se actualizan para hacerlos más realistas.

3 Fenología o etapa fenológica: cambio de apariencia que sufren las plantas durante las estaciones. Está determinado por los factores físicos del ambiente y por mecanismos de regulación internos de las plantas. Por ejemplo, la producción de hojas jóvenes, la floración, la fructificación y la caída de hojas.

Cuadro 1. Umbrales económicos sugeridos por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) para algunas de las plagas que atacan el cultivo de maíz en Sinaloa.

Plagas	Umbral económico
Gusanos trozadores	Tres plantas dañadas por metro lineal
Trips negro	Mas de cinco trips por planta chica
Trips de cogollo	Si encuentra colonias densas en el cogollo
Pulgón del cogollo	Al detectar colonias densas en el cogollo y/o en el tallo
Gusano cogollero en follaje	20% de plantas con daño y larvas chicas
Mosca del estigma	Al encontrar varios adultos en tramos de cinco metros de surco
Araña roja	20% de follaje infestado antes del llenado de grano

Es necesario desarrollar y apoyar proyectos de investigación orientados a la actualización de los umbrales económicos de las principales plagas que atacan al maíz y al resto de los cultivos, debido a los cambios en los costos de los agroquímicos y el valor de las cosechas, generados en los últimos años.

Tácticas para el manejo de plagas en maíz

Control legal

El control legal, junto con el monitoreo de plagas, se considera como la base del manejo integrado de plagas y se sustenta principalmente en ajustarse a las fechas de siembra recomendadas en cada región y en la correcta eliminación de residuos de la cosecha. En el caso de maíz, tanto las siembras de otoño-invierno (OI) como las de primavera-verano, deben establecerse en los periodos autorizados en cada una de las regiones agroecológicas que comprenden los diferentes distritos de desarrollo rural.

En Sinaloa, la experiencia ha demostrado que las siembras adelantadas que se hacen en otoño para aprovechar la humedad de las últimas lluvias son fuertemente infestadas por el gusano cogollero desde el principio de la temporada y la plaga alcanza poblaciones exponenciales en el resto del ciclo agrícola, tal y como ocurrió en algunas regiones durante la temporada 2008-2009. Por otro lado, es común que las siembras tardías de primavera sean más severamente dañadas por la mosca del estigma y el ácaro de maíz.

En el caso de las siembras de primavera-verano, debe ajustase la fecha y evitar siembras después de febrero para establecer una ventana fitosanitaria que diminuya, en las zonas de riego, la presencia de cultivos en desarrollo y plantas voluntarias de maíz al menos durante dos meses (agosto y septiembre), y así reducir la reproducción y el incremento del gusano cogollero y otras plagas.

Control cultural

La base para cualquier programa de manejo de plagas lo constituye una adecuada atención técnica y una planeación del cultivo. Se deben manejar varias prácticas culturales para minimizar los daños causados por las plagas en el cultivo de maíz, entre las que destacan: rotación de cultivos, eliminación de hospederas silvestres y plantas voluntarias de maíz, fertilización, riegos, incorporación de materia orgánica, etcétera.

Rotación de cultivos

Es una medida difícil de implementar en tanto la rentabilidad económica del maíz no sea superada por otros cultivos; sin embargo, en el esquema de labranza de conservación y del manejo integrado de plagas es necesario diversificar el sistema si lo queremos hacer sustentable. La siembra de mucuna y otras leguminosas forrajeras fijadoras de nitrógeno, puede ser una opción viable durante el verano.

Eliminación de hospederos silvestres

Mantener el terreno libre de malezas durante el periodo de oviposición (verano) de adultos de gallina ciega, reduce la incidencia de larvas de esta plaga; de igual manera, el problema con gusanos trozadores, trips y gusano cogollero como barrenador de tallos disminuye considerablemente si el terreno se mantiene libre de maleza durante los 15 días que anteceden a la siembra.

Eliminación de plantas voluntarias de maíz

La falta de cuidados y ajustes de las trilladoras al momento de la cosecha, permite que una gran cantidad de grano de maíz quede en el suelo y, posteriormente, germine con las lluvias de verano (estas plantas voluntarias de maíz facilitan la reproducción del gusano cogollero durante todo el verano); para reducir este problema debemos ajustar las trilladoras para que tiren menos granos y se desarrollen menos plantas de maíz voluntario, mismas que debemos

eliminarlas constantemente para iniciar la próxima temporada con una baja infestación de adultos.

Fertilización

La fertilización rica en fósforo ayuda a un mayor desarrollo radicular y proporciona cierto grado de tolerancia contra plagas que se alimentan de las raíces como las larvas de gallina ciega, diabrótica y gusanos de alambre. Asimismo, las aplicaciones al suelo de amoniaco anhidro (gas) y polisulfuro de calcio disminuyen de manera considerable la infestación de las plagas que se alimentan de las raíces, los gusanos trozadores y el gusano cogollero cuando se comporta como trozador, perforador y barrenador de tallos.

Riegos

Los riegos contribuyen de manera significativa en la reducción de gusanos trozadores, gusano cogollero y trips negro; también ayudan a mantener un ambiente desfavorable contra el ácaro el maíz.

El riego, acompañado de una buena fertilización nitrogenada durante el crecimiento inicial del cultivo, ayuda a que la planta se recupere más rápido de los daños causados por el trips y gusano cogollero en el follaje.

Incremento de la materia orgánica en el suelo

En el valle de El Carrizo, Sinaloa, se encontró que las larvas de *Cyclocephala sinaloae* mostraron hábitos facultativos, ya que consumieron materia orgánica (soca) y raíces, de plantas de maíz; también se reporta que es posible que el hábito rizófago (que se alimenta de raíces) de esta especie, esté asociado con la pérdida de componente orgánico de los suelos agrícolas sobreexplotados y por la quema de socas del cultivo anterior año con año en dicha región, así como el uso inapropiado de la labranza, situación que prevalece en la mayoría de las zonas productoras de maíz en Sinaloa.

Variedades tolerantes

Trabajos experimentales realizados en Jalisco, indican que los materiales de maíz Ramaco I y II, Cargill 820, Pionner 3066 y 3002 mostraron tolerancia a larvas de gallina ciega *Phyllophaga ravida, Cyclocephala lunata* y *Diabrotica virgifera.*

En trabajos realizados en el Campo Agrícola Experimental Valle del Fuerte (CEVAF), durante el subciclo primavera-verano, se encontró

que los híbridos comerciales Pionner 30F32, H 431, Bengala–Y, Ceres Fuego XR, Murano y Ceres XR-45, fueron en los que presentaron menor incidencia de adultos de la mosca del estigma *Euxesta* sp., y menores daños en mazorcas cosechadas; de estos, solamente los genotipos Murano, Pionner 30F32, Ceres-XR-45 y Bengala Y, tuvieron mayor rendimiento, con 5 mil 679, 5 mil 773, 6 mil 193 y 7 mil 682 kilogramos por hectárea (kg/ha), respectivamente. En el resto de los híbridos señalados la producción fue inferior a 5 mil kilogramos por hectárea.

Control biológico

El control biológico de plagas que atacan el maíz está sustentado al menos en la conservación de los depredadores y parasitoides presentes de manera natural en el cultivo, esto se puede lograr usando insecticidas que afecten lo menos posible a estos reguladores biológicos, y si es posible brindándoles refugio y alimento.

En el norte de Sinaloa se reportan 13 especies de depredadores presentes en el cultivo de maíz: entre los más abundantes estuvieron la catarinita (*Cycloneda sanguinea* Linnaeus) y la crisopa verde (*Chrysoperla* sp.); en tercer sitio se ubicó a la catarinita rosada (*Coleomegilla maculata* de Geer), depredadores de áfidos, huevos y larvas pequeñas de gusano cogollero y elotero. Otros depredadores encontrados en cantidades moderadas fueron *Symus* sp., que se alimenta de ácaros fitófagos, trips y pulgones; y la chinche pirata (*Orius* sp.) que ataca trips, huevos y larvas de mosquita de la panoja del sorgo.

La mayor abundancia de estos insectos benéficos ocurrió entre febrero y abril, en el periodo de inicio de espigamiento a elote, cuando las temperatura se incrementó y la abundancia de insectos-plaga fue mayor.

También se encontraron cinco especies de parasitoides del gusano cogollero presentes en el cultivo de maíz: los más abundantes fueron *Meteoros* sp., *Cotesia* sp., *Euplectrus* sp., también reportan que *Aphidius testaceipes* estaba parasitando pulgones.

Los adultos de los depredadores *C. maculata* y *Chrysopa* spp., y pupas del parasitoide *C. marginiventris*, fueron los insectos benéficos más abundantes. También se realizaron aplicaciones de semilla molida de nim y papaya con arena, en extracto acuoso, así como diflubenzuron y clorpirifos mezclado con arena, aplicados contra gusano cogollero en maíz, en el valle de Culiacán.

La eficiencia de los insectos benéficos en la reducción de algunas

de las plagas que atacan maíz se puede incrementar mediante la reproducción en laboratorio y liberación de estos en el campo.

Actualmente, se encuentran disponibles en el mercado regional huevos y larvas de *Chrysopa* spp., depredadores efectivos de huevos y larvas pequeñas de gusano cogollero, pulgones, etc.; también se comercializa la avispita *Trichogramma* spp., que parasita huevos de lepidóptera.

Control químico

Para iniciar el control químico se deben considerar como una guía para la toma de decisiones los umbrales económicos señalados en el Cuadro 1; estos pueden ser ajustados de acuerdo a la experiencia adquirida, en tanto no se actualicen.

Existen en el mercado diversos insecticidas autorizados para aplicarse en aspersión contra gusano cogollero en maíz; sin embargo, si el propósito es integrar al menos dos métodos de control (químico y biológico) se deben aplicar solo aquellos productos selectivos que tengan menos impacto sobre la fauna benéfica (parasitoides y depredadores), entre estos destacan: Tebufenozide Confirm 2F [200-400 cm^3/ha (centímetros cúbicos por hectárea)], Diflubenzuron (Dimilin 200 cm^3/ha), Spinetoram (Palgus 75-100 cm^3/ha), Benzoato de emamectina (Denim, 100 cm^3/ha), *Bacillus thuringiensis* (Javelin 1 kg/ha), etcétera.

El control de esta plaga siempre será más eficiente si se aplica cuando las larvas están pequeñas [menos de 1 centímetro (cm) de longitud]; y si se usa agua suficiente que ayude al producto a ponerse en contacto con el insecto que está refugiado en el cogollo, cubierto por el excremento del mismo, lo que dificulta su control.

También es muy importante que las aspersiones se hagan en las horas que hace menos calor, y cuando la velocidad del viento no exceda los 10 kilómetros por hora.

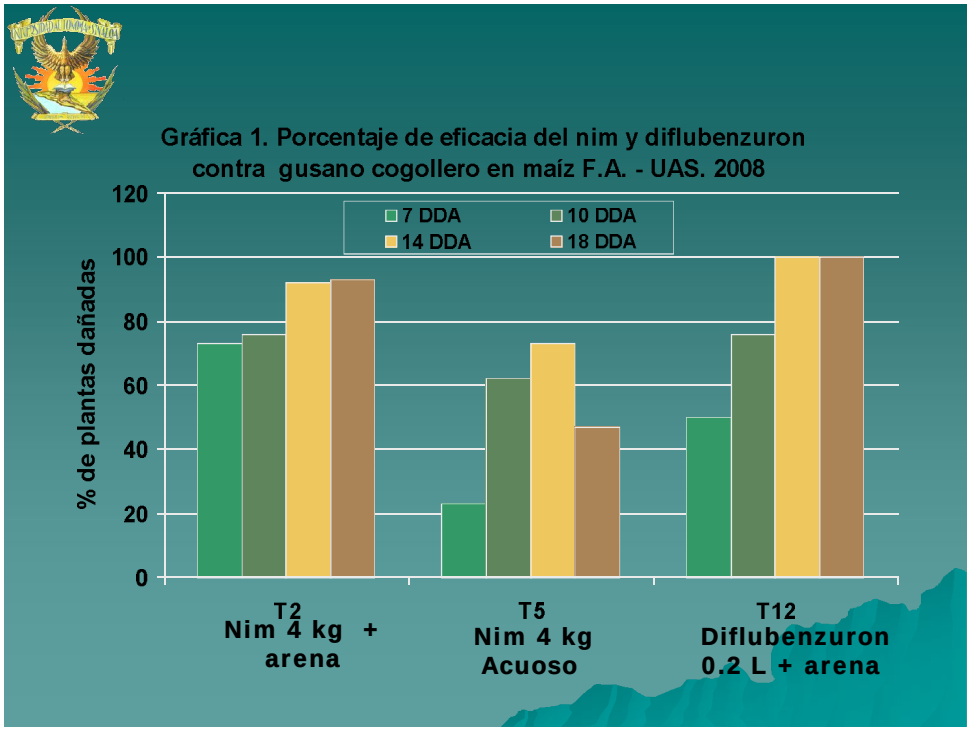
Las formulaciones comerciales granuladas disponibles en el mercado a base de pemetrina 0.4 gramos y clorpirifos 1.5 gramos ejercen buen control de larvas de gusano cogollero aplicadas al follaje; sin embargo, ambos productos son muy tóxicos para la fauna benéfica, por lo que su uso se limita si el objetivo es integrar el control químico con el biológico.

Trabajos realizados en la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), en Culiacán, demostraron que donde se aplicó arena con diflubenzuron (Dimilin 200 cm^3/ha) y semilla molida de nim (4 kg/ha de semilla) hubo más de 90% de control de

gusano cogollero del maíz, hasta el último muestreo realizado a los 18 días después de aplicar (Gráfica 1).

La ventaja de estas formulaciones es que son artesanales, ya que el productor las puede preparar en su parcela (Figura 3) o en su casa, y solo las aplicará en caso de ser necesario, optimizando los costos; esto a diferencia de las semillas transgénicas, que tendrán mayores costos y ejercerán mayor presión sobre la plaga, aun cuando esta se encuentre en densidades que no justifiquen su control.

Las formulaciones granuladas artesanales antes señaladas se pueden aplicar con avión (acoplando un Venturi), por medio de equipo especial ensamblado al tractor (voladora o Gandi), mediante saleros o recipientes perforados (Figura 4), previamente calibrados.



Gráfica 1. Porcentaje de eficacia de la semilla de nim y Diflubenzuron contra el gusano cogollero.

Figura 3. Preparación de formulaciones granuladas artesanales con arena e insecticida.

Figura 4. Aplicación en sorgo de formulaciones granuladas artesanales con arena e insecticida.

Una forma de prevenir químicamente la infestación temprana de gusano cogollero y trips en regiones donde estos insectos se presentan todos los años en grandes extensiones, es mediante el tratamiento de la semilla con los insecticidas siguientes: Thiodicarb (Semevin 350 SA, 3-4 litros), Carbofuran (Furadan 300 TS, 3 a 5 litros), Acefate (Orthene 80 TS, 600-1000 gramos); en todos los productos las dosis indicadas son por cada 100 kg de semilla.

Actualmente, algunas de las empresas comercializadoras de semillas de maíz las venden tratadas con Clothianidin (Poncho), que tiene efecto contra chupadores y larvas pequeñas de lepidóptera en el follaje durante los primeros 15 o 20 días de germinada la planta en el campo, aunque en algunos casos el control de estos insectos ha sido inconsistente.

Por otro lado, si el problema es con gusano cogollero cuando se encuentra en el suelo trozando, perforando o barrenando tallos, los insecticidas son ineficientes.

Contra el pulgón del cogollo y de la espiga, los productos autorizados actualmente (dimetoato, metamidofos) son de acción amplia e impactan la fauna benéfica presente en el cultivo, por lo que su uso solo deberá justificarse cuando la acción del control biológico sea ineficiente para regular las poblaciones de estos insectos. Posiblemente algunos hongos entomopatógenos podrían solucionar estos problemas, pero deben ser evaluados para demostrar su eficiencia bajo las diferentes condiciones de Sinaloa.

De igual manera, contra la mosca del estigma los productos utilizados actualmente (permetrina, clorpirifos, metamidofos, etc.) son de acción amplia e impactan la fauna benéfica presente en el cultivo, por lo que su uso se debe limitar hasta donde sea posible. Existen algunos resultados sobre el control de esta plaga con algunos hongos entomopatógenos, sin embargo debe determinarse su factibilidad económica.

Conclusiones

El establecimiento de una ventana fitosanitaria que reduzca la presencia de plantas de maíz cultivadas y voluntarias durante agosto y septiembre en terrenos de riego, la implementación oportuna y correcta de las prácticas culturales que ayudan a reducir las poblaciones de plagas, el uso de insecticidas selectivos que permitan el aumento y conservación de la fauna benéfica, y un eficiente programa de monitoreo de de las plagas y de sus enemigos naturales a nivel regional, constituyen las principales herramientas

para el manejo sustentable de las plagas y del cultivo de maíz en Sinaloa.

Bibliografía

Andrews K.L. y J.R. Quezada. 1989. Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura. Esc. Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras, pp. 623.

Anónimo. 1982. Guía para la asistencia técnica agrícola, del área de influencia del Campo Agrícola Experimental Valle de Culiacán (Cultivos de riego). SARH-INIA-CIAPAN Y CAEVACU, pp. 226.

Anónimo. 2010. Avance de siembras y cosechas. Concentrado estatal. SAGARPA. Delegación Estatal en Sinaloa. Subdelegación Agropecuaria.

Avilés, G. M. C., E. Cortéz M., J. J. Pérez V., J.J. Wong P y F. Domínguez A. 2004. Principales plagas que ataca al cultivo de maíz y su control en el estado de Sinaloa. Memoria de la Jornada de transferencia de tecnología del cultivo de maíz.

Badii, M. H., A. E. Flores, H. Quiroz, R. Foroughbakhct y R. Torres. 2000. Manejo Integral de Plagas (MIP). En: Fundamentos y perspectivas del control biológico. Badii, M. H., A. E. Flores, L. J. G. Wong (Editores). Universidad Autónoma de Nuevo León, pp. 417-432.

Byerly-Murphy K. F. 1988. Manejo integrado de problemas fitosanitarios. En: Primer taller sobre el manejo integrado de plagas en tomate, México Estados Unidos. CAADES-UCLA-IAP-UFLA-SARH. Culiacán, Sinaloa, pp. 1-15.

Cortéz-Mondaca, E., J. P. Pérez-Márquez, M. A. Barreras-Soto y L. Ochoa-Vázquez. 2008. Respuesta de genotipos de maíz a la mosca de los estigma *Euxesta* sp. en el norte de Sinaloa, México. Entomología Mexicana. Soc. Mex. de Entomología. Vol 7, pp. 606-609.

Cortez-Mondaca, E., J. R. Camacho-Báez, J. L. Meza-García y J. Romero-Bojórquez. 2006. Insectos entomófagos asociados a cultivos de grano en el norte de Sinaloa. Entomología Mexicana. Soc. Mex. de Entomología Vol. 5, Tomo 1, pp. 560-565.

Davinson, H. R. y W. F. Lyon. 1992. Plagas de insectos agrícolas y de jardín. Limusa Noriega Editores, México, pp. 743.

Falcón, L. A. 1989. Control integrado en sistemas de producción de cultivos para pequeños productores agrícolas. Turrialba, Costa Rica. CATIE-UC-USA.ID-OIRSA. Vol. I, pp. 6-31.

Garza G, R. 1992. Determinación de umbrales económicos. En: Manejo fitosanitario de las hortalizas en México. Ed. S. Anaya R, N.

Bautista M y B. Domínguez R. CENA-CP, SARH. Chapingo, México, pp. 181-194.

Gastélum, L. R. 1985. Susceptibilidad a insecticidas en poblaciones de gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (*Lepidoptera: Noctuidae*) de varias localidades de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Centro de Entomología y Acarología. Chapingo, México, pp. 128.

Gastélum-Luque, R., Avendaño-Meza, F., López-Meza, M., Godoy-Angulo, T. P. Díaz-Sosa, O. E. Medina-López, R. y Yáñez-Juárez, M. G. 2009. Formulaciones granuladas artesanales de insecticidas biorracionales contra gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) en maíz. Entomología Mexicana, Vol 8.

Hutchins, S. H. 1993. Techniques sampling arthropods in integrated pest management. In: Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture. Ed. Pedigo, L. P.; Buntin. CRC. Press. Boca Raton and Arbor London Tokyo, pp. 74-94.

Lugo G., G. A. 2010. Diversidad, daños y manejo de *Scarabaeoidea* en el cultivo de maíz en el norte de Sinaloa, México. Tesis de doctor en ciencias, Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, posgrado en Fitosanidad. Entomología y Acarología. Montecillo Texcoco, Estado de México, pp. 77.

Martínez C. J. L. 1999. Conceptos y filosofía del manejo integrado de insectos-plaga. En: Memoria del curso de manejo integrado de plagas en tomate, chile, pepino y calabaza. UAS-INIFAP-CAADES-Fundación Produce Sinaloa, A.C.-SARH-Gob. del Edo. de Sinaloa,. pp. 9-13.

Metcalf, R. L. y W. Luckmann. 1990. Introduction to pest management. John Wiley & Sons, Inc., U.S.A, pp. 587.

N.A.S. 1993. Manejo y control de plagas de insectos. Control de plagas de plantas y animales. Vol. III. Ed. Uthea, México, pp. 522.

Romero, R. F. 2004. Manejo integrado de plagas: las bases, los conceptos y su mercantilización. Universidad Autónoma de Chapingo-Colegio de Postgraduados, Instituto de Fitosanidad. Montecillo estado de México, pp. 103.

Manejo de la nutrición en maíz

MC. Marino Valenzuela López
Dr. Tomás Díaz Valdés
MC. Julio Arciniega Ramos

Introducción

El maíz se ha convertido en el cultivo más importante entre los cereales a nivel mundial, superando al trigo y al arroz, en la temporada 2009-2010 la producción obtenida fue de 795 millones 935 mil toneladas, de las cuales 90% corresponden a maíz amarillo, y el 10% restante a maíz blanco; además, ocupa el segundo lugar en el área de siembra (140 millones de hectáreas); se siembra en 135 países y se comercializan más de 90 millones de toneladas a nivel mundial.

En México se siembran anualmente más de 8 millones de hectáreas con maíz, en una amplia diversidad de ambientes que van desde el nivel del mar hasta los valles más altos [más de 2200 msnm (metros sobre el nivel del mar), con una gran variación de climas y pluviometría[1]]. Además el maíz se siembra en dos ciclos agrícolas: primavera-verano (PV) y otoño-invierno (OI); la mayor superficie y volumen se obtiene en PV; sin embargo, en el noroeste del país, particularmente en el estado de Sinaloa, el ciclo OI es más importante; en el ciclo agrícola OI de 2008-2009 en la zona de riego se cosecharon 469 mil 26 hectáreas, con un rendimiento promedio de 10.48 t/ha (toneladas por hectárea) de maíz blanco.

En el año 2030 la humanidad habrá alcanzado casi 9 mil millones de habitantes donde se tendrá que producir una tercera parte más de alimento, basada principalmente en un aumento de productividad por área, ya que la tierra y el agua disponibles serán cada vez más escasas.

Los esfuerzos para evitar la carencia de alimentos en el futuro empiezan hoy, de ahí que es necesario en primera instancia tener la cultura de la producción, donde es importante el productor y la condición productiva de su medio ecológico. Además, es necesario que las generaciones futuras hereden el conocimiento técnico y

1 Se denomina pluviometría al estudio y tratamiento de los datos de precipitación que se obtienen en los pluviómetros ubicados a lo largo y ancho de un territorio, obteniendo así datos de interés para las zonas agrícolas y regulación de las cuencas fluviales a fin de evitar inundaciones por exceso de lluvia.

científico de la producción, ya que es por medio de la innovación tecnológica que se realizan los cambios sustantivos para ser más competitivos en la agricultura. La sociedad reclama un desarrollo sostenible, lo que conlleva, bajo una concepción holística[2], una sustentabilidad que abarca lo económico, lo social y lo ambiental.

El desafío actual es investigar, crear, experimentar y adaptar tecnologías que permitan producir a menores costos, pero con mayores rendimientos, productos más sanos, de mejor calidad, con mayor competitividad y a su vez aseguren la sostenibilidad económica sin impactos desfavorables al medio ambiente.

Los nutrientes que limitan en mayor medida la productividad del cultivo es el nitrógeno, el fósforo y más recientemente el azufre. El objetivo de esta revisión es definir los criterios para elaborar un plan de fertilización en maíz considerando esos tres nutrientes esenciales, sin dejar de ser menores importantes el resto de los elementos mayores (potasio, calcio y magnesio), así como los micronutrientes[3].

Es muy importante que las estrategias de fertilización se definan a nivel de lote al igual que se hace, por ejemplo, con la elección de los híbridos utilizados y/o o el manejo de herbicidas. Cada lote posee características intrínsecas provenientes de la interacción compleja del tipo de suelo, antecedentes (historia agrícola, cultivos antecesores, manejo de labores, etc.) y el efecto del clima local.

Asimismo, la unidad de producción no debería ser el cultivo sino la rotación en su conjunto. Dentro de este esquema, el rendimiento esperado es el factor determinante de todo el programa de fertilización.

Consideraciones generales para una buena fertilización del maíz de alto rendimiento

Un buen productor de maíz empieza realizando una evaluación del potencial productivo de su sistema agrícola. Conocer el clima, el suelo y otros factores que inciden en el potencial productivo del híbrido de maíz que mejor se adapte a las condiciones del sitio.

2 El holismo es la idea de que todas las propiedades de un sistema dado, (por ejemplo, biológico, químico, social, económico, mental o lingüístico) no pueden ser determinados o explicados por las partes que los componen por sí solas. El sistema como un todo determina cómo se comportan las partes. Como adjetivo, holística significa una concepción basada en la integración total frente a un concepto o situación.

3 Micronutrientes: aquellas sustancias que el organismo de los seres vivos necesita en pequeñas dosis, como el boro (B), el fierro (Fe), el zinc (Zn) y el cloro (Cl).

Identificar aquellos factores que limitan la productividad del suelo y del sistema agrícola es uno de los retos a vencer.

Es obligación del agricultor y del técnico de campo evaluar el sistema de producción para poder determinar los límites del rendimiento. Además, el técnico debe brindar alternativas en el manejo del cultivo, buscando incrementar el rendimiento y la productividad en términos de mayor beneficio económico y ecológico de manera sustentable. El éxito del agricultor dependerá en gran medida del diagnóstico del potencial productivo.

Un método sencillo es calificar cada uno de los factores que inciden en la producción y dar, por ejemplo, un valor de 10 al factor que no presenta problema alguno para lograr el rendimiento deseado; en la medida que ese factor reduzca la productividad, hay que disminuir el valor hasta llegar a 1, lo que indica que es una limitante para obtener el rendimiento deseado.

Dentro de los factores a evaluar, está la fertilidad del suelo. Para ello es fundamental realizar un buen muestreo y análisis de suelo, el cual determinará si el suelo es de alta o baja fertilidad, y las dosis y fuentes de fertilizantes más adecuadas para lograr ese potencial de rendimiento.

Las respuestas de una planta son resultado de las necesidades por determinados elementos, por ejemplo:

•Si un elemento esencial hace falta o no se encuentra en cantidad suficiente, el desarrollo de la planta será limitado por ese elemento, aun cuando todos los otros elementos se encuentran en cantidades suficientes.

•La aplicación del elemento o elementos limitantes permiten que la planta alcance su potencial de desarrollo, siempre y cuando ningún otro factor de crecimiento no nutricional limite ese potencial.

• La fertilización con un elemento que no esté limitando el crecimiento no cubrirá las necesidades de la planta por otro elemento que si esté limitando su crecimiento.

Fertilidad del suelo y nutrición vegetal

Fertilidad del suelo

• Se entiende como la habilidad del suelo para suministrar a los cultivos el agua y los elementos esenciales que la planta requiere a lo largo del ciclo de cultivo, y depende de la manera en que se relacionan sus características físicas, químicas y biológicas.

• La fertilidad es, sin duda, el atributo más valorado del suelo agrícola. A menudo se entiende como el contenido de nutrimentos

en el suelo; esto es cierto, pero solo en parte. El contenido de nutrimentos es uno de los componentes importantes de la fertilidad, pero no se deben olvidar aspectos de la fertilidad física, la profundidad del suelo, la compactación, la aireación, el drenaje, o la capacidad de retención de agua, que con frecuencia son más limitantes para el crecimiento del cultivo y pueden dificultar la asimilación de elementos nutritivos.

•Otro parámetro no menos importante es la fertilidad química: la capacidad de intercambio catiónico (capacidad de retención de nutrimentos), problemas de alcalinidad o acidez en los suelos, el contenido de sales solubles (conductividad eléctrica o salinidad) y materia orgánica.

•En un suelo de fertilidad media-alta es aconsejable reponer las pérdidas de nutrimentos del suelo, ya sea por la absorción de los cultivos o por otras causas. A esto se le denomina abonado o dosis de mantenimiento.

•Se entiende por nutrición vegetal al proceso por el cual la planta absorbe del medio que le rodea las sustancias que le son necesarias para alimentar su metabolismo y, en consecuencia, desarrollarse y crecer.

•El manejo eficiente de la nutrición en el cultivo de maíz es uno de los pilares fundamentales para alcanzar rendimientos elevados y sostenidos, con resultados económicos positivos, no solo en el maíz, sino en los cultivos de rotación. Los elevados volúmenes de rastrojos dejados por el maíz facilitan el reciclado de nutrientes y mejoran las condiciones físicas del suelo, cuando el cultivo sucesor es soja, mejora la eficiencia de la fijación simbiótica del nitrógeno.

•Elementos nutritivos: son los elementos químicos, concretamente aquellos elementos imprescindibles para el desarrollo completo del ciclo vegetativo.

Determinación de un plan de fertilización

Muestreo y análisis de suelos

El análisis de suelos es una práctica básica para determinar la fertilidad actual y el potencial de cada lote. El objetivo de un análisis de suelos es determinar la oferta de nutrientes del lote, para que, junto con la extracción de nutrientes (demanda) se pueda efectuar un balance y establecer las cantidades de fertilizantes a agregar.

Se deberían realizar 20-30 submuestras por cada muestra compuesta. Si el lote es relativamente parejo, esa muestra podría representar 40-50 hectáreas. La frecuencia de lotes bajo siembra

directa por un periodo de años hace que se deban extremar precauciones para tomar una muestra representativa, debido a la estratificación en el perfil y a la presencia de bandas de fertilización más antiguas.

La incidencia económica de su utilización es muy baja y brinda información altamente rentable, ya que un buen diagnóstico de la fertilización puede modificar el costo del uso de fertilizantes y el beneficio derivado de su respuesta en una magnitud varias veces el costo del análisis.

Diagnóstico de la fertilización

El proceso de diagnóstico se efectúa analizando en forma integral los resultados provenientes del análisis de suelo en conjunto con las características de calidad de cada lote (rotación, cobertura de rastrojos, antecesores, historia agrícola, aspectos físicos, etcétera) y el clima local.

Para la etapa de diagnóstico de fertilización es importante disponer de información histórica propia de cada lote (rendimiento, resultados de análisis de suelos históricos, tecnología aplicada, etc.) y de ensayos realizados en el propio campo o eventualmente en la zona. De esta manera podemos saber si la información obtenida es representativa de las condiciones locales y por ende valioso para considerarla dentro del manejo nutricional.

Diseño del plan de fertilización

Una vez realizado el diagnóstico (el cual debe establecer la necesidad o no de fertilizar, y las cantidades de nutrientes a aplicar), es necesario preparar un plan de fertilización ajustado a cada lote. Este plan consiste en la definición de las cantidades y tipos de fertilizantes a aplicar, así como del momento y tecnología de aplicación para satisfacer las necesidades del cultivo. En la determinación de estos aspectos intervienen diferentes factores:

•Operativos: disponibilidad de máquinas, piso en los lotes, etcétera.

•Económicos: fertilizantes en la zona, precio por unidad de nutriente del fertilizante, entre otros.

• Y ambientales: distribución e intensidad de lluvias, temperatura, etc.

Ejecución y monitoreo del plan de fertilización

Amedida que se va ejecutando el plan de fertilización pueden surgir

cuestiones no previstas durante la planificación que requieren del ajuste según el nuevo escenario (por ejemplo, lluvias menores a las previstas o cambios de precios del grano que inciden en la dosis aplicada).

Evaluación y análisis de los resultados del plan de fertilización

Una vez ejecutado el plan es necesario analizar y evaluar si la estrategia de fertilización utilizada funcionó y con que grado de eficiencia. Para poder hacerlo, es necesario contar con un lote testigo con práctica tradicional o sin fertilización, que puede ser solamente una franja del ancho de una maquinada. En el mejor de los casos se pueden realizar algunas pruebas o ensayos más elaborados.

Manejo de la dosis de fertilización nitrogenada

El maíz requiere de 20 a 25 kg/ha (kilogramos por hectárea) de nitrógeno (N) por cada tonelada de grano producida. Para producir, por ejemplo, 10 t/ha (toneladas por hectárea) de grano, el cultivo deberá disponer de de 200 a 250 kg de N/ha absorbidos por el cultivo. Esta cantidad sería la demanda de nitrógeno para este nivel de rendimiento.

La oferta del lote (N en el suelo + N del fertilizante) debería satisfacer esa necesidad para mantener el sistema en equilibrio nutricional. Esta aproximación es lo que se conoce como criterio o modelo de balance. Sin embargo, la diferencias entre las cantidades de N en el suelo y las absorbidas por el cultivo son determinadas por las llamadas eficiencias de absorción, que varían según se considere al nitrógeno presente en el suelo a la siembra, al nitrógeno mineralizado durante el cultivo, y al nitrógeno aportado como fertilizante.

Esta llamada oferta en realidad es el nitrógeno asimilable (nitratos más amonio) medido por análisis de suelo al momento de la siembra, más el nitrógeno ofrecido de los fertilizantes, pero no considera al nitrógeno que se mineraliza durante el ciclo del cultivo.

Este dato es muy difícil de evaluar, ya que depende de las condiciones climáticas y de suelo, que a través de las variaciones de humedad y temperatura modifican la velocidad de nitrificación.

En general para hacer los balances se trabaja sobre valores promedios, ya que se asigna una eficiencia igual a 1, es decir los nitratos que se producen son absorbidos inmediatamente sin pérdidas.

Para tener una idea del potencial de mineralizar nitrógeno, se

evalúa la concentración de nitratos de la capa superficial [20 a 30 cm (centímetros) de espesor] al momento que el cultivo está en el estadio de cuatro a seis hojas. Este valor se correlaciona con la estimación de potencial de nitrificación, ya que los presentes a la siembra habrán sido absorbidos o lavados fuera del alcance de las raíces. Por otra parte ese valor tendrá relación directa con la temperatura y la humedad que reguló el crecimiento del maíz hasta el estadio de cuatro a seis hojas.

En varias regiones maiceras se ha establecido que un valor de alrededor de 18 a 20 ppm (partes por millón) de nitrógeno de nitratos ($N\text{-}NO_3$) en esas condiciones es indicador de suficiencia, ofreciendo bajas posibilidades de respuesta económica al agregado de nitrógeno como fertilizante.

Las posibles pérdidas de nitrógeno son contempladas en la eficiencia de uso; normalmente oscila alrededor del 50%, con máximos de 70%, si se aplica durante los momentos de máxima capacidad de absorción, en dosis no excesivas, proporcionales a su utilización, y con fuentes de bajo potencial de volatilización como amoniaco.

El maíz comienza su mayor consumo de nitrógeno alrededor de seis hojas completamente expandidas (V-6 a V-7), por lo que antes de comenzada esta etapa fenológica, el cultivo debería de disponer de una oferta de nitrógeno adecuada para satisfacer su demanda para crecimiento. Las estrategias de fertilización podrían resumirse en tres posibilidades:

1.Fertilizar únicamente al sembrar o incluso antes.

2.Fertilizar solo con el cultivo implantado entre dos y siete hojas (V-2 a V-6).

3.Fraccionar la dosis entre el momento de la siembra y V-7, en dos aplicaciones.

De las tres alternativas, la aplicación a la siembra integra globalmente ventajas en los aspectos operativos, agronómicos y económicos. Sin embargo, los equipos de siembra que disponen de doble cajón fertilizador para colocar separadamente al nitrógeno fuera de la línea de semillas no son abundantes.

Por esa razón, serían más recomendables las aplicaciones fraccionadas, donde se garantice una gran parte de la necesidad total de nitrógeno a la siembra (70 a 80 %), regulando después la cantidad de nitrógeno restante, pudiendo programarla en los riegos de auxilio.

El exceso de aplicación de nutrimentos mediante fertilización inorgánica en los cultivos puede tener repercusiones negativas: prolongación del ciclo del cultivo, mayor riego al acame, predisposición del cultivo al ataque de algunas enfermedades, antagonismos o fijación en el suelo de otros nutrimentos esenciales, posible afectación del rendimiento y disminución de la rentabilidad al incrementar el costo de producción.

Cuadro 1. Ventajas y desventajas de diferentes momentos de fertilización con nitrógeno (N) en maíz

Momento	Ventajas	Desventajas
Presiembra	Simplicidad operativa	Riesgo de lavado de nitratos hasta desarrollo de las raíces. No recomendable antes de 30 días de la siembra
A la siembra	Simplicidad operativa	Riesgo de lavado (lixiviación) de nitratos hasta desarrollo de raíces
	El nitrógeno queda disponible inmediatamente para el cultivo	Riesgo de fitotoxicidad en aplicaciones junto con la semilla. Depende de dosis y ambiente
	Facilidad para incorporar al suelo	
Entre dos y ocho hojas (V-2 y V-8)	Mayor eficiencia de utilización con fuentes de fertilizantes que no volatilizan	Si no se incorpora al suelo, hay riesgo de pérdida de nitrógeno por volatilización de amoníaco (fertilizantes con urea). Depende del ambiente (temperatura y humedad de suelo)
		Dependencia de las lluvias que a veces ocasiona retrasos o imposibilidad de aplicar por falta de piso (común en ciclos húmedos)
Fraccionada	Necesaria para aplicar dosis elevadas	Mayor complejidad operativa
	Distribuye y reduce el riesgo económico de la práctica	Mayores costos de aplicación

Selección de fuentes de fertilizantes para aplicar en cultivo de maíz

El seleccionar la fuente de fertilizante adecuado también está relacionado con otros factores del suelo, como el pH del suelo (acidez o alcalinidad). Cuando el pH que predomina en los suelos maiceros es alcalino (mayor a 7.1), como es el caso de la zona maicera de Sinaloa, el fertilizante fosfatado más recomendable es el MAP (monofosfato de amonio), esto se debe a que la reacción ácida de este fertilizante es mucho más rápida que otros fertilizantes fosfatados como el DAP o el supertriple (0-46-00).

Así, la acidez generada por el fertilizante neutraliza el efecto del pH alcalino del suelo cercano a la raíz de la planta por algún tiempo y mejora la asimilación de nutrientes por la planta. Lo contrario sucede en suelos ácidos. En ese caso, hay que utilizar las fuentes fertilizantes de reacción menos ácida y que provean calcio de preferencia.

Figura 1. Manifestación de deficiencias de Zn (zinc) en plantas de maíz ocasionada por un pH alcalino y/o deficiencia nivel en el suelo

El manejar adecuadamente la combinación y balance entre nutrientes puede lograr que la maduración del cultivo sea la más adecuada y que esto refleje salir al mercado en el mejor momento, tanto por factores de precio como por aspectos agronómicos.

La planta de maíz que no reciben los nutrientes adecuados en las proporciones justas y en el momento adecuado no logran el rendimiento máximo. Lo anterior ocasiona, por ejemplo, disminución en el crecimiento y retrasos en la maduración. El Cuadro 2 muestra cómo la fertilización adecuada y balanceada, acelera la maduración y asegura los mejores rendimientos y maduración del maíz.

Cuadro 2. Efecto de la fertilización balanceada en el rendimiento de maíz

Dosis de nutrimentos	Rendimiento
$N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$	(kilogramos por hectárea)
337-168-00	9.5
337-168-225	11.8

En Sinaloa (valle de Culiacán) para suelos de barrial se recomienda aplicar de 220 a 250 kg N/ha en el primer cultivo. En suelos de aluvión aplicar 80 kg N/ha en presiembra y 60 kg/ha en el primer cultivo.

Sin embargo, para una meta de rendimiento de 10.0 t/ha, en general es necesario aplicar en algunos suelos 250 kg N/ha, mientras que en otros 350 kg/ha de nitrógeno o más, mencionando que estas dosis pueden variar de acuerdo a los análisis de suelos.

El balance nutricional es un concepto vital en la fertilidad del suelo y en la producción de cultivos de alto rendimiento. El nitrógeno puede ser el nutriente más limitante de la producción, pero en ausencia de cantidades adecuadas de otros nutrientes, el nitrógeno por sí solo no puede cumplir con su función y el resultado es el desperdicio de este nutriente.

Manejo de la fertilización fosfatada

A diferencia de lo que ocurre con el nitrógeno, al abordar la fertilización fosfatada en maíz hay que considerar que el funcionamiento del fósforo (P) en el sistema suelo-planta es totalmente diferente al del nitrógeno.

Desde el punto de vista del manejo nutricional, el principal aspecto a considerar es su baja movilidad en el suelo, lo hace principalmente por difusión, y la presencia de retención específica de los fosfatos en las arcillas, cuya magnitud depende de la cantidad y mineralogía de esta fracción. Por otro lado, el pH es un factor que impacta considerablemente sobre la disponibilidad de fósforo. La mayor disponibilidad ocurre con pH entre 5.5 y 6.5, mientras que valores fuera de este rango su concertación en la solución del suelo se reduce significativamente.

Las consideraciones previas tienen implicaciones muy relevantes en el manejo de la fertilización. Así, la baja movilidad del fósforo (P) permite independizarnos del efecto del clima (lluvias) sobre la dinámica del nutriente en el suelo, siendo las pérdidas por lavado

y escorrentía[4] mínimas desde el punto de vista práctico, siempre y cuando no haya erosión hídrica. Esto determina que haya residualidad del efecto de la fertilización, es decir, parte del fósforo aplicado queda disponible para próximos cultivos de la rotación.

La determinación de la dosis de fósforo aplicada dependerá principalmente del nivel de disponibilidad y secundariamente de otros factores, como potencial de rendimiento, aplicación para otros cultivos de la rotación, colocación en bandas o voleo, fitotoxicidad (tóxicos que afectan a los vegetales) de la mezcla que contenga el fertilizante fosfatado, etc. En el Cuadro 3 se presentan dosis orientativas de fósforo según nivel del nutriente en el suelo y niveles de producción medias.

Figura 2. Manifestación de deficiencia de fósforo en planta de maíz ocasionada, ya sea por un pH alcalino y/o deficiencia nivel en el suelo.

Los umbrales de P-Bray-1 (0-20 cm) por debajo del cual existen

4 Escorrentía: acción de las aguas caídas sobre la tierra que se deslizan sobre la superficie del suelo y arrastran parte de él, especialmente los elementos sueltos.

altas probabilidades de obtener aumentos considerables de rendimiento por fertilización, están en el orden de 18 a 20 ppm. Por encima de estos niveles las probabilidades de obtener aumentos significativos de rendimiento por agregado de fósforo son bajas. Este rango de suficiencia no ha sufrido grandes modificaciones desde su publicación hace más de cincuenta años y ha sido validada en numerosos ambientes incluidos las regiones maiceras del país. Sin embargo, y a pesar de su amplia difusión, no existen calibraciones de las dosis recomendadas como la presentada en la Cuadro 3, elaboradas siguiendo un criterio de reposición.

Cuadro 3. Dosis de fósforo recomendadas según el nivel de disponibilidad en el suelo (P-Bray-1, 0-20 cm) para dos rendimientos esperados de maíz.

Rendimiento Esperado	< 5	5 – 9	9 – 13	13 – 20	> 20 ppm
(kg/ha)	kg de P_2O_5/ha				
7000	71	58	49	37	
10 000	89	76	67	56	
13 000	107	95	86	73	

P_2O_5: pentóxido de sodio. **kg/ha:** kilogramos por hectárea. **ppm:** partes por millón.

La necesidad de disponibilidad del fósforo durante los estadios iniciales determina que el momento de aplicación de los fertilizantes fosfatados deba ser junto con la siembra, aplicándolo en bandas, y preferentemente por debajo y al costado de la línea de siembra. En suelos con niveles medios a altos de fósforo disponible, se recomiendan aplicaciones al voleo.

Respecto de las fuentes fosfatadas disponibles en el mercado, puede optarse entre los superfosfatos (simple o triple) y los fosfatos de amonio (mono o diamónico). Todos tienen el fósforo soluble en agua e inmediatamente disponible, y varían en el nutriente acompañante (azufre en el superfosfato simple y cantidades variable de nitrógeno en los fosfatos de amonio). Su elección dependerá principalmente de la necesidad de estos nutrientes acompañantes y fundamentalmente de su disponibilidad comercial.

En los últimos años se ha difundido en el mercado de fertilizantes las mezclas físicas multinutrientes, tanto en bolsas como a granel. Todas estas mezclas poseen en su composición fertilizantes simples,

como los mencionados previamente; para su manejo, caben las mismas pautas efectuadas para los demás fertilizantes.

El potasio, el magnesio y el azufre incrementan el rendimiento en maíz

Para lograr un buen rendimiento se requiere que el suelo esté bien suplido de elementos nutritivos. Para esto es necesario utilizar un buen programa de fertilización balanceada. Se requiere nitrógeno (N) y fósforo (P), además de una abundante cantidad de potasio (K), magnesio (Mg) y azufre (S).

A pesar de que las necesidades de las plantas jóvenes son mínimas, la taza de absorción de nutrientes se eleva rápidamente y llega al máximo poco antes de la floración. Por eso es necesario incrementar y mantener el contenido de potasio en el suelo a través de una adecuada nutrición, para poder asegurar que los nutrientes se encuentren en tiempo y forma en el suelo y para poder ser aprovechados por las plantas en el momento adecuado.

Además del potasio, el cultivo de maíz requiere de azufre y magnesio para incrementar la eficiencia fotosintética.

Los rendimientos de maíz se han incrementado notablemente gracias al desarrollo de nuevos híbridos, y al mejor entendimiento de los requerimientos nutricionales de estos. Actualmente, se conoce más sobre cómo crece y acumula nutrientes un cultivo de maíz. El Cuadro 4 muestra la absorción de nutrientes primarios y secundarios por el cultivo de maíz.

Cuadro 4. Absorción de nutrientes por la parte aérea de la planta de maíz para distintos rendimientos de grano.

	Rendimiento (ton/ha)				
	6	9	10	12.5	19.3
Nutriente			kg/ha		
Nitrógeno (N)	120	198	210	298	387
Fósforo (P_2O_5)	50	82	90	128	157
Potasio (K_2O)	120	206	250	298	419
Calcio (Ca)	-	27	-	-	59
Magnesio (Mg)	40	27	48	73	44
Azufre	25	36	23	37	40

El Potasio ayuda en casos de sequía o demasiada humedad en el suelo

Investigaciones realizadas en zonas maiceras han demostrado que al mantener una adecuada cantidad de potasio en la planta, soportará mejor el estrés ocasionado por factores como sequía, altas temperaturas, enfermedades, insectos, etc.

Las plantas que tienen alto contenido de potasio, requieren menos agua para producir un rendimiento dado; en otras palabras, se puede obtener más rendimiento con un pequeño incremento en el suplemento de agua. Las respuestas del cultivo a la fertilización con potasio son a menudo más altas cuando el agua es deficiente o excesiva.

La fertilización balanceada con nutrientes como el magnesio y el azufre son claves para que la planta logre la mayor eficiencia del uso del agua; aplicando una fertilización balanceada al cultivo del maíz, se le está asegurando a las plantas un mejor acceso a la cantidad apropiada de nutrientes, indispensable para lograr un óptimo desarrollo.

Además, aplicando una cantidad adecuada de nutrientes, aseguramos que el potencial de rendimiento del híbrido seleccionado pueda manifestarse en toda su expresión, así el cultivo estará mejor preparado para rendir mejor, aun bajo condiciones de estrés por falta o exceso de humedad durante el periodo crítico de crecimiento

Es un hecho; una fertilización balanceada con potasio, magnesio y azufre en el cultivo de maíz produce un efecto de alto impacto en el rendimiento de grano por hectárea (Cuadro 5). Esto se refleja en los bolsillos del agricultor, como se ha demostrado en diferentes zonas agrícolas de México. Pruebas de campo comparando la fertilización tradicional con la fertilización balanceada en una localidad de Jalisco, mostraron un incremento muy importante en las utilidades generadas cuando se utilizó más potasio, magnesio y azufre.

Cuadro 5. Rentabilidad de producción de maíz por efecto de fertilización balanceada en el Municipio de Tesistán, Jalisco 1999.

Fertilización/ tratamiento	Fertilización					Rendimiento maíz kg/ha	Utilidad neta Dolares/ ha**
	N	P_2O_5	K_2O	Mg	S		
Tradicional	220	69	30	00	00	8,500	559
Balanceada	239	69	92	22	44	12,500	1,053

** Tipo de cambio utilizado 9.50 pesos por dólar.

El suelo es clave en el manejo de nutrimentos en la agricultura. Su participación fundamental es a través de la capacidad para

recibir sustancias, procesarlas hasta liberar los nutrimentos que contienen, es decir, que el suelo tenga la capacidad de suministrar esos elementos (liberarlos) aplicados a través de las fuentes de fertilizantes o bien retenerlos y suministrarlos a un ritmo compatible con la absorción por parte de las plantas.

El mantenimiento de la capacidad productiva del suelo requiere integrar prácticas de nutrición vegetal y de mejoramiento del suelo que permitan un manejo adecuado de los nutrimentos para evitar su carencia o pérdidas por lixiviación[5], y de la materia orgánica para potenciar la biodiversidad edáfica[6] y optimar las variables edáficas ligadas a su conservación. Para este fin se requiere implementar prácticas agroecológicas, así como generar información de la evolución de las características del suelo en diferentes condiciones de manejo.

Determinación de la dosis

Un método alternativo que permite recomendaciones a nivel de parcela es el que considera el balance de nutrimentos. Esta técnica toma en cuenta las cantidades de elementos que los cultivos extraen del suelo para lograr un rendimiento determinado, las fuentes de suministro de los nutrimentos y la eficacia con la que estos son utilizados por los cultivos. El conocimiento de las extracciones unitarias de los nutrimentos por los cultivos son por lo tanto fundamentales para el utilizar de manera precisa la función siguiente:

$$\underline{Dosis = demanda - suministro}$$
$$Eficiencia$$

La demanda se refiere a la extracción de elementos por tonelada y por hectárea, en función del rendimiento del cultivo, para lo que se analiza la concentración de macro[7] y micronutrimentos en el grano y en la paja, así como el rendimiento por hectárea.

Cuando la demanda es mayor que el suministro del suelo es necesario implementar la aplicación de fertilizantes para cubrir

5 Lixiviación: proceso mediante el que las sustancias disueltas son arrastradas por el agua a través de las diversas capas de suelo.

6 Edafón: en ecología se llama así a la biota (conjunto de especies de plantas, animales y otros organismos que ocupan un área específica) del suelo.

7 Macronutrientes: nutrientes que requieren las plantas en altas dosis. Entre estos están: el hidrógeno (H), nitrógeno (N), calcio (Ca), magnesio (Mg), fósforo (P) y potasio (K).

la misma necesidad de elementos deficiente. En caso de que la demanda sea igual que el suministro, se sugiere la aplicación de dosis de mantenimiento para evitar el empobrecimiento del suelo.

No tiene sentido entonces aplicar fertilizantes al suelo para otro propósito que no sea obtener resultados deseados en los cultivos, ya que, el fertilizante da los nutrimentos que el suelo no puede proporcionar en cantidades suficientes. Por lo tanto, se recomienda fertilizar cuando el suministro es menor que la demanda nutrimental; pero cuando el suministro es mayor que la demanda se recomienda no fertilizar, es decir hay superávit (abundancia) nutrimental. Para cualquiera de los casos, se recomienda realizar un análisis químico de suelo, y determinar el nivel de fertilidad del suelo (elementos mayores y menores), así como otros parámetros importantes en la recomendación de fertilización.

Conductividad eléctrica (CE)

• La salinidad o exceso de concentración total de sales en el suelo, afecta a los cultivos principalmente limitando la capacidad de absorción de agua, debido a que la salinidad reduce notablemente el potencial del agua del suelo, lo cual disminuye muy sensiblemente la cantidad disponible o útil para la planta.

• Uno de los efectos más evidentes del estrés salino es la reducción en la capacidad de absorción de agua, que se puede manifestar como los efectos del estrés hídrico: reducción de expansión foliar y pérdida de turgencia (firmeza). Una célula vegetal expuesta a un medio salino equilibra su potencial hídrico perdiendo agua, lo que produce la disminución del potencial osmótico y de turgencia.

• En general, el exceso de sales provoca un desequilibrio iónico en el que llega a destacar la excesiva concentración de sodio. En el siguiente cuadro se observa diferentes valores de conductividad eléctrica (CE) en el suelo y su clasificación, observándose que los suelos con valores de CE mayores de 2 dS/m (deciSiemens por metro), se considera un suelo salino. Sin embargo, hay diferentes valores de referencia en la literatura que citan otros valores.

C.E. (dS/m**)**	**Valoración**
< 0.6	No salino
0.6 – 1.2	Poco salino
1.2 – 2.4	Salino
2.4 – 6.0	Muy salino
> 6.0	Hipersalino

Suelo no salino **Suelo moderadamente salino** **Suelo extremadamente salino**

Figura 3. Disponibilidad de agua para el cultivo en relación al contenido de sales en el suelo.

Análisis de planta

Los análisis de planta entera o de órganos de la planta han sido utilizados como elementos de diagnóstico. Para nitrógeno, se han reportado rangos críticos de nitrógeno en planta entera al estado V3-V4 de 3.5-5.0 % y de nitrógeno en hoja de la espiga en floración de 2.75-3.5% (Cuadro 6).

Estos análisis permiten caracterizar la nutrición nitrogenada del cultivo pero al realizarse en estados de desarrollo avanzados, como en el caso del análisis foliar a floración, la metodología no permite corregir el estado nutricional actual del cultivo, aunque es útil para decidir el manejo nutricional de futuros cultivos.

En una red de ensayos realizada en la campaña 2000-2001 en siete localidades de la región pampeana (Argentina) encontraron una concentración crítica de 2.7% de nitrógeno en hoja de la espiga a floración por arriba de la cual los rendimientos eran superiores a 9000 kg/ha, esta concentración se ubica en el rango considerado crítico por Voss (1993).

Cuadro 6. Rangos de suficiencia de nutrientes en partes de plantas de maíz (Voss, 1993).

Nutriente	Rangos de suficiencia en planta	
	Hoja de la espiga a floración	Planta entera en V3-V4
	---------- % ----------	
Nitrógeno	2.7-3.5	3.5-5.0
Fósforo	0.2-0.4	0.4-0.8
Potasio	1.7-2.5	3.5-5.0
Calcio	0.2-1.0	0.9-1.6
Magnesio	0.2-0.6	0.3-0.8
Azufre	0.1-0.3	0.2-0.3
	---------- mg/kg ----------	
Boro	4-25	7-25
Cobre	6-20	7-20
Fierro	21-250	50-300
Manganeso	20-150	50-160
Molibdeno	0-6-1.0	-
Zinc	20-70	20-50

Bibliografía

Astier-Calderón, M., M. Maass-Moreno, y J. Etchevers-Barra. 2002. Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. Agrociencia 36: 605- 620.

Bautista-Cruz, A., J. Etchevers-Barra, F. del Castillo R., y C. Gutiérrez. 2004. La calidad del suelo y sus indicadores. Ecosistemas 2004/2 (URL: http://www.revistaecosistemas.net/ articulo.asp?Id=149). (consulta 10/03/2009).

Bonilla, M. N. 2009. Manual de recomendaciones técnicas del cultivo de maíz (*Zea mays*). San José, Costa Rica.

FINALCE, 2010. Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y leguminosas.

Mendoza, M. D. 2012. Comportamiento del maíz (*Zea mays* L.) bajo diferentes fechas de siembra. Tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias. Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa.

SAGARPA. 2009. Anuario Estadístico de la producción Agrícola. Estado de Sinaloa ciclo otoño-invierno 2009, modalidad riego. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Disponible en: http://www.maiz.gob.mx.

Voss, R.D. 1993. Corn. En: Bennett W.F. 1993. Plant nutrient utilization and diagnostic plant symptoms. En: Bennett W.F. 1993. Nutrient deficiencies & toxicities in crop plants. 1st. Edition. APS Press. Minnesota. USA: 11-14.

Riego en maiz

M.C. Ramón Lizárraga Jiménez*
Dr. Tomás Díaz Valdés**
Dr. Leopoldo Partida Ruvalcaba*
M.C. Marino Valenzuela López*

Introducción

En el año agrícola 2010-2011 se sembraron a nivel nacional un total de 7 millones 750 mil 301 hectáreas de maíz de riego; Sinaloa ocupó el primer lugar con 837 mil 50 hectáreas, donde a pesar del efecto de la helada se produjeron 2 millones 929 mil 179 toneladas con un valor de la producción de superior a los 10 mil 753 millones de pesos.

La distribución de la superficie sembrada en el estado, por distritos de riego fue de 30.56, 12.34, 19.41, 8.31, 29.02 y 0.36 %, para los distritos de riego Culiacán, Guamúchil, Guasave, La Cruz de Elota, Los Mochis y Mazatlán, respectivamente. El rendimiento medio en el estado fue de 7.56 toneladas por hectárea (t/ha).

Descripción botánica del maíz

El maíz es una planta anual con gran desarrollo vegetativo que puede alcanzar hasta 5 metros de altura. Las raíces son fasciculadas[1] y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. Las raíces adventicias sobresalen a nivel del suelo en nudos del tallo por arriba de la corona. La profundidad del sistema radical oscila entre 50 y 100 cm (centímetros). El tallo es más o menos cilíndrico, formado por nudos y entrenudos.

*Universidad Autónoma de Sinaloa.
**Fundación Produce Sinaloa, A.C.

1 Fasciculada: ciertas partes de los vegetales, especialmente de las raíces, que se caracterizan por tener un conjunto de ramificaciones de idéntico grosor, a modo de haz, de las cuales se desprenden sucesivas ramificaciones cada vez más delgadas.

Las hojas se desarrollan a partir de la yemas foliares y se caracterizan por ser largas y angostas, su venación es paralelinervia (venas paralelas) y está constituida por vaina, lígula[2] y el limbo[3].

Las flores del maíz pueden ser estaminadas (masculinas) o pistiladas (femeninas), las primeras se ubican en la inflorescencia conocida como espiga y las segundas se encuentran en una inflorescencia con un soporte central llamado tusa, cubierto por brácteas foliares, sus estilos sobresalen alcanzando una longitud de 12 a 20 cm formando una cabellera (melena).

Exigencia de clima

El maíz requiere una temperatura de 25 a 30 °C (grados centígrados). Requiere bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre 15 y 20 °C.

El maíz llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8 °C, y a partir de 30 ºC pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua. Para la fructificación se requieren temperaturas de 20 a 32 ºC.

Se adapta perfectamente a las condiciones climáticas de Sinaloa, pudiendo cultivarse prácticamente todo el año, pero que debido a las ventanas sanitarias y periodos de producción máxima se cultiva en los subciclos otoño-invierno y primavera-verano.

Propiedades físicas del suelo

Para poder realizar un buen manejo técnico del riego es importante conocer algunas características físicas del suelo que nos permiten manejar un equilibrio entre las fases sólida, liquida y gaseosa del suelo, esto encaminado a dar condiciones físicas de humedad y aireación en el suelo que favorezcan el desarrollo del sistema radical del cultivo.

Textura

La textura es la proporción relativa de partículas de arena, limo y arcilla de un suelo.

2 En botánica, la lígula es un apéndice membranoso ubicado en la línea que une la lámina o limbo foliar con la vaina en la familia de las gramíneas.
3 Limbo: Parte ensanchada de la hoja, por lo común plana, delgada y verde.

Labranza

Por la facilidad de la labranza, un suelo arcilloso se considera pesado para laboreo y se caracteriza porque retiene mucha humedad, su porosidad es muy alta. Un suelo arenoso es liviano para el labranza, predominan los macroporos[4] y retienen poca humedad y, los suelos de textura franca (limoso) presentan propiedades intermedias.

Estructura

Es la manera en que las partículas de arena, limo y arcilla se organizan formando agregados.

Los tipos de estructura que presentan mejores condiciones físicas para el desarrollo de los cultivos son la prismática y granular.

Algunos de los efectos de una buena estructura son: aireación del suelo, mayor velocidad de infiltración del agua, menor resistencia a la penetración de las raíces, facilidad de laboreo y emergencia de plántulas, mayor retención de humedad, menor compactación del suelo y reduce la formación del piso de arado, menor variabilidad térmica en el perfil y mejor conexión de poros.

La aplicación de materia orgánica al suelo es una práctica que mejora la estructura del suelo.

Densidad aparente

Es una propiedad física del suelo que resulta de dividir el peso de suelo seco entre el volumen total que ocupa la muestra de suelo, esta propiedad es muy importante porque nos da una idea del grado de compactación del suelo y del espacio que se tiene para almacenar agua y aire.

La densidad aparente puede variar entre 0.7 g/cm^3 (gramos por centímetro cúbico) en el caso de suelos volcánicos y 1.8 g/cm^3 en suelos arenosos. En el Cuadro 1 se muestran los valores de densidad aparente de los diferentes tipos de suelos.

4 En el suelo existen dos tipos de poros, los macroporos y los microporos: los macroporos están asociados a la aireación del suelo y también se conocen como poros no capilares; los microporos son poros capilares y están asociados con la retención de humedad.

Los macroporos son extremadamente importantes en el movimiento del agua (infiltración, percolación y drenaje), intercambio gaseoso (oxígeno y dióxido de carbono) y además proveen espacio para el crecimiento de las raíces (canales).

Los macroporos tienen un diámetro mayor a 0.10 mm (algunos científicos citan valores de 0.075 mm), mientras que los microporos tienen un diámetro menor a 0.10 mm.

Cuadro 1. Densidad aparente (Da) de suelos con diferente textura.

Clase textural	Da (g/cm³)	Clase textural	Da (g/cm³)
Arena	1.50-1.80	Migajón arcillo-limoso	1.15-1.30
Arena migajón	1.40-1.70	Arcilla arenosa	1.10-1.25
Migajón arenoso	1.30-1.50	Arcilla limosa	1.10-1.25
Migajón	1.20-1.40	Arcilla	1.05-1.20
Migajón limoso	1.15-1.40	Arcilla en agregados	0.90-1.10
Limo	1.15-1.40	Arcilla sódica	1.20-1.50
Migajón arcillo-arenoso	1.15-1.30	Arena compactada	1.80-1.90
Migajón arcilloso	1.15-1.30	Suelo orgánico	0.80-1.00

Capacidad de campo

Un suelo se encuentra a capacidad de campo (CC) cuando retiene la máxima cantidad de agua en contra de las fuerzas de gravedad.

Punto de marchitez permanente (PMP)

Es el contenido de humedad que tiene el suelo cuando el cultivo ya no puede extraer humedad del suelo e inicia un proceso de marchitez que conlleva a una merma en el desarrollo y productividad del cultivo.

Humedad aprovechable (HA) del suelo

Es la diferencia en el contenido de humedad a capacidad de campo y el punto de marchitez permanente, normalmente los suelos arcillosos tiene mayor humedad aprovechable que los arenosos y los limosos.

Cuando manejamos el riego en un cultivo, no permitimos que la humedad del suelo llegue al PMP porque provocamos un estrés irreversible a la planta, solo admitimos un porcentaje de abatimiento que depende el cultivo y de la etapa fenológica en que se encuentra.

Para el caso del maíz se acepta, en general, un abatimiento del 60% de la HA pero cuando se encuentra en grano lechoso solo se permite un abatimiento del 40%, asegurando con ello humedad suficiente para el llenado y endurecido del grano y evitando mermas en la producción.

El riego normalmente se calcula en forma de lámina equivalente, para ello se utiliza la siguiente fórmula:

$$L^{=} (CC - PMP) \times D_a \times Pr$$

L= lámina de riego (cm). **CC y PMP=** contenido gravimétrico de humedad a CC y PMP, decimal. **Pr=** profundidad del sistema radical (cm). **D_a=** densidad aparente (g/cm³).

Evapotranspiración (ET)

Los factores que influyen en la ET los podemos agrupar en climáticos (temperatura, humedad del aire, radiación solar, viento), del suelo (textura, retención humedad, salinidad) y planta (tipo, etapa fenológica, morfología).

En general, podemos afirmar que al aumentar la radiación aumenta la temperatura y aumenta con ello la ET.

Respecto a la relación con la HR podemos afirmar que a mayor HR la ET disminuye.

La ET se ve afectada por velocidad, temperatura y humedad del viento, siendo por lo general los vientos fuertes, cálidos y secos los que incrementan la ET, en caso contrario disminuyen.

El cálculo de la ET no es fácil por la interacción entre los diferentes factores, debido a ello, se han generado un gran número de métodos para estimarla con muy buena aproximación. El Método de Blaney y Criddle se usa en los distritos de riego por su simplicidad en el cálculo, ya que solo requiere las temperaturas medias mensuales.

En el Cuadro 2 se encuentra el cálculo de la ET para el cultivo de maíz para la zona de influencia del Valle de Culiacán, utilizando los valores de normales climáticas de los últimos 10 años de la estación de ubicada en el Campo Experimental del Valle de Culiacán, la fecha de siembra fue el 14 de noviembre y la de cosecha el 8 de mayo del año siguiente.

Para el Valle del Fuerte, el consumo total de agua del maíz es 44 cm, con una demanda máxima promedio de 5.4 mm/día (milímetros por día); para el valle de Culiacán se aplican 60-65 cm de lámina con demanda máxima de 5.7 mm/día los meses de marzo y abril.

Calendario de riego

Una calendarización efectiva debe permitir el ajuste de la frecuencia y cantidad del riego basada en propiedades físicas del suelo, medio ambiente, planta y manejo del riego.

Para la elaboración del calendario de riego se consideran las características físicas del suelo y las necesidades hídricas del cultivo. En el Cuadro 3 se muestra el calendario de riego para el cultivo de maíz sembrado en un suelo con contenidos de humedad a CC y PMP de 48 y 24 %, respectivamente; la Da es de 1.2 g/cm³ y se consideró una profundidad del sistema radical de 60 cm, el riego de auxilio se dará cuando se haya consumido el 60% de la HA.

Las láminas de riego para cada riego son:

•Riego inicial (LR_1): LR_1= (0.48-0.24)*1.2*60*10= 172.80 mm

•Riego de auxilio (LR_2): $LR_2 = LR_1 * 0.6 = 172.80$ mm * 0.6= 103.68 mm

•Número de riegos de auxilio= (656 mm -172.8 mm)/103.68 mm= 4.6

•Se darán cinco riegos de auxilio, por lo que la lámina ajustada será de: LR_2= (656 mm- 172.8 mm)/5= 96.63 mm

Cuadro 2. Evapotranspiración de maíz por el método de Blaney y Criddle, Culiacán, Sinaloa.

Mes	Das	Temp. °C	P	F	KT	KC	Et cm
Noviembre	16	23.9	7.40	14.17	0.98	0.45	3.35
Diciembre	31	20.3	7.42	12.98	0.87	0.56	6.34
Enero	31	18.1	7.53	12.41	0.80	0.81	8.08
Febrero	28	19.8	7.13	12.31	0.86	1.03	10.85
Marzo	31	22.3	8.39	15.45	0.93	1.05	15.15
Abril	30	25.9	8.61	17.28	1.05	0.95	17.17
Mayo	8	27.3	9.32	19.3	1.09	0.86	4.67
	175						**65.60**

Cuadro 3. Calendario de riego para maíz.

Núm.	Lámina (mm)	Lámina acumulada (mm)	Días transcurridos	Intervalo (Días)	Práctico (Días)
1	172.80	172.80	0	0	0
2	96.63	269.43	45	45	45
3	96.63	366.07	80	35	30
4	96.63	462.70	108	28	30
5	96.63	559.34	128	20	20
6	96.63	655.97	145	17	15

Los valores estimados de los parámetros (coeficiente de cultivo, factor de abatimiento hídrico y profundidad radical) basados en los días grado crecimiento acumulados, pueden usarse para calendarizar el riego bajo diferentes métodos de riego, tipos de suelo y condiciones ambientales.

Estos valores producen programas de riego más consistentes y

robustos que los usados actualmente, basado en días después de siembra o emergencia, debido a que consideran las condiciones de manejo del riego y las características climáticas de la zona.

El desarrollo de muchos organismos es controlado principalmente por la temperatura. Los días grado crecimiento (°D) son una medida indirecta del crecimiento y desarrollo de plantas e insectos, y representan la integración de la temperatura ambiental entre dos temperaturas limitantes, las cuales definen el intervalo en el cual un organismo se encuentra activo.

Fuera de este intervalo el organismo no presenta un desarrollo apreciable o puede morir. La acumulación diaria de los días grado crecimiento es una variable de gran valor predictivo para el manejo del riego. La maduración de las variedades comerciales de maíz varía de 1150 a 1760 para valores acumulados °D. Las variedades se pueden clasificar por los requerimientos acumulados de °D, las de ciclo corto de 1150 a 1315 °D, las de ciclo intermedio de 1315 a 1590 °D, y las de ciclo largo de 1590 a 1760 °D.

Figura 1. Requerimiento de unidades calor por el cultivo de maíz. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)- Centro de Investigación Regional Noroeste (CIRNO)-Campo Experimental Valle del Fuerte (CEVAF), 2003).

La madurez fisiológica en el cultivo de maíz es alcanzada cuando se forma una capa negra cerca de la base del grano, lo cual indica que ha cesado la translocación de materia seca al grano. En esta etapa el maíz ya no requiere agua.

En la Figura 2 se muestra la duración del ciclo del cultivo de maíz

en función de la fecha de siembra, obsérvese que las siembras de noviembre son las de ciclo más largo y por lo general las que mayor productividad tienen.

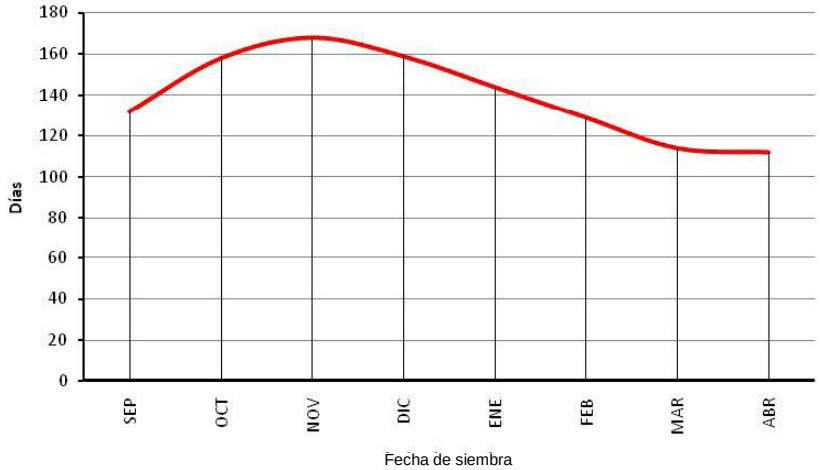


Figura 2. Duración del ciclo de maíz en función de la fecha de siembra (INIFAP-CIRNO-CEVAF, 2003)

Métodos de riego

Surcos

En el riego por surcos es muy importante considerar el gasto por aplicar, de acuerdo a la textura y pendiente del terreno, para evitar la erosión del suelo y para obtener una buena uniformidad del riego y mantener un perfil húmedo homogéneo a todo, lo largo del surco, y para ello se debe de seleccionar la longitud más adecuada.

Para obtener buenas uniformidades de riego es necesario realizar pruebas de campo para conocer el avance del agua de riego, muestrear la humedad en el perfil a diferentes longitudes del surco para determinar su variabilidad, realizar pruebas de infiltración para determinar la capacidad de penetración del agua en el suelo.

Cuando no se pueden realizar las pruebas en el campo podemos utilizar tablas o gráficos obtenidos por investigadores para condiciones parecidas a las nuestras; el Cuadro 4 es el resultado de una gran cantidad de trabajos realizados por el Ing. Ildefonso de la Peña (1977) en los distritos de riego en México.

Cuadro 4. Longitud máxima de surco de acuerdo a tipo de suelo, pendiente y lámina de riego por aplicar (de la Peña, 1977)

Pendiente	Gasto	Textura Fina			Textura Media			Textura Gruesa		
		Lámina a aplicar en centímetros			Lámina a aplicar en centímetros			Lámina a aplicar en centímetros		
%	l.p.s.	10.00	7.50	5.00	10.00	7.50	5.00	10.00	7.50	5.00
0.25	2.52	457	388	320	350	297	251	213	182	152
0.50	1.26	304	266	220	236	205	167	144	121	99
0.75	0.84	243	213	175	190	160	129	114	199	83
1.00	0.63	205	182	144	160	137	114	99	83	68
1.50	0.42	167	144	114	129	114	91	76	68	53
2.00	0.32	144	121	99	106	91	76	68	60	45
2.50	0.25	129	106	91	99	83	68	60	53	38
3.00	0.21	114	99	83	91	76	60	53	45	38
4.00	0.16	99	83	68	76	60	53	45	38	30
5.00	0.13	83	76	60	68	53	45	38	30	30
6.00	0.11	76	68	53	60	53	38	30	30	-
7.00	0.09	68	60	45	53	45	38	30	30	-
8.00	0.08	68	60	45	53	45	38	30	-	-

Por ejemplo, para un suelo arcilloso con pendiente de 0.5%, si se quiere aplicar una lámina de riego de 10 cm, la longitud máxima permitida del surco es de 304 metros.

Riego por compuertas (intermitente)

El riego intermitente es la aplicación discontinua de agua a surcos o melgas regadas por superficie en una serie de periodos de tiempos de apertura y cierre relativamente cortos durante el riego llamados ciclos. Los ciclos tienen dos fases, una de reposición de agua y otra de interrupción, corte o descanso que pueden ser de tiempos iguales o variables.

Un caudal intermitente a través de la superficie del suelo reduce significativamente la infiltración.

El riego por pulsos ofrece para el caso de surcos y otros métodos de riego por superficie, un medio para mejorar significativamente la eficiencia de riego, con lo cual disminuyen los costos de agua, energía, fertilizantes y prácticas culturales.

Los pulsos mejoran la hidráulica de la fase de avance, permitiendo humedecer todo lo largo del surco o melga más uniformemente y con menor lámina de aplicación, minimizando la pérdida de agua en la parte baja.

En este método el agua se conduce hasta cada surco o melga por medio de tuberías.

La distribución se realiza a través de una válvula mariposa o "T", que abastece a dos laterales y asegura a cada surco un caudal conocido y uniforme, con muy baja presión en cabecera (menor de 1 metro), por medio de pequeños orificios regulables (compuertas).

La válvula orienta todo el caudal a un ala regadora por vez, regando un número de surcos durante un tiempo determinado. Luego se deriva a la otra ala, repitiendo este accionar en forma alterna (riego por pulsos).

Riego por goteo

La sequía y el incremento de la superficie de riego en los distritos, están obligando a alcanzar cada vez más eficiencia en el manejo del agua; lo cual conlleva a la utilización de técnicas de riego que, aunque son mas costosas, permiten cultivar una mayor superficie con el mismo volumen disponible y con mayor rendimiento (Figura 3).

Figura 3. Maíz regado con la técnica de riego por goteo.

Con el riego por goteo se tiene alta eficiencia en el riego y la uniformidad es superior a 90%, el equipo de goteo permite aplicar láminas de riego muy pequeñas, incluso de milímetros, que con otro método de riego sería difícil lograr; a este tipo de riego también se le conoce como de alta frecuencia, porque los intervalos de riego pueden ser diarios (e incluso varios riegos al día) dependiendo de las condiciones climáticas y del suelo, de las necesidades hídricas del cultivo y del tipo de gotero que se disponga.

Generalmente se calcula los tiempos de riego diarios. Un ejemplo:

Lámina máxima diaria de riego= 23.28 cm/30 dias
= 0.776 cm/día=7.76 mm/día
Lr= 7.76 mm/día

Lámina de riego aplicada con el gotero

Se sabe que el gotero tiene un gasto q=0.98 LPH y la separación entre goteros es de 30 cm, la separación entre hileras es de 80 cm y que se colocó una línea de goteros por cada dos surcos., por tanto la lámina aportada por el gotero será:

*Lg= 0.98/(2*0.8*0.3)= 2.04 mm/hr*

Tiempo de riego diario Td

Td= 7.76 mm/2.04 mm/hr= 3.8 hr

Td= 3.8 hr

Bibliografía

CEDAF. 1998. Cultivo de maíz. Guía Técnica Núm. 33. Fundación de Desarrollo Agropecuario, Inc. Santo Domingo, Republica Dominicana.

De la Peña, I. 1977. El buen uso y manejo del agua de riego. Boletín Técnico Núm. 8 del Comité Directivo del Distrito de Riego Núm. 28-41. Oficina de Riego y Drenaje, Cd. Obregón, Sonora.

Ojeda-Bustamante, W; Sifuentes-Ibarra, E y Unland-Weiss H. 2006. Programación integral del riego en maíz en el norte de Sinaloa, México. Agrociencia, Vol. 40, num. 1, Colegio de Postgraduados, Montecillos, Edo. de México.

SIAP, 2012. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350

USDA. 1980. Relaciones entre suelo-planta-atmósfera. Editorial Diana, México, D.F.

FUNDACIÓN PRODUCE Sinaloa A.C.

ENLACE, INNOVACIÓN Y PROGRESO

CONSEJO CONSULTIVO ZONA CENTRO

Carr. Culiacán-Eldorado, km 16.5,
Culiacán, Sinaloa, México.
Tels. (667) 846-11-25
y 846-10-97

OFICINAS CENTRALES

Gral. Juan Carrasco No. 787 Nte.
Culiacán, Sinaloa, México.
Tel./Fax (667) 712-02-16 y 46
Correos electrónicos:
direcciongeneral@fps.org.mx
divulgacion@fps.org.mx
En Internet:
www.fps.org.mx

SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN

SINALOA ES TAREA DE TODOS
GOBIERNO DEL ESTADO DE SINALOA

CVTTS
Centro de Validación y Transferencia de Tecnología de Sinaloa, A.C.

inifap
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias